

ISCTE-IUL
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

O BIM NO ENSINO DA ARQUITETURA EM PORTUGAL

MICAEL PEPE

2017



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

Micael Raposo Pepe

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

O BIM no Ensino da Arquitetura em Portugal

(vertente teórica)

Orientador:

Engenheiro Ricardo Resende, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

Co-orientador:

Arquiteto Pedro Pinto, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

Plano de Mobilidade Pedonal de Paredes

Passadiço do Alviela

(vertente prática)

Tutor:

Arquiteto Pedro Botelho, Professor Auxiliar Convidado, ISCTE-IUL

Outubro, 2017

You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that makes the existing model obsolete.

R. Buckminster Fuller

Agradecimentos

Ao professor Ricardo Resende, pela postura e pelo interesse que sempre demonstrou para com o trabalho, e que me motivaram a continuar. Ao professor Pedro Pinto pelo rigor e pelas referências partilhadas, ajudando à construção do meu imaginário em arquitetura. Aos dois, pelas discussões sobre este e outros temas e pelo apoio ao longo de todo o ano.

Ao Professor Pedro Botelho, pelos conhecimentos e palavras que partilhou, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, pelo apoio, pelas conversas, pelos passeios, pelos momentos divertidos e por todas as distrações, no melhor sentido da palavra, especialmente ao Pedro Geraldes pela preocupação e discussões sobre o tema do BIM e à Andreia Simões por ter sido a minha *sidekick* em todos os trabalhos do curso.

À minha família, pelo apoio, não só ao longo desta fase final, mas durante todo o curso, especialmente à minha prima Ângela por estar sempre disponível para ajudar.

Aos colegas com quem tive a oportunidade de trabalhar ao longo do curso, sobretudo nos grupos “porquitchonas caras”, “VIPS”, “cotovelo” e “d-struct”, cuja influência se expressa na qualidade deste trabalho.

Aos colegas de casa do aparta46, pela compreensão do ciclo-de-vida deste morcego, aspirante a arquiteto e pelos serões mais divertidos.

Ao Professor Rui Ricardo por me ter recebido na Câmara Municipal de Lisboa, para uma conversa que certamente enriqueceu este trabalho.

À Sara Biscaya, na qualidade de diretora do *BSc Architecture* da *University of Salford*, pelas comunicações com esta universidade e que muito contribuíram para a minha investigação.

À Alice Espada, pela disponibilidade e prontidão com que me facultou toda a documentação pedida e imprescindível à realização desta dissertação.

Resumo

A implementação do BIM na Indústria da Construção está a desencadear uma resposta por parte das Instituições de Ensino Superior. Através da análise de casos de estudo nacionais e internacionais, é feita uma reflexão sobre a implementação desta metodologia nos cursos de arquitetura em Portugal.

A procura de profissionais qualificados com conhecimentos e competências em BIM tem aumentado nos últimos anos, no seguimento da digitalização do setor. Como forma de preencher esta lacuna no mercado, foram surgindo pequenos cursos de formação especializada direcionados aos agentes destas Indústria. Por outro lado, o meio académico tem feito um esforço para incluir estes conteúdos nos *currícula* de cursos de engenharia e arquitetura, formando uma nova linha de profissionais.

Por contraposição de Portugal com países tecnologicamente mais desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, o Reino Unido ou a França foi possível concluir que em território nacional, o grau de implementação destes conceitos no ensino superior está ainda numa fase bastante inicial, sendo apenas ensinadas as ferramentas, maioritariamente para modelação 3D. Esta situação, em consonância com a proliferação de cursos especializados e o aparecimento de cursos superiores profissionais, sugere um novo ramo de atuação dentro das áreas que atuam em ambiente construído, destinado à formação de um novo tipo de profissional – um “desenhador na era digital”.

Concluiu-se ainda que, um verdadeiro especialista em BIM deve possuir formação base em engenharia ou arquitetura, pelo que se apresenta neste trabalho uma proposta para inclusão desta metodologia no Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL.

Palavras-chave: BIM, Ensino, Arquitetura, Portugal

Abstract

The implementation of BIM in the Construction Industry is triggering a response from the Higher Education Institutions. Through the analysis of national and international case studies, it is studied the level of implementation of this methodology in architecture education, in Portugal.

The demand for qualified professionals with BIM knowledge and competences has increased during the last years, following the digitalization of the sector. To fulfil this gap in the market, short-term specializations have appeared for industry players. In other hand, the Academy has been updating the curricula of architecture and engineer degrees to include these contents, originating a new set of upskilled graduates.

By comparing Portugal with countries technologically more developed, such as the United States of America, United Kingdom or France it was possible to testify the early stage of implementation of these contents, in the Portuguese Higher Education, being taught only the tools, mainly for 3D modelling. This situation, along with the dissemination of specializations and the arising of professional degrees at Professional Higher Education Institutions suggest a new career in the Built Environment, towards the education of a new player – “a draftsman in the digital age”.

It was also concluded that a true BIM specialist must possess a degree in architecture or engineer, which fostered the proposal of this work, to include this methodology in the Integrated Master of Architecture at ISCTE-IUL.

Keywords: BIM, Education, Architecture, Portugal

Índice

Introdução	1
Enquadramento	1
Objetivos	4
Estrutura do trabalho	5
Metodologia	7
Capítulo 1. Estado da arte	9
Capítulo 2. A Implementação do BIM na Indústria	15
2.1. A Implementação do BIM nos Estados Unidos da América	19
2.2. A Implementação do BIM no Reino Unido	22
2.3. A Implementação do BIM em França	26
2.4. A Implementação do BIM na Europa	29
Capítulo 3. A Implementação do BIM na Academia	33
3.1. A Implementação do BIM nos Estados Unidos da América	39
3.2. A Implementação do BIM no Reino Unido	41
3.3. A Implementação do BIM em França	46
Capítulo 4. A Implementação do BIM em Portugal	49
4.1. A Implementação do BIM na Indústria AEC portuguesa	49
4.2. A Implementação do BIM na Academia portuguesa	56

Capítulo 5. Análise de Casos de Estudo	67
5.1. Pennsylvania State University	67
5.2. University of Salford	73
5.3. École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse	78
Capítulo 6. O BIM no Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL	83
6.1. Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA)	85
6.2. O percurso do BIM no Mestrado Integrado em Arquitetura	88
6.3. Análise comparativa com os casos de estudo	91
6.4. O futuro do BIM no curriculum de arquitetura	94
6.5. Condicionantes à alteração do curriculum	96
6.6. Proposta de alteração ao curriculum do Mestrado Integrado em Arquitetura	98
Conclusão	103
Bibliografia	109
Anexos	121

Índice de figuras

Capítulo 1. Estado da arte	9
Figura 1. Evolução cronológica do conceito BIM	13
Figura 2. Evolução do conceito BIM	13
Capítulo 2. A Implementação do BIM na Indústria	15
Figura 3. Investimento em tecnologia por setor, na Europa (Matthews 2016)	17
Figura 4. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC dos Estados Unidos da América	21
Figura 5. Diagrama de maturidade de Bew-Richards (Platts 2013)	23
Figura 6. A introdução do digital na Construção e Operação de edifícios (Matthews 2016)	24
Figura 7. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC do Reino Unido	25
Figura 8. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC de França	28
Figura 9. Metas para a implementação BIM na Europa (Koritsa 2016)	30
Figura 10. Programas nacionais de apoio à implementação do digital na Indústria AEC (Matthews 2016)	31
Capítulo 3. A Implementação do BIM na Academia	33
Figura 11. Campos de atuação, intervenientes e produtos BIM (Badrinath 2017)	34
Figura 12. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino nos Estados Unidos da América	40

Figura 13. BIM Academic Framework (Platts 2013)	43
Figura 14. Níveis de Maturidade BIM no Ensino Superior (Underwood & Ayoade 2015)	44
Figura 15. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino no Reino Unido	45
Figura 16. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino em França	48
Capítulo 4. A Implementação do BIM em Portugal	49
Figura 17. Resultados do inquérito à Implementação da metodologia BIM, em Portugal (Venâncio 2015)	52
Figura 18. Investimento efetuado no setor da Construção durante os anos 2011, 2012 e 2013 na Europa (Soubra & Antipolis 2014)	53
Figura 19. Taxa de crescimento em pontos percentuais (p.p.) do volume de negócios afetos à Construção (Venâncio 2015)	54
Figura 20. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC de Portugal	55
Figura 21. Resultados do inquérito à Implementação do BIM em Portugal, ao grupo das instituições de ensino (Venâncio 2015)	57
Figura 22. Síntese dos resultados do 1º Fórum Académico BIM, conforme matriz de impacto no ensino do BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)	61
Figura 23. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino em Portugal	65

Índice de tabelas

Capítulo 4. A Implementação do BIM em Portugal	49
Tabela 1. 39 tópicos para o ensino BIM (Sacks & Pikas 2013)	38
Tabela 2. Matriz de impacto do ensino do BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)	59
Tabela 3. Matriz para discussão sobre estrutura do Programa Curricular envolvendo BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)	63
Capítulo 6. O BIM no Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL	83
Tabela 4. Objetivos de aprendizagem do Mestrado Integrado em Arquitetura, (ISCTE-IUL 2017)	86

Acrónimos e siglas

BIM	Building Information Modelling
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
EUA	Estados Unidos da América
MIA	Mestrado Integrado em Arquitetura
CAD/CAM	Computer-Aided Design and Manufacturing
BDS	Building Description System
GLIDE	Graphical Language for Interactive Design
BPM	Building Product Model
GBM	Generic Building Model
IFC	Industry Foundation Class
MIE	Mestrado Integrado em Engenharia
UC	Unidade Curricular
FUC	Ficha de Unidade Curricular

Introdução

Enquadramento

As últimas duas décadas foram pautadas pela introdução e implementação duma nova metodologia de trabalho, *Building Information Modelling* ou apenas BIM, entre os intervenientes do setor da construção. A sua crescente difusão entre arquitetos, engenheiros, entidades licenciadoras, construtores e donos de obra está assente num conjunto de premissas de vantagens para cada um destes grupos e consequentemente para todo o ciclo-de-vida dum edifício, sem esquecer que “a ideia de progresso inclui todas as mudanças, tanto desejáveis como indesejáveis”, citando Adrien Forty em *Objetos de Desejo*. Desde o aumento da eficiência na troca de informação entre grupos, ao aumento da produtividade, até ao cumprimento e redução de prazos, custos e problemas de desempenho, o BIM já conseguiu justificar a sua existência e continuidade nos próximos anos. O desenvolvimento e evolução

observados na Indústria foram seguidos pelas instituições de ensino, que se adaptam, no sentido de formar profissionais mais aptos para um mercado, onde estas tecnologias e métodos de trabalho já fazem parte da cultura de trabalho.

O advento das tecnologias digitais trouxe consigo uma oportunidade única capaz de reverter esta situação e alavancar todo o setor. Quando em 2002, a gigante tecnológica, Autodesk, adquire o software *Revit*, disponibilizando-o a qualquer utilizador, é dado um importante passo na digitalização desta Indústria. A tecnologia subjacente ao, potencial substituto do *AutoCAD*, vem no seguimento de vários progressos alcançados ao longo dos anos, permitindo através de um modelo tridimensional dum projeto, construir paralelamente um modelo de informação partilhada, de apoio ao projeto, à construção e posterior operação do edifício construído. De software, o BIM, rapidamente passou a designar uma metodologia de trabalho, dada a sua influência na gestão de todo o processo.

Um pouco por todo o mundo, foram surgindo iniciativas de carácter público e privado, motivadas por entidades ligadas ao campo do Ambiente Construído, em alguns casos por incentivos do Governo. Alguns países tiveram a ousadia de se lançar neste caminho desde muito cedo, conferindo-lhes o papel de pioneiros, e tendo em conta a experiência acumulada, exemplos para outros países. Os Estados Unidos da América são representativos desta imagem e apresentam um grau de maturação desta metodologia bastante elevado, o que se reflete no desenvolvimento da sua indústria AEC. Seguiram-se outros países, com modelos de implementação próprios, como é o caso do Reino Unido, que contou com o apoio do Governo na transição para o digital.

A evolução das profissões ligadas ao ramo da construção teve repercussões ao nível da academia, com as instituições de ensino a criarem moldes para a introdução de novos conteúdos e modelos

de ensino inovadores, com base nas possibilidades destas ferramentas. Constatase no entanto, um desfasamento entre o nível de implementação esperado no ensino e o nível verificado no mesmo, salientando-se ainda uma grande discrepância entre instituições. Fatores de diversas ordens, foram já identificados como os possíveis entraves à disseminação dos novos conteúdos; Badrinath (2017) identifica e agrupa estes condicionantes em três campos: político, tecnológico e processual. Por outro lado, a recolha e análise de experiências de ensino que envolvem o BIM ajuda a compreender a complexidade envolvida, na integração desta metodologia de trabalho nas estruturas curriculares dos cursos de arquitetura e engenharia. Barison e Santos (2010) delineiam alguns modelos de implementação em função das características de cada escola, como por exemplo o modelo intradisciplinar, segundo o qual estudantes da mesma área de formação (curso) aprendem e desenvolvem competências em ambiente colaborativo, principalmente de criação e análise de modelos BIM. Sacks & Pikas (2013) apresentam também um contributo valioso ao reunirem numa lista um conjunto alargado de tópicos de ensino, possíveis de se tornarem conteúdos programáticos de unidades curriculares existentes ou propostas.

Portugal é um dos países onde a implementação do BIM, quer do lado da Indústria, quer do lado da Academia se encontra numa fase muito inicial, apesar dos exemplos de sucesso e investigação realizada em contexto internacional e que poderiam funcionar como modelos de referência. A tradição do país no ensino da arquitetura, a situação económica e política, a cultura de trabalho do arquiteto são, frequentemente, apontadas como razões na origem deste desfasamento, comparativamente a países como o Reino Unido ou mesmo a França. Apesar do cenário presente, deve ser tido em conta a internacionalização da profissão e a sua transformação mesmo em território nacional, a curto-médio prazo. As instituições de ensino, sujeitas a esta conjuntura, sofrem influência do mercado para formar

profissionais qualificados e aptos para enfrentar os novos desafios, pelo que se perspetivam alterações à educação destes agentes.

Em Portugal, verifica-se a inexistência de oferta formativa em contexto académico, relativamente às questões metodológicas do BIM. O ISCTE é uma das instituições de ensino a nível nacional, onde o BIM já foi introduzido, existindo no *curriculum* do Mestrado Integrado em Arquitetura, uma unidade curricular que lhe é dedicada, no entanto esta incide apenas sobre a modelação 3D, através destes softwares. Quando comparado com outros cursos de arquitetura em contexto internacional, percebe-se a diferença existente na forma como o BIM é lecionado no ensino superior, colocando as instituições de ensino portuguesas em aparente desvantagem face aos desafios da profissão.

Objetivos

A inevitabilidade dum cenário onde o BIM faz parte do dia-a-dia dum arquiteto, alerta para a necessidade de se adotarem um conjunto de medidas, que suavizem a transição para esta nova cultura de trabalho. Os cursos de arquitetura devem reconhecer a importância do BIM na formação do arquiteto, desenvolvendo novas metodologias de ensino que permitam adquirir estes conteúdos e competências. O objetivo da presente dissertação é encaminhado através dos condicionantes que afetam esta implementação, compreendendo-os e apresentando hipóteses para adaptação do *curriculum* do Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL.

Estrutura do trabalho

O âmbito desta dissertação procura, através de exemplos concretos, perceber de que forma o contexto político, económico e social de cada país influencia a implementação do BIM na Indústria AEC, e por sua vez ao nível das instituições de ensino. Como consequência, surgem diferentes abordagens curriculares ao BIM, que refletem a cultura e visão do próprio. Neste sentido e de forma a enquadrar a terminologia utilizada, as suas origens e desenvolvimento até ao presente é exposto no Capítulo 1 o Estado da arte.

Seguidamente, é apresentado um capítulo sobre a implementação do BIM na Indústria AEC, que começa com uma introdução, na qual se descrevem as pressões e problemas enfrentados pelo setor, bem como as oportunidades criadas pela integração das novas tecnologias digitais, tanto a nível da prática profissional como ao nível das próprias edificações. São introduzidos os três países escolhidos como casos de estudo – EUA, Reino Unido e França procedendo à sua análise do ponto de vista das estratégias de implementação do BIM no lado da Indústria.

O capítulo 3 é contextualizado pelo anterior e segue a mesma lógica em termos de organização estrutural, mas sob o ponto de vista da Academia. Inicia-se com uma introdução, que realça o papel da educação, na transição do setor para o novo paradigma que afeta sobretudo as profissões de arquiteto e engenheiro, apontando os principais entraves à incorporação do BIM nos cursos de ensino superior destas disciplinas. Estes argumentos são contrapostos com uma revisão de literatura existente, incidindo nas abordagens e modelos de aplicação destes conceitos em contexto académico, definição de conteúdos programáticos e ainda competências esperadas pelo mercado. No final desta secção é traçado o perfil dum profissional na área do BIM. Os três países do capítulo anterior são novamente analisados, desta vez com base nas iniciativas de implementação ao nível do ensino e formação.

No capítulo 4 o foco da investigação centra-se em torno de Portugal e tal como foi feito nos dois capítulos anteriores é feita uma análise ao processo de implementação da metodologia BIM na esfera da Indústria e na esfera da Academia. Com um maior grau de profundidade, exploram-se questões técnicas, tecnológicas e culturais envolvidas neste processo; apresentam-se e discutem-se os resultados dum inquérito efetuado, a nível nacional, ao estado atual do conhecimento e aplicação desta metodologia; sublinham-se estratégias para uma adoção mais generalizada e referem-se alguns exemplos de ensino BIM.

Depois dos capítulos de exposição da situação de cada país e do histórico de ações empreendidas, são analisados, no capítulo 5, estruturas curriculares de cursos de arquitetura, do ponto de vista da sua aproximação ao BIM, em instituições de ensino pertencentes aos três casos de estudo internacionais: *Pennsylvania State University* nos EUA, *University of Salford* no Reino Unido e a *École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse* em França.

No último capítulo, o estudo incide sobre um caso de estudo português, neste caso, o Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL e a sua abordagem ao BIM. Através duma análise comparativa com os exemplos estudados e atendendo às condicionantes do país, da instituição e do curso é delineada uma proposta para inclusão duma segunda unidade curricular BIM no *curriculum*, com foco na sua vertente metodológica.

A dissertação culmina com a reunião e discussão das principais conclusões encontradas ao longo do trabalho e a apresentação de considerações finais com base nos conhecimentos adquiridos com a presente investigação.

Metodologia

O trabalho que a seguir se apresenta consiste na compreensão duma realidade que é consequência da introdução das mais recentes tecnologias de informação e comunicação na prática profissional da arquitetura, em contexto internacional e depois com maior ênfase em Portugal. Numa primeira fase é feita uma pesquisa bibliográfica com o intuito de compreender melhor o conceito de *Building Information Modelling* e as suas implicações nas áreas da arquitetura e engenharia, com maior foco na primeira.

A segunda fase do trabalho consistiu numa investigação à história desta metodologia de trabalho desde a sua introdução na prática profissional (Indústria) até ao momento presente, permitindo localizar no tempo e compreender as motivações que levaram à sua introdução, também nas Instituições de ensino (Academia). Para tal, foram escolhidos três países que se encontram em diferentes momentos de desenvolvimento, relativamente à implementação do BIM, para ilustrar e exemplificar alguns dos acontecimentos mais importantes deste processo. As escolhas basearam-se na investigação efetuada e recaíram sobre os Estados Unidos da América, por serem um dos países mais avançados neste aspeto e a partir do qual se exportam os modelos criados; o Reino Unido, que constitui uma referência pelas ambiciosas metas traçadas e apoio do Governo; e por último a França, que apesar de já ter definido algumas metas encontra-se ainda numa fase inicial. Esta investigação é suportada por uma revisão de literatura e posterior recolha de argumentos, capazes de sustentar as premissas do texto.

A fase seguinte, mais analítica baseou-se na recolha de informação de três estruturas curriculares de cursos de arquitetura, pertencentes a cada um dos casos de estudo escolhidos, como exemplo representativo do percurso do BIM nesses países. O cruzamento da informação obtida até este ponto, com o levantamento das instituições de ensino com mais avanços registados neste campo determinaram

a escolha dos cursos de arquitetura analisados: *Pennsylvania State University* (EUA), *University of Salford* (Reino Unido) e *École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse* (França).

A última fase do trabalho tem por objetivo o estudo mais aprofundado do Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL e como tal dividiu-se em duas partes: uma parte de análise da evolução do curso e da sua estrutura curricular, confrontando-o com os casos de estudo e uma parte onde se apresenta uma proposta, devidamente fundamentada, para atualização do currículo do MIA com base numa outra abordagem ao BIM.

Capítulo 1. Estado da arte

O *Building Information Modelling*, vulgarmente conhecido pelo acrónimo BIM, remete para um universo de mudança e quebra com muitos dos conceitos estabelecidos e largamente aceites pela Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) ao mais básico nível. A comunicação da informação, através de desenhos 2D, foi e ainda é o principal meio utilizado pelos agentes desta área para pensar, representar e posteriormente conseguir dialogar sobre uma ideia de projeto. As próprias escolas fomentam o desenho, como forma de transpor uma realidade imaginada para o papel, onde as regras de representação pré-estabelecidas permitem a sua compreensão. Desenhar a duas dimensões uma realidade concebida a três dimensões constitui um ato de abstração e um grande desafio em projetos de maior complexidade. Com a incorporação destas novas tecnologias torna-se possível não só conceber diretamente projetos através de modelos 3D, como ainda partilhá-los em tempo real e extrair automaticamente desenhos 2D, quando necessários. As vantagens duma aproximação segundo estes

moldes são, no entanto, contrabalançadas com a perda de eficiência e criatividade numa fase inicial de habituação. Como qualquer mudança, também o BIM acarreta esforços adicionais e um certo grau de abertura para dar o próximo passo evolutivo e atingir melhores padrões de qualidade (Kiviniemi 2016). Perante este novo cenário, que em alguns países já é uma realidade, torna-se essencial conhecer a sua origem e compreender as alterações que promete.

A história do BIM vem no seguimento de outra evolução no setor, que foi a introdução das tecnologias digitais ao serviço do desenho técnico para representação de projetos de arquitetura. Se por um lado a passagem do desenho manual para o desenho digital constituiu uma grande mudança para os profissionais desta indústria, a maturação e transição para o BIM aparenta ser uma mudança de paradigma. As décadas de 60 e 70 foram cruciais no desenvolvimento de tecnologia pioneira, surgindo as primeiras *interfaces* gráficas, capazes de apresentar e reproduzir informação geométrica em ambiente virtual, primeiramente em 2D e mais tarde em 3D (Bozdoc 2003). Desta fusão, surgem os termos CAD/CAM (*Computer-Aided Design and Manufacturing*), que designam a tecnologia disponibilizada a partir do computador e inerente à conceção e posterior produção de objetos geométricos (Groover & Emory W. Zimmers 1984).

Em 1975, o professor norte-americano Charles Eastman introduz as primeiras noções do conceito BIM, que à data ainda não tinha este nome, e desde então o significado deste termo tem vindo a expandir-se. Eastman apresenta assim o *Building Description System* (BDS), um software de apoio à construção do modelo virtual do projeto, suportado por uma base de dados de elementos paramétricos com especificações próprias. Dois anos mais tarde, surge, da mesma autoria, um novo software, *Graphical Language for Interactive Design* (GLIDE), capaz de realizar as mesmas ações que o seu antecessor, com a vantagem de conseguir rever o modelo, no sentido de o otimizar. Apesar dos avanços destes

dois programas em termos de coordenação e rigor dos modelos, o seu espectro de ação limitava-se à fase de projeto. Assim, no ano de 1989 é apresentado um novo software nos EUA, o *Building Product Model* (BPM) cuja biblioteca de elementos já incorporava informações relativas à fase de construção. No sentido de integrar também as atividades de planeamento de obra, o BPM dá lugar ao *Generic Building Model* (GBM) em 1995 (Latiffi et al. 2014).

Paralelamente ao que acontecia nos EUA, também na Europa se faziam avanços nesta área, destacando-se países como o Reino Unido ou a Finlândia que desenvolviam o mesmo tipo de abordagem, mas sob o nome de *Product Information Model*. Os dois termos acabariam por se juntar num só, originando o *Building Information Model*, referido pela primeira vez em 1992 numa publicação de G.A. van Nederveen e F. Tolman¹, citado em (Eastman et al. 2008). A definição deste conceito integra as capacidades dos seus antecessores, caracterizando-se como: representação tridimensional duma edificação, a partir da qual se podem extrair desenhos bidimensionais, e que integra uma biblioteca de objetos paramétricos², numa base de dados partilhada pelos intervenientes, facilitando desta forma o planeamento e gestão do projeto à construção e desta última até à operação do mesmo. Por detrás destes softwares, havia uma ideia clara: o melhoramento da comunicação entre as diferentes fases do projeto e os seus intervenientes, com o intuito de alcançar um maior desempenho em toda a indústria (Eastman et al. 2008).

Um dos grandes impulsionadores do termo BIM ou *Building Information Modelling* foi Jerry Laiserin, designado como “padrinho” do BIM, ao promover o consenso entre os diversos intervenientes do setor

¹ Van Nederveen, G.A. & Tolman, F., 1992, “*Modelling Multiple Views on Buildings*”

² Um objeto paramétrico consiste num conjunto de definições geométricas e informação e regras associadas a um objeto 3D.

relativamente ao termo a adotar, bem como as vantagens que esta nova forma de trabalhar carrega (Eastman et al. 2008).

Na sequência destes avanços tecnológicos, surgem os primeiros softwares destinados a qualquer utilizador, destacando-se o pioneiro *ArchiCAD* (1980) na Europa e mais tarde o *Revit* (2002³) nos EUA (Eastman et al. 2011), cuja grande vantagem em relação aos seus semelhantes residia na sua associatividade bidirecional, o que permitia a coordenação automática das alterações efetuadas em qualquer localização, sejam elas no modelo, nos desenhos ou nas tabelas (Autodesk Inc. 2016).

Considerando o vasto leque de softwares disponíveis e envolvidos no ciclo-de-vida dum edifício, tornou-se necessária a criação dum formato único, que permitisse a troca de informação entre diferentes programas BIM. Em 1995 é registado o formato IFC – *Industry Foundation Class*, pela aliança de empresas atualmente conhecida como BuildingSMART, dando resposta a esta questão, com vista à melhoria da interoperabilidade do processo de trabalho (Eastman et al. 2011). O impacto destes softwares foi de tal forma essencial para a conceção, planeamento, construção e gestão de edifícios, que em 2006, o conceito BIM passa a designar uma metodologia de gestão de projetos na indústria AEC, capaz de acompanhar um edifício ao longo de todo o seu ciclo-de-vida (Latiffi et al. 2014). (figura 1 e 2)

³ O *Revit* é apresentado pela *Autodesk* em 2002, depois de ser comprado à empresa que o desenvolveu durante a década de 90, a *Charles River Software*.

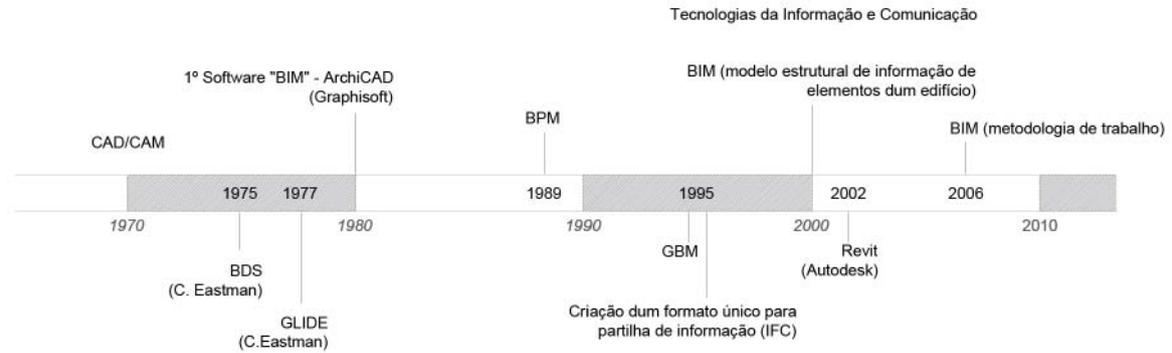


Figura 1. Evolução cronológica do conceito BIM

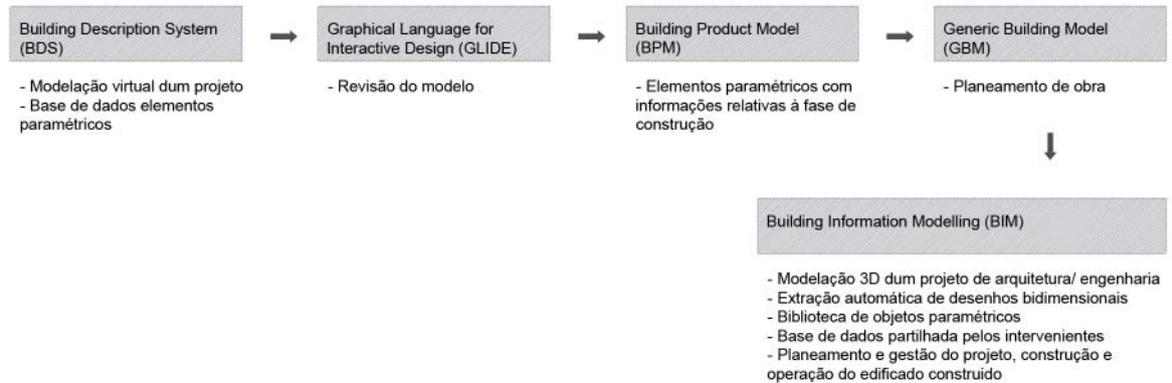


Figura 2. Evolução do conceito BIM

Capítulo 2. A Implementação do BIM na Indústria

A Indústria da Construção desempenha um valor fundamental no mercado da economia global, constituindo umas das maiores e mais representativas a nível europeu. No caso de Portugal, esta representa historicamente cerca de 6% do PIB nacional. Direta ou indiretamente, todos os meios produtivos dependem deste setor, que apesar da sua grande relevância, enfrenta grandes desafios (ONS/ IST 2016c).

Do ponto de vista ambiental, 50% dos materiais extraídos da crosta terrestre são utilizados por esta indústria, gerando em contrapartida 40% do total de gases com efeito de estufa emitidos na Europa. Relativamente à forma como opera, a situação é igualmente preocupante, na medida que a divisão e a fraca comunicação entre os intervenientes das várias fases envolvidas conduziu à fragmentação do setor, tal como descrito pela Comissão Técnica do BIM, pertencente ao Comité Europeu de

Normalização. Como consequência deste cenário, assiste-se muitas vezes à perda de informação e duplicação de tarefas, o que resulta em custos e prazos mais alargados (CEN 2015). Quanto à aplicação de tecnologias digitais e tecnologias de informação, a indústria da construção é ainda das menos digitalizadas (figura 3), com metodologias de trabalho tradicionais e tecnologicamente pouco sofisticadas. O reduzido investimento na investigação e desenvolvimento de melhores e inovadoras práticas na construção contribui também para este atraso, comparativamente a outras indústrias, como a automóvel. Como consequência, a produtividade da indústria da construção regista evolução muito inferior aos restantes setores desde há várias décadas (McKinsey&Company 2016). A juntar a todos estes fatores que lhe são intrínsecos, existem ainda preocupações sociais e económicas externas, que se prendem com as despesas decorrentes de uma crescente população envelhecida, o aumento da qualidade de vida das sociedades desenvolvidas e as restrições orçamentais enfrentadas um pouco por todo o mundo (Matthews 2016).

Se por um lado todos estes fatores levaram a uma crise generalizada, por outro levou ao reconhecimento que uma mudança de raiz era imperativa e não podia esperar mais. A indústria global vive um importante momento de transformação, com as novas tecnologias digitais a mudar a forma como se interage com a realidade. Este movimento, largamente difundido e aceite como Indústria 4.0⁴, emerge das potencialidades de quatro grandes avanços tecnológicos: conectividade entre dispositivos; novos interfaces entre Homem e Máquina; grande volume de informação gerado; e transferência de instruções digitais para o mundo real (McKinsey&Company 2015).

⁴ O conceito de Indústria 4.0 define-se como a nova etapa no processo de digitalização do tecido industrial e corresponde à quarta grande evolução da Indústria moderna, depois da revolução *lean* na década de 70, o *outsourcing* na década de 90 e a automatização nos anos 2000.

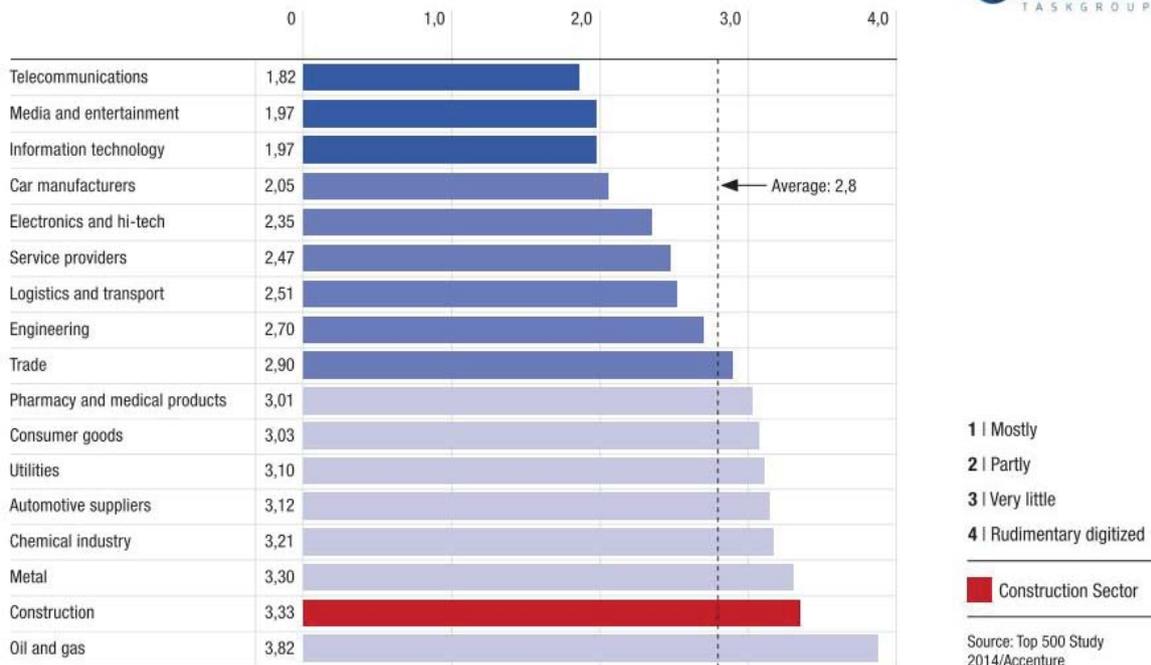


Figura 3. Investimento em tecnologia por setor, na Europa (Matthews 2016)

Integrado nesta oportunidade de modernização e digitalização da construção, está o *Building Information Modelling* que se está a tornar o suporte para esta mudança, ao introduzir uma solução para a gestão e valorização da informação, num ambiente mais colaborativo, integrado e eficiente. Com a aplicação de tecnologias BIM, embebidas numa nova metodologia de trabalho é possível delinear uma estratégia mais inteligente, capaz de alavancar a produtividade desta Indústria, tornando-a mais rentável e sustentável (ONS/ IST 2016c).

Durante a última década, desdobraram-se várias iniciativas para levar a cabo esta reestruturação, sumariamente: a definição de objetivos BIM, criação de comunidades de apoio e divulgação, ações de incentivo e criação de normas para agilizar a sua adoção. Os países mais desenvolvidos têm liderado a implementação do BIM, assumindo diferentes papéis atendendo ao contexto e tradição de governo de cada um. Os Estados Unidos da América, que cedo aplicaram estes novos mecanismos nos diferentes níveis do setor público (nacional, estatal, cidade e universidades públicas) são hoje considerados como o país mais maduro na implementação desta metodologia, desde as grandes empresas de projeto e construção, até aos donos de obra, segundo Jack C. P. Cheng e Qiqi Lu, do *Department of Civil and Environment Engineering* da *Hong Kong University of Science and Technology*. Por outro lado, o Reino Unido e a sua grande convicção numa estratégia política de fomento à adoção BIM garantiu-lhes o título de líderes mundiais. Ao demonstrar os promissores resultados alcançados, estes países conseguiram suscitar o interesse dos seus parceiros políticos, levando à criação de diversas entidades, como o *EU BIM Task Group* na União Europeia e à associação a entidades de normalização (Cheng & Lu 2015). Alianças entre a Indústria e o Governo, como acontece em França, na Alemanha ou em Espanha constituem também uma nova abordagem a esta temática (Matthews 2016). Autores como Cheng e Lu identificam ainda no seu *paper* de revisão de bibliografia de 2015, a importância da educação e investigação neste processo, sublinhando a posição das instituições de ensino e o investimento em projetos de investigação.

2.1. A implementação do BIM nos Estados Unidos da América

Os Estados Unidos da América, sendo o país cujo contributo para a definição e evolução do conceito BIM mais se fez notar internacionalmente, contam já com um nível de adoção bastante avançado. Das grandes empresas de software BIM, como a *Autodesk* ou a *Bentley*, às várias organizações públicas que trabalham no sentido de normalizar e facilitar o uso desta metodologia, o histórico de ações levadas a cabo, sobretudo na última década, é já longo (Venâncio 2015).

Em 2003, quando Jerry Laiserin organizou o *Building Information Modeling – The Great Debate*, juntando grandes nomes da indústria, a popularidade do termo e aquilo que ele promete ganhou um maior número de seguidores, despoletando outras iniciativas de carácter semelhante (Laiserin 2003). No mesmo ano, a agência governamental *General Services Administration* (GSA), gestora dos edifícios públicos e maior dono de obra dos EUA, através da sua divisão *Public Buildings Service* (PBS) lança um programa nacional de apoio ao uso do BIM – *National 3D-4D BIM Program*, que inclui: o estabelecimento de políticas de implementação; publicação de guias de apoio – *BIM Guide Series*, lançados entre 2007 e 2011; apoios financeiros; criação de parcerias com empresas de software, outras agências federais, associações profissionais, instituições de normalização e instituições de ensino/investigação; avaliação da disponibilidade da Indústria e do grau de maturação da tecnologia (General Services Administration 2016). À mesma entidade é ainda atribuído o feito de ter definido 2007, como o ano a partir do qual os projetos teriam de ser criados e desenvolvidos de acordo com os moldes do IFC BIM. Seguiu-se a sua implementação em todos os projetos de construção e reabilitação (acima de \$10M) a partir de 2009, pelo *United States Department of Veterans Affairs* (Cheng & Lu 2015).

Em 2005 o *National Institute of Building Sciences* (NIBS) cria uma iniciativa própria e que tem por objetivo a definição dum consenso relativamente à normalização BIM, publicando em 2007 a primeira versão duma série de diretrizes compiladas num documento - *National Building Information Modeling Standard (NBIMS)*. Durante os anos que se seguiram este guia foi sendo atualizado de modo a cobrir todo o ciclo-de-vida dum edifício, desde a fase de projeto e planeamento, até à fase de gestão e manutenção do mesmo (National Institute of Building Sciences 2016).

O *American Institute of Architects* (AIA), por sua vez, é responsável por uma série de documentos de apoio à gestão da informação entre as várias partes envolvidas num projeto de construção; o guia para a implementação do método de contratação - *Integrated Project Delivery (IPD)*; o protocolo *Building Information Modeling Protocol Exhibit* que classifica os diferentes níveis de desenvolvimento de um modelo BIM – *Level of Development (LoD)*, exigências e aplicações (Cheng & Lu 2015).

Para além das referidas, muitas outras organizações públicas e governamentais, nacionais e locais têm contribuído para uma melhor integração do BIM na indústria AEC, tornando os Estados Unidos da América um exemplo para todo o mundo (Cheng & Lu 2015). (figura 4).

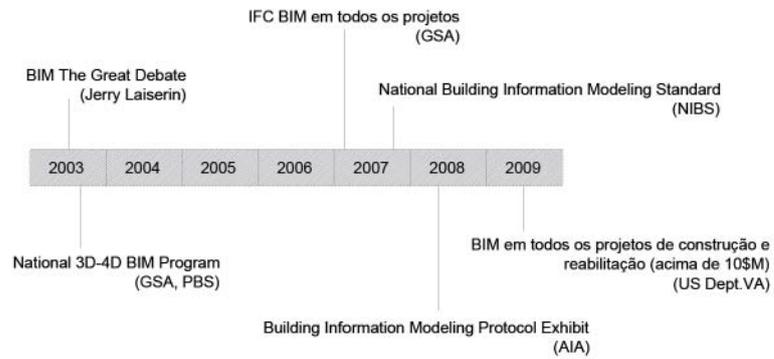


Figura 4. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC dos Estados Unidos da América

2.2. A implementação do BIM no Reino Unido

A aproximação do Reino Unido à metodologia BIM constitui um caso de enorme sucesso, no qual o Governo deteve a maior importância na condução do país através do processo de digitalização da indústria da construção (Bew 2016).

