

ptbim

2º congresso português de
building information
modelling

17 & 18 de maio 2018
instituto superior técnico
universidade de lisboa

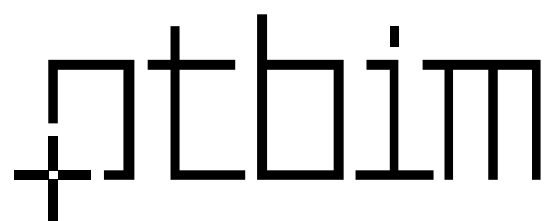
Editores

António Aguiar Costa

Miguel Azenha



TÉCNICO
LISBOA



2º Congresso português de
Building Information Modelling

Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

17 & 18 de maio de 2018

Editores:

António Aguiar Costa

Miguel Azenha

Coorganizado por:



Universidade do Minho



Texto © 2018 Editores
Design © José Granja
ISBN: 978-989-20-8396-4
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1226766>
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal
<https://tecnico.ulisboa.pt>
© Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. 2018
© Autores. 2018
© Editores. 2018

Créditos para a foto de capa: Boutik Marketing

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida total ou parcialmente, por nenhuma forma e nenhum meio, seja mecânico, eletrónico, ou qualquer outro, sem autorização prévia escrita dos autores e editores. Os textos, bem como os esquemas e imagens do seu conteúdo são da inteira responsabilidade dos seus autores.

Os autores e os editores fizeram todos os esforços para assegurar a exatidão da informação apresentada.

COMISSÃO