Apesar do peso significativo que representa na economia do país, este setor, sobretudo ao nível das obras públicas, até muito recentemente, não conseguiu obter grandes níveis de eficiência e competitividade externa, o que é reconhecido tanto pelo Governo como pela Indústria. Ao associar estas deficiências às cada vez mais apertadas metas orçamentais e ambientais chegou-se à conclusão que era imperativo olhar para esta indústria bastante fragmentada e adotar uma nova estratégia que enfrentasse estes dois problemas (Matthews 2016).

Através duma iniciativa do Governo Inglês, que representa também o maior cliente de novos projetos, é delineado, em parceria com vários agentes da indústria, um plano ambicioso e que pretende incentivar o desenvolvimento do setor. Em 2011, é apresentada a *Government Construction Strategy* (GCS), inserida no documento estratégico *Construction 2025* e segundo o qual, a partir do dia 4 de abril de 2016, todas as obras públicas teriam de ser levadas a cabo, de acordo com metodologias BIM, atingindo o nível de maturidade *BIM Level 2*⁵, tal como se define no diagrama da figura 5. Ainda que esta meta implique despesas decorrentes de um maior investimento em formação e tecnologia, o pressuposto

⁵ Segundo Bew-Richards, os níveis de maturidade definem o conjunto de critérios que caracterizam o grau de implementação BIM na Indústria. O *BIM Level 2* distingue-se pela colaboração entre vários intervenientes, através dum formato de ficheiros comum, possibilitando a construção de modelos BIM independentes, mas que incorporem a informação de todas as partes envolvidas, para maior controlo.

desta estratégia passa pela redução de até 20% dos custos associados aos projetos de construção (Cabinet Office 2011). No seguimento do plano traçado, surgem organismos públicos de apoio a este processo de transição, nomeadamente o *BIM Task Group*, que reúne pela primeira vez em maio de 2011, data coincidente com o lançamento oficial da estratégia nacional e juntando agentes da indústria, do governo, de instituições, setor privado e academia, aproximando e promovendo um espírito de cooperação. O *Construction Industry Council* (CIC), entidade representativa dos profissionais do setor, tem vindo desde 2013, também a demonstrar o seu interesse, através do lançamento duma série de documentos técnicos e guias disponíveis online (Cheng & Lu 2015).

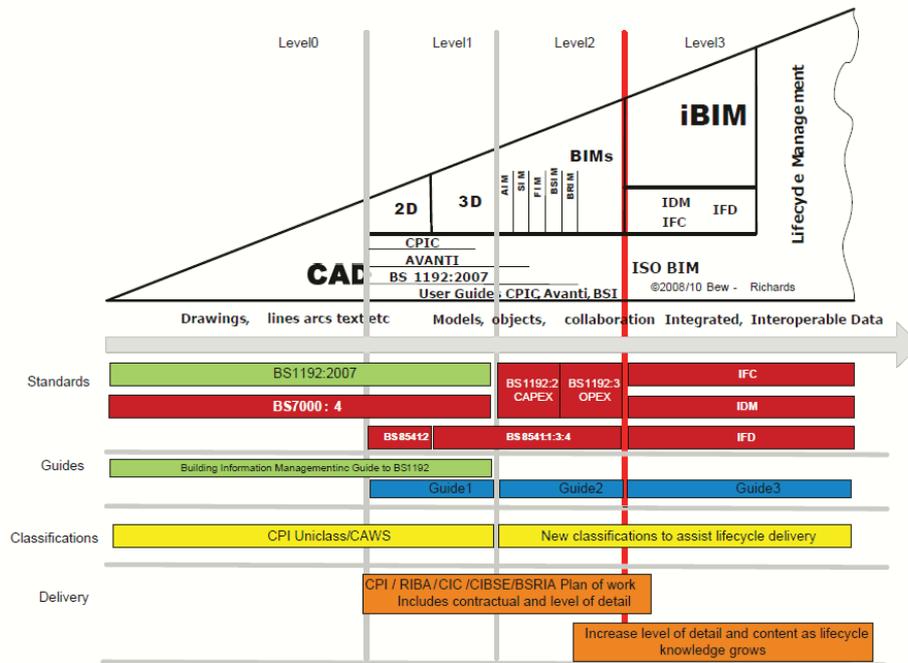


Figura 5. Diagrama de maturidade de Bew-Richards (Platts 2013)

O enriquecimento tecnológico que uma reestruturação deste nível implica, tem sido gradual e deriva do investimento e adoção de novas tecnologias, principalmente as tecnologias da informação, cujo valor é crucial para uma inteligente e responsável gestão da informação envolvida no ciclo-de-vida dum edifício (Autodesk Inc. 2002). (figura 6)

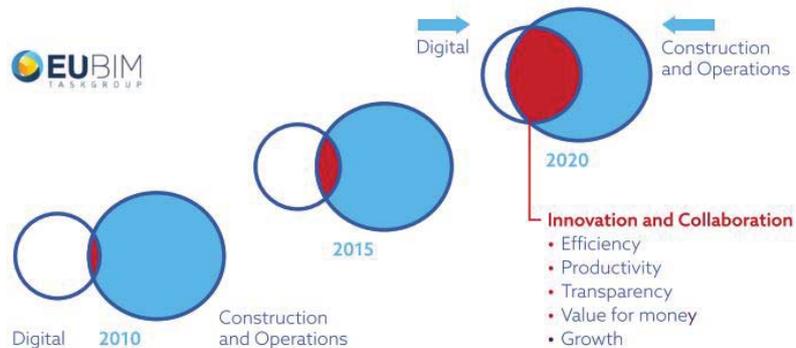


Figura 6. A introdução do digital na Construção e Operação de edifícios (Matthews 2016)

Simultaneamente ao trabalho desenvolvido pelas entidades que prestam apoio técnico, é de salientar o esforço de normalização que algumas organizações sem fins lucrativos desempenham ao criar e divulgar BIM Standards, agilizando esta transição. A *British Standard Institution* (BSI), através da comissão técnica B/555 - *Construction Design, Modelling and Data Exchange* é um destes exemplos, tendo publicado um conjunto de normas que auxiliam as entidades envolvidas, a cumprir com os requisitos inerentes ao grau de maturidade exigido no GCS (The British Standards Institution 2015), (Eymon 2016).

No decurso dos últimos anos, o nível de adoção de BIM no Reino Unido aumentou consideravelmente, em grande parte impulsionado pelo plano estratégico do Governo. No relatório anual, *National BIM Report*, publicado pela NBS, são apresentados estes resultados (Malleon 2016), revelando que as equipas de profissionais presentes nas fases de projeto e construção são as que estão mais desenvolvidas. Ainda que persistam algumas dúvidas, principalmente devido à falta de competências e conhecimentos na formação destes intervenientes (NBS 2016), o Governo está confiante com o nível de inovação e produtividade alcançados, preparando-se para dar o próximo passo no desenvolvimento da próxima geração de padrões digitais – *BIM Level 3*⁶, assegurando a liderança no uso destas tecnologias (Bew 2016). (figura 7)



Figura 7. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC do Reino Unido

⁶ O último nível do diagrama de Bew-Richards, *BIM Level 3*, baseia-se num cenário de colaboração, através dum modelo BIM comum a todas as partes envolvidas no projeto, também designado por *Open BIM*.

2.3. A implementação do BIM em França

Desde muito cedo, França demonstrou o seu interesse pelas potencialidades que as tecnologias digitais tinham para oferecer à construção. No relatório apresentado pela *McGraw-Hill Construction* em 2010, os franceses demonstraram ser os mais otimistas relativamente ao retorno do investimento em BIM, contando com a taxa de adoção mais elevada entre os países parceiros, Inglaterra e Alemanha (McGraw-Hill Construction 2010). A digitalização e consequente transformação desta área ficou inicialmente limitada aos avanços feitos pelos particulares, surgindo as primeiras associações como a *BIM France*, em 2013, e que juntam arquitetos e engenheiros neste esforço conjunto. Apenas mais tarde, se viriam a juntar entidades governamentais, clientes públicos e organizações profissionais (Davies et al. 2015).

A progressiva decadência do setor desde 2008, manifestada sobretudo ao nível do desaparecimento de postos de trabalho e diminuição do número de projetos de habitação empreendidos, gerou uma profunda reflexão no seio do Governo Francês. A constatação da situação desencadeou uma série de ações com vista à revitalização da construção, através de, entre outras, a introdução de ferramentas digitais, procurando desta forma desenvolver um maior número de projetos de construção e reabilitação de habitação, com melhor qualidade, atendendo às metas impostas. De forma a compreender melhor as reais necessidades da indústria, a Ministra da Habitação, Igualdade regional e Assuntos Rurais encomenda, em junho de 2014, um relatório completo a Bertrand Delcambre, presidente do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)*. Para além de clarificar o grau de compreensão nestas matérias, foi também solicitada a identificação de estratégias de desenvolvimento, que abarcassem todos os envolvidos no ciclo-de-vida dum edifício. Na carta enviada a Delcambre é expresso o uso da metodologia BIM como principal agente da mudança que se pretende imprimir. De embaixador da

missão a presidente do plano estratégico, Delcambre acabaria por confirmar a necessidade de apoiar e agilizar o setor no processo de transição para o digital, através duma mobilização conjunta de ações (Delcambre 2014).

A elaboração deste relatório esteve na base do *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment* (PTNB) ou “Plano para a Transição Digital na Indústria da Construção”, anunciado pelo Governo em dezembro de 2014 e oficialmente instituído a 20 de janeiro de 2015, inserindo-se na missão geral de estímulo da construção. Por reconhecer a importância de criar primeiro um ambiente favorável à introdução de novas práticas de trabalho, o Estado Francês disponibilizou um total de 20 milhões de euros do orçamento de estado distribuídos ao longo de três anos, para a concretização deste plano que assenta em três objetivos principais: consciencialização de todas as partes interessadas, sobretudo os donos de obra, através da demonstração de boas práticas e exemplos concretos; apoio e incentivo à formação dos profissionais para aprimoramento das suas competências e apoio ao desenvolvimento de ferramentas e soluções BIM, para as pequenas e médias empresas; estabelecimento dum “ecossistema digital” através do suporte à normalização, conseguindo uma maior interoperabilidade entre grupos, ferramentas e processos (PTNB 2015).

Apoiando-se na diretiva europeia que permite aos estados membros exigir a utilização de ferramentas eletrónicas, como é o caso das ferramentas BIM, em trabalhos públicos, França segue o exemplo de outros países, definindo 2017 como o ano limite, a partir do qual a contratação pública para projetos de construção deve obrigatoriamente seguir estes pressupostos (Di Giacomo 2015).

Para concretizar esta ambiciosa tarefa, foram criadas as estruturas necessárias ao seu desenvolvimento, nomeadamente uma comissão diretiva, uma comissão técnica, um secretariado técnico e ainda grupos

de trabalho específicos. As ações destes organismos vêm complementar e unificar o trabalho já iniciado por muitas outras organizações francesas, como por exemplo a *Mediaconstruct* (buildingSMART France), responsável pelo desenvolvimento de normas relativas à aplicação das TIC na construção e formatos de interoperabilidade, como o IFC (PTNB 2015).

Com um avultado investimento já feito, um plano bastante minucioso e abrangente, o apoio de diversas iniciativas tanto a nível nacional, como internacional, bem como o otimismo demonstrado pelos agentes da indústria, o Governo francês demonstra confiança nas metas já alcançadas. No entanto, o presidente do PTNB reconhece que este trabalho está ainda no início, devendo estender-se para lá dos três anos inicialmente abrangidos pelo plano estratégico (PTNB 2017). (figura 8)



Figura 8. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC de França

2.4. A implementação do BIM na Europa

Do ponto de vista da regulamentação, a Europa apresenta-se a diferentes velocidades (figura 9), existindo já países com normas próprias, tais como a Inglaterra, a Finlândia, a Noruega ou a Holanda, conferindo-lhes a função de motor de referência, no processo de normalização e implementação do BIM na Indústria (Venâncio 2015). As ações iniciadas em alguns destes países (figura 10), que cedo reconheceram o valor das tecnologias digitais aplicadas à indústria da construção, acabariam por despoletar medidas paralelas por parte de entidades europeias (ONS/ IST 2016c).

Nos últimos anos e na sequência de diversos casos de sucesso já verificadas, a União Europeia tem vindo a mobilizar esforços para a criação dum “conjunto estruturado de normas, especificações e relatórios que descrevem metodologias para definir, implementar e monitorizar o BIM e gerir toda a informação que lhe é inerente”. Esta visão manifesta-se numa Comissão Técnica (CEN/TC 442) - Comissão Técnica Europeia de Normalização BIM, cujo trabalho prima também pelo aumento duma rede de interoperabilidade e aproximação de toda a indústria AEC europeia, que se pretende mais competitiva e digital. A convergência da normalização entre os estados membros aponta assim para três níveis principais ao longo do ciclo-de-vida das edificações: nível tecnológico, semântico e processual (ONS/ IST 2017).

Atualmente, várias normas já foram publicadas sob a forma de ISO Standards, estando previsto o lançamento de mais até ao fim do ano (CEN 2015).

Para além da CEN/TC 442, a EU apoia também um grupo de trabalho, o *EU BIM Task Group*, fundado em 2015 e que promove a partilha de iniciativas nacionais, no sentido de criar melhores práticas,

comuns a todos os estados membros. A sinergia que este grupo procura prende-se com a visão de uma indústria digital e sustentável, mais valorizada em termos económicos e capaz de fazer uma melhor e mais eficiente gestão de obras públicas ao longo de todo o seu ciclo-de-vida (Matthews 2016). Em julho de 2017 o *EU BIM Task Group* apresenta o seu mais recente trabalho - *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*, onde são descritos princípios e práticas comuns para contratação com base em BIM (EU BIM Task Group 2017).

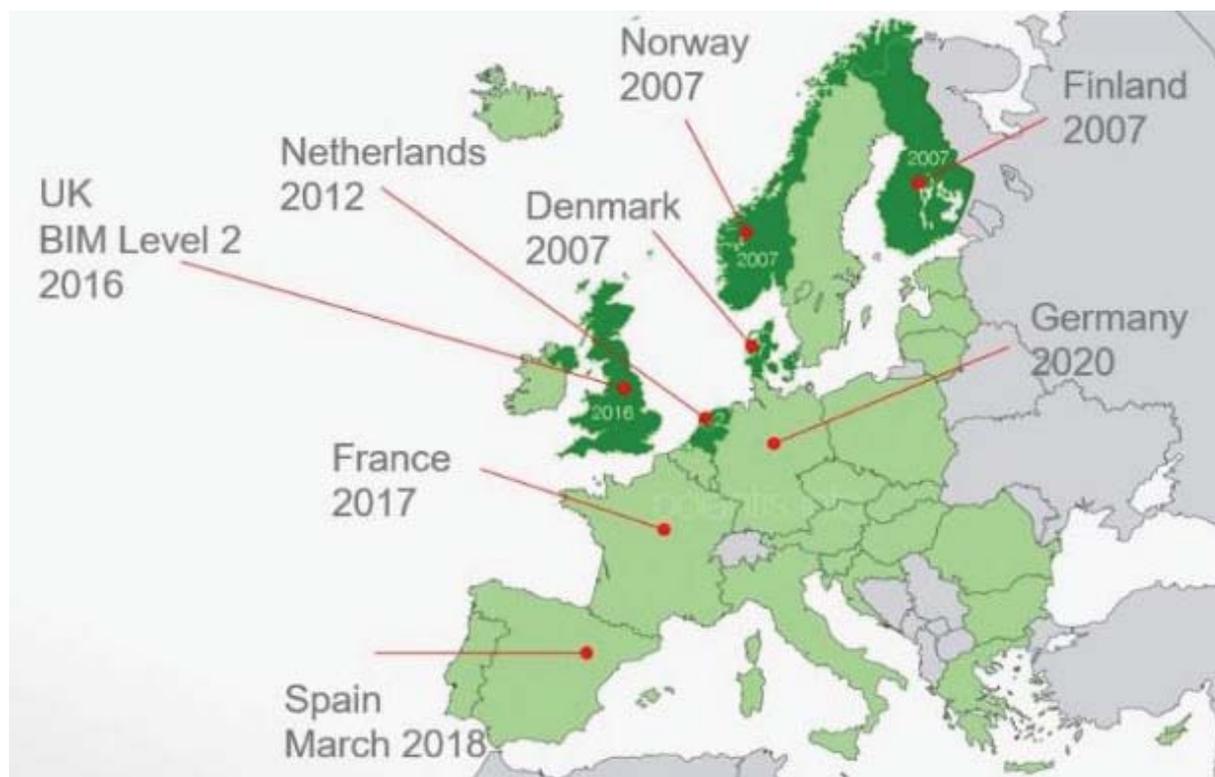


Figura 9. Metas para implementação BIM na Europa (Koritsa 2016)

Germany		Norway	
Finland		Spain	
France		UK	
Netherlands		Denmark	

Figura 10. Programas nacionais de apoio à implementação do digital na Indústria AEC (Matthews 2016)

Capítulo 3. A Implementação do BIM na Academia

O futuro da indústria da construção assenta numa reestruturação ao mais profundo nível, requerendo não só uma evolução do *know-how* tecnológico, como a definição de novos *mindsets*. O *Building Information Modelling* enquanto conceito emergente nos últimos anos, conseguiu afirmar-se no seio da comunidade, no entanto a sua complexidade está ainda longe de ser compreendida por todos os intervenientes (Sampaio 2014). Atualmente, assiste-se a uma escassez de profissionais qualificados nesta área, o que impede uma adoção mais disseminada da metodologia colaborativa (Becerik-Gerber et al. 2011).

As universidades devem ser capazes de formar profissionais com competências que lhes permitam enfrentar não só os desafios presentes, mas também os futuros, num mercado mais competitivo e em constante transformação, donde se depreende a importância duma estreita colaboração entre a

academia e a indústria (Sampaio 2014). Nas palavras de Becerik-Gerber et al. (2011) “a educação AEC deveria definir o passo, em vez de acompanhar o passo da indústria”⁷.

Existem, no entanto, fatores de diversas ordens a afetar a inclusão destes novos conceitos nos currícula, Badrinath (2017) faz um levantamento dos principais impedimentos ao ensino BIM, agrupando-os em três categorias, que correspondem aos três campos *da BIM framework* de Succar: político, tecnológico e processual (figura 11). Através desta correspondência, o autor identifica os agentes responsáveis por cada um dos obstáculos e possíveis causas, permitindo assim delinear uma estratégia mais direcionada e efetiva.

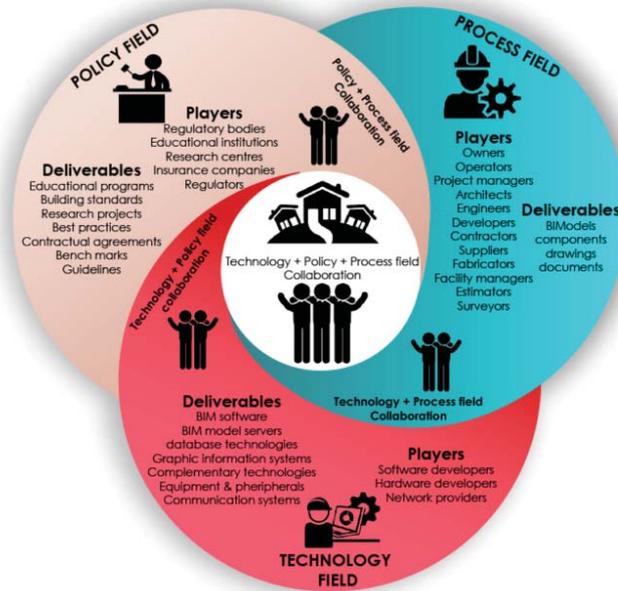


Figura 11. Campos de atuação, intervenientes e produtos BIM (Badrinath 2017)

⁷ Traduzido de “AEC education should be setting the pace rather than keeping the pace with the industry”.

O primeiro campo, do qual fazem parte as instituições de ensino, os centros de investigação ou as entidades reguladoras padece duma resistência por parte de muitos educadores, que ainda estão pouco familiarizados com estas matérias em contexto BIM, nomeadamente a colaboração multidisciplinar, que em termos institucionais, requer uma convergência de esforços entre diferentes departamentos ou instituições, uma tarefa complicada e nem sempre possível. As próprias estruturas curriculares estão na maioria dos casos condicionadas, não conseguindo suportar novos módulos de ensino. Em muitas escolas de arquitetura, o BIM é ainda visto como uma ameaça à criatividade, uma tendência identificada por diversos autores, como por exemplo (Becerik-Gerber et al. 2011), algo que resulta da incompreensão do conceito, falta de informação ou por e simplesmente resistência aos novos conteúdos e ferramentas. A falta de acreditação e diretrizes de apoio à implementação destes conteúdos nos *curricula*, por parte das entidades competentes é também uma das grandes desvantagens enfrentadas (Badrinath 2017), apesar de se considerar vantajoso que a academia não esteja sujeita às mesmas pressões que a Indústria, criando assim espaço e liberdade para uma maior experimentação.

As questões tecnológicas prendem-se com a disponibilidade de instalações equipadas com hardware e software adequado, servidores capazes de albergar toda a informação gerada, bem como apoio técnico especializado. Os custos associados aos softwares e ferramentas BIM representam uma das grandes forças inversas à sua adoção, pelo que uma maior coordenação entre instituições e distribuidores de software seria essencial, quer para um maior aconselhamento, quer para fornecimento de licenças a custo mais reduzido (Badrinath 2017).

O campo processual, representado pelos arquitetos, engenheiros, empreiteiros, fornecedores, donos-de-obra e todos os restantes envolvidos desde a fase de conceção de projeto até à sua construção e gestão têm a responsabilidade de contrariar a fissura existente entre a teoria e a prática, no sentido de

aproximar os resultados de aprendizagem na Academia e as competências esperadas pela indústria. As experiências educativas BIM já empreendidas focam-se maioritariamente no ensino das ferramentas tecnológicas, descurando a componente de gestão do processo, enquanto o contacto com a prática construtiva constitui também uma lacuna na formação dos alunos para um entendimento adequado (Badrinath 2017).

Ainda que as barreiras a enfrentar sejam muitas, a educação BIM tem progredido nos últimos anos, como se pode ler nos relatórios da NATSPEC⁸, organização sem fins lucrativos do setor da construção, que recolhe anualmente o depoimento de vários países, acompanhando desta forma o seu desenvolvimento ao nível da academia. A tendência é observada um pouco por todo o mundo, ainda que a diferentes velocidades, com países a contar com o apoio dos seus governos e onde o ensino já integrou esta metodologia, apresentando uma oferta formativa em conceitos, gestão de processos e em ambientes colaborativos BIM, como é o caso dos EUA, Reino Unido, Suécia, Austrália, Hong Kong, etc. Contrariamente, existem países onde apesar do reconhecimento, ainda se está a avaliar a pertinência de novos conteúdos curriculares. A ausência de reconhecimento oficial de cursos e experiência profissional, tida como uma das grandes barreiras a impedir uma implementação mais generalizada do BIM nos currículos, começa a diminuir com o aparecimento de programas de acreditação/certificação, em países como o Canadá, os EUA, Reino Unido, Austrália ou Nova Zelândia (Natspec 2017).

A quantidade de experiências académicas com este tipo de conteúdos manifesta-se também numa grande diversidade de abordagens, com modelos que envolvem diferentes graus de colaboração e integração. De acordo com Barison & Santos (2010) é possível agrupá-las em três categorias:

⁸ Organização australiana sem fins lucrativos gerida por associações profissionais e grupos governamentais ligados ao setor da construção.

intradisciplinar, na qual participam estudantes da mesma área de formação (arquitetura ou engenharia) e cujo foco de ensino incide sobre software BIM, criação, desenvolvimento e análise de modelos podendo também ser simulada uma aproximação ao conceito de colaboração; interdisciplinar, onde alunos das várias disciplinas que compõem o setor e pertencentes à mesma instituição de ensino, aprendem conceitos BIM e interagem em ambiente colaborativo, desenvolvendo um modelo comum; colaboração à distância, com uma abordagem idêntica à anterior, mas envolvendo estudantes de duas ou mais escolas.

Os conteúdos BIM são passíveis de serem integrados em diferentes áreas (representação gráfica, projeto, tecnologias da construção, gestão de obra, curso BIM) e fases (licenciatura, mestrado, workshops, estágio) do ciclo de estudos, podendo ser abordados em unidades curriculares próprias, obrigatórias ou optativas, ou fazer parte do programa de unidades curriculares existentes (Barison & Santos 2010).

A escolha destas matérias deve seguir de perto as necessidades da Indústria, mas ao mesmo tempo ser adaptado à cultura e tradição de cada escola, gerando desta forma curricula com variações significativas (Gu & de Vries 2012). Para um maior consenso, na definição das competências a adquirir através duma educação nestes moldes, Sacks & Pikas (2013) criaram uma lista com 39 tópicos de ensino (tabela 1), a serem considerados pelas entidades responsáveis como uma referência na adaptação ou criação de estruturas curriculares. (Barison & Santos 2011) investigaram também este assunto, traçando o perfil dum *BIM manager* qualificado, um profissional com um curso superior na área de Ambiente Construído e que inclui para além dos conhecimentos e competências em processos e tecnologias BIM, as competências funcionais (comunicação, pensamento crítico e analítico), interpessoais (espírito

de equipa, liderança) e atitudes (autonomia, motivação, dedicação), usualmente já adquiridas ao longo destes cursos.

Tabela 1. 39 tópicos para o ensino BIM (Sacks & Pikas 2013)

Processes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Overall construction design management and contracting procedures 2. Facility maintenance and management 3. Advantages and disadvantages of BIM for design and construction processes 4. Model-progression specification and level-of-detail concepts 5. Changes in management procedures 6. Data security 7. Information integrity 8. Design coordination 9. Constructability review and analysis 10. Management of information flows 11. Contractual and legal aspects of BIM implementation 12. BIM standardization (in organizations and projects)
Technology	<ol style="list-style-type: none"> 13. Basic BIM operating skills 14. Modeling with standard catalog elements 15. Creating and modeling with custom elements 16. Massing/solid modeling 17. Central databases/information repositories 18. Interoperability (file formats, standards, and structure for data sharing) 19. Communication tools, media, channels and feedback 20. Ways to store and share information (e.g., cloud computing, networking, big-room equipment) 21. Choosing right BIM technologies/processes/tools for specific purposes 22. Laser scanning
Applications	<ol style="list-style-type: none"> 23. Create renderings and representations for aesthetic evaluation 24. Rapidly generate multiple design alternatives 25. Perform energy analysis 26. Perform structural analysis 27. Perform automated quantity takeoff and cost estimation 28. Check code compliance 29. Evaluate conformance with program/client values 30. Detect clashes 31. Perform automated generation of drawings and documents 32. Perform multiuser editing of a single-discipline model; multiuser viewing of merged or separate multidiscipline models 33. Rapidly generate and evaluate construction plan alternatives 34. Perform automated generation of construction tasks 35. Perform discrete event simulation 36. Perform 4D visualization of construction schedules 37. Monitor and visualize process status 38. Export data for computer-controlled fabrication 39. Integrate with project partner (supply chain) databases

3.1. Implementação do BIM nos Estados Unidos da América

A maioria das instituições de ensino norte-americanas começa a introduzir BIM ao nível dos seus currícula a partir de 2003, tanto no primeiro, como no segundo ciclo de estudos em cursos de arquitetura e engenharia civil. Um estudo efetuado, em 2007 por Guidera⁹ e citado em (Barison & Santos 2010), em diferentes instituições de ensino superior permitiu concluir que o BIM não estava a ser amplamente difundido como se esperava. As primeiras experiências de implementação registadas apenas abordavam ou discutiam o conceito nos programas destes cursos, focando o ensino prático nas ferramentas de softwares de modelação. Apesar do panorama geral, algumas universidades alcançaram um nível de implementação mais avançado, como é o caso da *Penn State University* ao introduzir, em 2006, BIM nas unidades curriculares de projeto (*Integrated Design Studio*) ou a *University of Utah's College of Architecture and Planning* com o seu processo de reformulação do currículo nos cursos de projeto, iniciado também em 2006, tal como descrito por Scheer¹⁰ citado em (Barison & Santos 2010).

A partir de 2008, surgem os primeiros exemplos de colaboração interdisciplinar, juntando alunos de diferentes cursos e em alguns casos de diferentes universidades, em projetos pioneiros e que permitiram criar as bases para uma melhor compreensão da disseminação da educação BIM (Barison & Santos 2010). Neste caminho, instituições como o *National Institute of Building Sciences* (NIBS) ou o *BIMForum*, que operam na Indústria, e cedo compreenderam o papel da educação, têm conduzido os seus esforços na definição duma estratégia comum (Cheng & Lu 2015). A empresa *Autodesk*, cujo

⁹ GUIDERA, S., 2007. Digital design, BIM, and digital fabrication: utilization and integration in architectural engineering curriculums. Em: Annual Conference of the American Society for Engineering Education, 2007, Honolulu, Hawaii Disponível online: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=5037>.

¹⁰ SCHEER, D. R., 2006. From an Educational Perspective: BIM in the Architectural Curriculum. Government/Industry Forum—outubro 31, 2006 National Academies' Federal Facilities Council.

foco principal é a distribuição de software, atualmente, desempenha um forte papel na educação dos profissionais do setor através dos seus eventos de inovação e disseminação - *Autodesk University* (Autodesk Inc. 2017), associada à plataforma online *au.autodesk*, na qual é possível encontrar os conteúdos (vídeos das apresentações, apresentações e artigos) das conferências que organiza pelo mundo e ainda através dos prêmios de incentivo e bolsas de investigação (Barison & Santos 2010). (figura 12).

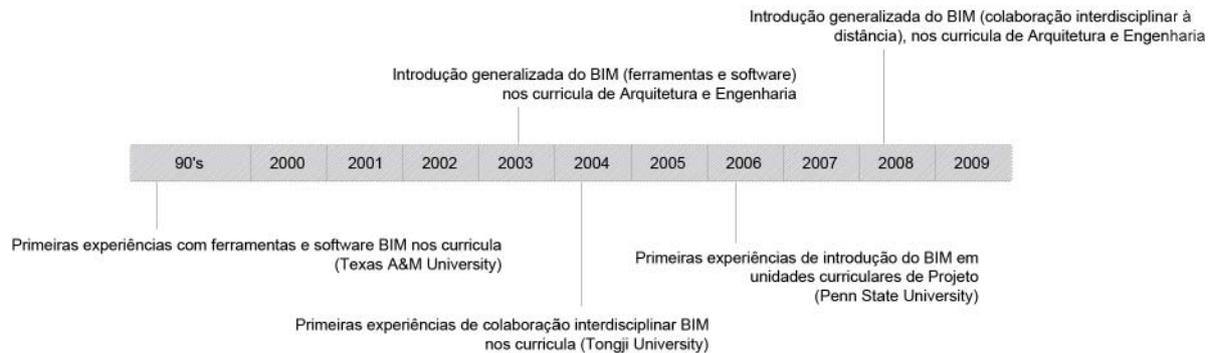


Figura 12. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino nos Estados Unidos da América

3.2. Implementação do BIM no Reino Unido

A meta estabelecida pelo Governo Inglês, para a adoção do BIM nas obras públicas do país, exerceu a pressão que a Indústria necessitava para proceder a esta mudança. As instituições de ensino superior, pelo contrário, não passaram por este tipo de incentivo. Por um lado, existe uma clara divisão comum a todo setor, com milhares de pequenas empresas a atuar em diferentes fases do projeto, por outro, a academia também apresenta a sua própria fragmentação, na medida que apenas em casos pontuais se manifestam colaborações entre alunos de cursos de arquitetura, engenharia, gestão de construção, etc. (Underwood & Ayoade 2015). Como resultado, a aproximação ao BIM não é consistente e apresenta grandes disparidades entre diferentes instituições de ensino, ou mesmo entre diferentes áreas que atuam em Ambiente Construído.

O *UK BIM Task Group*, do qual faz parte um grupo de trabalho especificamente direcionado para o treino e educação em BIM lança, em 2013, uma matriz¹¹ com os objetivos de aprendizagem a ter em conta pelas entidades formadoras, facilitando o aparecimento de novos cursos, de curta duração, destinados a profissionais e reflexões no seio da comunidade académica, para uma maior inclusão nos cursos de ensino superior (Cheng & Lu 2015).

As primeiras tentativas de incorporação das novas metodologias de trabalho no seio das instituições de ensino superior deveram-se sobretudo ao particular interesse de académicos e departamentos científicos dentro das escolas. Os mais atentos a este fenómeno rapidamente perceberam as suas implicações na educação, direcionando a sua atenção para os novos desafios que se anteviam. Um

¹¹ *Initial BIM Learning Outcomes Framework*, Disponível em <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2015/06/Learning-Outcomes-Framework-Table.pdf>

grupo formado por representantes de várias universidades inglesas uniu-se neste sentido e criou, em 2011, o *BIM Academic Forum UK* (BAF). Através da definição de estratégias de ensino e investigação conjuntas em BIM, este grupo pretende assim fazer a ponte entre as exigências da indústria e as competências necessárias e que devem ser ensinadas (Natspec 2015). Um exemplo de aliança entre academia e indústria são as parcerias Universidade-Empresa KTP (*Knowledge Transfer Protocol*), que contam também como apoio do Estado, pretendendo ajudar principalmente as pequenas e médias empresas (Arayici et al. 2011).

Partindo do trabalho do grupo de treino e educação BIM, o BAF incide essencialmente sobre o ensino superior, a aprendizagem e a investigação, procurando desenvolver uma estrutura para introduzir e integrar o BIM nas universidades, de forma adaptada aos ciclos de ensino e dentro das áreas de estudo mais adequadas – *BIM academic framework* (figura 13). O trabalho desta instituição, que atua exclusivamente em contexto académico, complementa os cursos que outras associações profissionais já têm disponível, nomeadamente a *Royal Institute of British Architects* (RIBA), *Chartered Institute of Building* (CIOB) ou a *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS). Mais do que complementar, o BAF atua numa fase bastante inicial da formação dos novos agentes do mercado, conferindo-lhes desde cedo ferramentas, competências e valores essenciais ao bom desempenho na indústria AEC na era digital (Platts 2013).

BIM Academic Forum – BIM Academic Framework

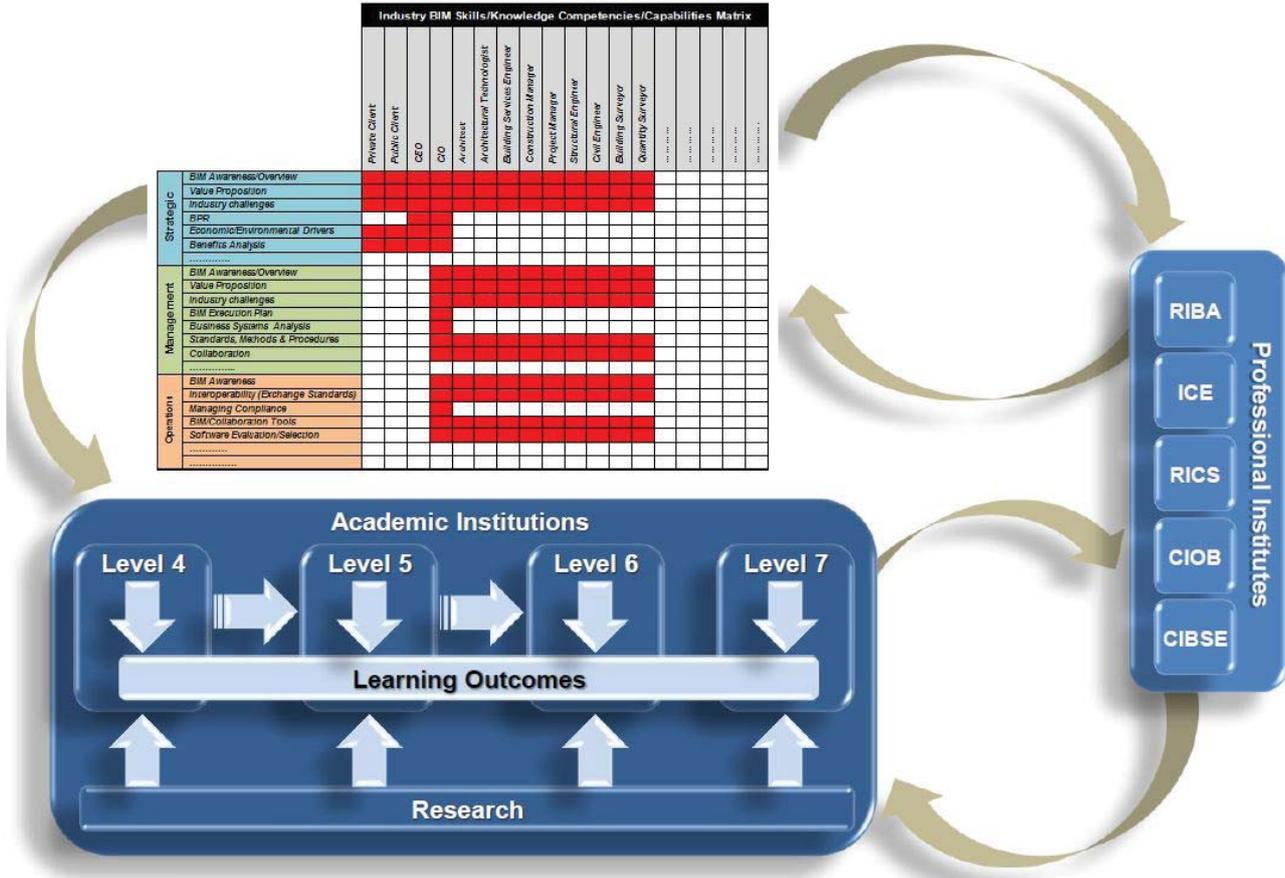


Figura 13. BIM Academic Framework (Platts 2013)

Em março de 2015, o *BIM Academic Forum* elaborou um questionário direcionado às instituições de ensino superior com vista ao apuramento da situação destas entidades relativamente à incorporação do BIM no ensino e aos desafios enfrentados, focando-se em quatro aspetos fundamentais: estrutura, corpo docente, infraestrutura e planos curriculares. Concluiu-se que as disciplinas que fazem parte da área do ambiente construído estão muito desligadas entre si, sendo a arquitetura aquela que regista mais avanços. Apesar dum médio-elevado nível de integração nos currícula, o nível de maturidade nestas universidades não reflete esta tendência (figura 14), o que se manifesta nas abordagens curriculares, onde o BIM é principalmente aplicado enquanto ferramenta de trabalho e em unidades curriculares próprias. O corpo docente apresenta-se ainda pouco qualificado para conseguir abordar tais questões com maior grau de complexidade, o que constitui um dos entraves à exploração destes conteúdos e à atualização de planos curriculares, pelo que a formação dos professores deve ser também uma prioridade (Underwood & Ayoade 2015).

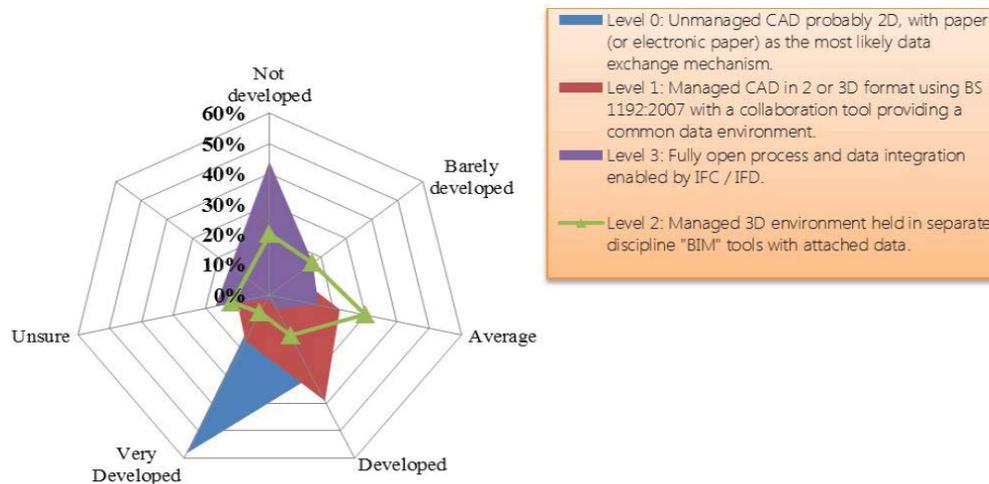


Figura 14. Níveis de Maturidade BIM no Ensino Superior (Underwood & Ayoade 2015)

Relativamente à estratégia adotada verifica-se que há uma maior predominância no ensino de “conhecimentos e a sua compreensão” (colaboração, interoperabilidade, objetos paramétricos, BIM enquanto oportunidade de negócio, etc.), seguido das “competências práticas” (conhecimentos técnicos para uso de ferramentas e tecnologia específica) e por último as “competências transferíveis” (capacidade de trabalhar em ambiente BIM, gerindo processos, informação, tecnologia e pessoas). Outra das conclusões extraídas do questionário incide sobre as próprias funções do BAF, salientando-se a sua importância junto de entidades profissionais, como o RIBA, ICE, RICS, CIOB ou o CIBSE, na definição de critérios de acreditação de estruturas curriculares que contemplem conteúdos BIM, em cursos de ensino superior (Underwood & Ayoade 2015). (figura 15)

A University of the West of England, a University of Liverpool, University of Salford ou a University of South Wales são apenas alguns exemplos de universidades onde já existem mestrados exclusivamente dedicados ao BIM (Ravenscroft 2016).

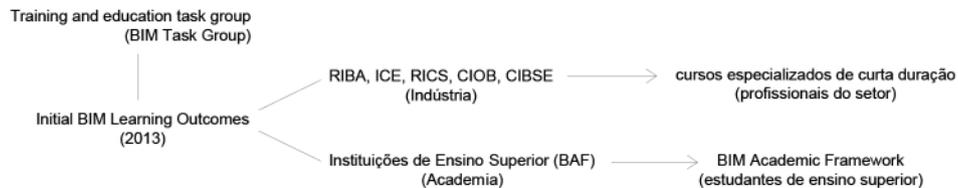


Figura 15. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino no Reino Unido

3.3. Implementação do BIM em França

O ensino da arquitetura em França, à semelhança do que está a acontecer com a Indústria, atravessa também um período de adaptação e transformação com a introdução das tecnologias digitais, desde cedo na formação dos futuros profissionais. No seguimento da reforma de 2011, os cursos de ensino secundário, que garantiam aos seus alunos a continuação dos estudos no ensino superior, nas áreas de arquitetura, engenharia, construção, passaram a integrar no seu plano curricular o BIM. A implementação destas medidas, ainda antes do plano estratégico nacional PTNB entrar em vigor, vem demonstrar a relevância da educação como na transformação do setor (Perrot 2013).

A intenção manifesta no relatório de Delcambre (2015), de introduzir estes novos conceitos através de formação contínua e abrangente a todos os grupos (profissionais experientes, formadores, estudantes), acabaria por se concretizar num dos três principais eixos da estratégia do Governo. Neste contexto de formação a nível nacional, as instituições de ensino foram incentivadas a refletir sobre os seus planos curriculares, como se pode verificar no discurso do Ministro do Ensino Superior e Investigação em outubro de 2013 (Fioraso 2013), ou na carta dirigida à *Education Nationale* (Delcambre 2015)

Associações como o GREBTP, *Groupe de réflexion académique sur les enseignements du bâtiment et travaux publics*, contribuem ativamente para estes objetivos ao fazerem a ponte entre os profissionais do setor e o meio académico. Esta relação direta que se estabelece entre a teoria e a prática permite tirar o máximo de potencial das experiências criadas e evoluir com maior segurança e rapidez. Com a introdução do BIM na educação, as instituições procuram não apenas promover o domínio das ferramentas, mas contribuir para o desenvolvimento do espírito crítico dos alunos, em relação às suas vantagens na prática da arquitetura e numa forma geral em toda a Indústria. Esta situação é ainda

potenciada pela maior aptidão que as novas gerações apresentam para com as novas tecnologias, pelo que cingir o ensino à aprendizagem de um software seria limitante e muito pouco ambicioso (Biasio 2015).

Do panorama das instituições de ensino superior, a *École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse* é uma das mais antigas escolas de arquitetura a introduzir as tecnologias e conceitos característicos do *Building Information Modelling* na oferta formativa dos cursos de arquitetura, através da criação de unidades curriculares optativas, quer ao nível do primeiro, quer ao nível do segundo ciclo (Ferriès 2013), (Mediaconstruct 2013).

Com o intuito de dar também resposta à crescente procura de formação, por parte dos profissionais, algumas instituições de ensino criaram pequenos cursos e mestrados especializados, como por exemplo a *École des Ponts Paris Tech*, que em conjunto com a *École Supérieure des Travaux Publics (ESTP)* são responsáveis pela criação do primeiro mestrado nacional em BIM, em 2014. Partindo duma ideia iniciada pela *Mediaconstruct*, este projeto pioneiro e inovador, não só pelos conteúdos, como também pela forma (colaborativo, interdisciplinar e à distância) confere aos seus graduados um ensino integrado em contexto académico, o que permite uma maior relação com as entidades públicas e privadas de investigação, de fornecimento de software e empregadoras (Billon 2013). (figura 16)

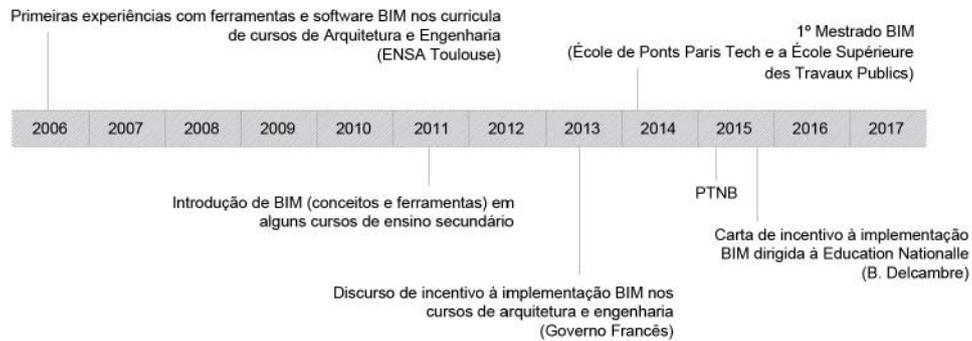


Figura 16. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino em França

Capítulo 4. A Implementação do BIM em Portugal

4.1. A implementação do BIM na Indústria AEC portuguesa

A crescente evolução do interesse da comunidade AEC internacional pela metodologia BIM chegou a Portugal, tendo sido criados, nos últimos anos, entidades públicas e privadas de apoio à sua implementação, grupos para partilha de conhecimentos e divulgação dos avanços feitos, bem como eventos de promoção do conceito.

Seguindo o exemplo de outros países, surge o BIMForum Portugal (bimforum.com.pt), em 2011, uma versão portuguesa da organização com o mesmo nome e cuja principal missão consiste na promoção e aceleração do processo de implementação do BIM na indústria nacional, através do envolvimento de todos os agentes, no esforço conjunto de criar melhores práticas e padrões de qualidade para a

gestão da construção virtual (design, construção, gestão e manutenção), destacando-se assim entre os seus homónimos internacionais. Atualmente o BIMForum Portugal é designado por *BIM Management Institute* (BIMMI), o qual conta com uma plataforma online para partilha e divulgação de conhecimentos e experiências acerca desta temática, alargando o número de intervenientes no processo de transição em curso (BIM Management Institute 2017). A criação desta entidade está associada ao trabalho desenvolvido pela consultora ndBIM, sediada em Vila Nova de Famalicão e fundada por António Meireles, um dos primeiros impulsionadores do BIM em solo nacional. Mais do que fornecer apoio técnico à implementação da tecnologia, esta consultora, ao longo dos seus quatro anos de existência, tem procurado, de forma cuidada e adaptada à realidade de cada empresa, incutir uma nova cultura tanto ao nível dos recursos humanos como dos processos de trabalho (Meireles 2015).

As questões tecnológicas envolvidas na implementação do BIM estão em grande parte encarregues à Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (ptpc.pt), organismo privado responsável pela promoção da inovação e competitividade no setor da construção a nível nacional, desde a sua fundação em 2011, Lisboa. Esta plataforma apresenta-se como uma rede de cooperação entre grandes empresas, entidades SCTN (Sistema Científico e Tecnológico Nacional) no qual se integram instituições de ensino ou laboratórios de investigação, PME'S, Entidade da Administração Pública e Associações, como por exemplo a Ordem dos Arquitetos. Do seu trabalho faz parte a criação dum grupo de trabalho específico, GT BIM, em 2012, com o objetivo de abordar esta temática, reunindo para tal um conjunto alargado de profissionais quer da Indústria, quer da Academia. A sua missão passa pela reflexão de todo o setor, fomentando projetos de investigação e iniciativas capazes de dinamizar a economia portuguesa em contexto internacional (Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção 2011), reforçando mais uma vez o conceito de colaboração através da troca de informação entre entidades ligadas a diferentes fases do projeto. A consequência mais direta das ações destas organizações é a disseminação de

conhecimentos, levando a que um número cada vez maior e mais diversificado de agentes se familiarize com estes conceitos, despertando o seu interesse e disponibilidade para os introduzir.

Com o objetivo de averiguar o nível de conhecimento, de implementação e de maturidade por parte destes agentes, mas também lançar as bases para a definição duma estratégia geral, foi realizado um inquérito a nível nacional, no âmbito duma dissertação de mestrado do curso de Engenharia Civil da Universidade do Porto, abrangendo gabinetes de projeto, Câmaras Municipais, empresas de construção, donos de obra e instituições de ensino superior (Venâncio 2015). Da análise dos resultados obtidos, chegou-se à conclusão que a realidade portuguesa apresenta um nível de maturidade bastante baixo, quando comparado com outros países como o Reino Unido ou a Dinamarca, não existindo uma “visão consolidada e homogénea” (figura 17). Em termos globais, apesar do desconhecimento manifestado por cerca de metade dos inquiridos respondentes, é de salientar o reconhecimento da importância desta metodologia. Entre o grupo dos que já apresentam algumas noções, destaca-se o valor que atribuem à necessidade de aprofundar estes conhecimentos, estando as instituições de ensino em primeiro lugar, seguidas das empresas de construção e gabinetes de projeto de arquitetura, e gabinetes de projeto de engenharia (Venâncio 2015). Na arquitetura paisagista, o cenário é bastante diferente, existindo ainda pouco suporte a esta área por parte do BIM (Barth 2017).

Implementação da metodologia BIM

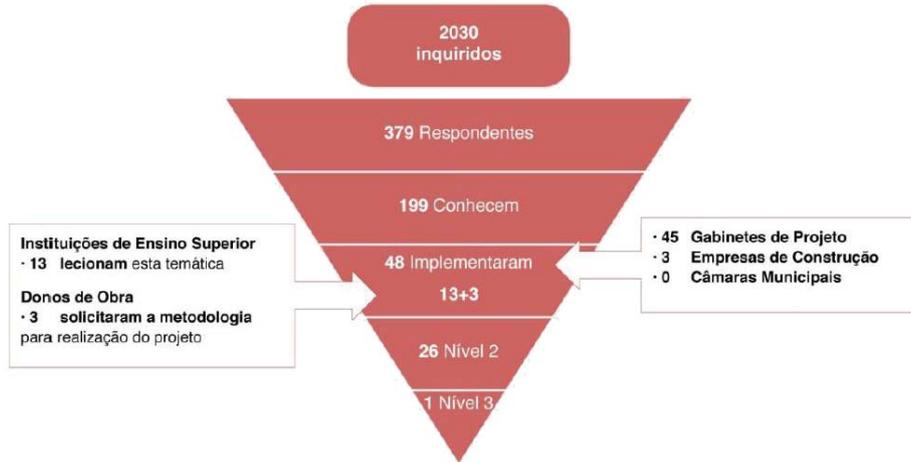


Figura 17. Esquema dos resultados do inquérito à implementação da metodologia BIM, em Portugal (Venâncio 2015)

Relativamente à questão da implementação, o grupo dos gabinetes de projeto de arquitetura lidera a lista, sendo também o grupo mais recetivo a uma implementação a curto ou médio prazo. O principal fator de mudança verificado foram as solicitações externas, ou seja, trabalhos fora de Portugal, enquanto que os principais entraves foram o “investimento necessário demasiado elevado e a incompatibilidade do BIM com as necessidades da empresa/ exigências do mercado”. Quanto aos restantes grupos abrangidos pelo inquérito, gabinetes de projeto de engenharia, Câmaras Municipais, empresas de construção, donos de obra e instituições de ensino superior o nível de implementação é ainda muito baixo, o que revela o lado ainda muito tradicional desta indústria em Portugal (Venâncio 2015).

O grande desfasamento no investimento aplicado à construção, entre Portugal e os seus parceiros europeus (figura 18), devido à “fase ainda embrionária” na aplicação de tecnologias digitais neste setor, aliada à grave crise económica que afetou sobretudo o setor da construção (figura 19) obrigou a uma tomada de atitude por parte dos agentes envolvidos (Venâncio 2015). Tendo em conta esta situação e no sentido de acompanhar os desenvolvimentos da CEN/TC 442, é criado em 2015 uma Comissão Técnica, CT 197, que reflete os objetivos propostos por esta comissão de trabalho europeia, aplicando-os à realidade portuguesa. Reconhecida pelo Instituto Português da Qualidade, esta comissão técnica é coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST), sendo presidida pelo professor da mesma instituição António Aguiar Costa (ONS/IST 2016a). Da constituição deste grupo fazem parte diversos intervenientes da Indústria tais como a ndBIM ou a PTPC, que nas palavras do seu presidente “é a peça-chave desta transformação”(CT197 2017).



Figura 18. Investimento efetuado no setor da Construção nos anos 2011, 2012 e 2013 na Europa (Soubra & Antipolis 2014)

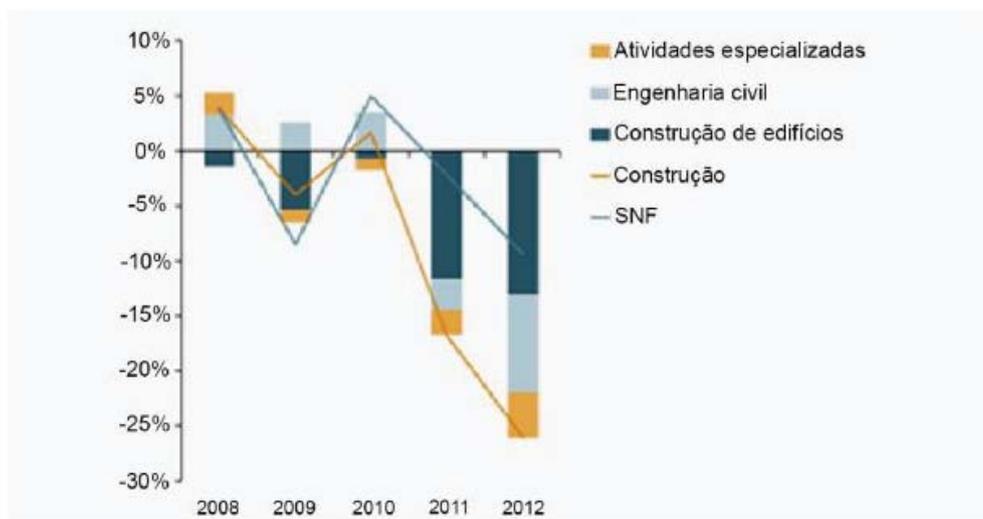


Figura 19. Taxa de crescimento em pontos percentuais (p.p.) do volume de negócios afeto à Construção (Venâncio 2015)

Da agenda para 2016 desta comissão técnica, fez parte a criação de quatro subcomissões, repartidas por quatro grupos de trabalho com planos de ação próprios, mas com um funcionamento dinâmico entre si. Em suma, esta organização procura assemelhar-se à estrutura da CEN/TC 442 em *Working Groups*, facilitando o acompanhamento do trabalho desenvolvido por cada um (ONS/ IST 2016b). Os primeiros passos para a digitalização da construção e normalização do *Building Information Modelling* estão assim a ser dados, existindo já um plano estratégico a médio prazo – Visão Construção 2020, no qual se assumem os compromissos necessários para levar a cabo a reestruturação desta indústria, os quais passam pela criação de políticas, normas/guias e instrumentos (ONS/ IST 2016c). (figura 20)



Figura 20. Cronologia da implementação BIM na Indústria AEC de Portugal

4.2. A implementação do BIM na Academia portuguesa

O reconhecimento da importância do universo BIM tem sido acompanhado de perto, por parte das instituições de ensino nacionais (figura 21), representando o grupo com maior nível de conhecimento desta temática, de acordo com (Venâncio, 2015). Enquanto entidades formadoras de futuros arquitetos e engenheiros, cabe a estas instituições capacitar os seus alunos para uma melhor entrada no mercado de trabalho, que tal como se referiu anteriormente prepara-se para uma grande mudança, num contexto de internacionalização dos arquitetos e da própria profissão da arquitetura. O desafio de introduzir uma metodologia de trabalho, que envolve todo o ciclo-de-vida de um edifício e um conjunto de conhecimentos multidisciplinares, em ambiente académico, no plano curricular dum curso não pode, nem deve ser enfrentado com leveza. O modo de fazer arquitetura, especialmente em Portugal obedece a certos valores com origens profundas na cultura do próprio país, num processo tradicional e identitário. A inclusão duma nova forma de “fazer” arquitetura é algo que levanta dúvidas e receios, pelo que a abordagem ao BIM e a tudo o que este conceito carrega deve ser feita de forma gradual e adaptada, para não comprometer a qualidade da arquitetura (Lopes & Tavares, 2014). O ensino desta disciplina ocupa assim este espaço entre o saber tradicional, aceite por todos e a necessidade de acompanhar a evolução da prática profissional em meio académico através de novos modelos experimentais, sem querer descurar ambas as realidades, aparentemente antagónicas.

Tal como aconteceu no lado da Indústria, também o meio académico notou a inexistência dum movimento geral ou associação, que promovesse a implementação do BIM ao nível do ensino. Esta lacuna acabaria por originar, em 2012, o BIMClub, uma plataforma virtual aberta à “discussão informal e promoção de iniciativas relacionadas com a implementação e divulgação do BIM” direcionada a estudantes e docentes de todas as instituições de ensino portuguesas, ligadas ao ramo da construção.

Este grupo, criado por professores e alunos da Universidade do Minho, reflete o espírito interventivo na familiarização dos agentes da indústria com estes conceitos desde cedo, para uma mudança mais consciente e assertiva (Azenha, Lino, & Caires, 2012).

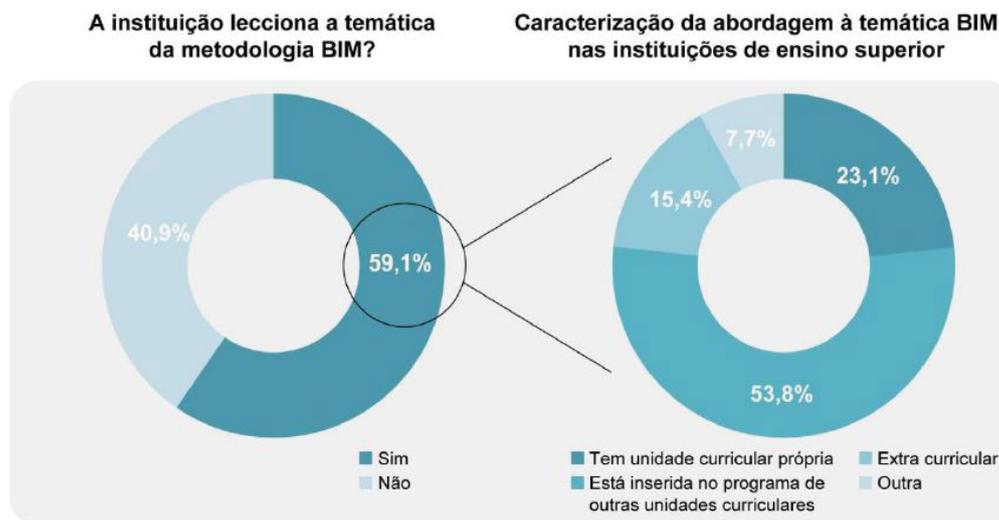


Figura 21. Resultados do inquérito à Implementação do BIM em Portugal, ao grupo das instituições de ensino (Venâncio 2015)

Quando em janeiro de 2015, se organizou em Lisboa, no Instituto Superior Técnico, o 1º Fórum Académico BIM conseguiu-se aferir o estado atual da implementação do BIM nas principais instituições de ensino a leccionar cursos de arquitetura e engenharia, bem como o grau de profundidade esperado para uma implementação nos diferentes ciclos, num prazo de cinco anos. O encontro entre universidades e politécnicos promoveu uma reflexão da importância do BIM no curriculum destas áreas, estimulando uma discussão alargada sobre a estratégia de implementação a adotar, abarcando outros pontos

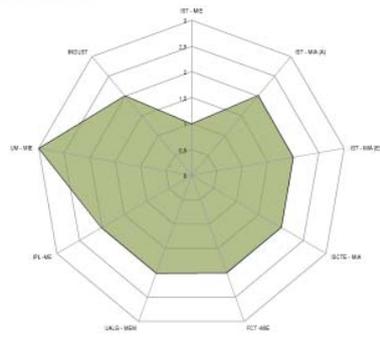
igualmente relevantes, como por exemplo a relação entre a investigação e o ensino do BIM. A este encontro compareceram representantes dos cursos de Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA) do ISCTE-IUL e do Instituto Superior Técnico, e representantes do Mestrado Integrado em Engenharia, provenientes da Universidade do Minho, Instituto Politécnico de Leiria, Universidade do Algarve, Universidade Nova de Lisboa e Instituto Superior Técnico (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015).

Para uma caracterização detalhada do estado atual de implementação do BIM nas instituições de ensino, foi feito um levantamento com base na matriz de impacto no ensino do BIM, de Willimas e Lees (tabela 2). Os participantes atribuíram a cada uma das seis categorias (implantação, curriculum, estrutura, professores, infraestruturas e relação curriculum/investigação) uma classificação de um a quatro (1 – ausente, 2 – consciente, 3 – introduzido e 4 – integrado), quer para a situação presente, quer para um cenário especulativo a 5 anos de distância. Posteriormente, os resultados compilados em gráficos comparativos (figura 22), permitiram afirmar que o BIM numa maneira geral está entre o “ausente” e o “consciente”, com exceção da Universidade do Minho e do ISCTE-IUL, onde este já está “introduzido”. Nestes dois casos, onde o BIM já é ensinado, através de unidades curriculares próprias, existe a intenção de não condicionar todo o currículo em função desta metodologia de trabalho, privilegiando o nível introduzido, em detrimento do “integrado”, no qual a adoção seria plena. As previsões de futuro apontam sobretudo para uma maior relação entre o plano curricular e a investigação, contribuindo para um aumento significativo dos conhecimentos nesta área (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015).

Tabela 2. Matriz de impacto do ensino do BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)

Programa	1-AUSENTE	2-CONSCIENTE	3-INTRODUZIDO	4-INTEGRADO
IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	<p>O BIM é uma investigação interessante mas não deve afectar o quê e em que fase se ensina.</p> <p>Os estudantes não necessitam de saber BIM.</p>	<p>O BIM é uma investigação interessante mas não deve afectar o quê e em que fase se ensina.</p> <p>Os estudantes devem ter consciência do BIM e de que modo pode ter impacto no seu futuro.</p>	<p>Os estudantes devem ter consciência de que modo o BIM vai afectar o seu futuro e ter a possibilidade de aprender BIM numa disciplina em contexto multidisciplinar.</p>	<p>O BIM é tão importante que deve ser o veículo para a experiência de aprendizagem dos estudantes.</p> <p>O ensino deve ser veiculado através do Modelo BIM.</p>
CURRICULUM	Não altera	São identificados os Módulos/ disciplinas fundamentais e incorporado o conhecimento BIM.	São identificados os Módulos ou disciplinas alvo para análise do BIM. O impacto do BIM é identificado em todas as áreas mas o BIM só é utilizado em algumas	Análise total do Currículo para permitir identificar a alteração necessária a operar em que cada módulo/disciplina para o seu desenvolvimento através de Modelo BIM
ESTRUTURA	Não altera	Não altera	Implica uma revisão da estrutura do currículo mas com um impacto ligeiro.	Revisão completa da estrutura do Mestrado para permitir que o Modelo BIM seja o controlador/veículo da aprendizagem.
PROFESSORES	Não altera	Os professores dos Módulos/ disciplinas fundamentais têm de ter conhecimento do BIM e do seu impacto na indústria,	Todos os professores têm de ter conhecimento do BIM e do seu impacto na indústria Alguns necessitam de ter competência no uso BIM.	Todos os professores têm de ter competência no uso BIM e do seu impacto na indústria.
INFRAESTRUTURA	Não altera	Não altera	Necessita de Investimento. Necessários computadores e espaços apropriados para a aprendizagem BIM.	Necessita de Investimento significativo em infraestrutura para laboratórios BIM e espaços integrados para implementar o BIM como veículo de aprendizagem.
RELAÇÃO ENTRE CURRÍCULO E INVESTIGAÇÃO	Não existe	Não existe	O ensino do BIM depende pouco da investigação que é feita. Os programas curriculares visam essencialmente competências	Existe uma integração entre a investigação e o ensino, sendo que o programa BIM deve ser atualizado de forma dinâmica.

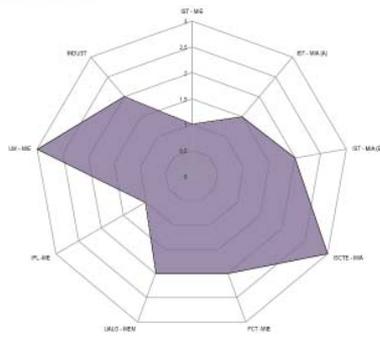
IMPLANTAÇÃO



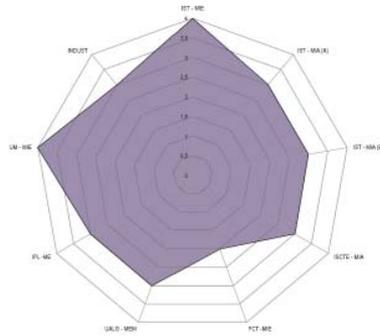
Atual



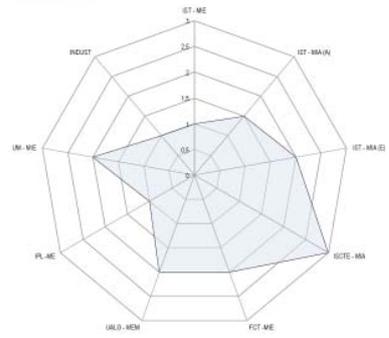
CURRICULUM



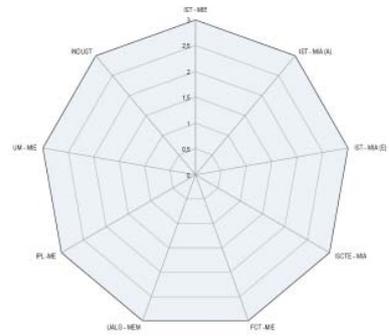
Atual



ESTRUTURA



Atual



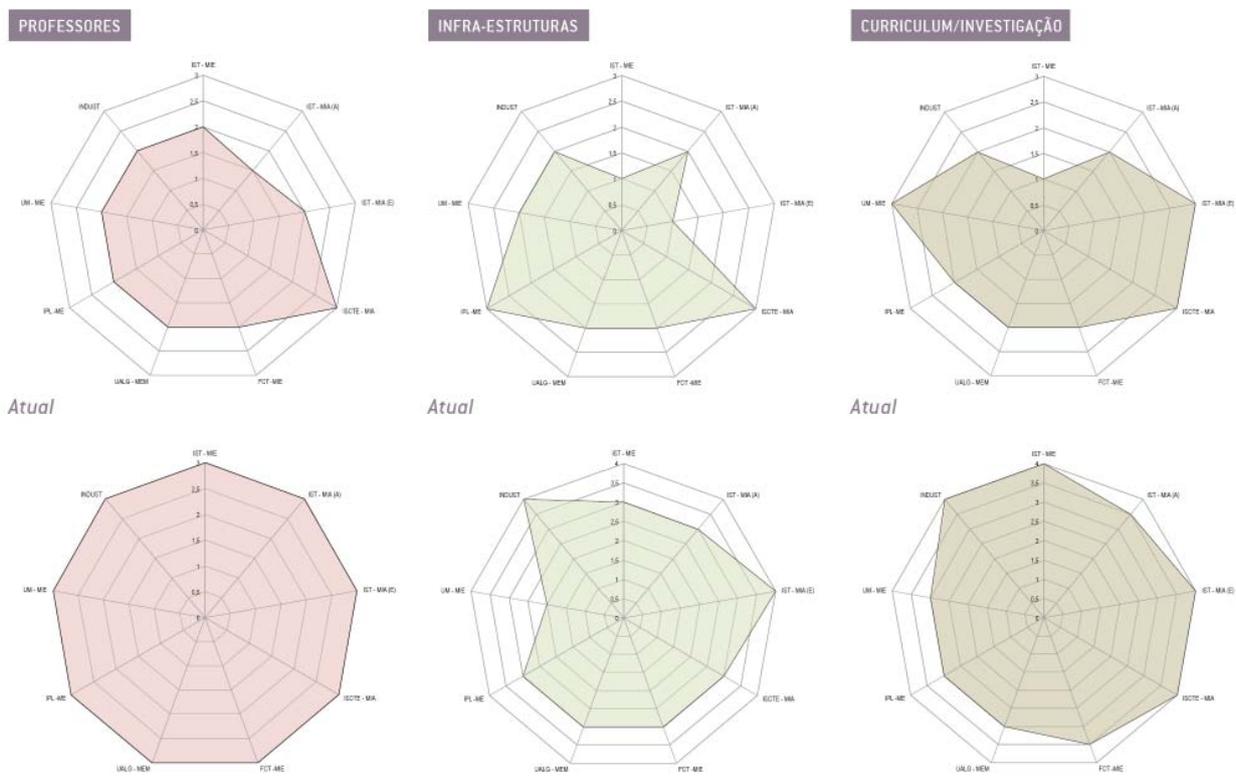


Figura 22. Síntese dos resultados do 1º Fórum Académico BIM, conforme matriz de impacto no ensino do BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)

No decorrer desta sessão, foram encontrados alguns consensos com respeito às exigências base, que uma introdução ao BIM nos cursos MIA e MIE deve conter. Os tópicos a abordar focam-se primeiramente na modelação paramétrica, na criação de objetos e famílias BIM e na gestão da informação decorrente do modelo, ao nível do 1º ciclo. Para uma verdadeira abordagem a esta metodologia, as escolas devem também estabelecer programas que promovam o trabalho em ambiente colaborativo à luz do conceito de interoperabilidade durante o segundo ciclo, no entanto é neste ponto que os professores das instituições de ensino encontram maior dificuldade. Tal como é explicado por Gu e Vries (2012), um modelo intradisciplinar poderia servir os propósitos da maioria, deixando o modelo interdisciplinar exclusivo às instituições onde coexistam cursos de engenharia e arquitetura, como por exemplo o IST.

A reunião destes profissionais da academia culminou com o preenchimento duma matriz onde a cada ano do curso se atribuíram os conhecimentos, as aptidões práticas, as necessidades curriculares e os critérios de avaliação considerados apropriados, numa tentativa de concertação dum curriculum base que integre o BIM (tabela 3) (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015).

Independentemente do caminho que se decida empreender, com o BIM introduzido ou integrado, programas intra ou interdisciplinares, é unânime a pertinência da definição dum curriculum adaptado às necessidades de cada instituição, refletindo a abordagem pretendida. A nova metodologia de trabalho, acima de tudo, constitui uma via de reflexão sobre a mudança de paradigma na construção, que afeta a cultura organizacional das instituições e dos indivíduos, aos quais se espera que tenham uma participação ativa e informada. As conclusões extraídas deste fórum revelaram a, ainda, fraca implementação do BIM nos planos curriculares da maioria das instituições presentes, o que se deve também à ausência de reconhecimento da sua importância por parte do corpo docente de cada escola.

Pelo contrário, os participantes deste fórum revelaram grande disponibilidade e motivação para inverter a situação nos próximos anos (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015).

Tabela 3. Matriz para discussão sobre estrutura do Programa Curricular envolvendo BIM (Teixeira Bastos & Aguiar Costa 2015)

Anos	Conhecimentos	Aptidões práticas	Necessidades curriculares	Crítérios de Avaliação
1	Conceito Funcionamento Indústria Tecnologia Interoperabilidade	Modelação (E.C.)	Introdução Eng. Civil (E.C.) D.A.C (E.C.) Projecto I (Arq.)	Visualização 3D Visão Integrada AEC
2	Levantamento 3D	Nuvens de Pontos Modelação (E.C.)	Topografia (Arq.) Modelação Geométrica e Visualização Edifícios (Arq.)	Semântica
3	Processos	Colaboração e Integração	Gestão e Teoria de Construção (E.C.) Redes e Infraestrut. (arq.)	Estruturação e Planeamento Gestão de Processos
4	Programação Objectos Simulação 4D/5D Produção de documentos	Modelação interoperabilidade	Betão/estruturas (E.C.) Edificações (E.C.) Planeamento e Gestão (E.C.) Projecto IV (Arq.)	Simulação Gestão Dossier Modelação formal
5	Normalização Gestão e Coordenação Contratação Fabricação Digital FM (Facility Management)	IPD (Integrated Project Delivery)	BIM Opcional Empreendimentos e Contratos	Gestão Integrada Projecto BIM

Deste fórum de discussão ficaram de fora algumas das principais escolas de arquitetura do país, como a Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FAUL) ou a Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto (FAUP). No entanto, ambas universidades exploram o BIM nos seus planos curriculares, contando já com unidades curriculares, optativas, dedicadas à introdução deste tema (FAUL, 2016), (FAUP, 2013). Mais recentemente, no final de 2016, foi aprovado e publicado em Diário da República a criação dum curso técnico superior profissional pelo Instituto Politécnico de Viana do Castelo – Escola Superior de Tecnologias e Gestão, focado na “Modelação em Gestão de Informação em Edifícios” em ambiente BIM (Direção-Geral do Ensino Superior, 2016).

O campo de atuação das instituições de ensino relativamente ao ensino destas matérias não se limita apenas à revisão dos currículos dos seus cursos, o que se verifica pelas diversas sessões de esclarecimento, ações de formação, seminários, cursos de curta duração e outras iniciativas desenvolvidas. Também a Ordem dos Engenheiros e a Ordem dos Arquitetos têm contribuído nesta direção, sobretudo a primeira, nas pessoas dos Professores da Universidade do Minho Miguel Azenha e José Carlos Lino, responsáveis pela criação conjunta com a Universidade do Minho, o Instituto Superior Técnico e a Universidade do Porto dum curso de especialização em BIM (cursobim.com), inaugurado em 2014 e já com cinco edições decorridas, entre Lisboa, Porto e Funchal, esperando-se uma maior abrangência de cidades, nas próximas edições. Este curso de 90 horas, assente num modelo interdisciplinar, surge para dar resposta à procura crescente, por parte dos profissionais do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção, de formação complementar profissional nesta área, sendo o único acreditado pelo Sistema de Acreditação da Formação Contínua para Engenheiros (OE+AcCEdE) a atribuir o título de BIM-manager a nível nacional (Azenha & Lino, 2017). Esta especialização permite aos arquitetos e engenheiros desempenhar um novo cargo dentro de ateliês e empresas que usem BIM, enquanto gestores de informação de projeto, algo que se afasta das funções tradicionais de projetista

destas duas áreas. Ainda assim, a formação base em arquitetura ou engenharia é essencial para o desempenho deste novo cargo, na compreensão dos processos, conceitos, questões, condicionantes do projeto (figura 23). Do ponto de vista da formação à distância, é de referir o curso online de 600 horas (doze meses), providenciado pelo *Zigurat Global Institute of Technology*, o *International Master BIM Manager* (e-zigurat.com).

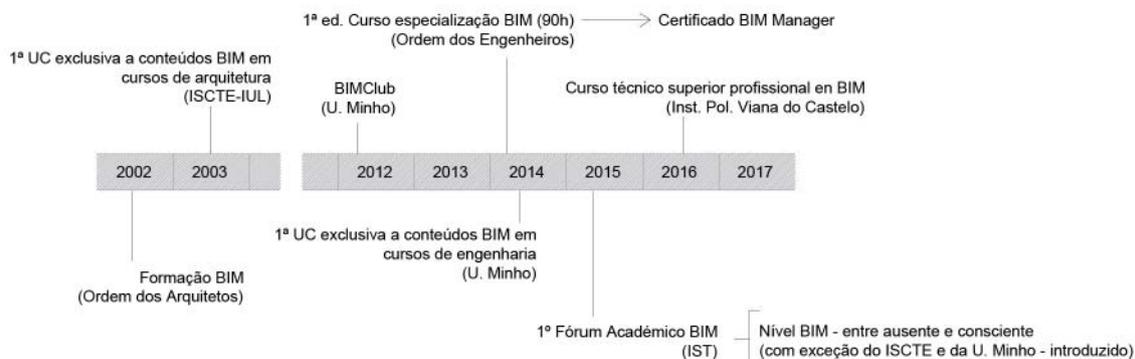


Figura 23. Cronologia da implementação BIM ao nível do ensino em Portugal

Capítulo 5. Análise de Casos de Estudo

5.1. Pennsylvania State University

A rápida adoção e disseminação de políticas favoráveis à inserção do BIM no setor da construção norte americana, com extensão à educação guiou o país num processo de descoberta e experimentação de novos moldes de trabalho e também de ensino. Esta ousadia permitiu-lhes, a cada ano, aprender e evoluir com as abordagens seguidas. A *Pennsylvania State University* representa um destes exemplos, ao incorporar em 2004, o BIM nos cursos de Arquitetura e Engenharia, tendo vindo a progredir e a fazer sucessivos e importantes avanços até à data presente (Messner 2008).

Das ciências às artes, a *Penn State University* engloba um total de 19 faculdades (*colleges*), sendo o *College of Arts and Architecture* constituído por 5 escolas, cada uma vocacionada para uma arte. A escola

de arquitetura, ou *Stuckeman School*, divide-se em três departamentos, direcionados à arquitetura, à arquitetura paisagista e ao design gráfico. As restantes faculdades organizam-se segundo a mesma lógica, sendo de realçar a presença dos cursos de engenharia que atuam neste setor (mecânica, civil, materiais, eletrotécnica) no campus da universidade (College of Arts and Architecture 2017).

Em 1910, data de estabelecimento deste departamento, a arquitetura e a engenharia encontravam-se ligadas no mesmo curso - *Architectural Engineering*, tendo surgido um curriculum único para arquitetura apenas em 1922, com a criação dum departamento próprio. O curso, de duração de cinco anos, *Bachelor of Architecture* confere, até hoje, a todos os seus graduados o primeiro nível de formação, que seguido dum estágio profissional concluído com distinção, permite a candidatura aos exames de acesso à profissão de arquiteto. Para uma formação mais completa, os estudantes podem ainda frequentar um *Master of Architecture* (formação de segundo ciclo). Através dum *Bachelor of Science* com um *major* na área de Arquitetura (4 anos, 135 créditos) já é possível trabalhar enquanto profissional de apoio, contudo para alcançar a qualificação enquanto arquiteto, os interessados devem aprofundar os seus estudos nesta área, por exemplo através do registo num *Master of Architecture* (Stuckeman School 2015b).

Bachelor of Architecture

O curso, acreditado pela NAAB (*National Architectural Accrediting Board*), desenrola-se ao longo de cinco anos, o que corresponde a 10 semestres, com pelo menos 162 créditos obrigatórios para obtenção do grau. O enfoque desta educação académica centra-se na formação de arquitetos, enquanto profissionais ativos no exercício de projeto e áreas afetas, pelo que a unidade curricular de projeto de

arquitetura desempenha a função de componente central, ao longo de todo o curso. Para além das componentes intrínsecas ao estudo e obtenção de habilitações em arquitetura (108 créditos), o B.Arch contempla uma componente mais geral (*general education*), na qual os alunos adquirem competências de comunicação, história de arte, ciências sociais e humanas, atividade física, etc. (45 créditos) e ainda uma componente complementar (*supporting courses*), que compreende a aquisição de competências transversais ou a frequência num *minor* pertencente a outra área (15 créditos) (Stuckeman School 2015a).

O BIM na Penn State University

A entrada do *Building Information Modelling* no seio desta universidade data do ano de 2004, com a criação dum seminário, em parceria com a *Autodesk*. No ano seguinte, o software *Revit Architecture* torna-se parte integrante do programa numa unidade curricular de 2º ano, do curso B.Arch, até então dedicada maioritariamente à aprendizagem de softwares CAD. Consequentemente, os alunos passaram a utilizar estas ferramentas nas unidades de projeto, continuando a explorar as potencialidades do software por conta própria. Em termos teóricos, esta metodologia passou a ser abordada numa UC do 5º ano, dedicada à prática profissional e às relações entre diferentes agentes da indústria (Messner 2008).

Nos cursos de engenharia, a incursão às ferramentas BIM é mais abrangente, sendo exploradas, durante o 4º ano, diversas opções não só de visualização, desenvolvimento e análise de formas e espaços, como também soluções de integração de estrutura e redes do edifício no mesmo modelo virtual. A formação adquirida previamente possibilitou que em 2006, fosse inaugurada a primeira

unidade curricular interdisciplinar – *Integrated Design Studio* – na qual equipas formadas por estes alunos tinham de analisar um edifício e propor alterações ao projeto, de modo a otimizar custos, construção e sustentabilidade de soluções construtivas, simulando desta forma uma *Integrated Project Delivery* (IPD) em ambiente académico (Autodesk 2011).

Três anos mais tarde, em 2009, é apresentada uma nova UC, também à luz duma abordagem interdisciplinar, e juntando não apenas os alunos de engenharia, mas também os de arquitetura e arquitetura paisagista – *Interdisciplinary Collaborative BIM Studio* (Holland et al. 2013).

Interdisciplinary Collaborative BIM Studio

O sucesso obtido em anos anteriores, manifestado não só pela franca adesão dos alunos, mas também pelo incentivo a uma maior exposição a metodologias de ensino colaborativas e a softwares BIM, por parte das entidades de acreditação do curso, pedia uma resposta por parte do corpo docente, na continua atualização dos currícula, com mais conteúdos e novas abordagens à metodologia BIM. Em 2009, surge o *Interdisciplinary Collaborative BIM Studio*, a primeira versão duma unidade curricular de projeto (*design studio*) que junta todos os alunos envolvidos em cursos de Arquitetura e Engenharia, no desenvolvimento conjunto dum projeto e todas as suas especialidades. Inicialmente, o ICBIMS estava inserido na estrutura curricular dos cursos de arquitetura-engenharia e arquitetura paisagista como alternativa à cadeira principal de projeto destes cursos. Já para os alunos de arquitetura, por não fazer dos currícula, apenas poderia ser frequentada como uma unidade de projeto extra. O interesse da parte destes alunos foi crescente, acabando por determinar a inclusão do ICBIMS no curso, como opção alternativa que substitui a cadeira semestral de projeto de arquitetura de 5º ano (Holland et al. 2013).

Ao longo de quinze semanas, grupos de seis pessoas pertencentes a cada um dos cursos mencionados têm como principal objetivo conceber um projeto, segundo um processo iterativo com base nos *inputs* da área de cada elemento, fomentando uma compreensão global do edifício por todos. Antes de dar início à conceção das primeiras ideias, é pedido à equipa um Plano de Execução BIM, no qual se delineiam objetivos de equipa, tarefas, responsabilidades, calendários, exigências, requisitos a cumprir, pontos de situação, entre outros parâmetros que serão atualizados no decorrer do processo de trabalho. Durante este período, os estudantes de arquitetura desempenham uma função crucial para o sucesso do grupo, na medida que são responsáveis pela liderança e gestão da equipa, além das habituais funções enquanto projetistas. A cada semana, é fornecido a cada grupo uma crítica, a partir da qual os alunos devem refletir para melhoramento das suas propostas. O BIM é o meio que sustenta este modelo de trabalho integrado e colaborativo, através das ferramentas digitais e da metodologia IPD (College of Arts and Architecture 2013).

A inovação conseguida com este formato não se limita aos moldes em que é desenvolvido, já que conta com uma estreita parceria com o mundo profissional. Para tal, é fornecido o programa e localização semelhante ao dum projeto real, sendo o cliente e a equipa responsável por esse mesmo projeto e construção convidados a participar em workshops e apresentações. Apesar de partirem dos mesmos pressupostos, são esperadas novas propostas de projeto. Estes momentos, de contacto com os reais intervenientes, são essenciais para a evolução dos projetos académicos, permitindo aos alunos estabelecer comparações e atingir os padrões de qualidade exigidos no programa (custos, tempos, eficiência energética) (Holland et al. 2013).

A qualidade alcançada e consequente avaliação estão dependentes do grau de interoperabilidade atingida entre as diferentes disciplinas, o que se torna visível na proposta final. Depois de alguns anos

a figurar no curriculum, esta unidade curricular tem vindo a demonstrar que, os alunos que optam por esta opção apresentam maior domínio nos parâmetros que atestam e acreditam o curso, constituindo um modelo único e inovador, merecedor dos quatro prémios já conquistados a nível nacional. Nas palavras de David Schrader (2011), arquiteto convidado para o ICBIMS:

It is important that architecture students and AE students learn their craft individually for a while so that they can master their own portion of the work. However, NO project is done by just an architect. All projects are the result of collaboration and interdisciplinary understanding
[tal como citado por (Holland et al. 2013)].

5.2. University of Salford

A aproximação das instituições de ensino superior em Inglaterra ao novo paradigma da construção, que tem vindo a alterar o setor a nível nacional, é bastante heterogénea. Ainda assim o BIM já é um denominador comum à grande maioria. Num destes extremos posiciona-se a *University of Salford*, mais concretamente a *School of the Built Environment*, com uma forte componente de investigação na área de ambiente construído e aplicação de novos modos de estudos, como por exemplo o *accelerated degree*¹² (University of Salford 2017). Nesta escola a fissura existente entre a indústria e a academia é combatida através dum plano estratégico que visa criar as *Industry Collaboration Zones*¹³, um conceito que explora novas relações sinérgicas para ambos os lados (University of Salford 2016).

No Reino Unido, a formação académica de um arquiteto, que compreende dois ciclos de ensino, é intercalada com experiências profissionais sob a forma de estágios no final de cada ciclo, culminando com a realização de exames de acesso ao *Architects Registration Board* (ARB) e assim aceder ao título e funções de arquiteto (ARB 2006). No caso desta universidade, o percurso de um aspirante a arquiteto passa pela entrada num *Bachelor of Science in Architecture* (BSc) e mais tarde um *Master of Architecture* (MArch).

¹² Um *accelerated degree* corresponde a um curso de 1º ciclo, de menor duração, dois anos, em vez de três, com o mesmo nível de conteúdos académicos, sendo, portanto, mais intensivo.

¹³ O conceito de *Industry Collaboration Zones* materializa a visão da universidade, ao representar espaços físicos e virtuais dentro do campus, onde o foco é a colaboração entre a instituição e os parceiros da indústria. Estas “zones”, dedicadas a diferentes setores, têm por objetivo principal criar, partilhar e aplicar conhecimento em prol do benefício de todos.

BSc (Hons) Architecture¹⁴

Com origem bastante recente, em 2014, o *Bachelor of Science in Architecture* da *University of Salford* apresenta uma visão muito direcionada para as questões sociais e ambientais locais, procurando estabelecer um diálogo com o legado dum passado marcadamente industrial (Ahmed et al. 2017). Segundo Hisham Elkadi, diretor da *School of the Built Environment*:

An architecture programme can only be credible when it is contextualised. It is necessary for an architecture school to engage with its immediate communities as well as building bridges further afield
[tal como citado por (Mark 2015)].

Durante 3 anos, os alunos deste curso são conduzidos através dum ensino maioritariamente prático, beneficiando de instalações que permitem a troca de ideias e o trabalho em equipa entre os diferentes anos, de modo a simular verdadeiros ateliers de projeto. A conjugação dum trabalho mais manual e tradicional, próprio da prática de arquitetura, com as últimas ferramentas e tecnologias digitais em ambiente colaborativo manifesta-se através duma complexidade gradual nos projetos desenvolvidos a cada ano. O plano curricular é composto por 6 módulos por ano, ou 120 créditos¹⁵ e aborda teoria, história e tecnologias da arquitetura, bem como a gestão de processos decorrentes da prática profissional durante todo o ciclo-de-vida um edifício, sendo estes conhecimentos constantemente aplicados no módulo principal de projeto. Para além deste módulo, são também desenvolvidos projetos de arquitetura noutros módulos, de forma a atingir os objetivos de aprendizagem de cada um. O foco

¹⁴ Um BSc (Hons) compreende um total de 360+ créditos, enquanto que um BSc comum apenas 300, geralmente devido à ausência do projeto ou tese de fim de curso.

¹⁵ No Reino Unido, o valor dos créditos corresponde ao dobro do valor dos ECTS, do sistema de créditos europeu.

do ensino evolui a partir do entendimento de princípios arquitetónicos, como o espaço, a forma ou os materiais em projetos de carácter mais exploratório e experimental ao nível do primeiro ano, para a conceção de projetos com base em indicadores de performance, desde a escala urbana até à escala do edificado, durante segundo ano. O último ano caracteriza-se por aplicar tudo aquilo que foi aprendido durante o curso num projeto anual, suportado por uma componente de investigação teórica (Ahmed et al. 2017).

O BIM no BSc (Hons) Architecture

Segundo a matriz de impacto no ensino do BIM, de Williams e Lees (2009), pode dizer-se que, este recurso se manifesta sob a forma introduzido em alguns módulos de ensino e com diferentes graus de aprofundamento. A componente de projeto de arquitetura tira partido destes conhecimentos e ferramentas, no entanto não está subjugada ao seu uso.

Logo no primeiro ano de curso, é estabelecido contacto através do módulo *Principles of Architectural Structures*, no qual se exploram competências de modelação, visualização e análise de estruturas em softwares BIM. Nesta fase, a metodologia não chega a ser desenvolvida, ficando a abordagem limitada ao ensino e posterior aplicação da tecnologia e das ferramentas digitais.

Durante o segundo ano, o BIM continua a ser explorado de igual forma, enquanto ferramenta de trabalho no módulo *Construction Technology in Architecture*, no entanto é por esta altura que surgem as primeiras aproximações ao verdadeiro significado do conceito BIM. No módulo *Multidisciplinary Project 2* é aberta uma exceção, possibilitando o desenvolvimento do projeto de arquitetura desse semestre

em colaboração com os alunos dos restantes cursos da escola (*Quantity Surveying, Building Surveying, Construction Management e Architectural Technology*). Através do trabalho em equipa multidisciplinar pretende-se que os alunos reflitam sobre o seu papel no decorrer do processo e consigam integrar um maior número de variáveis na criação dum objeto arquitetónico, utilizando o formato IFC para troca de informação entre diferentes intervenientes. A natureza deste módulo contextualiza os desafios enfrentados por um profissional da área, estimulando competências interpessoais, para uma boa gestão de equipa, essenciais à prática da arquitetura.

Este semestre conta ainda com outra experiência colaborativa em ambiente BIM - *Performance Modelling and Integrated Design*, neste caso apenas entre alunos do curso de arquitetura. O objetivo do módulo consiste no desenvolvimento dum modelo BIM, com requisitos de sustentabilidade ambiental mais rigorosos, no qual se implementam estratégias de Projeto Integrado que contribuem ativamente para encontrar uma solução de projeto mais informada e sustentada. A metodologia de trabalho assenta nas potencialidades que estes softwares oferecem individualmente para a simulação energética e avaliação de várias hipóteses, com base em fatores que afetam a qualidade do projeto (materiais, estrutura, sistemas de redes e soluções construtivas), mas principalmente em termos coletivos para uma comunicação mais eficiente, entre membros da equipa e também “clientes”. Por último, os alunos são incitados a utilizar as capacidades destes softwares para realizar a sua apresentação final, tendo ao seu dispor instalações completamente equipadas e preparadas para o efeito.

O terceiro e último ano compreende também um módulo que requer a utilização de tecnologia BIM para a avaliação de opções de projeto e respetivo impacto no desempenho dum edifício – *Environmental Architectural Technology*. Por esta altura, os alunos tiveram já a oportunidade de experienciar diversas

situações, nas quais o BIM foi decisivo para a obtenção dos resultados esperados, percebendo a utilidade desta tecnologia/metodologia para o seu futuro.

5.3. École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse

O ensino de arquitetura em França segue uma tradição muito antiga, com origens no sistema Beaux-Arts, ainda hoje visível nos planos curriculares, apesar da modernização da educação em curso (ENSA Toulouse 2015). Com o incentivo do Governo francês, o processo de reflexão sobre os cursos de arquitetura ganhou maior expressão levando à adaptação de estruturas curriculares, de maneira a acompanhar a evolução tecnológica do setor (Delcambre 2015). Instituições de ensino como a *École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse*, onde já eram incorporados conteúdos BIM ganharam credibilidade, afirmando-se como as mais avançadas na formação de futuros profissionais desta área.

Com raízes na primeira metade do século XVIII, a *ENSA de Toulouse*, passou por várias fases até se afirmar enquanto centro público de ensino de arquitetura a nível nacional. Esta instituição encontra-se sob a tutela do Ministério da Cultura e Comunicação e tem o seu enfoque exclusivo ao ensino de arquitetura, abrangendo todos os ciclos de estudo que a formação dum arquiteto compreende. É de realçar que 70% do corpo docente é constituído por arquitetos ativos na profissão. Uma das particularidades desta escola reside na oferta dum curso que combina arquitetura e engenharia, em parceria com escolas de engenharia, o que possibilita aos seus graduados alcançar a dupla qualificação (ENSA Toulouse 2015).

Em França, o sistema de ensino superior segue o sistema europeu LMD¹⁶, o que confere ao curso uma duração de 5 anos para obtenção do grau de mestre. No entanto, é exigido um ano adicional de estudos, correspondente a 150 horas de formação e um mínimo de seis meses de experiência

¹⁶ LMD – Licenciatura, Mestrado, Doutoramento.

profissional (estágio de formação profissional), para obtenção do direito a assinar projetos em nome próprio, conhecido como *Habilitation à la Maîtrise d'Oeuvre en Nom Propre* (ENSA Toulouse 2015).

Diplôme d'études en architecture - Licence

Diplôme d'état d'architecte - Master

O curso de arquitetura oferecido pela ENSA de Toulouse prima pela diversidade do ensino e pela integração de experiências profissionais (estágios escolares), conferindo, desde cedo, aos seus estudantes contacto direto com a profissão. O ensino assenta sobre dois grandes domínios: desenvolvimento sustentável e património, organizando-se em torno de quatro grandes temáticas: Ambiente, construção e atmosferas; Mutações urbanas e dinâmicas da paisagem; História e cultura; Estética e cognição. De forma a complementar a formação académica, a escola disponibiliza ainda unidades curriculares facultativas em línguas ou programas informáticos, a título de exemplo. Com as alterações propostas pelo Processo de Bolonha, o primeiro ciclo, que conduz ao *Diplôme d'études en architecture* ou licenciatura passou a ter uma duração de 3 anos, divididos em 6 semestres o que perfaz um total de 180 créditos. Já o mestrado, 2 anos ou 4 semestres, permite obter 120 créditos e consequentemente o *Diplôme d'état d'architecte*. Durante este último ciclo, o leque de opções é bastante variado, possibilitando a cada aluno desenhar o seu próprio curriculum dentro de cada uma das temáticas obrigatórias e com base nos seus interesses. Ambos os ciclos integram estágios profissionais, de 6 e 8 semanas respetivamente (ENSA Toulouse 2015).

A unidade curricular de projeto, comum a todos os semestres e subordinada a um tema por cada ano, detém o maior número de créditos (10 ECTS) sendo aquela onde os alunos, inicialmente em grupo

e depois de forma individual, aplicam os conhecimentos obtidos paralelamente, para a criação dum projeto de arquitetura. O último ano caracteriza-se pelo projeto anual de final de curso ou *projet de fin d'études* (PFE) e é acompanhado dum relatório de processo. Durante a licenciatura, os projetos focam-se na aquisição dos fundamentos básicos da arquitetura e do processo de trabalho, já no mestrado o enfoque muda para as competências de gestão de projeto e planeamento urbano (ENSA Toulouse 2015).

O BIM no curso de Arquitetura da *ENSA de Toulouse*

A formação dum arquiteto na *École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse* encontra-se pela primeira vez com a tecnologia BIM em 2006, ao nível do 3º ano do 1º ciclo, numa unidade curricular optativa - *Maquettes numériques et nouvelles pratiques de collaboration*, que consiste num exercício prático de modelação 3D e posterior otimização dum edifício existente. Numa primeira fase, é gerado um modelo BIM a partir de plantas, cortes e alçados, que através da plataforma digital Moodle é encaminhado para os alunos do curso de arquitetura-engenharia, para que estes calculem o seu consumo energético. Entretanto, os alunos de arquitetura extraem do modelo áreas e quantidades para, na posse da informação fornecida pelos seus colegas, proporem alterações às soluções construtivas adotadas e tornar o modelo virtual do edifício mais sustentável do ponto de vista energético. Na segunda fase do exercício a escala é alargada, iniciando-se com a conversão do modelo IFC BIM para um formato que permite inseri-lo num ambiente urbano virtual, a modelar noutra programa. Este exercício, que de forma muito simplificada representa uma situação de Projeto Integrado demonstra de que forma a interação entre a arquitetura e as disciplinas associadas afeta a qualidade do projeto, despertando os alunos para a integração de informação no ato de projetar. Geralmente, os alunos interessados em

seguir estas optativas frequentam previamente as unidades facultativas sobre softwares como o *Revit* ou *ArchiCAD* (Mediaconstruct 2013).

No ano de 2013, é introduzida uma nova opção na unidade curricular de 4º ano *Séminaire*, para a qual passam a existir seis alternativas possíveis. Ao abrigo deste novo tema, de nome “Arquiteturas digitais”, refletem-se questões levantadas pela complexa relação entre a forma e a informação, no contexto da produção arquitetónica em ambiente digital e ainda os novos modos de experienciar e interagir com a realidade numa aproximação entre o sensível e o inteligível. O programa divide-se em duas fases, com diferentes objetivos pedagógicos e métodos de avaliação. Na primeira, “Modelos digitais (BIM)”, formam-se grupos de alunos para levar a cabo a conceção conjunta dum projeto de arquitetura virtual, que tanto deve ser trabalhado presencialmente como online, fazendo uso das capacidades dos softwares e plataformas digitais (Moodle) para partilha de informação. Ao longo deste trabalho, criam-se competências de modelação, gestão de informação, colaboração à distância, controlo de qualidade (usando o software *Solibri Model Checker*) e apresentação através de modelos IFC BIM. A segunda etapa, designada por “Arquiteturas paramétricas” assenta numa investigação teórica que incide sobre um dos problemas decorrentes do processo de trabalho, culminando na elaboração duma dissertação (ENSA Toulouse 2015).

Apesar de se inserir no *curriculum* apenas como unidades curriculares optativas, o BIM é explorado sob várias vertentes durante o semestre, tendo vindo a registar um número de alunos inscritos cada vez maior, o que pode vir a desencadear novas alterações ao *curriculum* para atender a este interesse.

Capítulo 6. O BIM no Mestrado Integrado em Arquitetura ISCTE-IUL

Num país onde o BIM começa a dar os primeiros passos no sentido de integrar a prática profissional, apesar da inexistência de políticas públicas ou programas de apoio à sua implementação a nível nacional, o interesse manifestado e o trabalho já realizado pelas instituições de ensino superior desempenham um contributo valioso, apesar do grande motor de mudança continuar a ser a Indústria. O inquérito de M. João Venâncio (2015) ao estado de implementação BIM em Portugal, sustenta estas evidências ao concluir que o “grupo das instituições de ensino superior é o que apresenta maior percentagem de respondentes com conhecimento sobre o conceito BIM”, enquanto “o grupo dos gabinetes de projeto não só é o grupo com maior percentagem de implementação, como também se destaca por ser o grupo com maior frequência na possibilidade de implementação a curto ou médio prazo” (Venâncio 2015).

O ISCTE-IUL, com apenas duas décadas de ensino de arquitetura, tem tentado acompanhar o desenvolvimento tecnológico que afeta a área da construção ao longo das atualizações de currículo efetuadas, nas quais se inclui a introdução de novos conteúdos de aprendizagem, como o BIM¹⁷ e projetos de investigação e ensino em colaboração com os setores público e privado (Resende 2017). A nível nacional, esta instituição é das melhores posicionadas relativamente ao BIM, como se pôde comprovar durante o 1º Fórum Académico BIM, em 2015.

O departamento de arquitetura do ISCTE-IUL encontra-se num contexto especialmente favorável, estando inserido numa Escola de Tecnologias e Arquitetura - ISTA, onde figuram também cursos de engenharia informática. O diálogo entre estes cursos e a relação entre a tradição e a inovação permite, nas palavras de Ricardo Fonseca, diretor da Escola, enfrentar os “grandes desafios que a Sociedade da Informação coloca na atualidade” com maior solidez (Fonseca 2017). A cultura do ISCTE, bastante vocacionada para a inovação, sobretudo através da investigação, promove também uma grande diversidade de áreas do saber dentro do mesmo campus, distribuída pelos 15 cursos das 4 escolas existentes. Durante 5 anos, os alunos têm contacto com as diferentes áreas, seja através de unidades curriculares obrigatórias ou optativas dos planos curriculares, projetos extracurriculares conjuntos com outros cursos ou ainda através da investigação (Fonseca 2017).

Uma vez concluída a formação académica e obtido o grau de Mestre em Arquitetura, os graduados devem candidatar-se a um estágio profissional, atualmente com a duração de um ano, findo o qual se podem inscrever na Ordem dos Arquitetos e serem reconhecidos profissionalmente.

¹⁷ Adequação do Plano de Estudos, publicado em Diário da República, 2ª série – N°159 – 19 de agosto de 2008

6.1. Mestrado Integrado em Arquitetura (MIA)

Ao longo dos seus 18 anos de existência, o curso de arquitetura do ISCTE-IUL tem vindo a criar uma cultura própria, caracterizada por um olhar crítico sobre o território, assente num modelo de ensino teórico-prático, onde é estimulado o pensamento sobre as várias dimensões do espaço, através da arquitetura. A atividade de projeto, enquanto ato de aprendizagem experimental e central a todo o curso, é suportada pela grande oferta formativa disponível, o que contribui para o enriquecimento dos conhecimentos complementares, mas essenciais à prática informada da arquitetura. O ambiente multidisciplinar, providenciado pela própria instituição, permite aos alunos compreender a importância das outras áreas não só no entendimento da realidade, como também no exercício de resposta aos desafios impostos pela contemporaneidade (Tormenta Pinto 2016).

O plano de estudos atualmente em vigor¹⁸ foi construído de maneira a providenciar, durante o primeiro ciclo, experiência em várias escalas de projeto, à medida que o curso progride e a complexidade aumenta, já o segundo ciclo, por sua vez, exige o domínio e um certo grau de maturação dos objetivos de aprendizagem adquiridos nos três primeiros anos, que permitam a sua aplicação de acordo com padrões de exigência mais elevados e próximos da prática profissional. Na tabela 4 é apresentado um sumário dos conhecimentos, aptidões e competências baseados na Diretiva Europeia 2005/36/CE¹⁹ e nos Estatutos da Ordem dos Arquitetos, esperados nos alunos com frequência neste ciclo de estudos (ISCTE-IUL 2017).

¹⁸ Alteração ao Plano de Estudos, publicado em Diário da República, 2ª série – N°129 – 7 de julho de 2011

¹⁹ Publicada no Jornal Oficial da União Europeia a 30 de setembro de 2005

Tabela 4. Objetivos de aprendizagem do Mestrado Integrado em Arquitetura (ISCTE-IUL 2017)

<p>Conhecimentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ter uma sólida e abrangente cultura arquitetónica e urbanística; • Conhecer as metodologias do projeto; • Conhecer os materiais e os sistemas construtivos, bem como os fenómenos físicos relativos ao seu desempenho e à sua degradação; • Conhecer os aspetos relativos à infraestruturização do território, da cidade e das construções; • Conhecer as estruturas normativas da construção e do urbanismo.
<p>Aptidões</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ter um domínio da representação e da comunicação de ideias, espaços e formas; • Ter capacidade de análise e síntese, assim como de coordenação e de organização; • Reconhecer as dimensões éticas e estéticas subjacentes à edificação e ao território humanizado; • Reconhecer a morfologia e o ambiente físico natural, integrando-os nas leituras e nas propostas de criação e transformação do território, das cidades e das construções; • Determinar propriedades funcionais e arquitetónicas de desempenho de soluções construtivas; • Recorrer a ferramentas digitais de produção, gestão e representação da arquitetura e da cidade, integrando-as quer no desenvolvimento do projeto, quer na recolha e sistematização de dados sobre o próprio projeto e a realidade edificada.
<p>Competências</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver uma progressiva autonomia metodológica e concetual; • Desenvolver capacidade de integrar e liderar ambientes de trabalho multidisciplinares; • Conceber projetos de arquitetura, nas suas diversas escalas de intervenção, que equacionem criticamente as dimensões éticas, estéticas, funcionais e tecnológicas da contemporaneidade.

A estrutura curricular do curso, acreditado pela Agência para a Acreditação do Ensino Superior (A3ES), a seis de novembro de 2013 (A3ES 2013), incide atualmente sobre seis áreas científicas: Arquitetura, Desenho, Tecnologias da Arquitetura, Teoria e História da Arquitetura e Urbanismo, Urbanismo e Geografia, para além das Competências Transversais. Enquanto a Arquitetura se manteve sempre como área científica predominante do curso e por conseguinte, aquela com maior percentagem de créditos, as restantes sofreram, a cada atualização do plano de estudos, alterações em termos de peso em créditos.

O ano de 2008 destaca-se pela maior alteração no curso²⁰ desde o seu arranque efetivo em 1999, devendo-se esta reformulação, tanto ao nível da organização das áreas científicas, como do plano de estudos à adequação do Sistema Português de Ensino Superior à EHEA²¹. Esta acreditação da formação de nível superior, em Portugal, enquadra-se num processo de criação dum Espaço Europeu de Ensino Superior a decorrer na Europa desde o ano 2000, materializado na Declaração de Bolonha, assinada por Portugal. Na base deste Processo encontram-se objetivos ambiciosos, como o incremento da mobilidade de estudantes, docentes e investigadores num quadro europeu de harmonização das estruturas de ensino superior. Para tal, foi estabelecido um modelo de organização dos níveis de ensino, que se estrutura numa formação de 1º ciclo (três anos) correspondente à licenciatura, seguida da formação de 2º ciclo (dois anos) ou mestrado e por último, no 3º ciclo (entre três e quatro anos), o doutoramento. Foi também criado um novo mecanismo de medição, que facilitasse a comparação entre planos de estudos - *European Credit Transfer System* (ECTS). O novo sistema de créditos europeu baseia-se na quantidade de trabalho em horas e faz corresponder a cada ano letivo 60 unidades de créditos. Este valor equivale a 1600 a 1800 horas por ano (40 a 45 horas por semana, ao longo de 40

²⁰ Adequação do Plano de Estudos, publicado em Diário da República, 2ª série – N°159 – 19 de agosto de 2008

²¹ *European Higher Education Area*

semanas), pelo que 1 crédito ou 1 ECTS corresponde entre 26 a 30 horas de trabalho do estudante. Assim, ao primeiro nível de formação são atribuídos 180 ECTS, já no mestrado ou 2º nível, 120 ECTS (Magalhães 2015).

Até ao ano de 2008, o curso, com uma duração de cinco anos letivos, conferia o grau de licenciado em Arquitetura, no entanto com as modificações propostas, durante o mesmo período de tempo passou a ser possível alcançar o grau de Mestre em Arquitetura, pela frequência e aproveitamento de todas as unidades curriculares dos dois ciclos de estudo.

6.2. O percurso do BIM no Mestrado Integrado em Arquitetura

O curso de arquitetura fundado no ISCTE-IUL surge no seguimento de grandes transformações ao nível da cultura de ateliers de arquitetura, com a introdução do computador no início da década de 90 e de novas ferramentas de trabalho, como o CAD. A existência duma conjuntura tecnológica favorável acabaria por influenciar a definição do *curriculum* do curso, motivando o aparecimento de unidades curriculares com conteúdos inovadores ao nível da informática e onde se exploram ferramentas digitais no apoio à conceção e representação do projeto de arquitetura. Inseridos numa sequência de quatro unidades curriculares obrigatórias, pertencentes ao 2º e 3º ano, da área científica das Tecnologias da Informação (TI), estes conteúdos abrangiam desde o desenho digital (Computação Gráfica I) à modelação virtual (Computação Gráfica II) com recurso ao software *AutoCAD*, passando para a representação realista do modelo tridimensional do projeto, através do software *3D Studio* (Computação Gráfica em Arquitetura I). Por último, em Computação Gráfica em Arquitetura II é introduzida uma nova

aplicação informática, a *Architectural Desktop* (ADT), um protótipo daquilo que viria a ser chamado de software BIM.

A revisão do plano de estudos de arquitetura desencadeada pelo Processo de Bolonha, em 2007-2008, constituiu uma oportunidade para atualizar os conteúdos programáticos, refletindo os últimos progressos na profissão do arquiteto, sobretudo ao nível das tecnologias da informação e comunicação. Depois da principal empresa distribuidora de software para Arquitetura, a *Autodesk*, adquirir, em 2002, os direitos do *Revit*, o mais recente e promissor programa informático de *Building Information Modelling*, a sua adoção generalizou-se um pouco por todo o mundo, tendo no mesmo ano chegado a Portugal sob a forma duma formação na Ordem dos Arquitetos. Uns anos mais tarde, em 2003, o responsável por esta formação, o Arquiteto Rui Ricardo, professor convidado do Departamento de Arquitetura do curso, propõe o ensino do *Revit* no ISCTE, que até então apenas estava disponível aos profissionais do setor. Segundo Rui Ricardo, a introdução do novo recurso informático gerou algum ceticismo da parte do corpo docente, que apresentava dúvidas quanto ao ensino e pertinência destas ferramentas, ainda assim a direção do curso mostrou-se favorável, determinando sua inclusão no plano de estudos (Ricardo 2017).

A nova unidade curricular dedicada ao ensino de BIM (Representação Gráfica em Arquitetura II), no 1º semestre do 3º ano, era precedida por conteúdos CAD (Representação Gráfica em Arquitetura I) no ano anterior e procedida pelo ensino do programa *3D Studio* (Representação Gráfica em Arquitetura III) no semestre seguinte. O processo de ensino-aprendizagem desta componente do plano de estudos baseia-se na exposição e demonstração teórica de casos de estudo, paralelamente à experimentação por parte do aluno. Seguindo o objetivo definido de modelação virtual dum projeto de arquitetura já construído, os alunos são incentivados a modelar o seu projeto individualmente, à medida que aprendem

novos recursos. Uma vez transcorrida esta fase são exploradas algumas das reais potencialidades deste tipo de softwares, tais como a extração automática de peças desenhadas, mapas de quantidades, áreas, perspetivas, etc.

Em 2010-2011, no seguimento da última alteração efetuada ao plano de estudos do MIA, a unidade curricular dedicada ao BIM mantém a sua posição na estrutura do curso (5º semestre), no entanto o número de créditos correspondente aumenta de 4 para 6 ECTS, passando a designar-se por Gramáticas de Composição e Representação III. As diversas capacidades deste software permitiram-lhe agregar e concentrar conteúdos de outras unidades curriculares, tais como a modelação virtual e a representação/ visualização digital do projeto, anteriormente ligadas ao *AutoCAD* e ao *3D Studio* respetivamente, ditando o desaparecimento do último do currículo.

Recentemente foi proposta uma alteração a esta unidade curricular, com a introdução de novos objetivos e conteúdos programáticos, baseados nas mais recentes tecnologias digitais ao serviço do projeto de arquitetura, nomeadamente a modelação tridimensional a partir de desenho paramétrico (*Rhinceros* e *Grasshopper*), Realidade Virtual (RV) imersiva e Realidade Aumentada ou modelação e animação com motores de jogos (*Unity* e *Unreal*). Os vários métodos de geração, simulação e visualização do espaço projetado serão parte integrante desta unidade curricular, a partir do presente ano letivo (2017/2018), e são suportados por uma equipa docente qualificada, com experiência na investigação e aplicação destas tecnologias. A proposta de alteração tira ainda vantagem das infraestruturas devidamente equipadas e especializadas (laboratórios informáticos, FABLAB) e duma unidade de investigação, o ISTAR-IUL – Centro de Investigação em Ciências da Informação, Tecnologias e Arquitetura, presentes no *campus* do ISCTE-IUL.

Por outro lado, o programa de introdução e exploração da linguagem BIM é alocado para o 2º semestre do primeiro ano, incorporando o programa de Gramáticas de Composição e Representação II, onde maioritariamente se ensinava *AutoCAD*. Durante vários anos, este foi o primeiro software de arquitetura com o qual os alunos tomavam contacto, tornando-se também o mais utilizado ao longo de todo o curso. Apesar das inúmeras vantagens, o *Revit* nunca conseguiu equiparar-se ou sobrepor-se em termos de utilização por parte dos alunos, representando unicamente o programa de uma unidade curricular de 3º ano, com reduzida integração no currículo, e apenas explorado pelos mais curiosos ou despertados para as novas tecnologias digitais. Apesar de não corresponder a uma estratégia geral do MIA, os docentes envolvidos nesta sub-área das tecnologias da representação acreditam que ao antecipar o programa BIM na estrutura do plano de estudos, se consiga promover a aprendizagem destas ferramentas, em detrimento das ferramentas CAD, cada vez mais em desuso no mercado global. Ao serem ensinadas numa fase bastante inicial de adaptação às mesmas, espera-se que estas novas ferramentas possam ser utilizadas como suporte às UC's de projeto (Ricardo 2017) ou às dissertações de projeto final de arquitetura (5ºano) que têm sido realizadas, sobre BIM, RA, RV ou sobre o *CityEngine*.

6.3. Análise comparativa com os casos de estudo

A constar no programa há cerca de uma década, já é possível fazer uma retrospectiva e analisar o sucesso ou insucesso da implementação do BIM no curso de arquitetura do ISTCE-IUL através da comparação com as estruturas curriculares analisadas.

Comparativamente aos três cursos analisados nos capítulos anteriores, o Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL não apresenta uma grande evolução no grau de implementação do BIM. Na

Penn State University, a primeira unidade curricular dedicada a este tema remonta ao ano de 2005, explorando apenas a vertente de modelação 3D. Num curto espaço de tempo, o BIM rapidamente ganhou mais espaço no *curriculum* através de novas unidades curriculares, que abordam as várias vertentes deste conceito, tais como a colaboração interdisciplinar, a metodologia IPD ou a gestão do processo. Por sua vez, o MIA teve a sua primeira UC BIM em 2008, apenas quatro anos depois do exemplo referido, no entanto, ao contrário deste, não se manifestaram progressos na estrutura curricular a este nível, estando o seu programa confinado às competências de modelação 3D.

Outro aspeto a considerar prende-se com a distribuição destes conteúdos pelo currículo. A *University of Salford* é de todos os exemplos estudados, aquele com maior disseminação do BIM no plano estudos, existindo módulos de ensino, pertencentes a diferentes áreas (não apenas as tecnologias) e em diferentes anos, a debater ou a utilizar estas ferramentas e metodologias como recurso ao exercício da arquitetura. No caso do ISCTE, o seu espectro de ação limita-se a uma única unidade curricular, presente na área científica de Desenho e cujos objetivos de aprendizagem não constituem um pré-requisito ou um recurso essencial à realização de outras unidades. Na área científica de arquitetura não existe uma imposição quanto à ferramenta de trabalho utilizada, pelo que softwares BIM podem, ou não ser uma possibilidade. A sua grande vantagem, no contexto do curso, reside no facto de permitirem, numa fase mais adiantada do projeto, extrair várias peças desenhadas e vistas a partir dum único modelo construído, apesar da sua elaboração representar um esforço adicional, desligado das fases iniciais de criação e desenvolvimento duma ideia de projeto.

Em termos de posicionamento no plano de estudos, verificou-se uma ascensão gradual até ao primeiro ano académico, como resultado do reconhecimento da sua importância no futuro profissional dos alunos e como forma de atrair a atenção destes, por parte do corpo docente. Relativamente aos objetivos

de aprendizagem definidos para as unidades curriculares de Representação Gráfica em Arquitetura II e mais recentemente Gramáticas de Composição e Representação III, observou-se também uma evolução bastante positiva, traduzida num aumento da qualidade dos trabalhos realizados pelos alunos, que a cada ano aprendem a utilizar as ferramentas digitais muito mais rapidamente e de forma quase autónoma. Este fenómeno deriva não só das melhorias ao nível do software e da maior relação que as gerações mais novas têm com as tecnologias digitais, como também do modelo de ensino-aprendizagem adotado mais recentemente, que aposta nos grupos da rede social *Facebook* como veículo complementar às aulas, para partilha de informação relativa aos conteúdos abordados e esclarecimento de dúvidas.

A matriz de impacto definida por Williams & Lee (2009) atribui os níveis “ausente”, “consciente”, “introduzido” e “integrado” a diferentes parâmetros que definem a implementação do BIM nos cursos de ensino superior. Quando analisadas, as estruturas curriculares dos três casos de estudo coincidem na categoria *curriculum*, alcançando a qualificação “introduzido”, no entanto e dada a abrangência desta classificação, a mesma carece de especificidade neste parâmetro. A proporção de unidades curriculares com conteúdos BIM ou a maior relação com a área de projeto determinam a sua posição dentro deste nível. A *ENSA de Toulouse*, relativamente à *Penn State University* e à *University of Salford* é aquela com o nível “introduzido” mais baixo, na medida que o seu *curriculum* apenas integra duas unidades dedicadas com conteúdos BIM, ambas de carácter optativo e sem ligação direta com projeto. O ISCTE detém também este nível para o mesmo parâmetro, contudo, pelas características já apresentadas, rapidamente se percebe o seu desfasamento para com estes exemplos.

O confronto com estes cursos de arquitetura torna mais clara a posição do ISCTE perante a adoção do BIM. Apesar do atraso manifestado em relação a estes exemplos, o nível BIM alcançado reflete o

estado de implementação observado na Indústria nacional. O mercado português encontra-se numa situação financeira pouco favorável, que não lhe permite comportar os custos associados à introdução desta tecnologia, apesar do seu potencial ser reconhecido. Tal como foi dito anteriormente, a indústria é a grande responsável pela transformação do setor e consequentemente do meio académico, pelo que o relativo “atraso” do ISCTE pode ser justificado pelo atraso da própria indústria nacional em comparação com outros países, onde a conjuntura económica reúne melhores condições.

6.4. O futuro do BIM no curriculum de arquitetura

Uma vez compreendidas as razões que contribuem para o estado atual do BIM no ISCTE e no meio académico português em geral, torna-se necessário refletir sobre o tipo de currículo que se pretende para os próximos anos. A exposição dos estudantes de arquitetura e dos recém-formados a um contexto cada vez mais internacional, em grande parte devido aos objetivos delineados na Declaração de Bolonha, mas também devido à falta de melhores condições de trabalho em Portugal, devem ser fatores a ter em conta na definição de novas propostas para o currículo do curso de arquitetura. O BIM trouxe consigo uma série de novas oportunidades, nomeadamente novas funções, concretizadas em novos cargos, como o BIM Manager, por exemplo, contudo o objetivo principal do curso continua a ser a formação de arquitetos e, portanto, o seu ensino não deve ser posto em causa independentemente dos recursos pedagógicos utilizados. Ao mesmo tempo, os desafios que se impõem a estes profissionais, sobretudo em contexto internacional, estão por vezes mais relacionados com a proficiência nestas ferramentas e metodologias de trabalho, face às apertadas metas orçamentais e ambientais. As instituições de ensino têm assim a difícil tarefa de conjugar todos estes fatores na criação de uma formação académica que promova a reflexão da arquitetura e providencie as bases para enfrentar os desafios do mercado.

Partindo destas premissas, um curriculum desejável, para os próximos anos poderá ter algumas semelhanças com os exemplos estudados. Uma unidade curricular onde se aprende modelação 3D em software BIM, durante os primeiros anos de curso, é o ponto de partida comum entre todos, sendo que, a partir daqui cada *curriculum* começa a adaptar-se às condicionantes da instituição ou do próprio setor. Ainda assim, existe uma sequência lógica entre eles, que parte das questões ligadas à tecnologia e evolui para questões de índole mais operativa. Em todos eles, verifica-se o aparecimento duma unidade curricular optativa dedicada ao trabalho em ambiente colaborativo BIM. Na *Penn State University* e na *University of Salford*, onde coexistem cursos de arquitetura e engenharia foi possível adotar abordagens interdisciplinares no quarto e segundo ano respetivamente, já na *ENSA de Toulouse*, onde apenas existem cursos de arquitetura, seguiu-se uma abordagem intradisciplinar numa UC de quarto ano.

Kensek (2012)²², citado por (Gu & de Vries 2012) faz um levantamento de possíveis formas de integrar o BIM na educação, propondo três níveis de implementação: integração geral das tecnologias BIM (quer em UC's exclusivas da área das tecnologias, quer em UC's de projeto e outras disciplinas vigentes no curriculum); temas BIM de nível mais avançado (conteúdos mais complexos em unidades optativas); nível profissional (maior aproximação à realidade da industria através de conferencias e workshops).

O percurso destas universidades e os argumentos de autores, como Kensek parecem indicar um caminho que tende para a adoção duma unidade curricular com incidência na vertente colaborativa do BIM, nos últimos anos do curso. Tal como no exemplo francês, o ISCTE apenas poderia comportar colaboração entre alunos do mesmo curso (intradisciplinar). No Mestrado Integrado em Arquitetura, uma evolução do currículo segundo esta lógica não teria grande influência nas unidades curriculares

²² Kensek, KM 2012, 'Advancing BIM in academia: Explorations in curricular integration', em N. Gu and X. Wang (eds), *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education*, IGI-Global, PA, pp. 101-121.

de projeto, mas traria vantagens a outros níveis: um maior conhecimento e experiência nesta área poderia despertar maior interesse por parte dos alunos, para a investigação científica em BIM na sua relação com a arquitetura, elevando a investigação dentro desta instituição a outro patamar; uma experiência deste género, em ambiente académico, fornece por um lado, bases mais completas para uma maior mobilidade e flexibilidade no mercado de trabalho internacional, podendo posteriormente ser aperfeiçoadas, através de experiências profissionais, ou através de formação especializada, consoante o percurso que se pretenda seguir; por outro, o seu domínio pode constituir o fator diferenciador no mercado nacional, assim que este começar a procurar mais profissionais com este tipo de qualificações, durante os próximos anos. Em ambos os casos, a empregabilidade dos recém-formados poderia sofrer uma evolução positiva.

6.5. Condicionantes à alteração do curriculum

Apesar dos benefícios, que uma alteração deste género, potencialmente traria aos alunos deste curso, existem fatores de várias ordens a condicionar a alteração do *curriculum*, nomeadamente: o tipo de currículo, corpo docente, infraestruturas, cultura da instituição e/ou departamento e conjuntura do próprio país.

Relativamente ao currículo atual, verifica-se que no primeiro ciclo, este está já demasiado compactado, não havendo abertura para a inclusão de novos conteúdos ou outra unidade curricular BIM, para além da existente. Este condicionante aponta assim para o segundo ciclo, onde dezoito dos créditos são atribuídos a optativas, o que possibilitaria a criação duma nova UC de carácter optativo, não comprometendo o currículo base.

Em termos de corpo docente, o curso conta com alguns professores ligados ao BIM, principalmente ao nível da investigação, contudo a grande maioria apenas está consciente quanto ao conceito, não detendo experiência profissional neste tipo de ambiente. Por sua vez, os docentes das áreas de projeto, apesar de contarem com uma larga experiência na prática da arquitetura, estão habituados a trabalhar segundo modelos mais tradicionais, em atelier, num processo mais individualista e centralizado em si, o que pode dificultar a disseminação do BIM a esta área científica, limitando o seu ensino na subárea das Tecnologias da Representação, da qual fazem parte os docentes com experiência neste campo.

Em termos de infraestruturas, o campus do ISCTE encontra-se bem servido, com vários laboratórios de informática devidamente equipados. Tal como referido anteriormente, existe também um centro de investigação, ISTAR-IUL, no qual é possível testar as tecnologias emergentes e desenvolver trabalhos de investigação em parcerias entre o Departamento de Arquitetura e o Departamento de Informática.

Quando se fala de cultura da instituição, torna-se mais difícil encontrar uma definição comum e válida para todos os cursos, pelo que se considera mais sensato refletir sobre o Departamento de Arquitetura desta instituição ou a escola na qual se insere - ISTA, Escola de Tecnologias e Arquitetura. De todas as áreas científicas que compõem o plano de estudos do curso, a Arquitetura é aquela onde se concentra o maior número de créditos (141 ECTS), seguida das Tecnologias da Arquitetura (45 ECTS) e do Desenho (36 ECTS), na qual se encontra a unidade curricular dedicada ao BIM. Por comparação com as estruturas curriculares estudadas anteriormente, pode-se afirmar que o BIM incide sobretudo nestas áreas científicas. Como o próprio nome indica, a escola agrupa-se em torno destas duas áreas principais, que por vezes estabelecem pontes de contacto entre si, fomentando a conjugação dos dois domínios. Um exemplo deste tipo de relação acontece, anualmente, no âmbito dum evento organizado pela escola – FISTA (Fórum da Escola de Tecnologias e Arquitetura), no qual alunos dos cursos de

arquitetura e engenharia informática se juntam no desenvolvimento dum projeto comum, materializado numa pequena instalação, passível de ser construída e exposta no interior do campus. Apesar de todos estes fatores contribuírem para a definição do “espírito” do curso, a área de projeto é aquela que mais influência exerce na formação dos alunos e, portanto, o seu desligamento com esta tecnologia pode representar um impedimento à sua implementação mais alargada.

No que concerne ao panorama geral do país, relativamente à implementação das novas metodologias de trabalho, verifica-se um atraso, em contraste com outros países, aqui já apresentados e que estão mais desenvolvidos, no entanto a vontade manifestada pelo grupo no qual se inserem os ateliês de projeto e o aparecimento de programas de apoio podem estar na base dum processo de transformação da cultura de trabalho e que vai de encontro à prática internacional.

6.6. Proposta de alteração ao curriculum do Mestrado Integrado em Arquitetura

Uma vez traçado o plano para o tipo de currículo que se considera mais adequado ao curso, tendo em conta os exemplos estudados e as condicionantes apresentadas, torna-se possível apresentar uma proposta mais coerente para alteração do *curriculum* do curso.

A nova proposta tem por intenção a criação duma unidade curricular semestral e optativa (6 ECTS) sobre a vertente colaborativa do BIM, pertencente à área de Tecnologias da Arquitetura e a figurar no segundo ciclo do curso, juntando-se assim ao leque de optativas disponíveis. Por ser uma novidade do currículo, esta unidade estaria aberta tanto a estudantes de quarto, como de quinto ano e seria lecionada num horário compatível a ambos, de modo a garantir alunos suficientes para criação duma

turma e viabilidade do trabalho pretendido. Eventualmente, caso se verificasse um número de alunos inscritos suficientemente grande, poderia criar-se uma segunda turma. A escolha para o docente responsável poderia recair sobre aqueles com mais conhecimentos neste campo, porém, dada a sua maior ligação à vertente da investigação, o ideal seria convidar um arquiteto com experiência de trabalho em ambiente BIM.

Para esta UC seria recomendado como pré-requisito algum conhecimento base em modelação 3D em softwares BIM (pode ser adquirido na unidade curricular Gramáticas de Composição e Representação II) e os objetivos gerais (OG) seriam:

OG1: Apresentar aos alunos uma nova metodologia de trabalho que afeta a profissão do arquiteto e promete grandes transformações no setor da construção.

OG2: Desenvolver nos estudantes, competências de trabalho colaborativo através das capacidades desta tecnologia.

OG3: Incentivar o pensamento crítico da arquitetura em ambiente de equipa.

OG4: Promover a reflexão do papel individual e coletivo do arquiteto.

OG5: Desenvolver capacidades de planeamento e gestão de tarefas a curto e médio prazo

OG6: Organizar e estruturar informação afeta ao processo de trabalho

OG7: Introduzir os alunos na análise crítica de metodologias de trabalho BIM, no seu confronto com outras metodologias mais tradicionais e suas potencialidades em arquitetura.

A partir da definição dos objetivos gerais, no final da unidade curricular o estudante deverá ter alcançado os seguintes objetivos de aprendizagem (OA):

OA1: Estruturar um plano de execução de trabalhos de projeto

OA2: Gerir os objetivos propostos no plano de execução de trabalhos para cumprimento do mesmo.

OA3: Produzir modelos tridimensionais dum projeto de arquitetura desenvolvido em equipa, utilizando software BIM, como o *Revit* ou o *ArchiCAD*.

OA4: Armazenar e partilhar informação relativa ao modelo, através da utilização de servidores online e formatos IFC.

OA5: Editar simultaneamente um modelo tridimensional partilhado entre utilizadores.

OA6: Utilizar as ferramentas proporcionadas por este tipo de softwares como suporte ao exercício de projeto através da rápida simulação de opções.

OA7: Extrair documentação do projeto (peças escritas e desenhadas) a partir dum modelo tridimensional.

OA8: Utilizar as ferramentas proporcionadas por este tipo de softwares para representação e apresentação dum projeto de arquitetura.

OA9: Descrever e fazer uma análise crítica das implicações da metodologia de trabalho no desenvolvimento do projeto de arquitetura, na profissão do arquiteto e no ciclo-de-vida dum edifício.

Para tal, propõe-se a seguinte ordem de conteúdos programáticos (CP):

CP1: Introdução ao conceito de interoperabilidade em ambiente BIM

CP2: Introdução ao formato de partilha de informação IFC.

CP3: Coordenação de modelos BIM

CP4: Introdução à prática da gestão da informação através dum Plano de Execução BIM

CP5: A aplicação do BIM na Arquitetura

CP6: A aplicação do BIM na construção e gestão de edifícios.

CP7: Modelação 3D com *Revit* e/ ou *ArchiCAD*.

CP8: Simulação 4D/5D e análise dos resultados

A avaliação desta unidade curricular será contínua e periódica e deverá refletir o trabalho realizado em grupo ao longo do semestre e a contribuição individual de cada membro. O foco da avaliação deverá incidir, em primeiro lugar, sobre a gestão do processo de trabalho, no desenvolvimento dum projeto de arquitetura segundo os moldes da metodologia BIM. Este exercício pressupõe a frequência nas aulas para a acompanhamento do trabalho por parte do docente. Serão realizadas apresentações intermédias ao longo do semestre e também no final. Assim, a avaliação de grupo (70%) será dividida entre: (1) aplicação dos conceitos inerentes a esta metodologia na concretização dum projeto de arquitetura – 50%; (2) produção dum versão simplificada dum Plano de Execução BIM – 20%. A avaliação individual será aferida através de (3) uma reflexão escrita sobre o processo de trabalho, suportada pela parte teórica – 30%.

Relativamente ao processo de ensino-aprendizagem (PA), este deverá ser estruturado da seguinte forma:

PA1: Exposições orais de enquadramento ao tema e aos conteúdos programáticos.

PA2: Participação de especialistas convidados na exposição de temáticas pontuais e apresentação de casos práticos.

PA3: Realização dum exercício prático, em grupo, ao longo do semestre, com acompanhamento do docente.

PA4: Apresentação periódica e no final do semestre do exercício desenvolvido.

PA5: Realização dum exercício individual sobre o processo de trabalho efetuado.

A criação duma segunda unidade curricular sobre BIM, enquanto metodologia de trabalho, trás consigo o reconhecimento da sua importância no futuro dos arquitetos, no entanto a sua aplicação e as ferramentas que carrega não devem sobrepor-se ao verdadeiro propósito do curso, condicionando o ensino da arquitetura. Este argumento está na base da definição duma UC optativa, em detrimento duma obrigatória, cabendo a escolha aos alunos em função dos seus interesses e aspirações. O BIM, tal como descrito nesta dissertação, deve ser encarado como um conjunto de transformações que irão afetar todo o setor, no qual se insere a Arquitetura, e como tal, os personagens envolvidos neste processo devem estar cientes das suas implicações.

Conclusão

A lacuna existente no mercado internacional, em termos de profissionais qualificados para trabalhar de acordo com os moldes da metodologia *Building Information Modelling*, tem vindo a ser combatida nos últimos anos, em parte através duma resposta das instituições de ensino superior. Autores como Kensek (2012) debruçaram-se sobre a implementação do BIM ao nível da academia, o que neste caso resultou na definição de três níveis de implementação: no primeiro nível, a integração das tecnologias BIM em unidades curriculares exclusivas e/ou de projeto; no segundo nível, temas mais complexos, como a interoperabilidade em unidades optativas; e por último, num nível mais profissional, questões ligadas à indústria através de conferências e workshops. Paralelamente à formação ainda durante o ensino superior, surgiram também pequenos cursos especializados, no interior destas instituições e outras associações profissionais, que conferem aos profissionais do setor competências e conhecimentos complementares à sua formação base, geralmente em arquitetura ou engenharia, preparando-os

para desempenhar um conjunto de novas funções. A investigação aponta assim para dois caminhos possíveis, para aqueles que procuram este tipo de formação: integração no mercado de trabalho enquanto profissionais da sua área de formação, com conhecimentos para trabalhar em ambiente BIM ou integração no mercado de trabalho enquanto profissionais especializados, que desempenham um novo cargo de gestor de processo tecnológico, responsável entre outras coisas, pela coordenação de modelos BIM – BIM Manager.

O meio académico através da adaptação das estruturas curriculares dos cursos de arquitetura e engenharia tem contribuído para um primeiro nível de educação BIM, configurando diferentes tipos de abordagens, que resultam da interação entre a conjuntura tecnológica do país e as condicionantes a que a instituição e o próprio curso estão sujeitos. Em Portugal, a industrialização do setor da construção está longe dos níveis alcançados por outros países tecnologicamente mais desenvolvidos, como o Reino Unido, já a economia não permite grandes transformações a nível tecnológico e o ensino, por sua vez, segue os modelos tradicionais da prática de arquitetura de autor, através dum processo solitário e centrado na figura do arquiteto. Com o processo de Bolonha, há uma tentativa de quebrar com a insularidade do conhecimento na universidade, no entanto quando confrontada com a realidade portuguesa, a mesma entra em conflito com a organização, estrutura e cultura da universidade portuguesa. As experiências registadas, a nível nacional, de introdução do BIM nos *curricula* representam unicamente uma vertente deste conceito, a modelação 3D. A inserção deste recurso pedagógico no plano de estudos de arquitetura reconhece a importância de se darem os primeiros passos em direção à adaptação às novas ferramentas e métodos de trabalho, sem, no entanto, condicionar o ensino da arquitetura. Nos últimos anos, verificou-se uma grande melhoria dos softwares de modelação 3D, que se tornam cada vez mais intuitivos e de fácil acesso, originando gerações de alunos mais familiarizados

e aptos a trabalhar com este tipo de tecnologia. Face a esta situação, é preciso refletir até que ponto a atual abordagem de ensino verdadeiramente contribui para o futuro dos alunos.

Neste sentido, foi estudada uma forma de proceder a uma adaptação dos *curricula* de arquitetura, mais concretamente do mestrado integrado em Arquitetura, tentando integrar novas práticas, mais complexas e interligadas com a profissão, atendendo duplamente à realidade internacional e às expectativas para Portugal. O método encontrado para a definição da proposta baseou-se na análise do percurso de outros países, onde o BIM já traçou o seu caminho, manifestando-se de diversas formas no ensino. Verificou-se que em países, como os Estados Unidos da América, o Reino Unido ou a França onde já se procedeu à inclusão de colaboração interdisciplinar, juntando alunos de vários cursos, projeto integrado ou à colaboração intradisciplinar respetivamente, o ensino do BIM partiu da sua vertente de modelação 3D, evoluindo para os aspetos operativos e metodológicos do conceito.

Atendendo aos resultados dos exemplos estudados e garantindo que a proposta não desvirtua o ensino da arquitetura no Mestrado Integrado em Arquitetura, é apresentada uma nova unidade curricular optativa, a figurar no segundo ciclo do curso, baseado num modelo teórico-prático, onde se explora o BIM na sua relação com a profissão do arquiteto e se desenvolve um projeto de forma colaborativa, entre alunos do curso (intradisciplinar), através das capacidades desta tecnologia e segundo os moldes desta metodologia. Os alunos são incentivados a desenvolver competências de gestão de processo, ao mesmo tempo que refletem sobre as suas implicações no projeto.

Em 2015, aquando da organização do primeiro Fórum Académico subordinado ao BIM, no qual instituições de ensino nacionais discutiram as bases, para uma maior introdução deste tema nos cursos de arquitetura e engenharia, concluiu-se a sua fraca implementação nas estruturas curriculares destes

cursos, uma situação que na opinião dos participantes deste encontro deveria ser combatida. A proposta apresentada neste trabalho constitui uma extensão dos pressupostos deste encontro de académicos, devendo, no entanto, ser encarada como uma experiência pedagógica a ser validada, de acordo com o grau de adesão entre os alunos e concretização dos objetivos propostos. Caso se venha a comprovar uma inclusão positiva no currículo, este ensaio pode representar não apenas um fator diferenciador e que atribui maior vantagem aos formados no ISCTE, em termos de empregabilidade e adequação aos desafios emergentes no mercado de trabalho, como pode inclusivamente ser considerado um exemplo e posteriormente adotado por outras instituições de ensino superior.

As dúvidas e incertezas decorrentes duma aproximação à metodologia BIM em ambiente académico devem ser consideradas, tendo em conta que Portugal ainda não tem uma estrutura sólida relativamente à aplicação das tecnologias de informação e comunicação no setor da construção. Nos Estados Unidos da América e no Reino Unido, este setor atravessou um processo de digitalização, que ainda está a decorrer e que permite com maior segurança proceder a alterações ao nível da educação. Em França, o grande investimento efetuado para a criação dum ecossistema digital representa também um suporte a este processo. Já em Portugal, os primeiros passos começam a ser dados através da estratégia apresentada no plano Visão 2020, prevendo-se uma modernização do setor, durante os próximos anos.

A inexistência em Portugal, de cursos de arquitetura e engenharia onde se explore o BIM, enquanto metodologia de trabalho impede uma análise justa com casos de estudo estrangeiros, onde a sua implementação está mais avançada. Nos próximos anos, depois do aparecimento dos primeiros casos portugueses, a realização dum estudo como aquele apresentado nesta dissertação poderá representar um valioso instrumento de confronto de estruturas curriculares, no sentido de evoluir e adotar melhores práticas de ensino, através da partilha de conhecimentos e experiência acumulada por estes países.

Existe, no entanto, um dado curioso e que pode ser o início do caminho do BIM em Portugal, ao nível do ensino, nomeadamente o aparecimento de um curso técnico superior profissional pelo Instituto Politécnico de Viana do Castelo dedicado à “Modelação em Gestão de Informação em Edifícios” e no qual o BIM assume um papel pedagógico central. Este tipo de formação especializada pretende formar especialistas nesta área, prontos a integrar o mercado da arquitetura e das engenharias, enquanto BIM Managers. Mas até que ponto, pode um especialista em BIM considerar-se um verdadeiro especialista dentro da Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção sem deter formação base numa destas áreas? Serão estes profissionais os novos desenhadores, da era digital? Numa altura em que se questiona a pertinência do ensino do BIM nestes cursos, deve também refletir-se sobre o extremo oposto, no qual estes conteúdos são dissociados das áreas que lhe deram origem, estando unicamente limitados à investigação, ao mesmo tempo que se configura um novo e independente ramo no ensino, mas que intervém no mesmo ramo profissional.

Bibliografia

A3ES, 2013. Acreditação A3ES - Arquitetura ISCTE. Available at: <http://a3es.pt/pt/resultados-acreditacao/arquitectura-27> [Accessed October 12, 2017].

Ahmed, S. et al., 2017. *Architecture at Salford 16/17 yearbook* 1st ed., Salford: University of Salford.

Arayici, Y. et al., 2011. Knowledge and Technology Transfer from Universities to Industries : a Case Study Approach from the Built. *Journal of Higher Education*, 21(2), pp.103–110.

ARB, 2006. ARB Student Handbook.

Autodesk, 2011. IPD in Education: Best Practices Whitepaper. Available at: <http://auworkshop.autodesk.com/library/ipd-education-best-practices-whitepaper>.

Autodesk Inc., 2017. Autodesk University. Available at: <http://au.autodesk.com/> [Accessed March 3, 2017].

Autodesk Inc., 2016. How does Revit differ from traditional CAD tools? Available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3PP-REV-Wiley/files/GUID-21AEB806-3FA2-4FBA-BC11-726227A73A44-htm.html> [Accessed March 2, 2017].

Autodesk Inc., 2002. White paper: Building Information Modeling. *Autodesk Building Industry Solutions*, pp.1–7. Available at: <http://www.autodesk.com/buildinginformation>.

Badrinath, A.C., 2017. Educational and research issues while delivering BIM education in Academia. Available at: <http://ibima.co.in/2017/05/27/educational-and-research-issues-while-delivering-bim-education-in-academia/> [Accessed August 14, 2017].

Barison, M.B. & Santos, E.T., 2010. BIM Teaching Strategies: An Overview of the Current Approaches. *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE) 2010*, (2008), p.577. Available at: <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbep/ proceedings/html/289.htm>.

Barison, M.B. & Santos, E.T., 2011. The Competencies of BIM Specialists: a Comparative Analysis of the Literature Review and Job Ad Descriptions. *Civil Engineering*, 2000(413), pp.760–767.

Barth, B., 2017. BIM there, Done that. *Landscape Architecture Magazine*. Available at: <https://landscapearchitecturemagazine.org/2017/08/15/bim-there-done-that/>.

- Becerik-Gerber, B., Gerber, D.J. & Ku, K., 2011. The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into the curricula. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 16, pp.411–432.
- Bew, M., 2016. *BIM Task Group - April 4 mandate an “internationally unparalleled achievement on our BIM journey,”* Newcastle.
- Biasio, J., 2015. Le BIM dans les enseignements professionnels. *Académie Toulouse*, pp.1–20.
- Billon, R., 2013. Le e-Mastère Spécialisé intégrée du bâtiment. *Expertise*, pp.1–4.
- BIM Management Institute, 2017. BIMMI Online - Como funciona? Available at: <https://bimmi.innovationcast.net/spaces/1/pages/161/> [Accessed March 4, 2017].
- Bozdoc, M., 2003. CAD chronology. Available at: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD1980.htm> [Accessed March 2, 2017].
- Cabinet Office, 2011. *Government Construction Strategy*, Londres. Available at: <http://www.bimtaskgroup.org/reports/>.
- CEN, 2015. *CEN/TC 442 Business Plan*, Available at: https://standards.cen.eu/dyn/www/?p=204:7:0:::FSP_ORG_ID:1991542&cs=16AAC0F2C377A541DCA571910561FC17F.
- Cheng, J.C.P. & Lu, Q., 2015. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction*, 20(October), pp.442–478.

College of Arts and Architecture, 2017. About the College. Available at: <http://artsandarchitecture.psu.edu/about> [Accessed August 23, 2017].

College of Arts and Architecture, 2013. ICBIMS Syllabus. Available at: <http://a2ru.org/wp-content/uploads/2013/09/Building-Information-Modeling-Design-Studio-Syllabus.pdf>.

CT197, 2017. Apresentação. Available at: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/apresentacao> [Accessed April 14, 2017].

Davies, R. et al., 2015. BIM in Europe: Innovation networks in the construction sectors of Sweden, France and the UK. *Procs 31st Annual ARCOM Conference*, (September), pp.1135–1144.

Delcambre, B., 2015. Lettre pour l'éducation nationale.

Delcambre, B., 2014. *The digital construction mission*, Paris.

Eastman, C. et al., 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. Available at: <https://books.google.pt/books?id=lioygN0nYzMC&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>.

Eastman, C. et al., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* 2nd ed., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Available at: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=aCi7Ozwoj0C&oi=fnd&pg=PT8&dq=bim+handbook&ots=Z9zcJSE-Cq&sig=iHb-ZLUewL0RaBZMxZfDBY6p6tA>.

ENSA Toulouse, 2017a. Estrutura curricular_Licenciatura_ENSA Toulouse. Available at: http://www.toulouse.archi.fr/modules/resources/download/default/scolarite/2017_2018/programme_L_et_M/semestres_licence_2017-2018-CA_7.07.17.pdf.

ENSA Toulouse, 2017b. Estrutura curricular_Mestrado_ENSA Toulouse. Available at: http://www.toulouse.archi.fr/modules/resources/download/default/scolarite/2017_2018/programme_L_et_M/Master_programme_2017-2018-CA_7.07.17.pdf.

ENSA Toulouse, 2015a. Livret de l' étudiant 2015-2016. Available at: http://www.toulouse.archi.fr/modules/resources/download/default/telechargements/Formation/0_ensa_livret_etudiant2015.pdf.

ENSA Toulouse, 2015b. Programa pedagógico_Mestrado_ENSA Toulouse.

EU BIM Task Group, 2017. *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*, Available at: http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf.

Eymon, J., 2016. *#Ukbim2 - A Short Guide* 1^a. J. Eymon, ed., Peacehaven.

Ferriès, B., 2013. Enseignement du BIM à l'ENSA de Toulouse. *Expertise*, p.6.

Fioraso, G., 2013. Discours de Geneviève Fioraso MESR. , pp.1–7.

Fonseca, R., 2017. ISTA-Escola de Tecnologias e Arquitetura - Missão. Available at: <https://www.iscte-iul.pt/contents/iscteiuil/escolas/escola-de-tecnologias-arquitetura/265/missao> [Accessed September 19, 2017].

General Services Administration, 2016. 3D-4D Building Information Modeling. Available at: <https://www.gsa.gov/portal/category/21062> [Accessed March 3, 2017].

Di Giacomo, E., 2015. BIM , trends from all around the world. In *European BIM Summit*. Barcelona: European BIM Summit.

Groover, M.P. & Emory W. Zimmers, J., 1984. *CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing* prentice-H. M. Carnis, ed., Upper Saddle River, New Jersey: Department of Industrial Engineering Lehigh University. Available at: <https://books.google.pt/books?id=iWku2WqFuLwC&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>.

Gu, N. & de Vries, B., 2012. Two Approaches to Implementing BIM in Architectural Curricula. In *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference (Vol. 1)*. Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture, pp. 39–48. Available at: http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=ecaade2012_278.

Holland, R., Wing, S. & Goldberg, D., 2013. Interdisciplinary collaborative BIM Studio. *BIM Academic Symposium*.

ISCTE-IUL, 2010. Estrutura Curricular MIA.

ISCTE-IUL, 2017a. Gramáticas de Composição e Representação II.pdf. Available at: <https://fenix.iscte-iul.pt/disciplinas/01134/2016-2017/2-semester/fuc> [Accessed October 2, 2017].

ISCTE-IUL, 2017b. Gramáticas de Composição e Representação III. Available at: https://fenix.iscte-iul.pt/disciplinas/l2251/2016-2017/1-semester/pagina-inicial#!com.qubit.qubEdu.module.customersIscte.presentation.uiLayer.academicCommunication.course.ExecutionCoursePublicFirstPage/executionCourseId=2495376275785?_qcheck=dba99c697055a02702edd8ef5bb07aad05477abe [Accessed October 2, 2017].

ISCTE-IUL, 2017c. Plano de Estudos MIA. Available at: <https://www.iscte-iul.pt/curso/27/mestrado-integrado-arquitetura/planoestudos> [Accessed October 10, 2017].

Kiviniemi, A., 2016. BIM & Education – Do we need a new teaching paradigm?

Koritsa, E., 2016. An Introduction to Building Information Modelling in Annual Autodesk User. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/happy-present-introduction-building-information-annual-evaluation-koritsa> [Accessed April 2, 2017].

Laiserin, J., 2003. Building Information Modeling —The Great Debate. Available at: <http://www.laiserin.com/features/bim/index.php> [Accessed March 3, 2017].

Latiffi, A.A., Brahim, J. & Fathi, M.S., 2014. The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567, pp.625–630.

Magalhães, O., 2015. A Acreditação e Avaliação de formações graduadas e pós-graduadas em Portugal. *Licenciaturas*, pp.7–14.

Malleson, A., 2016. *BIM Survey: Summary of findings*, Newcastle.

Mark, L., 2015. Student Shows 2015: University of Salford. *The Architects' Journal*. Available at: <https://www.architectsjournal.co.uk/news/students/student-shows-2015-university-of-salford/8686592>. article.

Matthews, A., 2016. *Working towards a unified approach to BIM in Europe*, Newcastle.

McGraw-Hill Construction, 2010. *The Business Value of BIM in Europe*, Bedford. Available at: http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_in_europe_smr_final.pdf.

McKinsey&Company, 2016. Imagining construction's digital future. Available at: <http://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future> [Accessed April 30, 2017].

McKinsey&Company, 2015. Manufacturing's next act. Available at: <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act> [Accessed April 30, 2017].

Mediaconstruct, 2013. Enseignement à l'ENSA Toulouse: une réussite. Available at: <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim/post/4202/enseignement-à-l-ensa-toulouse-une-reussite> [Accessed September 8, 2017].

Meireles, A.R., 2015. ndBIM- Acelerar a implementação do BIM. *Construção Magazine nº69*, p.47.

Messner, J., 2008. BIM in Education. The Story of BIM Adoption at Penn State. , pp.1–23.

National Institute of Building Sciences, 2016. About the National BIM Standard - United States. Available at: <https://www.nationalbimstandard.org/about> [Accessed September 10, 2017].

Natspec, 2015. *BIM Education - Global 2015 Update Report*,

Natspec, 2017. BIM Education Global 2017 Update Report. *Construction Information*, (May).

NBS, 2016. *National BIM Report - Introduction*, Newcastle.

ONS/ IST, 2017. CEN/TC 442. Available at: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/cen-tc442> [Accessed April 14, 2017].

ONS/ IST, 2016a. *Plano de Ação da CT197*, Lisboa.

ONS/ IST, 2016b. *Plano de ação da CT197 para 2016 Introdução Estrutura e Plano de trabalho das Subcomissões CT 197*, Lisboa.

ONS/ IST, 2016c. *Visão Construção 2020 - ONS / IST - Digitalização da Indústria da Construção*, Lisboa.

Perrot, N., 2013. Séminaire sur les filières en génie civil - Le point sur les réformes S-SI et STI2D.

Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção, 2011. Missão e Valores. Available at: <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/missao-visao-e-valores> [Accessed March 4, 2017].

- Platts, T., 2013. Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum. *Higher Education Academy (HEA)*, (June), pp.1–24.
- PTNB, 2015. *Operational Roadmap*, Paris. Available at: [http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/Feuille de route PTNB_EN_002 \(1\).pdf](http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/Feuille%20de%20route%20PTNB_EN_002%20(1).pdf).
- PTNB, 2017. *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment - Rapport d'étape*, paris. Available at: <http://www.batiment-numerique.fr/>.
- Ravenscroft, T., 2016. BIM+ - A guide to choosing a postgraduate BIM course. Available at: <http://www.bimplus.co.uk/education/guide-choosing-postgraduate-bim-course/> [Accessed May 8, 2017].
- Resende, R., 2017. Pedido Sabática Ricardo Resende.
- Ricardo, R., 2017. A história do BIM no ISCTE-IUL.
- Sacks, R. & Pikas, E., 2013. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11). Available at: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759)[http://ascelibrary.org.ezaccess.libraries.psu.edu/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](http://ascelibrary.org.ezaccess.libraries.psu.edu/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759)[http://ascelibrary.org.ezaccess.libraries.psu.edu/doi/pdf/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.00007](http://ascelibrary.org.ezaccess.libraries.psu.edu/doi/pdf/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.00007).
- Sampaio, A.Z., 2014. Teaching Building Information Modelling in an Architectural School. *ASA 2014 - 48th International Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA)*, pp.421–432.

- Soubra, S., Cstb, T. & Antipolis, S., 2014. Bridging the gap between Building Information Modelling and Geospatial Information.
- Stuckeman School, 2015a. Bachelor of Architecture. Available at: <http://stuckeman.psu.edu/arch/programs/barch> [Accessed August 23, 2017].
- Stuckeman School, 2015b. Department of Architecture. Available at: <http://stuckeman.psu.edu/arch> [Accessed August 23, 2017].
- Teixeira Bastos, F. & Aguiar Costa, A., 2015. O Ensino do BIM em Portugal. *Construção Magazine nº69*, pp.40–46.
- The British Standards Institution, 2015. *B/555 Roadmap (FEBRUARY 2015 Update)*, Available at: <http://shop.bsigroup.com/upload/271929/B-555-Roadmap-FEBRUARY-2015.pdf>.
- Tormenta Pinto, P., 2016. Arquitetura ISCTE-IUL - Apresentação. Available at: <https://www.iscte-iul.pt/corso/27/mestrado-integrado-arquitetura> [Accessed September 19, 2017].
- Underwood, J. & Ayoade, O., 2015. Current Position and Associated Challenges of BIM Education in UK Higher Education. *BIM-education*, (March), p.47.
- University of Salford, 2017a. BSc (Hons) Architecture. Available at: <http://www.salford.ac.uk/ug-courses/architecture> [Accessed September 5, 2017].

University of Salford, 2017b. School of the Built Environment. Available at: <http://www.salford.ac.uk/built-environment> [Accessed September 4, 2017].

University of Salford, 2016. *The ICZ Programme*, Salford.

Venâncio, M., 2015. *Avaliação Da Implementação De Bim – Building Information Modeling Em Portugal*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Anexos

- A. FUC Computação Gráfica II, MIA, ISCTE-IUL
- B. FUC Computação Gráfica em Arquitetura I, MIA, ISCTE-IUL
- C. FUC Computação Gráfica em Arquitetura II, MIA, ISCTE-IUL
- D. FUC Representação Gráfica em Arquitetura I, MIA, ISCTE-IUL
- E. FUC Representação Gráfica em Arquitetura II, MIA, ISCTE-IUL
- F. FUC Representação Gráfica em Arquitetura III, MIA, ISCTE-IUL



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA EMPRESA

Licenciatura em Arquitectura

Ano Lectivo 2004/2005

COMPUTAÇÃO GRÁFICA II

Disciplina do 2º Semestre

Arq. Rui Ricardo

Computação Gráfica II

Objectivos:

1. Dotar o aluno de conhecimentos que lhe permitam reutilizar elementos de desenho maximizando assim a produtividade desta tarefa no trabalho do arquitecto.
2. Ensinar o aluno a efectuar modelos virtuais do objecto de arquitectura.

O desenho técnico é na actividade do arquitecto um acto que ocupa uma parte significativa do tempo gasto na execução de um projecto, tempo esse que podia ser mais bem empregue na análise e concepção do mesmo. Com base nisto, vai ser transmitido ao aluno ferramentas e procedimentos de trabalho que sistematizem o processo de desenho de arquitectura, que na sua especificidade contem um grande número de elementos que podem, e devem, ser reutilizados tais como, legendas, mobiliário, rótulos, etc.

Outra abordagem do desenho em computador com a actividade do arquitecto é a realização de modelos virtuais do projecto de arquitectura. Esta abordagem pode ser considerada de dois modos, um que diz respeito à atitude criativa do arquitecto, outro é o modelo como ferramenta de comunicação com interlocutores que não dominam o desenho técnico de arquitectura, no entanto esta abordagem será abordada superficialmente.

O sistema de avaliação centra-se na execução de trabalhos práticos que procuram sistematizar e aplicar os conhecimentos apreendidos ao longo das aulas.

A metodologia de ensino adoptada procura uma perfeita articulação entre as disciplinas teóricas e as práticas, sendo que, nas práticas aplicam-se os conceitos transmitidos na vertente teórica.

Os conteúdos organizam-se do seguinte modo:

Aulas	Aulas Teóricas	Aulas Práticas
1	Lançamento do 1º exercício de avaliação, “Dotar o Desenho de CAD de Blocos e Cotagem”.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
2	Reutilização da informação em aplicações CAD como forma de maximizar a produtividade. Conceitos avançados no Autocad: Referencias Externas, Blocos e Atributos.	
3	A cotagem de desenhos de arquitectura, um passo fundamental na actividade do arquitecto. Como tirar partido dos sistemas de CAD para facilitar a execução desta tarefa e por outro lado manter a consistência do desenho	
4		
5	Lançamento do 2º exercício de avaliação, “Criar um Modelo Virtual de um objecto Arquitectónico”. Conceitos gerais subjacentes à construção de modelos virtuais em aplicações CAD	Entrega do 1º exercício de avaliação. Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
6	A especificidade do desenho de modelos virtuais em Autocad.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Operações booleanas: Adição, Subtracção e Intersecção. Apoio e esclarecimento de duvidas na
7	O sistema de coordenadas, organização dos Layouts e regras para o início da construção do	

	modelo. Operações booleanas como meio para a construção dos modelos.	resolução do exercício de avaliação.
8	Formas de visualização dos modelos, regras e metodologias a adoptar.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Views / DView Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
9	Criação da imagem “fotorealista”,	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Render, Iluminação e Materiais. Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
10	noções, regras e metodologias de trabalho.	
11	A iluminação como um dos vértices do sucesso dos modelos, os materiais (cor) como outro.	
12	Entrega do 2º exercício de avaliação.	



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA EMPRESA

Licenciatura em Arquitectura

Ano Lectivo 2004/2005

COMPUTAÇÃO GRÁFICA EM ARQUITECTURA I

Disciplina do 1º Semestre

Arq. Rui Ricardo

Computação Gráfica em Arquitectura I

Objectivos:

1. Dotar o aluno de instrumentos que lhe permitam criar imagens realistas de um modelo virtual.

A comunicação do arquitecto com os restantes interlocutores nem sempre é fácil, pois a leitura de esboços ou de desenho técnico é para muitos difícil, para colmatar esta dificuldade, são transmitidos ao aluno conhecimentos que lhe permitem construir modelos virtuais realistas do seu projecto.

O aluno tomará como ponto de partida o modelo tridimensional efectuado com operações booleanas (2º Ano), sob este aplicará materiais, iluminação e câmaras. A aplicação destas tecnologias terá sempre como Norte a Arquitectura, o aluno não deve apenas saber como é que, tecnologicamente, os materiais, luzes e câmaras são aplicadas no modelo mas sobretudo como é que se utilizam para representar arquitectura.

O sistema de avaliação centra-se na execução de trabalhos práticos que procuram sistematizar e aplicar os conhecimentos apreendidos ao longo das aulas.

A metodologia de ensino adoptada procura uma perfeita articulação entre as disciplinas teóricas e as práticas, sendo que, nas práticas aplicam-se os conceitos transmitidos na vertente teórica.

Os conteúdos organizam-se do seguinte modo:

Aulas	Aulas Teóricas	Aulas Práticas
1	Apresentação da disciplina, dos seus objectivos, das regras e formas de avaliação e de todas as questões que sejam pertinentes para que a disciplina decorra normalmente	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
2	Lançamento do 1º exercício de avaliação, “Criar imagens realistas de um objecto arquitectónico realizado em CAD (iluminação)”. Conhecer o ambiente do 3DStudio Viz. Configurações, regras e métodos de trabalho.	
3	A iluminação como meio de sucesso na obtenção de resultados.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.
4	Diferentes tipos de iluminação. Regras para uma iluminação equilibrada. Noção de radiosidade, qual a vantagem na sua utilização.	Omni, Direct, Spot Light’s. Radiosity Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.
5	Lançamento do 2º exercício de avaliação, “Criar imagens realistas de um objecto arquitectónico realizado em CAD (materiais)”.	Entrega do 1º exercício de avaliação.
6		Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Material Editor, Material Browser.
7	O que se entende por material na execução de modelos virtuais.	Difuse, Bump, Opacity, Reflection, Specular.

	Componentes dos materiais, a imagem como referência na execução de modelos de objectos arquitectónicos. Bibliotecas de materiais, conceitos, regras e metodologias para a sua organização.	Tratamento de imagem para definição de materiais.
8	O calculo da imagem final, Render. O tamanho da imagem e a sua relação com o output.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Render.
9	A animação como meio para simular a dimensão tempo.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.
10	Noções, regras e metodologias para criar animações de objectos arquitectónicos.	Animação simples. Criação de percursos. FPS.
11	O cálculo da imagem final, Render. O tamanho da animação e as diferentes possibilidades de output.	Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica. Render.
12	Entrega do 2º exercício de avaliação.	



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA EMPRESA

Licenciatura em Arquitectura

Ano Lectivo 2004/2005

COMPUTAÇÃO GRÁFICA EM ARQUITECTURA II

Disciplina do 2º Semestre

Arq. Rui Ricardo

Computação Gráfica em Arquitectura II

Objectivos:

1. Ensinar o aluno a utilizar aplicações CAD especificamente desenvolvidas para o Arquitecto e a sua actividade.

Com o repentino desenvolvimento da informática, as aplicações CAD que até há um par de anos eram sobretudo generalistas, onde se procurou passar do estirador para o computador, mantendo todas as regras de desenho tradicionais adaptadas à nova interface - o computador.

Hoje as aplicações CAD tornam-se “verticais”, isto é cada disciplina (profissão) que utiliza o desenho em computador exigiu que se tirasse mais partido do computador no auxílio à sua actividade, olhando para tal às diferentes especificidades de cada área funcional.

Na arquitectura está-se a assistir ao aparecimento de aplicações informáticas que permitem ao arquitecto ter uma série de informações que no desenho técnico tradicional não é automaticamente calculado, como o cálculo de áreas e volumetrias, mapas de vãos, mapas de organização funcional, etc. No entanto estas aplicações são, quer pela sua juventude, quer pelos objectivos ambiciosos, ferramentas com um grau de complexidade elevado o que tem dificultado a sua entrada de forma mais rápida no mercado profissional de arquitectura, no entanto devido ao aumento de produtividade que proporcionam faz com dentro de poucos anos deixem de ser a excepção e passem a ser a regra.

Aos alunos serão transmitidos os conhecimentos para que tire partido destas ferramentas na óptica do utilizador.

O sistema de avaliação centra-se na execução de trabalhos práticos que procuram sistematizar e aplicar os conhecimentos apreendidos ao longo das aulas.

A metodologia de ensino adoptada procura uma perfeita articulação entre as disciplinas teóricas e as práticas, sendo que, nas práticas aplicam-se os conceitos transmitidos na vertente teórica.

Os conteúdos organizam-se do seguinte modo:

Computação Gráfica em Arquitectura II		
Aulas	Aulas Teóricas	Aulas Práticas
1	<p>Apresentação da disciplina, dos seus objectivos, das regras e formas de avaliação e de todas as questões que sejam pertinentes para que a disciplina decorra normalmente</p> <p>Lançamento do 1º exercício de avaliação, “Desenvolver o desenho de um projecto de arquitectura”</p>	<p>Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.</p> <p>Apoio e esclarecimento de dúvidas na resolução do exercício de avaliação.</p>
2	<p>O Architectural Desktop como plataforma tipo do desenho de arquitectura.</p> <p>O ambiente de trabalho, as regras e metodologias de trabalho.</p>	<p>Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.</p> <p>Configurações base da aplicação.</p> <p>Apoio e esclarecimento de dúvidas na resolução do exercício de avaliação.</p>
3	Objectos contextualizados, Paredes,	<p>Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.</p> <p>Desenho e configurações de: Paredes, Portas, Janelas, Vãos, Pavimentos e Coberturas.</p> <p>Apoio e esclarecimento de dúvidas na resolução do exercício de avaliação.</p>
4	Portas, Janelas, Vãos, Pavimentos e	
5	Coberturas.	
6	Como e quando se devem utilizar.	
7	Noção de biblioteca de desenho.	
8		
9	<p>Lançamento do 2º exercício de avaliação, “Criar imagens realistas de um objecto arquitectónico realizado em ADT”.</p>	<p>Entrega do 1º exercício de avaliação.</p> <p>Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.</p> <p>Exportação do modelo efectuado em Architectural Desktop para o</p>

	<p>Enriquecimento do modelo ADT com iluminação e materiais do VizRender.</p> <p>Regras a implementar na relação entre aplicações.</p> <p>O VizRender e as relações que se podem estabelecer com o 3DstudioViz</p>	<p>VizRender.</p> <p>O ambiente de trabalho do VizRender, regras e formas de organização da informação.</p>
10	<p>A iluminação, materiais e calculo da imagem no VizRender.</p> <p>Regras e metodologias de trabalho.</p>	<p>Exercícios práticos que abordam a matéria leccionada na disciplina teórica.</p> <p>Colocação de luzes na cena.</p> <p>Construção e atribuição de materiais aos objectos.</p> <p>Apoio e esclarecimento de duvidas na resolução do exercício de avaliação.</p>
11		
12		

Unidade curricular: Representação Gráfica em Arquitectura I

Tipo: lectivo

Nível: 1º ciclo

Ano curricular: 2º - 2007/2008

Semestre: 2º

N.º de créditos: 4 ECTS

Horas de trabalho total: 126h

Horas de contacto: TP 42h

Língua(s) de ensino: Português

Pré-requisitos: precedências requeridas: –

Pré-requisitos: outros pré-requisitos: –

Área científica: TA

Departamento: Arquitectura

Docente coordenador: Arqta. Sara Eloy

Outros docentes: -

Objectivos (conhecimentos a adquirir e competências a desenvolver):

A UC de Representação Gráfica em Arquitectura I (RGAI) é a primeira de um núcleo de cadeiras de vocação tecnológica aplicadas à computação gráfica, precedendo as cadeiras de Representação Gráfica em Arquitectura II e III.

Constituem objectivos da UC de RGA I os seguintes:

- Compreender as regras de representação de um projecto de arquitectura;
- Dominar os meios que permitem realizar as peças desenhadas que compõem o projecto através do software Autocad na versão 2D e 3D;

Programa:

O conteúdo programático articula-se em dois blocos teórico-práticos de carácter diferenciado, centrados num mesmo objectivo – a representação gráfica de arquitectura.

Um primeiro polarizado na abordagem à temática da representação gráfica em arquitectura independentemente do método de representação. Neste primeiro bloco assume-se o desenho técnico como a forma como o arquitecto comunica com os restantes interlocutores que interagem no processo arquitectónico. Deste modo, o aluno de arquitectura tem de dominar obrigatoriamente todos os meios que lhe permitem realizar todas as peças desenhadas que compõem o projecto, a diferentes escalas, como diferentes graus de pormenorização e com diferentes modos de representação (projecção ortogonais, perspectivas). Esta abordagem ao desenho arquitectónico pretende transmitir ao aluno as principais regras e normalização portuguesas e internacionais de desenho técnico, de construção e de representação gráfica, quer no desenho tradicional quer no desenho em sistemas de Desenho Assistido por Computador (DAC).

- Tipos de desenho, inter-referências;
- Formatos de papel;
- Tipos de linha e espessuras;
- Escalas;
- Estilos de texto e escalas
- Simbologia e representação de materiais;

- Legenda;
- Cotagem.

O segundo bloco é dedicado ao ensino das ferramentas de trabalho de Desenho Assistido por Computador (DAC). O desenho é, na actividade do arquitecto, um acto que ocupa uma parte significativa do tempo gasto na execução de um projecto. Tendo isso como referência, serão transmitidas ao aluno ferramentas e procedimentos de trabalho que sistematizem o processo de desenho de arquitectura em sistemas DAC:

As aulas serão leccionadas com base no software Autocad como ferramenta genérica de apoio ao ensino de DAC e serão abordadas as seguintes questões:

- Ambiente de trabalho e Interface com o utilizador;
- Paralelo entre os utensílios tradicionais e os utensílios de DAC;
- Nomenclatura de ficheiros, estruturação do projecto em directorias, backups (pens, discos móveis, etc.);
- O tamanho natural "virtual" e a noção de escala em ambiente de DAC;
- Exploração dos métodos de construção de elementos geométricos bidimensionais. Utilização dos diversos elementos de geometria 2D para a representação de projectos;
- Comandos de desenho. Utilização de coordenadas, WCS, UCS, ferramentas auxiliares de desenho;
- Comandos para visualização;
- Comandos para edição de entidades;
- Utilização de layers e sua manipulação. Norma NP EN ISO 13567 para nomenclatura de layers e sua conjugação com o sistema CI/SfB. Filtros e Autolisp para gestão de layers;
- Criação de textos e blocos. Criação de bibliotecas de blocos e símbolos;
- Legendas no formato de bloco com atributos e extracção de listas
- Comandos de medição: áreas, distâncias e coordenadas absolutas e pontos. Sistema de cotagem e criação de estilos para diferentes escalas de saída dos desenhos;
- Organização e gestão de ficheiros – Model Space, Paper Space, diversos layouts.
- Controlo de saída da informação: reprodução em papel das peças desenhadas. Plotagem (papel, PDF, DWF) e controlo de espessuras.

Outra abordagem do desenho em computador é a realização de modelos virtuais em 3 dimensões do projecto de arquitectura. Nesta vertente será realizada uma primeira abordagem ao desenho a 3D com dois objectivos principais: auxiliar a atitude criativa do arquitecto e servir de ferramenta de comunicação com interlocutores que não dominam o desenho técnico. O desenho 3D será introduzido nesta UC através do Autocad e explorar-se-ão as suas principais possibilidades de criação.

Bibliografia básica (máximo de 15 títulos)

- [1] CABRITA, António Reis – **Regras para elaboração de projectos**. Lisboa: MOP, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1996. ITE 6. (5ª edição)
- [2] STYLES, Keith – **Working Drawings Handbook**. Oxford: Architectural Press, 1982.
- [3] CHING, Francis D.K. – **Dicionário Visual de Arquitectura**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- [4] CHING, Francis D.K. – **Manual de dibujo arquitectónico**. México: GG, 1999. (3ª edição)
- [5] OMURA, George – **Mastering Autocad 2007**. Sybex
- [6] Normas de desenho técnico e desenho de construção portuguesas e internacionais.

Bibliografia complementar

- [7] ADLER, David – **AJ Metric Handbook**, Architectural Press
- [8] CREMADES, Eloy Sentana – **Dibujo Técnico en la Ingeniería Civil y Construcción**. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Alicante, Colegio Oficial de peritos e Ingenieros técnicos industriales de Alicante. ISBN 84-604-5994-0.
- [9] BAHAMÓN, Alejandro. **Sketch. Planejar e construir**. Barcelona, Edições Gustavo Gilli.
- [10] SILVA, Arlindo; DIAS, João; SOUSA, Luís – **Desenho Técnico Moderno**. Lidel – Edições técnicas, Ida, 2001. ISBN 972-757-189-1.

[11] VEIGA DA CUNHA, L. – **Desenho Técnico**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.

Processo de ensino-aprendizagem:

RGAI é uma UC teórico-prática que funciona numa sessão semanal de carácter teórico-prático com 3 horas de duração. Para além das 3 horas de contacto semanais com o docente, o aluno deverá realizar trabalho individual semanal de cerca de 4h.

Os temas a desenvolver durante as aulas teórico/práticas suportarão a elaboração dos exercícios propostos que deverão ser realizados maioritariamente ao longo das aulas.

Processo de avaliação:

Constituem objecto de avaliação: (i) a integração no processo pedagógico, materializado na observância da folha de presença (obrigatória 60% de presenças nas aulas); (ii) o trabalho desenvolvido na sala de aula; (iii) o trabalho desenvolvido fora da sala de aula, realizado de acordo com a metodologia proposta.

A avaliação será contínua e fundamentada no conjunto de trabalhos realizados, na sua dupla vertente prática e teórica.

Os trabalhos a realizar serão:

- Trabalho 1) Representação dos Desenhos Gerais de Posição (plantas, cortes e alçados a 1/50) de um projecto realizado na UC de Projecto de Arquitectura. Os desenhos a apresentar serão a combinar caso a caso entre o aluno e o docente mas devem constar, na generalidade de Desenho de Implantação, Desenhos Gerais de Posição (plantas, cortes e alçados) e um Desenho Geral de Posição (1/20) ou um Desenho de Construção (1/10 ou 1/5). Entrega intermédia antes das férias da Páscoa e entrega final na semana entre 28 de Abril e 2 de Maio de 2007; (50%)
- Trabalho 2) Representação sumária (muito esquemática) do mesmo projecto ou outro a combinar com o docente em 3D. Desta entrega devem constar várias perspectivas do modelo realizado com diferentes tipos de representação. Entrega na semana entre 26 e 30 de Maio de 2007; (25%)
- Trabalho 3) Projecto realizado na cadeira de Arquitectura que será avaliado ao nível da representação gráfica de arquitectura. Entrega na data de Projecto de Arquitectura (a definir com os docentes de Arquitectura). (25%)

A avaliação dos trabalhos referidos será realizada com base nos seguintes critérios: cumprimento das regras de representação gráfica transmitidas durante as aulas, clareza e rigor da informação desenhada e escrita, qualidade do trabalho desenvolvido em Autocad (CD).

Os trabalhos 1) e 2) devem ser impressos em A3 ou A2 e integrar um caderno/capa de formato A4, deve ainda ser entregue um CD com os ficheiros DWG e PDF gravados.

O desenvolvimento dos trabalhos será discutido com o docente numa periodicidade semanal.

Departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE

Resumo da Unidade Curricular de REPRESENTAÇÃO GRÁFICA EM ARQUITECTURA I

2º Semestre, ano lectivo 2007/08

Docente: Sara Eloy

Semana	Conteúdos programáticos	Bibliografia de apoio
1ª 11 a 15 Fevereiro	Apresentação do programa da cadeira. Conversa com os alunos sobre o formato das aulas e agendamento de aulas de compensação. Explicação dos moldes em que será realizada a avaliação. Lançamento do trabalho.	
2ª 18 a 22 Fevereiro	Domínio das técnicas de representação gráfica: formatos de papel e dobragem; tipos de linha e espessuras, escalas; estilos de texto e escalas. Ferramentas de DAC: comandos de visualização, comandos de desenho, sistemas de coordenadas. Exercícios práticos.	
3ª 25 a 29 Fevereiro	Domínio das técnicas de representação gráfica: tipos de desenhos em projecto de edifícios, inter-referências entre desenhos. Ferramentas de DAC: sistemas de coordenadas, UCS / WCS. Exercícios práticos.	
4ª 3 a 7 Março	Domínio das técnicas de representação gráfica: gestão da informação desenhada a diferentes escalas. Ferramentas de DAC: layers, criação, gestão e manutenção, norma NP EN ISO 13567. Exercícios práticos.	
5ª 10 a 14 Março	Ferramentas de DAC: comandos de edição. Exercícios práticos. Entrega intermédia do 1º exercício.	
17 a 21 Março	Páscoa	
24 a 28 Março	Páscoa	
6ª 1 a 4 Abril	Domínio das técnicas de representação gráfica: Simbologia, legendas, representação de materiais. Ferramentas de DAC: hatch, inserção de imagens, blocos; referências externas – xref. Exercícios práticos.	
7ª 7 a 11 Abril	Domínio das técnicas de representação gráfica: Rótulos. Ferramentas de DAC: Blocos com atributos. Exercícios práticos.	

8ª 14 a 18 Abril	Domínio das técnicas de representação gráfica: cotagem. Ferramentas de DAC: criação de estilos de cotagem e aplicação. Exercícios práticos.	
9ª 21 a 25 Abril	Domínio das técnicas de representação gráfica: apresentação do projecto em papel. Ferramentas de DAC: Paper Space, layout e configurações de plotagem. Exercícios práticos.	
10ª 28 a 2 Maio	Acompanhamento do trabalho dos alunos e entrega do 1º exercício.	
11ª 5 a 9 Maio	As três dimensões em representação gráfica de Arquitectura. Introdução ao Autocad 2007 3D, workspaces, palettes, dashboard, controlo dos UCS. Painel 3D Make, criação de sólidos, criação de secções, operações booleanas, sólidos a partir de secções 2D, edição de sólidos (edição de faces e de arestas). Exercícios práticos.	
12ª 12 a 16 Maio	Ferramentas de DAC para 3D: Painel Navigate, vistas pré definidas, pontos de vista dinâmicos, câmaras. Experiências de apresentação (configuração de layouts). Toolbar Solid Editing; Painel Visual Styles; Painel Lights; Painel Materials; Painel Rendering. Exercícios práticos.	
13ª 19 a 23 Maio	Acompanhamento do desenvolvimento do 2º exercício.	
14ª 26 a 30 Maio	Acompanhamento do trabalho dos alunos e entrega do 2º exercício.	
2 a 6 Junho	Frequências	
9 a 13 Junho	Exames	
16 a 20 Junho	Exames	
23 a 27 Junho	Exames	
30 a 4 Julho	Exames	

FICHA DE UNIDADE CURRICULAR

Anexo E

- ✓ *Unidade curricular: Representação Gráfica em Arquitectura II _____
- ✓ *Código: _____
- ✓ *Tipo: **lectivo**
- ✓ *Nível: 1º ciclo ; 2º ciclo ; 3º ciclo .
- ✓ *Ano curricular: 3 _____
- ✓ *Semestre: 5 _____
- ✓ *N.º de créditos: 4 _____
- ✓ *Horas de trabalho total: _____
- ✓ * Horas de contacto: _____
- ✓ * Língua(s) de ensino: Português _____
- ✓ *Pré-requisitos: **precedências requeridas:** _____
- ✓ *Pré-requisitos: **outros pré-requisitos:** _____
- ✓ *Área científica: Desenho _____
- ✓ *Departamento: Arquitectura _____
- ✓ *Docente coordenador: Rui Alexandre Duarte Ricardo _____
- ✓ *Outros docentes: _____
- ✓ *Objectivos (conhecimentos a adquirir e competências a desenvolver):
 - No final da unidade curricular o aluno deverá:
 - Criar modelos informação do edifício.
 - Criar Famílias de objectos.
 - Extrai todas as peças desenhadas de forma automática.

✓ *Programa:

Com o repentino desenvolvimento da informática, as aplicações CAD que até há um par de anos eram sobretudo generalistas, onde se procurou passar os processos de trabalho do estirador para o computador, sofreram nos últimos anos grandes inovações com o conceito BIM.

Hoje as aplicações CAD tornam-se “verticais”, isto é cada disciplina (profissão) que utiliza o desenho em computador exigiu que se tirasse mais partido do computador no auxílio à sua actividade, olhando para tal às diferentes especificidades de cada área funcional.

Na arquitectura está-se assistir ao aparecimento de aplicações informáticas que permitem ao arquitecto ter uma série de informações que no desenho técnico tradicional não é automaticamente calculado, como o cálculo de áreas e volumetrias, mapas de vãos, mapas de organização funcional, etc. No entanto estas aplicações são, quer pela sua juventude, quer pelos objectivos ambiciosos, ferramentas com um grau de complexidade elevado o que tem dificultado a sua entrada de forma mais rápida no mercado profissional de arquitectura, no entanto devido ao aumento de produtividade que proporcionam faz com dentro de poucos anos deixem de ser a excepção e passem a ser a regra.

✓ *Bibliografia básica (máximo de 15 títulos):

Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA _____

✓ *Bibliografia complementar (máximo de 50 títulos):

Mastering Autodesk Revit Building (Autodesk Revit) by Paul F. Aubin

✓* Processo de ensino-aprendizagem:

O processo de ensino adoptado baseia-se na demonstração teórica de um ou mais casos de estudo com a experimentação por parte do aluno.

Após cada demonstração e experimentação por parte do aluno passa-se a um período de dúvidas.

✓*Processo de avaliação :

O processo de avaliação é composto por trabalho prático e assiduidade nas seguintes proporções:

Trabalho Prático - TP – 90%

Assiduidade - AS – 10%

Nota Final - NF = TP + AS

✓ Observações:

Nota: Sempre que possível, a informação deve ser também disponibilizada em inglês.

Nota: os campos marcados com asterisco são de preenchimento obrigatório.

Departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE

Resumo da Unidade Curricular de Representação Gráfica em Arquitectura II _____

5º Semestre, ano lectivo 2007/08

Docente: Rui Alexandre Duarte Ricardo

Semana	Conteúdos programáticos	Bibliografia de apoio
1ª	Apresentação da disciplina, dos seus objectivos, das regras e formas de avaliação e de todas as questões que sejam pertinentes para que a disciplina decorra normalmente	
2ª	Lançamento do exercício de avaliação, “Desenvolver o desenho de um projecto de arquitectura” O REVIT como plataforma tipo do desenho de arquitectura. O ambiente de trabalho, as regras e metodologias de trabalho.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
3ª	Objectos contextualizados: Paredes Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
4ª	Objectos contextualizados: Portas Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
5ª	Objectos contextualizados: Janelas Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
6ª	Objectos contextualizados: Vãos Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
7ª	Objectos contextualizados: Pavimentos Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
8ª	Objectos contextualizados: Coberturas. Como e quando se devem utilizar.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
9ª	Regras de interferência e constrangimentos para garantir a coerência do modelo.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
10ª	Extracção de peças desenhadas (plantas, cortes, alçados) e definição de Layouts.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
11ª	Mapas de quantidades, mapas de áreas, utilização de sombras em Alçados e Cortes. Perspectivas Explodidas.	Autodesk Revit Building Curso Completo 2ª Edição Actualizada, José Garcia - FCA
12ª	Entrega do exercício de avaliação.	

- ✓ *Unidade curricular: Representação Gráfica em Arquitectura III _____
- ✓ *Código: _____
- ✓ *Tipo: **lectivo**
- ✓ *Nível: 1º ciclo ; 2º ciclo ; 3º ciclo .
- ✓ *Ano curricular: 3 – 2007/2008
- ✓ *Semestre: 6 _____
- ✓ *N.º de créditos: 4 _____
- ✓ *Horas de trabalho total: _____
- ✓ *Horas de contacto: _____
- ✓ * Língua(s) de ensino: Português _____
- ✓ *Pré-requisitos: **precedências requeridas:** _____
- ✓ *Pré-requisitos: **outros pré-requisitos:** _____
- ✓ *Área científica: Desenho _____
- ✓ *Departamento: Arquitectura _____
- ✓ *Docente coordenador: Rui Alexandre Duarte Ricardo _____
- ✓ *Outros docentes: _____
- ✓ *Objectivos (conhecimentos a adquirir e competências a desenvolver):
 - No final da unidade curricular o aluno deverá:
 - Criar imagens realistas de modelos arquitectónicos virtuais
 - Criar pequenas animações de percursos sobre modelos arquitectónicos virtuais.
 - Avaliar e quantificar o impacto em tempo de um projecto de imagem ou de animação virtual. ____
- ✓ *Programa:
 - A comunicação do arquitecto com os restantes interlocutores nem sempre é fácil, pois a leitura de esboços ou de desenho técnico é para muito difícil, para colmatar esta dificuldade, são transmitidos ao aluno conhecimentos que lhe permitem construir modelos virtuais realistas do seu projecto.
 - O aluno tomará como ponto de partida o modelo tridimensional efectuado com operações booleanas (2º Ano), sob este aplicará materiais, iluminação e câmaras. A aplicação destas tecnologias terá sempre como Norte a Arquitectura, o aluno não deve apenas saber como é que, tecnologicamente, os materiais, luzes e câmaras são aplicadas no modelo mas sobretudo como é que se utilizam para representar arquitectura.
- ✓ *Bibliografia básica (máximo de 15 títulos):
 - Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
- ✓ *Bibliografia complementar (máximo de 50 títulos):
 - Mastering Autodesk VIZ 2007 by George Omura, Scott Onstott, and Jon McFarland
- ✓ * Processo de ensino-aprendizagem:
 - O processo de ensino adoptado baseia-se na demonstração teórica de um ou mais casos de estudo com a experimentação por parte do aluno.
 - Após cada demonstração e experimentação por parte do aluno passa-se a um período de dúvidas.
- ✓ *Processo de avaliação :
 - O processo de avaliação é composto por trabalho prático e assiduidade nas seguintes proporções:
 - Trabalho Prático - TP – 90%
 - Assiduidade - AS – 10%
 - Nota Final - NF = TP + AS

Departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE

Resumo da Unidade Curricular de Representação Gráfica em Arquitectura III _____

6º Semestre, ano lectivo 2007/08

Docente: Rui Alexandre Duarte Ricardo

Semana	Conteúdos programáticos	Bibliografia de apoio
1ª	Apresentação da disciplina, dos seus objectivos, das regras e formas de avaliação e de todas as questões que sejam pertinentes para que a disciplina decorra normalmente	
2ª	Lançamento do 1º exercício de avaliação, “Criar imagens realistas de um objecto arquitectónico utilizando o 3DStudio”. Conhecer o ambiente do 3DStudio Viz. Configurações, regras e métodos de trabalho.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
3ª	A iluminação como meio de sucesso na obtenção de resultados. Diferentes tipos de iluminação.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
4ª	Regras para uma iluminação equilibrada. Noção de radiossidade, qual a vantagem na sua utilização.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
5ª	O que se entende por material na execução de modelos virtuais. Material Editor, Material Browser. Difuse, Bump, Opacity, Reflection, Specular.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
6ª	Componentes dos materiais, a imagem como referência na execução de modelos de objectos arquitectónicos. Tratamento de imagem para definição de materiais.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
7ª	Bibliotecas de materiais, conceitos, regras e metodologias para a sua organização.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
8ª	O cálculo da imagem final, Render. O tamanho da imagem e a sua relação com o output.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
9ª	A animação como meio para simular a dimensão tempo. Noções, regras e metodologias para criar animações de objectos arquitectónicos.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
10ª	Animação de percursos.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
11ª	O calculo da imagem final, Render. O tamanho da animação e as diferentes possibilidades de output.	Autodesk VIZ Curso Completo, João Santos e João Barata – FCA
12ª	Entrega do exercício de avaliação.	



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

Micael Raposo Pepe

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

O BIM no Ensino da Arquitetura em Portugal
(vertente teórica)

Orientador:
Engenheiro Ricardo Resende, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL
Co-orientador:
Arquiteto Pedro Pinto, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

**Plano de Mobilidade Pedonal de Paredes
Passadiço do Alviela**
(vertente prática)

Tutor:
Arquiteto Pedro Botelho, Professor Auxiliar Convidado, ISCTE-IUL

Outubro, 2017

Índice

1. Memória Descritiva	1
1.1. Âmbito e Enquadramento	1
1.2. Contextualização	4
1.3. Estratégia de intervenção	22
1.4. Proposta individual	26
2. Registo Fotográfico	29
3. Desenhos finais	43
4. Painéis	63

1. Memória Descritiva

1.1. Âmbito e enquadramento

O projeto que a seguir se apresenta foi desenvolvido no âmbito da vertente prática da unidade curricular de 5º ano, Projeto Final de Arquitetura, do curso Mestrado Integrado em Arquitetura, durante o ano letivo 2016/2017 e constitui um dos requisitos para obtenção do grau de mestre em arquitetura no ISCTE-IUL. A primeira parte coincide com a primeira fase do trabalho, realizada em grupo, que culminou com a elaboração duma estratégia de intervenção sobre o território analisado. A segunda fase decorre desta estratégia e corresponde à proposta de projeto individual do autor.





Ortofotomapa Alenquer-Carregado



1.2. Contextualização

Situada numa localização privilegiada, a Vila de Alenquer define-se em torno dum pequeno rio que a atravessa, formando um vale, responsável pelas designações de Vila Alta e Vila Baixa. Com uma história de vários séculos, a vila tem conseguido tirar vantagem da sua posição geográfica para se afirmar como ponto marcante do território português (figura 3).

Escavações efetuadas no local, mais precisamente a sul da vila, permitiram encontrar um conjunto de vestígios arqueológicos, que datam do Período Romano e revelam a presença de um importante assentamento urbano durante essa época. A partir deste, surge também um conjunto de evidências duma rede viária ortogonal, uma característica dos aglomerados urbanos romanos, centrada na atual zona de Paredes (figura 4). O traçado da via norte-sul existente na Antiguidade, apesar da passagem do tempo, permaneceu como um dos principais eixos de circulação pedonal que conduziam até Alenquer, até às últimas décadas do século XX. A topografia desta região, bastante acidentada, parece estar na origem da escolha desta linha de meia encosta, à qual foi atribuído o topónimo de Rua Principal, como rota de comunicação entre o Sul e a vila e por consequente eixo estruturante dum novo aglomerado populacional (figuras 5 a 10).

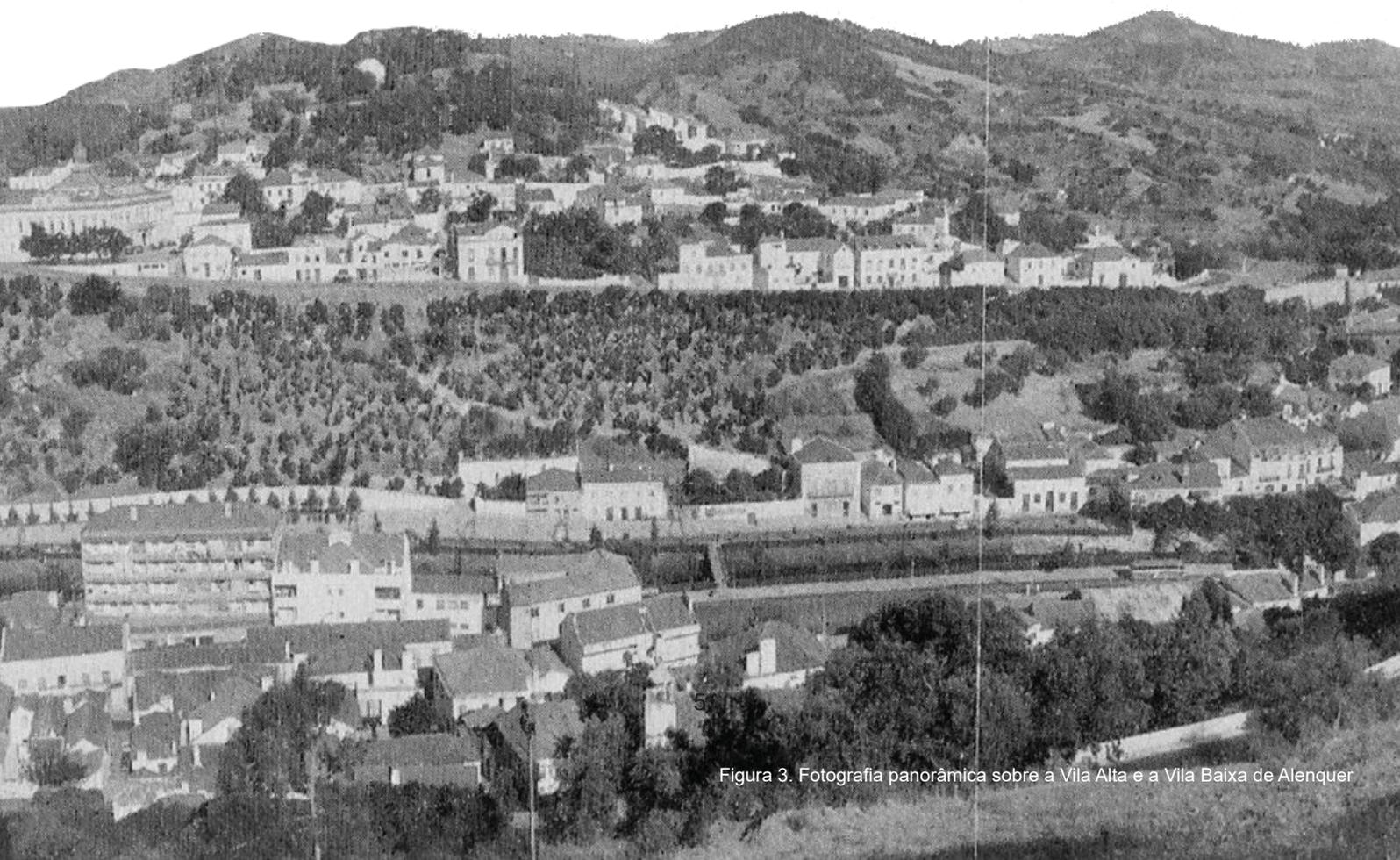
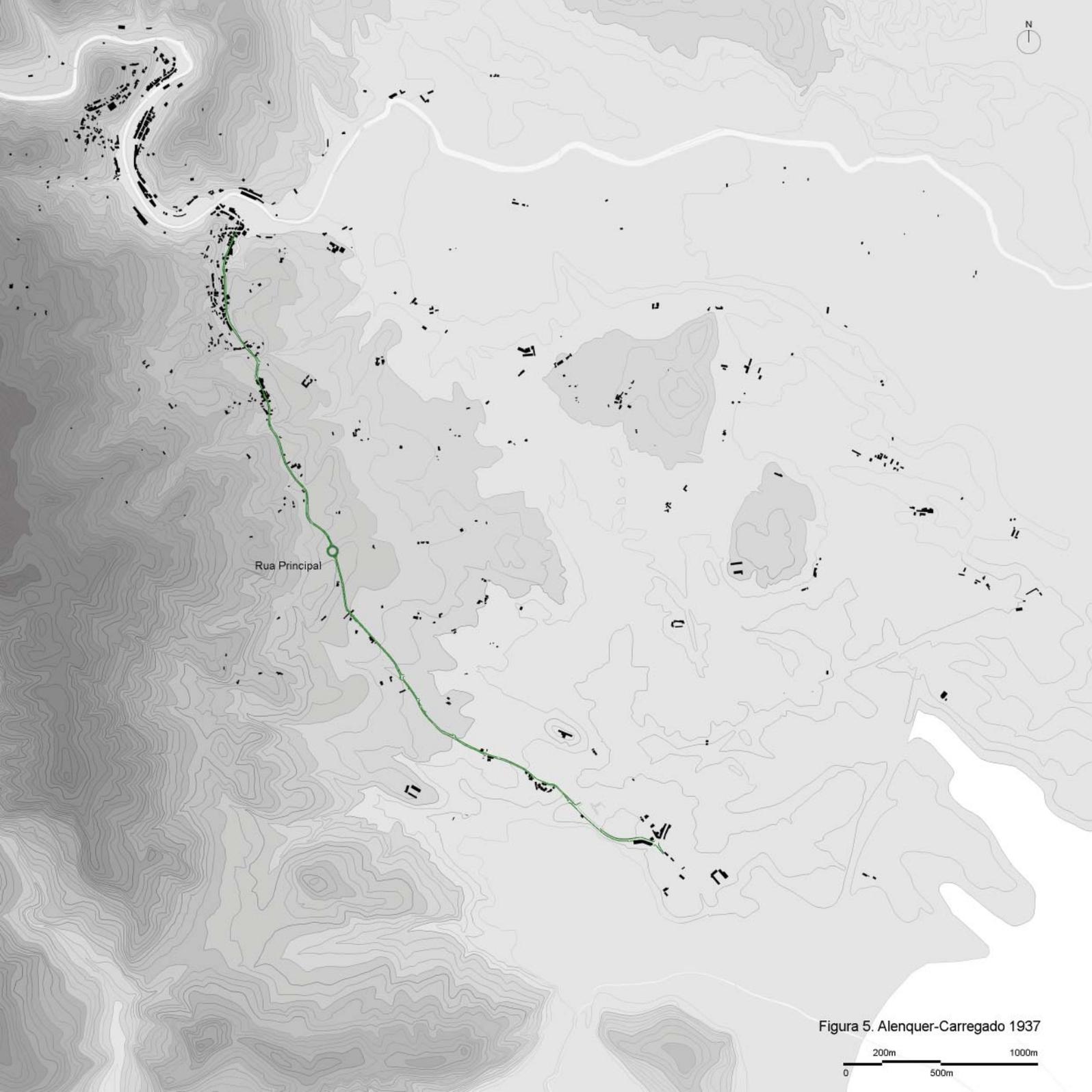


Figura 3. Fotografia panorâmica sobre a Vila Alta e a Vila Baixa de Alenquer



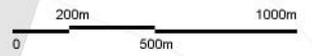
Figura 4. Vila Vedra, um antigo povoado romano na atual zona de Paredes

- Vestígios de período Romano
- Itinerários romanos



Rua Principal

Figura 5. Alenquer-Carregado 1937

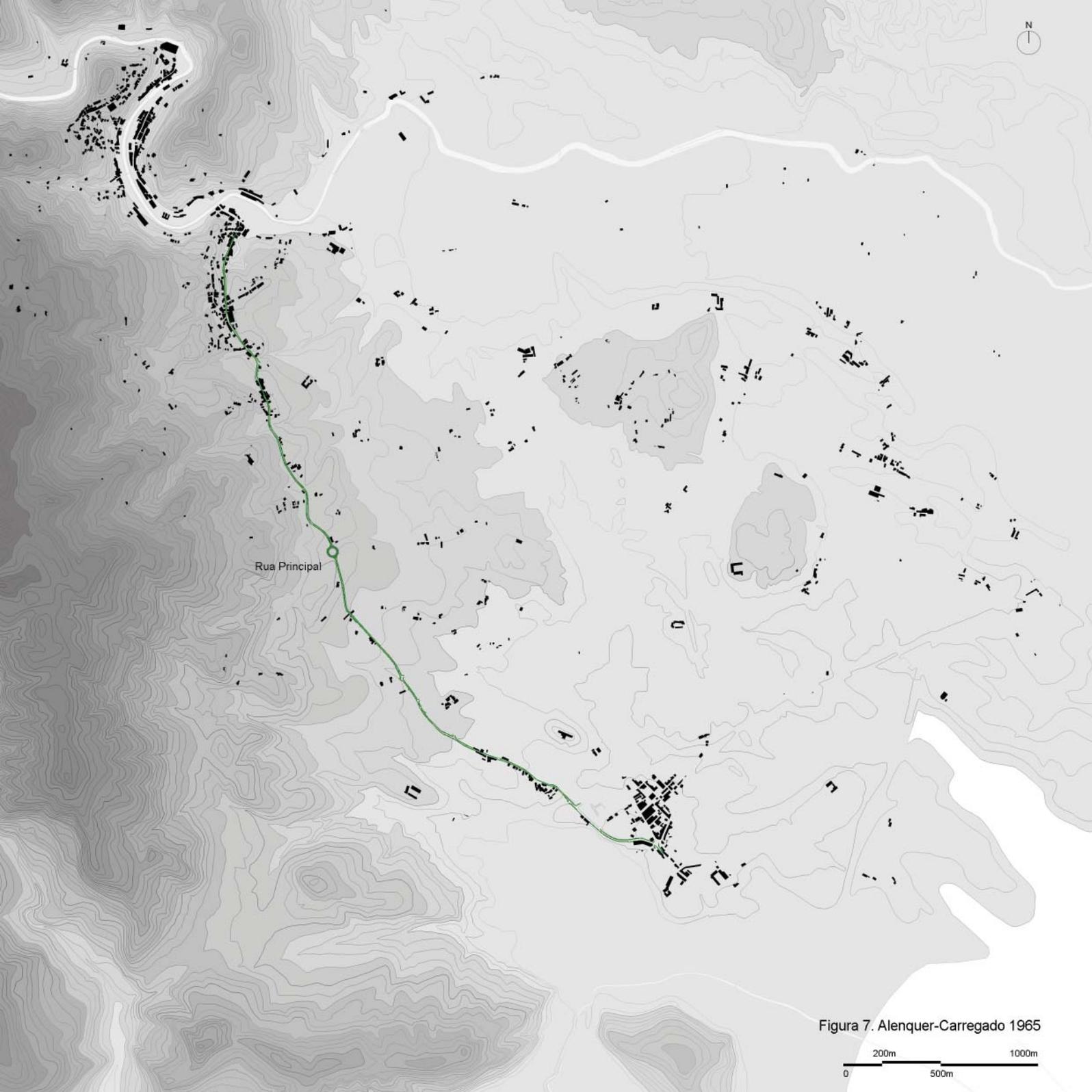




Rua Principal

Figura 6. Alenquer-Carregado 1942





Rua Principal

Figura 7. Alenquer-Carregado 1965



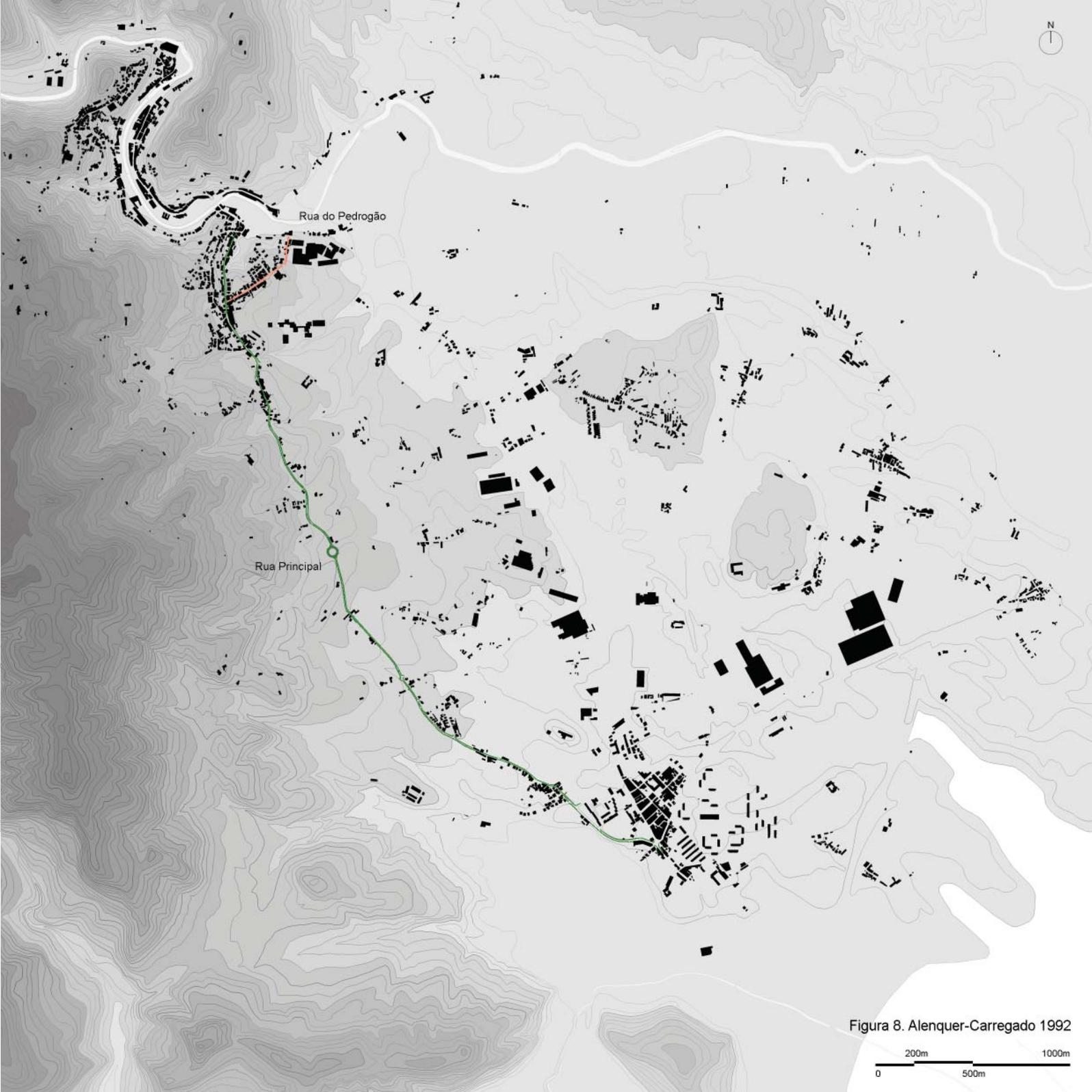


Figura 8. Alenquer-Carregado 1992

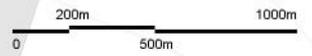




Rua do Pedrogão

Rua Principal

Figura 9. Alenquer-Carregado 2009





Rua do Pedrogão

Rua Principal

Figura 10. Alenquer-Carregado 2016

0 200m 500m 1000m

Em 1991, depois de um período fraco em termos de crescimento populacional, em grande parte devido às características predominantemente rurais da região, assiste-se a uma inversão da situação como resultado dum maior dinamismo económico e uma maior integração na Área Metropolitana de Lisboa, proporcionando um afluxo de indivíduos exteriores ao concelho (figura 11). Este fenómeno, cuja expressão teve maior intensidade nas freguesias com melhores acessibilidades a Lisboa (figura 12), encontra-se, no entanto, condicionado por fatores inerentes à própria topografia, como é o caso de Santo Estevão e Triana. Nestas freguesias, nas quais se insere a vila de Alenquer, assiste-se a um estrangulamento da massa edificada devido à presença das encostas íngremes que limitam o seu crescimento, levando à sua expansão para outras zonas, nomeadamente Paredes (figura 10).

O desenvolvimento desta zona, considerada por alguns, como subúrbio de Alenquer¹, levou ao aparecimento de novos equipamentos (figura 13), tornando-se cada vez mais aliciante à fixação humana. Contrariamente a Paredes, a vila original começou a padecer dum fenómeno que afeta os centros históricos de muitas cidades, o abandono e consequente deslocação da população para a periferia, onde o acesso à habitação está mais facilitado. O subúrbio expande-se na paisagem em direção à vila de Carregado oferecendo oportunidades para ocupação de habitações mais próximas dos eixos viários principais, como autoestradas e linhas de comboio próximas do leito do rio Tejo. Além disto, o problema de envelhecimento da população, algo transversal a todo o concelho (figura 14 e 15). O crescente uso do automóvel contribuiu para a alteração das dinâmicas deste lugar, ao apoderar-se de vias com características predominantemente pedonais. A Rua Principal, que durante muito tempo

¹ Em 1873, Guilherme Henriques escrevia “Logar das Paredes. – Hoje distante poucos metros da villa de Alemquer, esta povoação passa como suburbio; mas em poucos annos provavelmente estará encorporada n’esta villa”, disponível em <http://www.cm-alenquer.pt/CustomPages/ShowPage.aspx?pageid=b74aee3f-173d-4f55-b8ba-3a98af472aee>

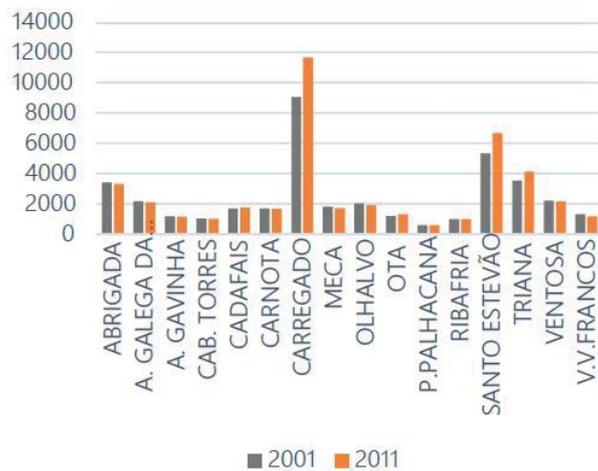


Figura 12. População residente por freguesia no concelho de Alenquer

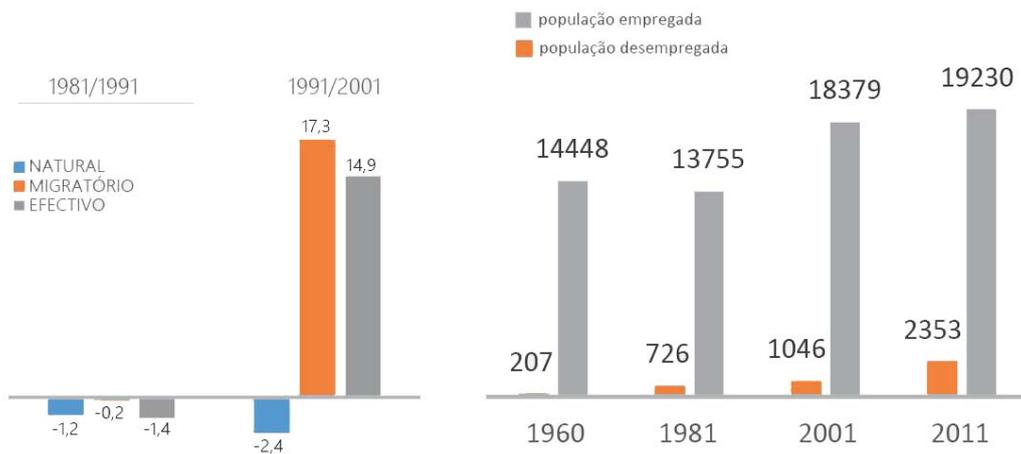


Figura 11. Taxa de crescimento (%) e Taxa de emprego (Nº) no concelho de Alenquer

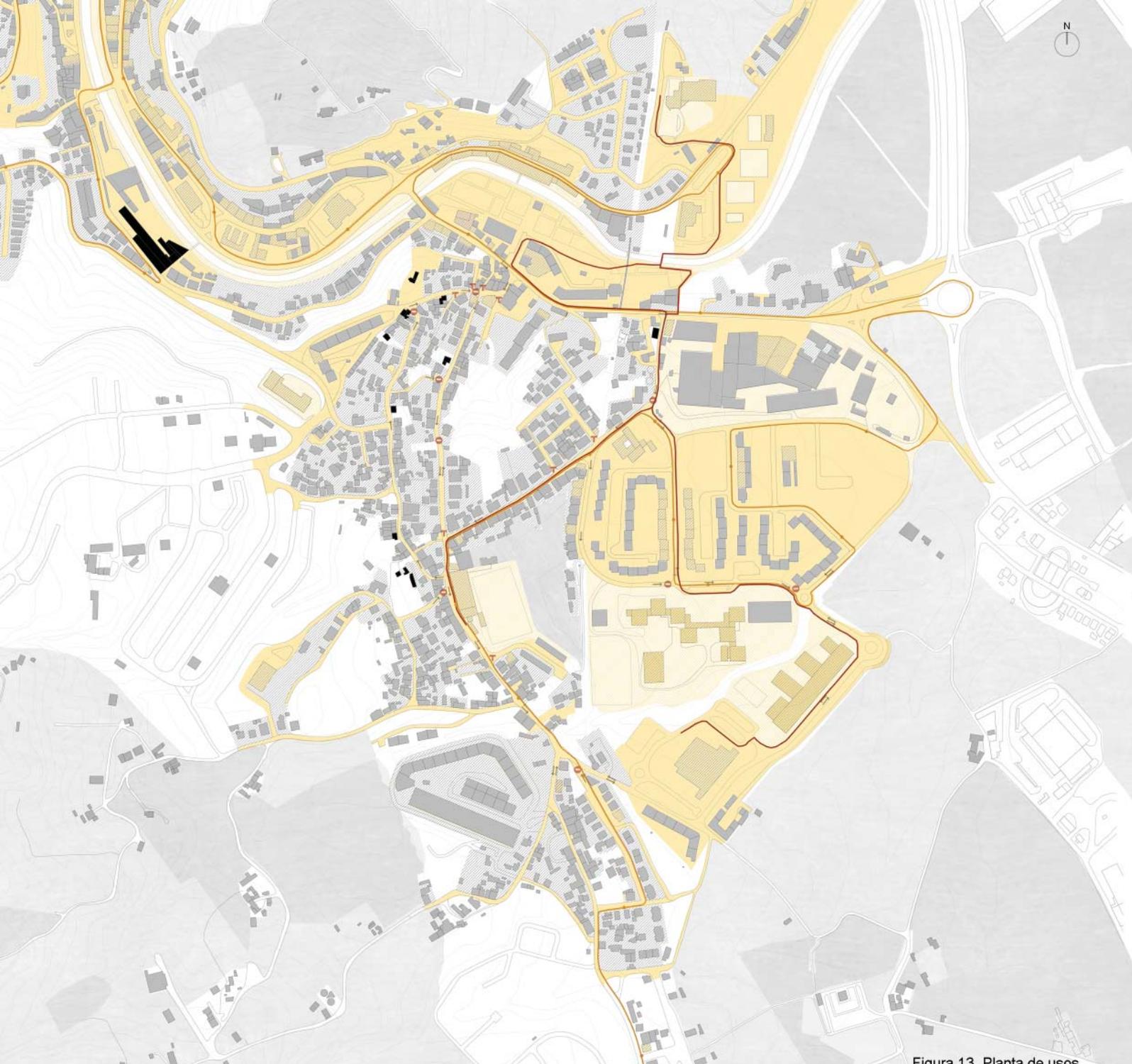


Figura 13. Planta de usos

- | | | | | | | |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Público | Público condicionado exterior | Público condicionado interior | Privado interior | Privado exterior | Área agrícola utilizada | Área agrícola não utilizada |
| Devoluto | Público descaracterizado | Percurso autocarro | Percurso pedonal | | | |

0 50m 100m 200m

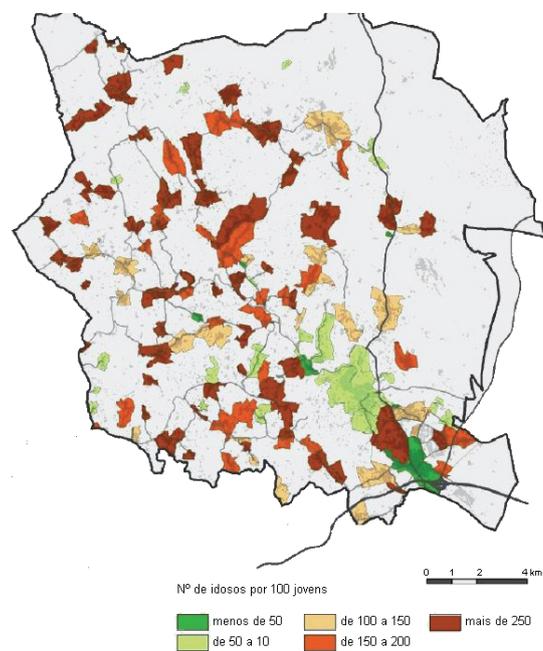


Figura 14. Índice de envelhecimento da população no concelho de Alenquer

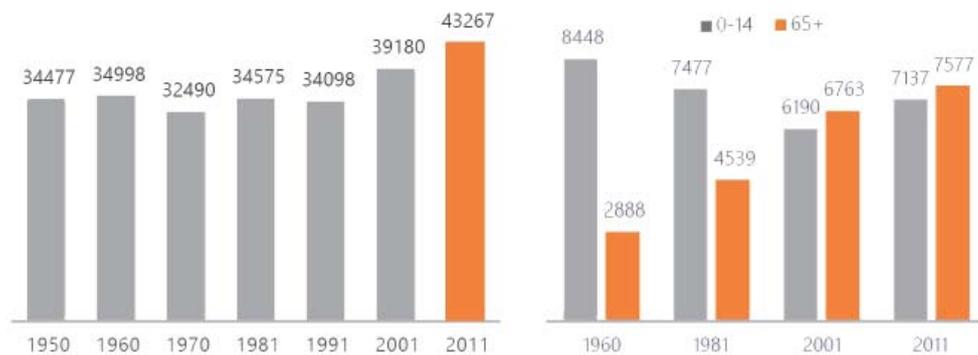


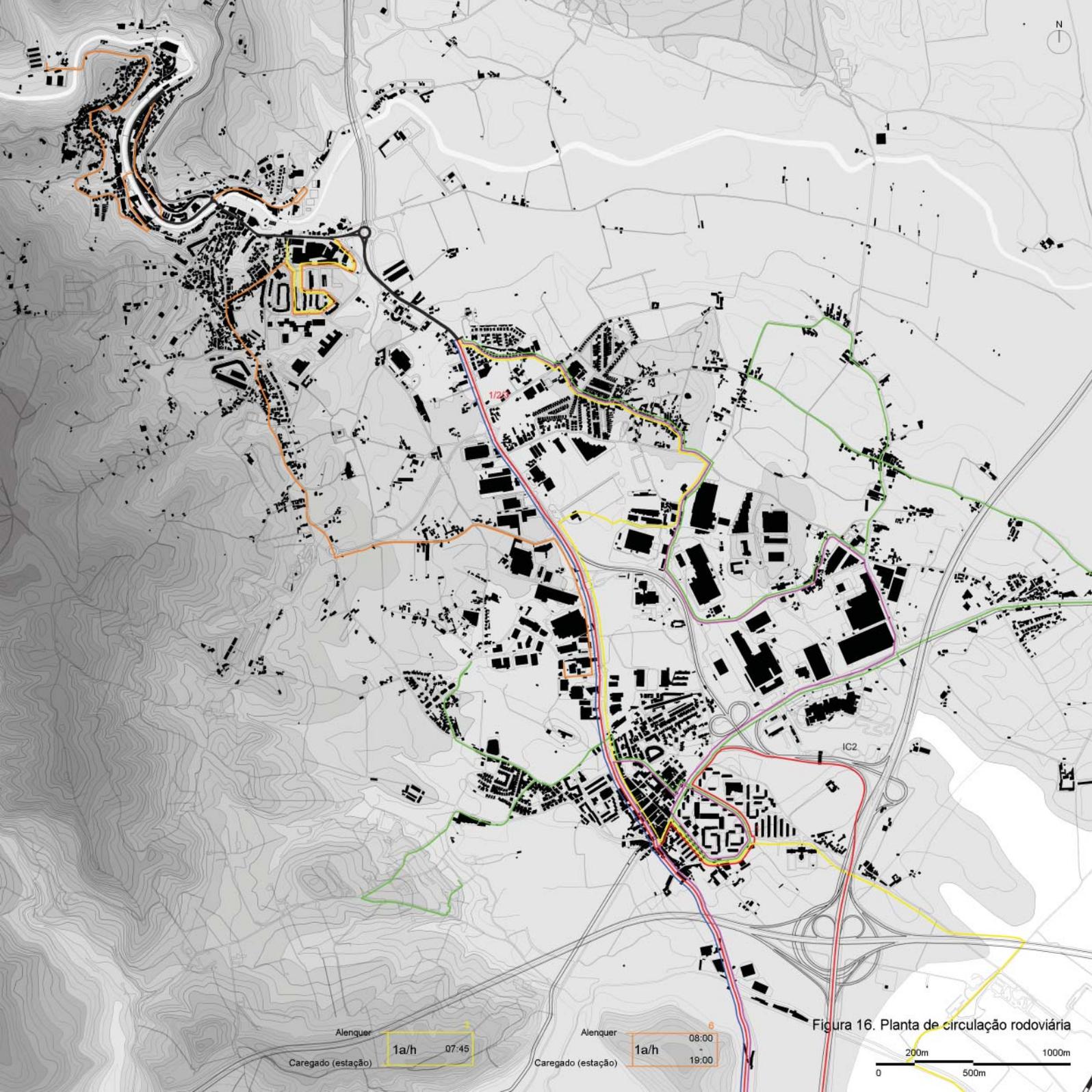
Figura 15. População residente (à esq.), nº jovens e idosos (à dir.) no concelho de Alenquer

constituiu uma alusão ao próprio nome, acabaria por ceder este papel à rua do Pedrogão, fortemente caracterizada pelo transporte mecânico privado.

Atualmente a Vila de Alenquer encontra-se num momento delicado, depois do êxodo verificado nos últimos anos, sobretudo para a zona de Paredes e Carregado. Apesar de Paredes e Alenquer se encontrarem numa posição geográfica próxima, a irregularidade do terreno, o condicionamento das vias pelo automóvel e a escassez de transportes públicos entre os dois polos (figura 16) representam os grandes entraves à deslocação da população, cada vez mais envelhecida e com dificuldades de locomoção (figuras 17 a 20).

Paredes desenvolveu-se primeiramente a partir de habitações de operários que trabalhavam nas fábricas disseminadas junto ao Rio Alenquer. Um zoneamento natural derivado da topografia do local separava as fábricas junto ao rio, que usavam a água como força motriz para manufatura, das habitações em zonas mais altas, permitindo uma distinção de funções apropriadas a cada caso. No entanto, a aglomeração urbana disseminada principalmente em Paredes durante esta fase industrial não foi pensada para a criação de espaço cívico, sendo apenas motivada por uma situação espontânea de autoconstrução que favorecia a poupança de espaço numa curta porção de terreno acidentado. A escassas opções presentes para a vida social humana fornecem constrangimentos que dão origem a uma reinterpretação dos espaços de sobra que restaram de uma urbanização imprudente.

Com vista a dinamizar o futuro do lugar, procede-se a uma interligação entre os diferentes núcleos urbanos, desde a Vila de Alenquer a Paredes até novas extensões imobiliárias de habitação e comércio mais recentes, encurta distâncias físicas e sociais entre os diferentes espaços que ligam o centro da vila ao campo aberto.



Alenquer
Caregado (estação) 1a/h 07:45

Alenquer
Caregado (estação) 1a/h 08:00
19:00

Figura 16. Planta de circulação rodoviária





Figura 17. Dois elementos característicos da situação de Paredes, o idoso e o automóvel



Figura 18. A ausência de passeios leva os peões a deslocarem-se na mesma faixa da via que os automóveis



Figura 19. Rua Principal



Figura 20. Rua do Pedrogão

1.3. Estratégia de intervenção

No seguimento dos problemas encontrados no território de estudo, procedeu-se a uma reflexão crítica, que teve por base o conjunto de elementos produzidos inicialmente pela turma e posteriormente trabalhados pelo grupo, culminando na produção duma planta síntese de análise (figura 21).

As dificuldades de mobilidade encontradas em Paredes e o acesso à Vila de Alenquer condicionado por diversos fatores motivaram a procura duma estratégia de intervenção, onde é dada prioridade ao peão, levando assim à definição dum Plano de Mobilidade Pedonal, que pretende também contribuir para a qualidade dos espaços públicos desta localidade. O plano materializa-se na criação de duas vias principais, exclusivamente pedonais, que nascem no mesmo ponto e se desenrolam no sentido de abranger os vários pontos desta área. Selecionou-se, como sítio de partida, o local coincidente com o início da localidade de Paredes e onde é possível encontrar um dos grandes equipamentos públicos, utilizado por diferentes faixas etárias – o Pavilhão Municipal.

Uma destas vias é orientada segundo a direção norte-sul e o seu traçado sobrepõe-se ao de uma infraestrutura do território, um aqueduto para abastecimento de água, parcialmente visível em certos pontos. A solução encontrada para implementar esta proposta, que tem como condicionante, a não construção ao longo da faixa onde se insere o aqueduto, passou pela criação dum passadiço com estrutura suspensa e erguida em consola. O novo percurso pedonal, desenvolvido no âmbito duma das propostas individuais, integra no mesmo circuito o Bairro Gulbenkian, a Escola Damião de Góis, as novas Urbanizações da Quinta do Bravo, o Centro de Escuteiros e num dos extremos o Parque Urbano da Romeira e o Centro de Saúde. Na interseção da Estrada Nacional 1 com esta nova via, a estrutura proposta assume o carácter de ponte, libertando os peões de atravessar esta estrada de grande fluxo

rodoviário. O acesso à cota da rua e do parque é feito através dum elevador proposto, que serve também de argumento para implantar uma nova paragem de autocarro.

A segunda via projetada assume-se como independente junto ao bairro Gulbenkian, alvo duma proposta de reabilitação individual, e atravessa o interior de dois quarteirões, divididos pela Rua do Pedrogão, nos quais se localizam o Complexo Desportivo do Sport Alenquer e Benfica e um pequeno vale na traseira do aglomerado de casas, disseminado por atividades agrícolas fragmentárias. No vale é proposto e desenvolvido um equipamento de mercado, como alternativa às grandes superfícies comerciais, privilegiando a pedonalização e criação e organização da zona rural congestionada em espaço público. A partir deste ponto, que se pretende de fácil acesso a toda a população, através da introdução de uma escada rolante e um elevador que facilitam a subida íngreme do vale, a via pedonal base é prolongada para norte até chegar à Vila Baixa de Alenquer e para montante até à Vila Alta.

Os objetivos da proposta contemplam ainda algumas opções de planeamento urbano, como meio de reduzir a presença automóvel em Paredes, libertando ruas cujas dimensões não são as mais adequadas a este tipo de transporte. Para tal, são propostos dois novos parques de estacionamento à entrada do bairro Gulbenkian e à entrada do Complexo do Benfica, bem como o redirecionamento do trânsito no último troço da Rua Principal e da Rua das Fontes, para as ruas do Pedrogão, do Patrício, da Chemina e N1. (figura 22)



- | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Edificado | Espaços verdes | Eixo do aqueduto | Passadiço do Alviela |
| Edificado (equipamentos) | Espaços verdes ajardinados | Linha de vale | Via pedonal (vale) |
| Estruturas aqueduto | Área agrícola | Linha de meia-encosta | Via pedonal (meia-encosta) |
| Propostas | | Principais vias automóveis | Novos passeios |
| a. Reabilitação do Bairro Gulbenkian | | Percurso autocarro | |
| b. Nova paragem de autocarros | | | |
| c. Mercado de Paredes | | | |

Figura 21. Planta de análise da situação existente

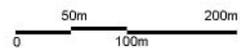




Figura 22. Planta de Estratégia geral



1.4. Proposta Individual

Passadiço do Alviela

O projeto para o Passadiço do Alviela apresenta-se como a concretização dum dos principais eixos do Plano da Estratégia geral e deve a sua origem ao aqueduto, de mesmo nome, que atravessa a localidade de Paredes e é responsável pelo abastecimento de água deste e de outros concelhos de Lisboa. A presença desta infraestrutura, de grande valor histórico, em Paredes é visível a vários níveis, apesar da maior parte da sua extensão estar enterrada. Por um lado, a ausência de construções ao longo da faixa onde se insere evidencia-a, por outro, o conjunto de obras de engenharia visíveis (caixa de serviço, respiradouros, tuneis, arcadas) que a acompanham, tornam clara a sua existência.

Partindo dum princípio de melhoria das condições de acessibilidade pedonal, a estrutura proposta desenrola-se ao longo de dois grandes troços sobre as faixas de respeito do Aqueduto. O troço mais a sul tem início junto ao Pavilhão Municipal, o primeiro dum conjunto de equipamentos públicos, sendo também possível encontrar aí um pequeno parque infantil e um estacionamento para carros. Através dum percurso pré-definido e já utilizado pela população, como atalho, o passadiço desenvolve-se, cerzindo e criando novos acessos ao Bairro Gulbenkian e à Escola Damião de Góis. O trajeto é acompanhado por uma mancha de árvores e integra elementos de mobiliário urbano, convidando ao descanso e ao repouso em vários pontos. A encabeçar o extremo oposto desta via pedonal, encontra-se um dos respiradouros do aqueduto, assinalando simultaneamente uma das entradas deste percurso e uma futura entrada para o Complexo Desportivo do Sport Alenquer e Benfica.

Depois de uma interrupção, devido à avenida que é rasgada no terreno, surge o segundo troço, a partir da Rua do Pedrogão, onde se localiza o Centro de Escuteiros e uma paragem de autocarro, onde

passam duas carreiras urbanas. Em direção a norte, o percurso é igualmente pontuado por elementos arbóreos que proporcionam sombra, mobiliário urbano para repouso e uma estrutura do aqueduto, neste caso um caixa de serviço com sifão, onde é possível ouvir a passagem da água entre os túneis, aqui parcialmente descobertos. Mais adiante, o terreno revela a existência dum complexo rochoso que delimita a fronteira entre Paredes e a Estrada Nacional 1. Neste ponto, o passadiço eleva-se acima da estrada, colocando em níveis distintos a circulação pedonal e a circulação rodoviária. O lado oposto da N1 foi escolhido como extremo deste troço, uma vez que une na mesma linha vertical a cota da estrada e a cota do Parque Urbano da Romeira e do Centro de Saúde.

A comunicação entre estes pontos é conseguida através dum elevador proposto, criando a oportunidade para um equipamento público que integre este núcleo de comunicações verticais e sirva as dinâmicas do sítio. Do ponto de vista arquitetónico, este edifício pretende marcar uma posição de referência no percurso desenhado, da mesma forma que as estruturas do aqueduto encontradas. O programa funcional é simples e inclui uma nova paragem de autocarro para as carreiras da Boa Viagem, com um espaço de espera coberto e um pequeno bar, que se apresenta como uma varanda voltada para o Parque, para o rio e para uma estrutura arcada, por onde circulava a água do aqueduto. São ainda projetadas instalações sanitárias e uma arrecadação de apoio aos espaços propostos.

O desenho do passadiço teve na sua génese duas premissas aparentemente antagónicas na medida que, a faixa de terreno onde se pretendia implantar o novo percurso pedonal, correspondia também a uma “faixa de respeito” da EPAL, onde quaisquer construções numa faixa de terreno de 10 metros de largura estão proibidas. A solução encontrada face a estes condicionantes consistiu numa estrutura metálica suspensa em consola, possibilitada por um contrapeso em betão, que mantém a sua estabilidade, ao nível dos apoios, implantados à margem da faixa de respeito e segundo uma métrica de 10 em 10

metros. A cada sapata, é encastrado um pilar metálico com secção decrescente, a partir deste ponto, unidos entre si por vigas de secção tipo caixão, que ajudam a estabilizar vigas transversais à estrutura e às quais são perpendiculares. Estes perfis metálicos IPE são constituídos por uma secção igualmente decrescente, no sentido do eixo do aqueduto, de forma a aligeirar o peso global da estrutura, sendo a ligação às vigas anteriores feita por aparafusamento. A ligação e estabilização entre estas vigas, espaçadas entre si em 5 metros, é feita através de perfis perpendiculares IPE360 e UPN380. Em cima desta estrutura são colocadas lajes de betão pré-esforçadas com 7 cm de espessura e dimensões 5 x 5,9 m. Os pilares são ainda ligados por perfis metálicos IPE500, os quais servem de estrutura de suporte a uns elementos pré-fabricados de betão, com função de banco ou poial, colocados no mesmo eixo vertical das sapatas. O passadiço do Alviela apresenta uma secção constante e idêntica ao longo dos dois troços por onde circula e tem a intenção de ser o elemento comum e agregador duma envolvente bastante heterogénea, em termos de construções.

À margem da N1, a estrutura pedonal encontra-se com um corpo de betão, que inclui o elevador e os espaços propostos no programa, envolvendo-o e contornando-o. O novo edificado é construído a partir de 5 lâminas de betão, de 30 cm de espessura, com uma distância entre si de 10 metros, o que permite organizar o programa funcional e ao mesmo tempo atuar como contrapeso da estrutura em consola, seguindo a mesma lógica estrutural. Estas lâminas são ainda coroadas por uma espécie de caixa em betão, que serve também de cobertura.

2. Registo fotográfico

Figuras 23 a 40. Percurso efetuado sobre o eixo do aqueduto

Figuras 41 a 59. Percurso inverso sobre o eixo do aqueduto



Rotunda e acesso ao parque infantil. Figura 23

Vale sob o aqueduto. Figura 24

Faixa de respeito (sul) do aqueduto e escola Damião de Góis à direita. Figura 25

Acesso ao Bairro Gulbenkian (à esq.) a partir da faixa de respeito do aqueduto. Figura 26

Faixa de respeito (sul) do aqueduto marcada pela passagem humana. Figura 27

Respiradouro do aqueduto. Figura 28





- Av. Dr. Teófilo Carvalho dos Santos. Figura 29
Acesso à faixa de respeito (norte) do aqueduto a partir da Rua do Pedrogão. Figura 30
Faixa de respeito (norte) do aqueduto e caixas de serviço em segundo plano. Figura 31
Caixa de serviço do aqueduto. Figura 32
Faixa de respeito (norte) do aqueduto entre habitações e hortas privadas. Figura 33
Vista sobre a Estrada Nacional 1 em direção à vila de Alenquer. Figura 34





- Vista sobre o Parque Urbano da Romeira. Figura 35
Vista sobre a Estrada Nacional 1 em direção ao IC2. Figura 36
Conduta de abastecimento de água de suporte ao aqueduto. Figura 37
Aqueduto, sob a forma de estrutura arcada em alvenaria de pedra, sobre o rio de Alenquer. Figura 38
Área livre junto ao edifício da EPAL e do Centro de Saúde. Figura 39
Faixa de respeito do aqueduto com caixa de serviço no topo. Figura 40





- Vista sobre Alenquer desde a caixa de serviço. Figura 41
Área livre junto ao edifício da EPAL e do Centro de Saúde. Figura 42
Aquaduto, sob a forma de estrutura arcada em alvenaria de pedra, sobre o rio de Alenquer. Figura 43
Parque Urbano da Romeira e conduta de abastecimento de água (atrás). Figura 44
Interseção da conduta de água e da Estrada Nacional 1. Figura 45
Acesso à faixa de respeito (norte) do aqueduto, em Paredes, a partir da N1. Figura 46





Faixa de respeito (norte) do aqueduto e caixas de serviço em segundo plano. Figura 47

Faixa de respeito (norte) do aqueduto entre habitações e hortas privadas. Figura 48

Faixa de respeito (norte) do aqueduto com acesso a partir da Rua do Pedrogão. Figura 49

Av. Dr. Teófilo Carvalho dos Santos. Figura 50

Respiradouro e acesso à faixa de respeito (sul) do aqueduto. Figura 51

Respiradouro do aqueduto e paisagem envolvente no verão (em baixo) e no inverno (em cima). Figura 52





Faixa de respeito (sul) do aqueduto marcada pela passagem humana. Figura 53
Acesso ao Bairro Gulbenkian (à esq.) a partir da faixa de respeito do aqueduto. Figura 54
Vale sob o aqueduto no verão (em baixo) e no inverno (em cima). Figura 55
Troço visível do aqueduto sobre o vale no verão (em baixo) e no inverno (em cima). Figura 56
Parque infantil. Figura 57
Rotunda e acesso ao parque infantil. Figura 59



2. Desenhos finais

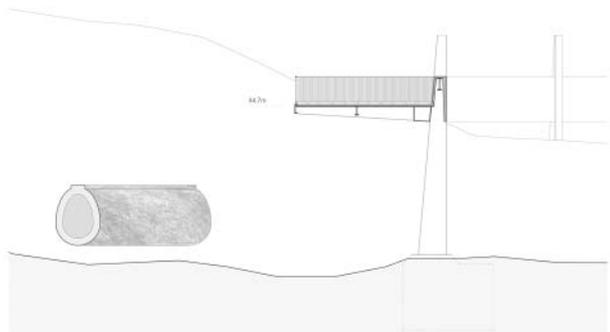


Planta de Implantação (troço sul)

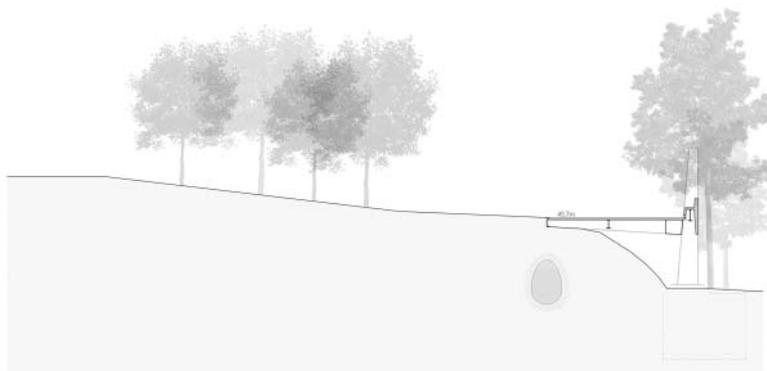


Planta de Implantação (troço norte)

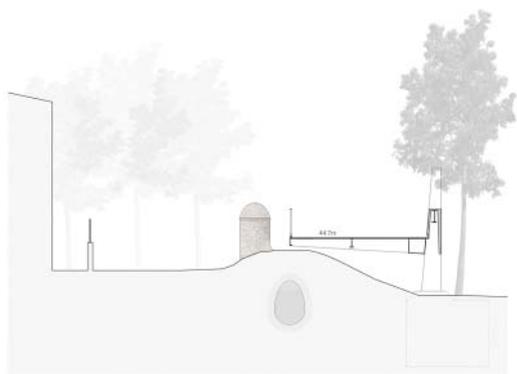




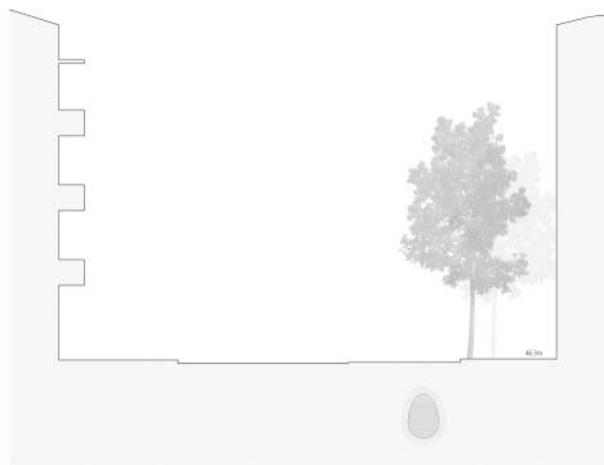
Corte 1



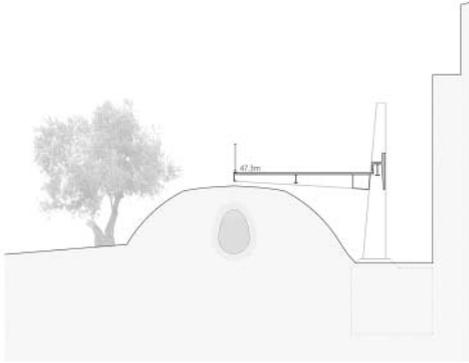
Corte 2



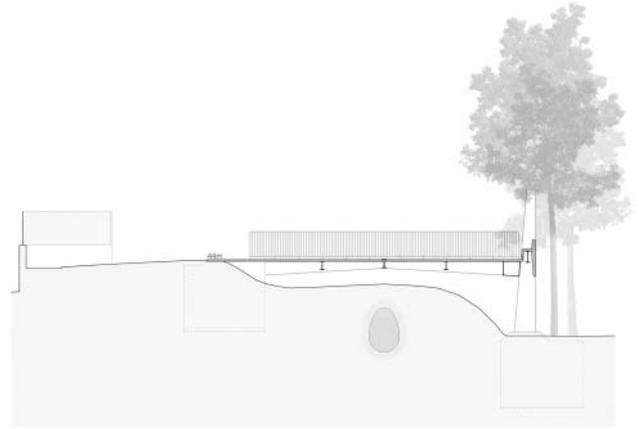
Corte 3



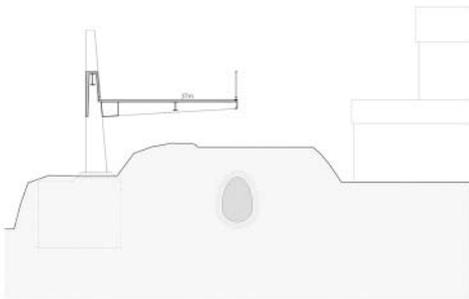
Corte 4



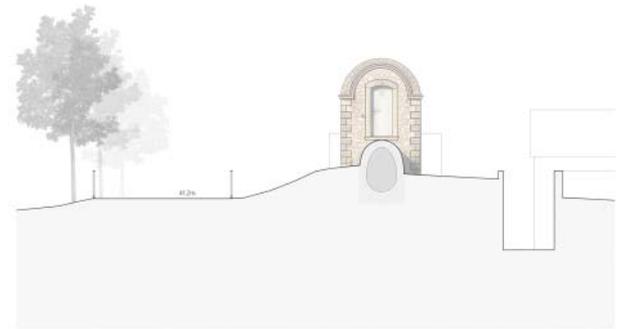
Corte 5



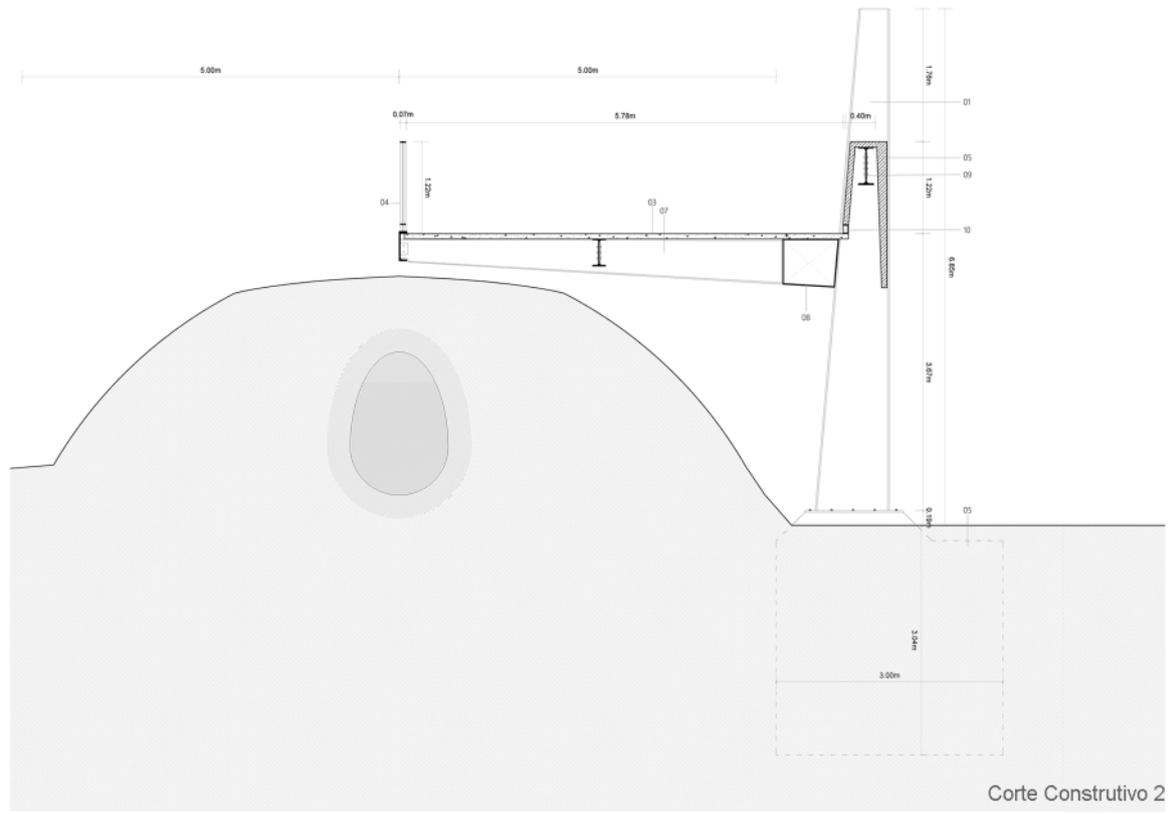
Corte 6

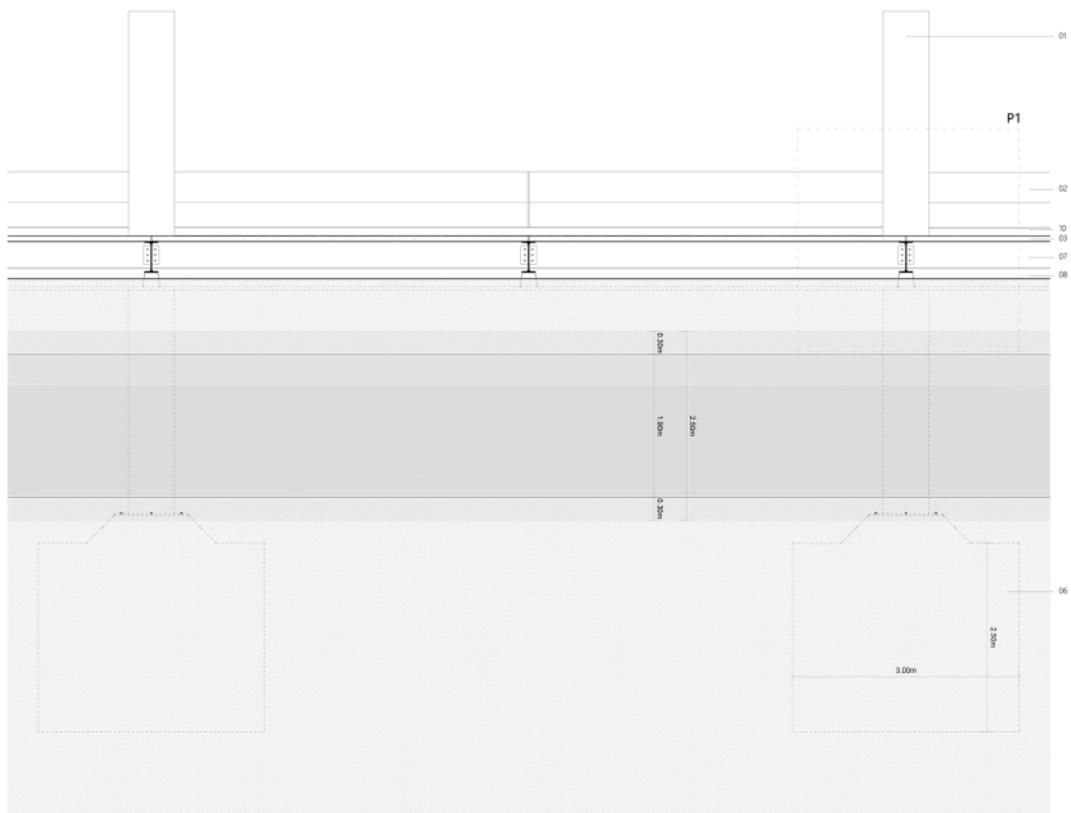


Corte 8

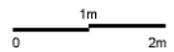


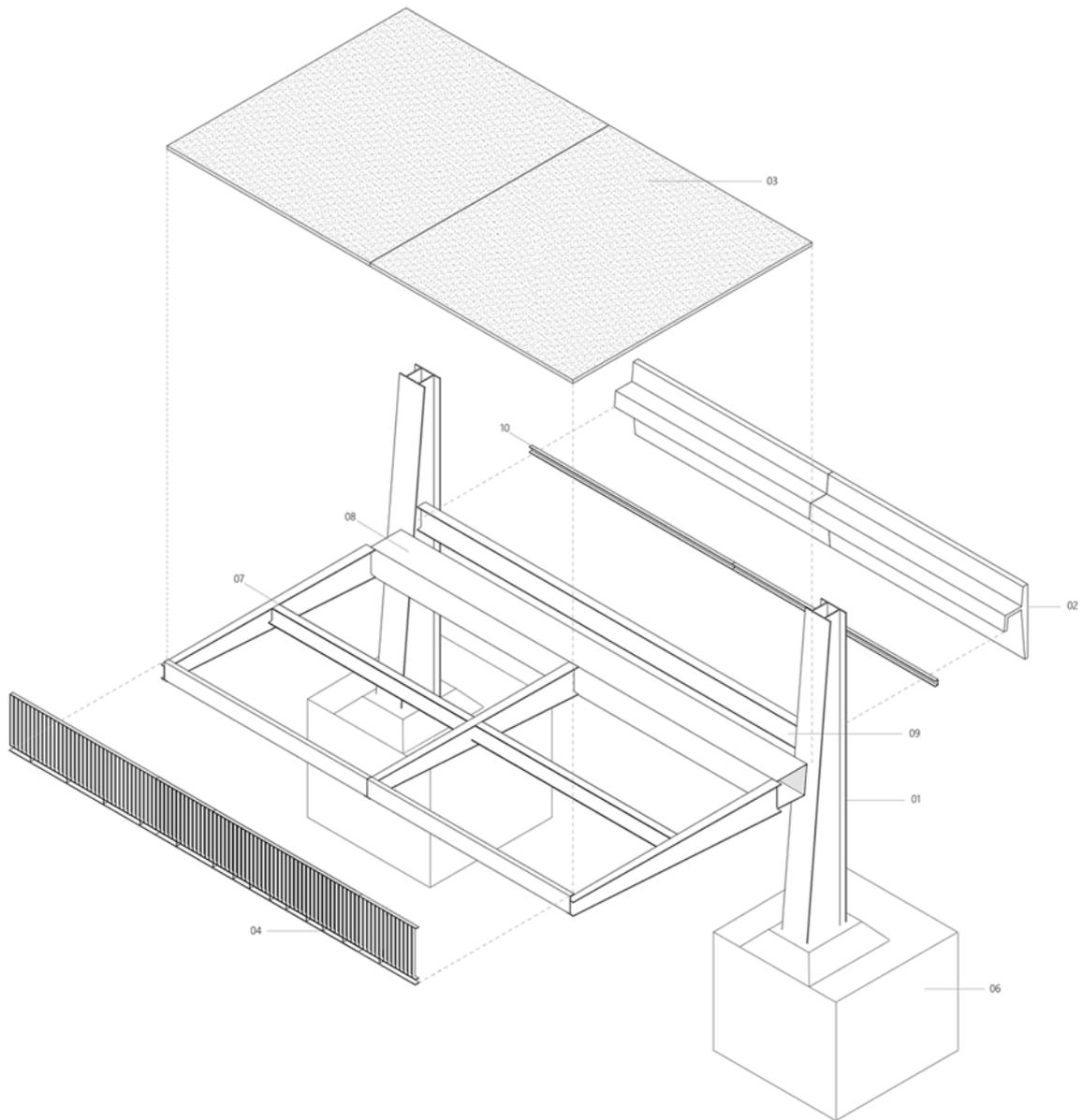
Corte 7





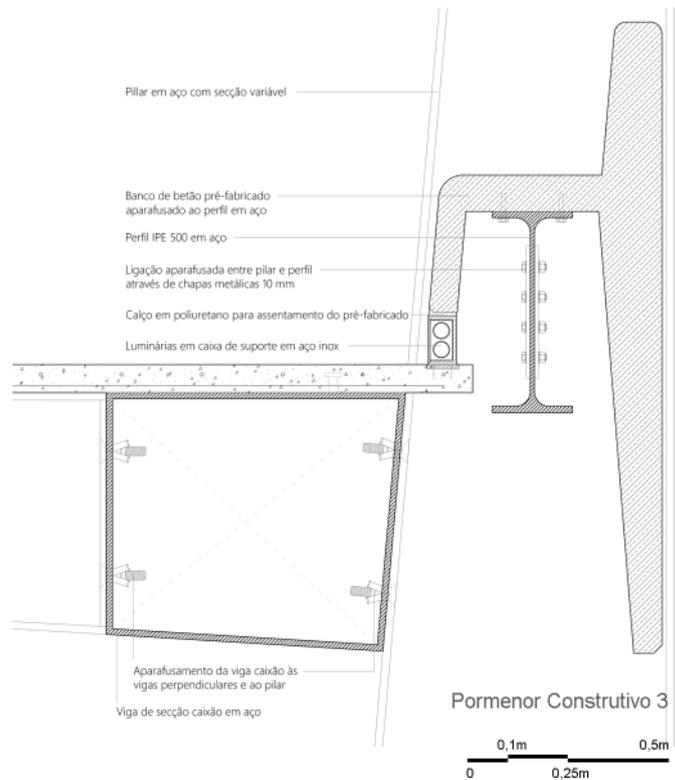
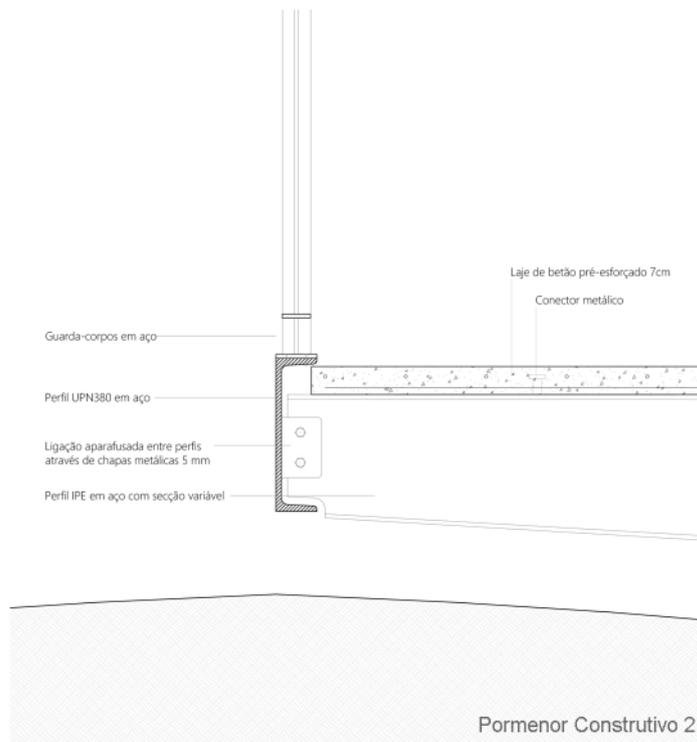
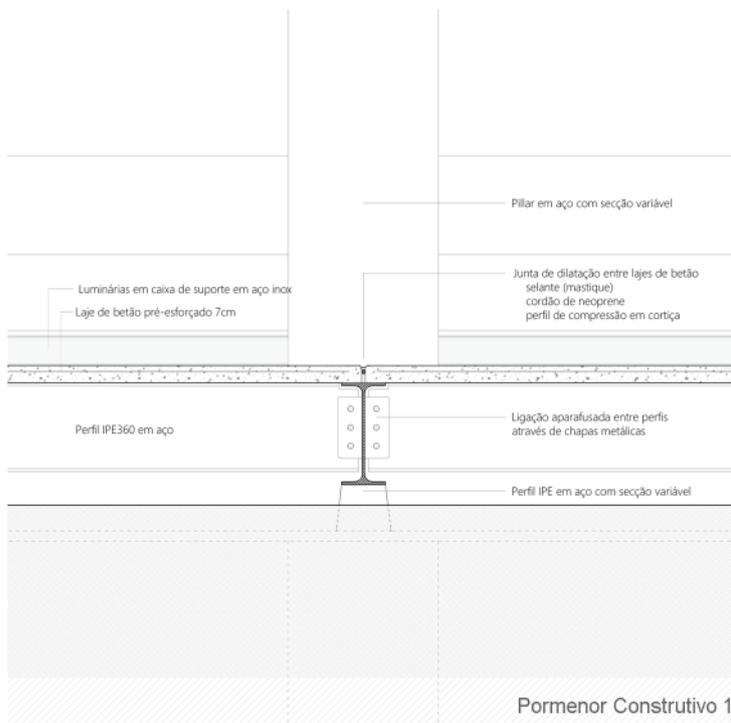
Corte Construtivo 3

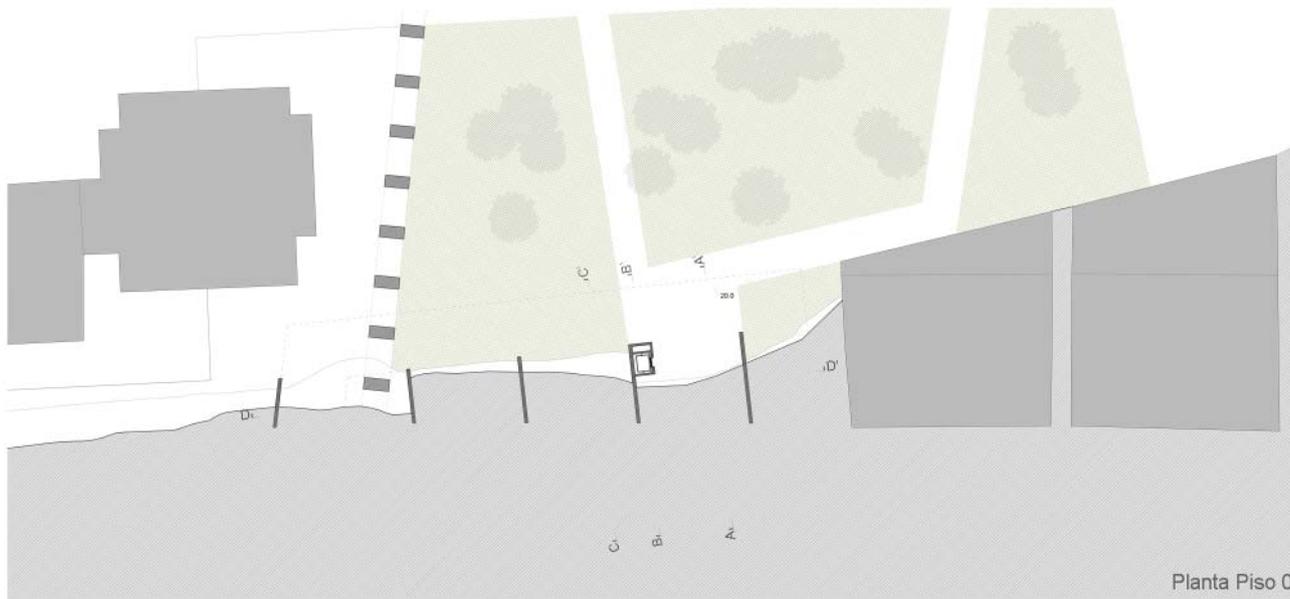




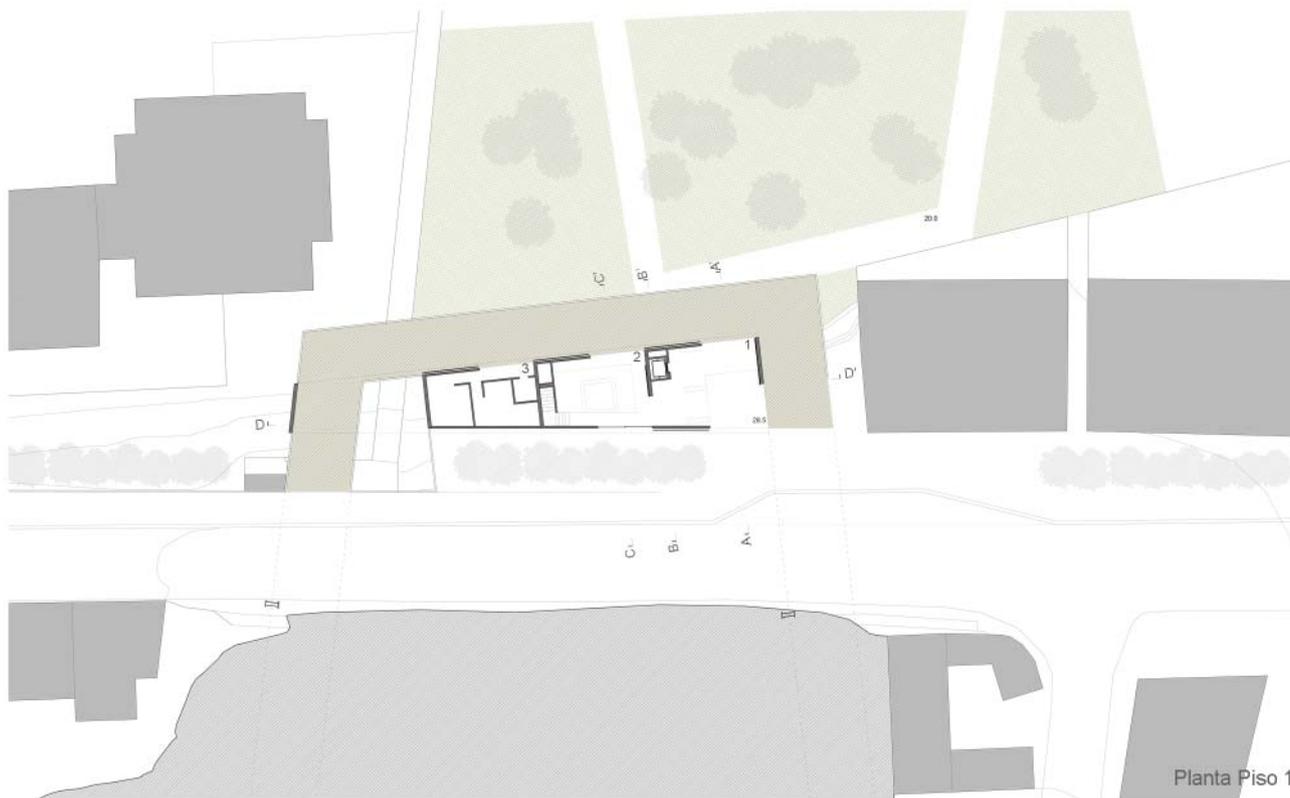
Axonometria explodida

- 01. Pilar em aço com secção variável
- 02. Banco pré-fabricado de betão
- 03. Laje de betão pré-esforçado 7cm
- 04. Guarda-corpos em aço
- 05. Poial pré-fabricado de betão
- 06. Sapata em betão
- 07. Estrutura em aço
- 08. Viga de secção caixão em aço
- 09. Estrutura de suporte em aço
- 10. Luminárias





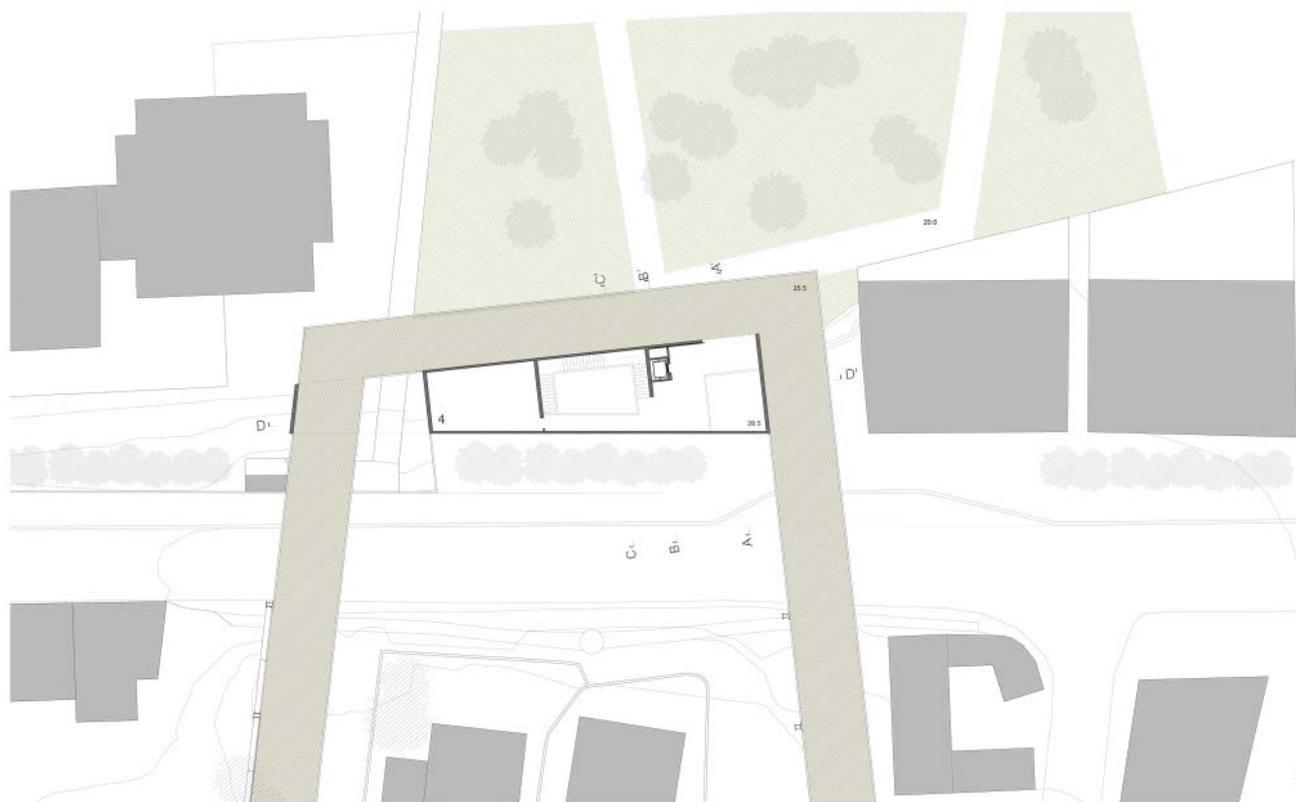
Planta Piso 0



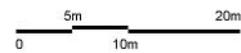
Planta Piso 1



1. Paragem de autocarros
2. Bar/ café
3. I.S.
4. Arrecadação

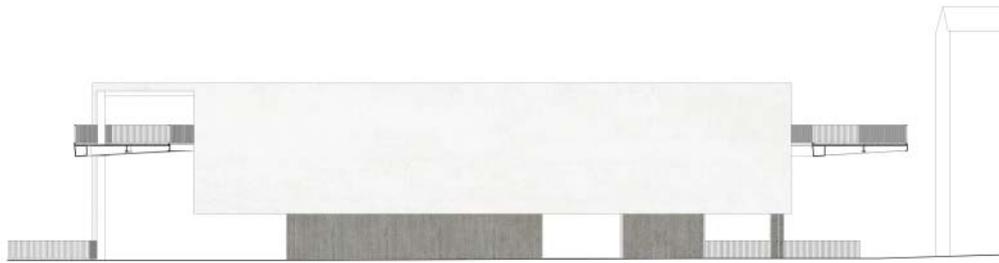


Planta Piso 2

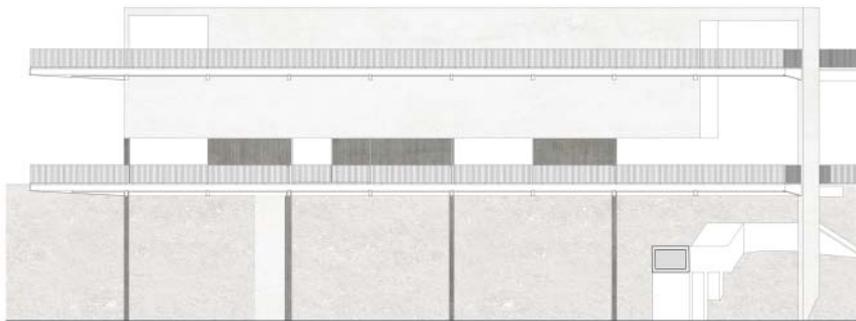




Alçado sul
(entrada)



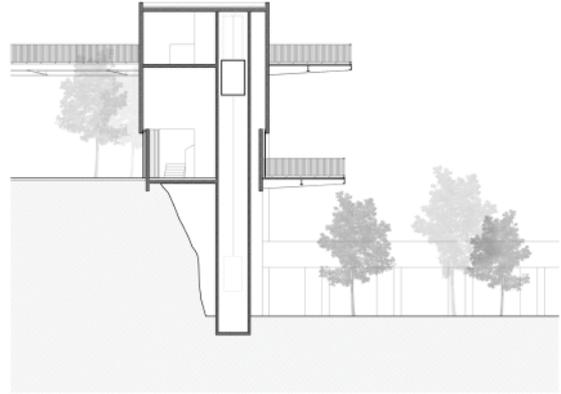
Alçado sul



Alçado norte



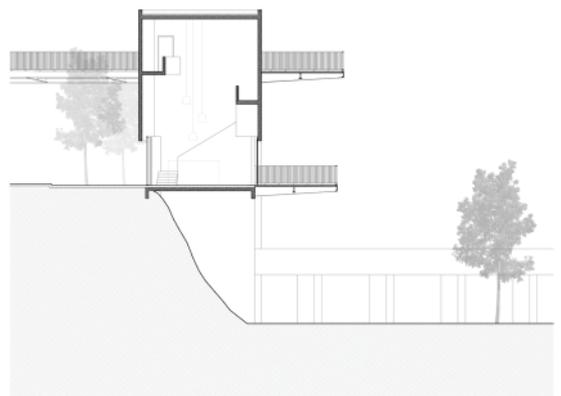
Corte AA'



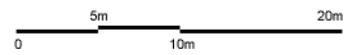
Corte BB'

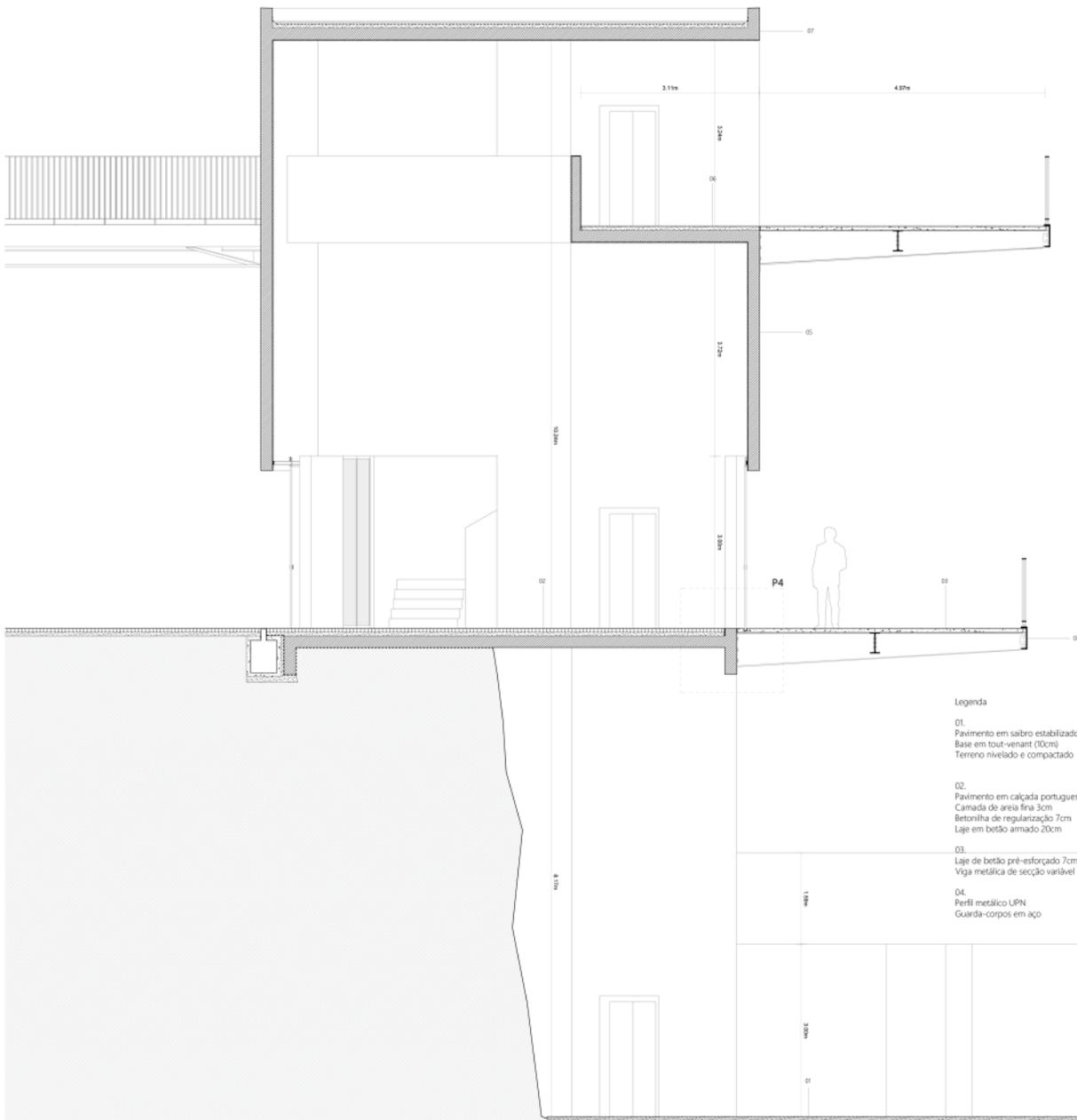


Corte A'A



Corte CC'



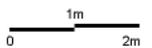


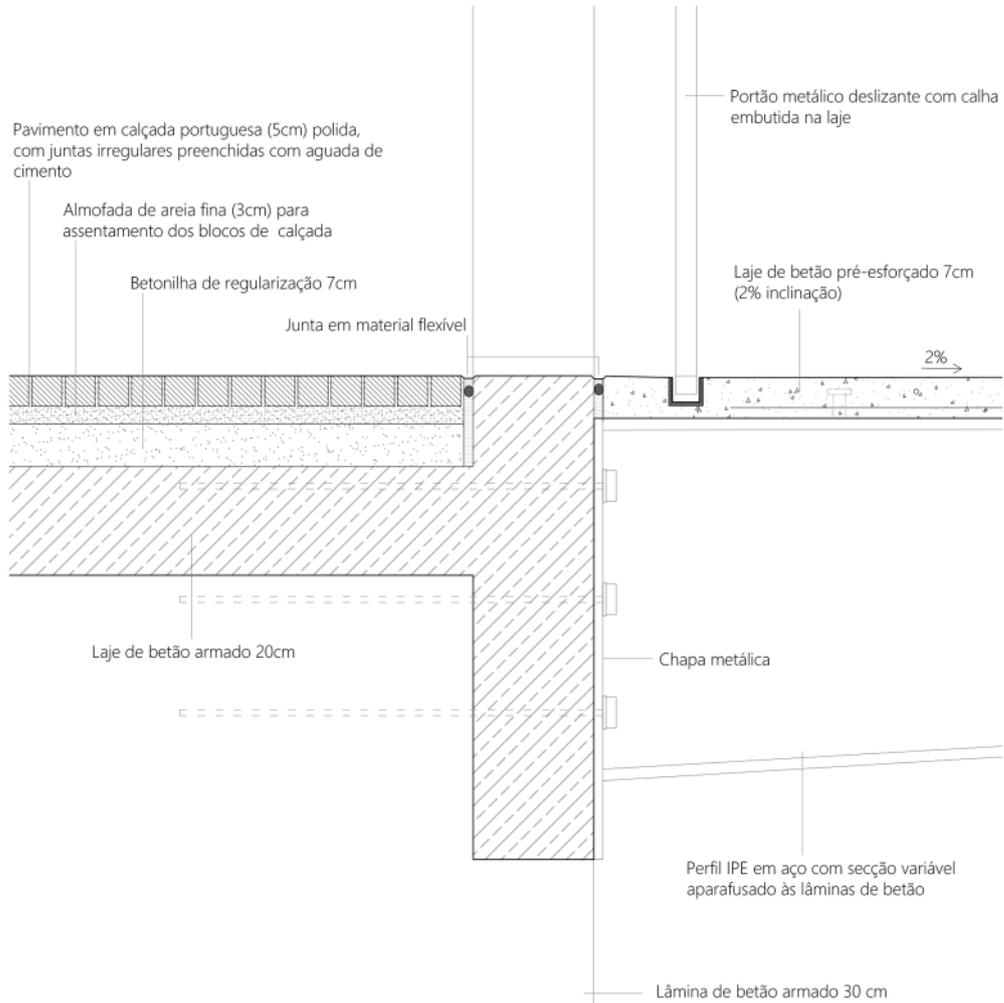
Legenda

- 01. Pavimento em saibro estabilizado (5cm)
Base em tout-venant (10cm)
Terreno nivelado e compactado
- 02. Pavimento em calçada portuguesa 5cm
Camada de areia-fina 3cm
Betonilha de regularização 7cm
Laje em betão armado 20cm
- 03. Laje de betão pré-esforçado 7cm
Viga metálica de secção variável
- 04. Perfil metálico UPN
Guarda-corpos em aço

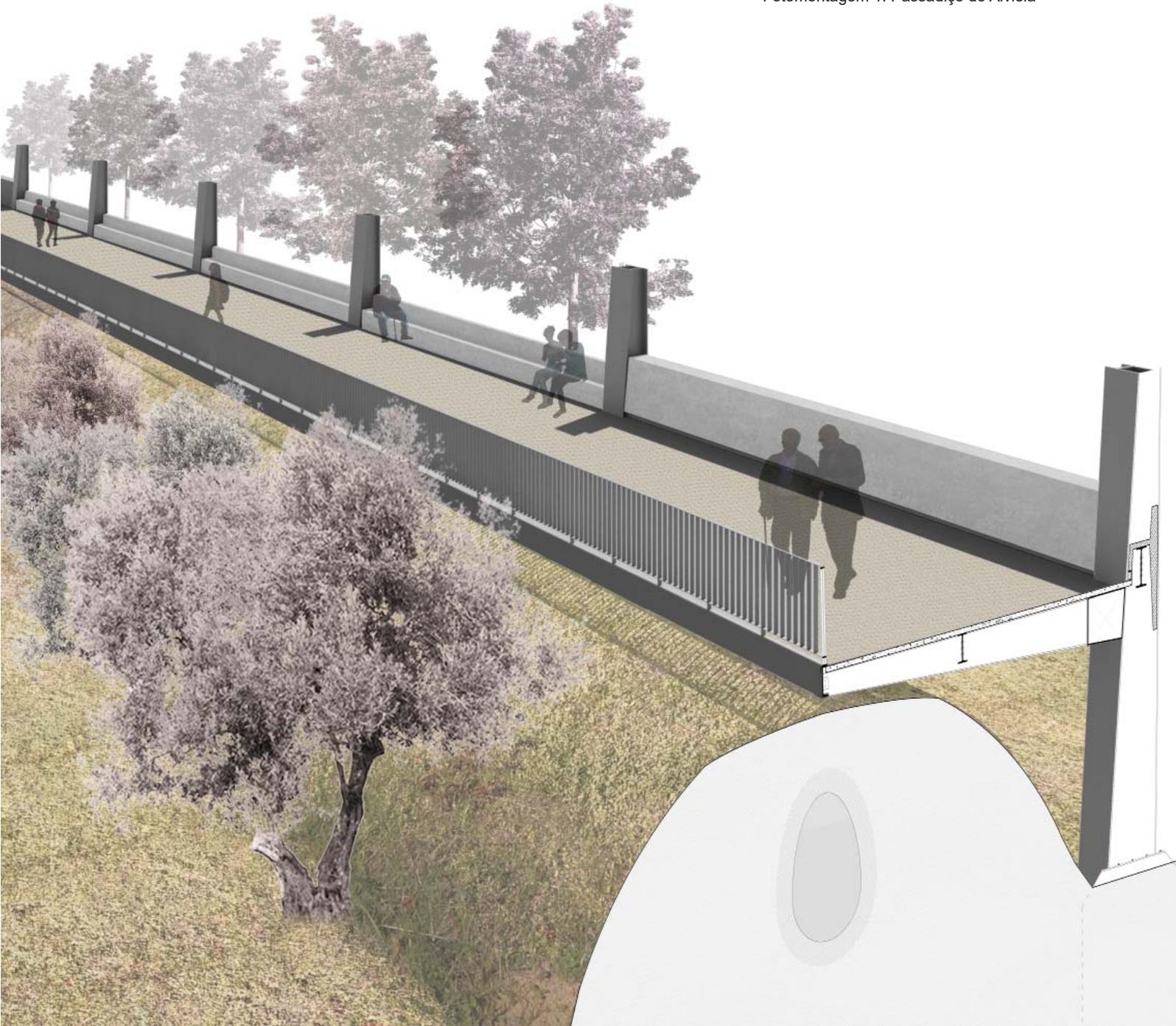
- 05. Parede em betão branco 20cm
Reboco interior pintado, sobre camada de chapisco, 1,5cm
- 06. Pavimento em betonilha 7cm
Laje em betão armado 20cm
- 07. Camada de godo/ brita 5cm
Betonilha para criação de pendentes 7cm
Tela betuminosa impermeabilizante
Laje em betão armado 20cm
Reboco interior pintado, sobre chapisco, 1,5cm

Corte Construtivo 4





Fotomontagem 1. Passadiço do Alviela



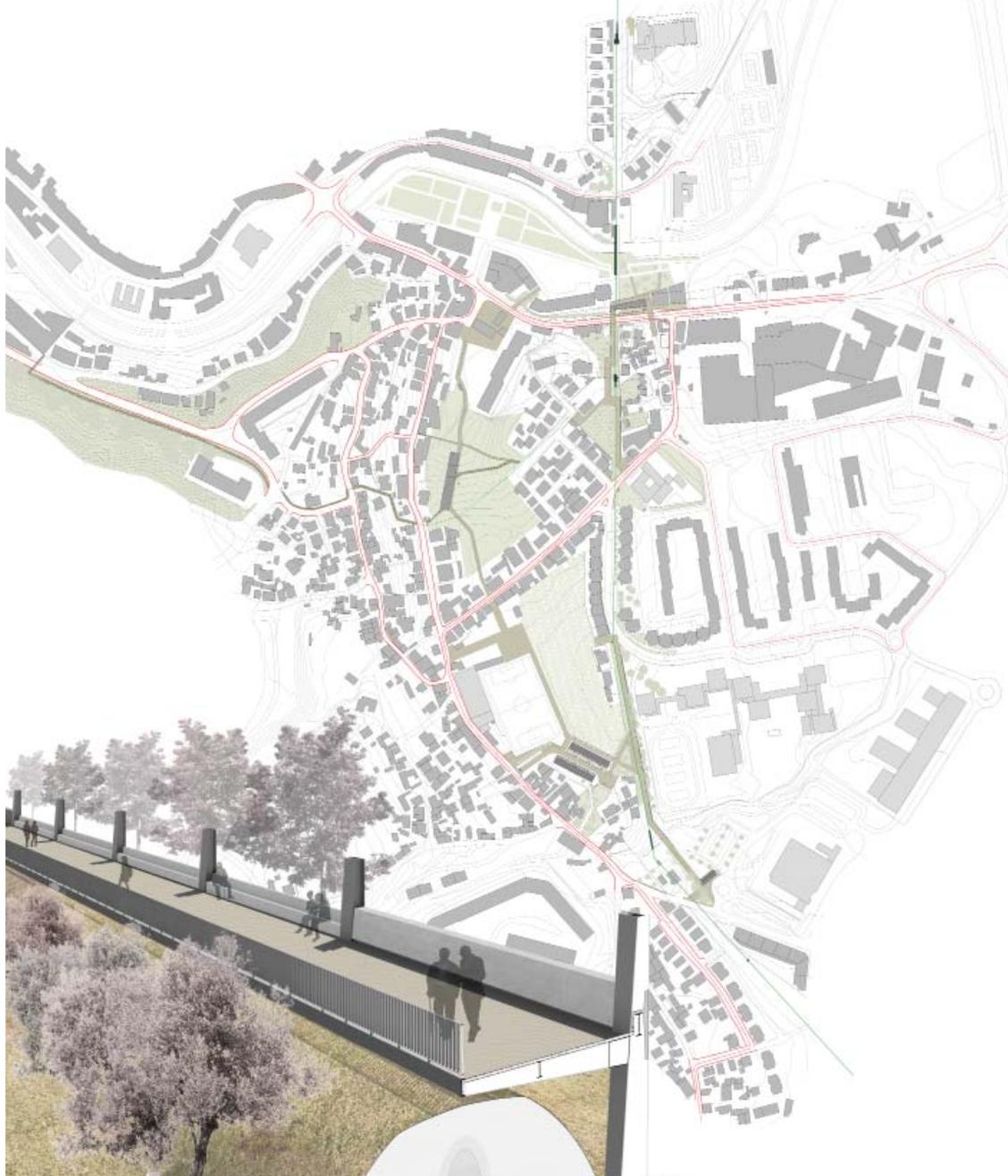
Fotomontagem 2. Edifício de ligação de cotas, no extremo norte do passadiço



3. Painéis

Plano de Mobilidade Pedonal de Paredes

Passadiço do Alviela



Edifício	Área verde	Rede de mobilidade	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira
Edifício equipamento	Área verde equipamento	Rede de ciclovia	Passadiço de madeira

Plano de Mobilidade Pedonal de Paredes

Passadiço do Alviela

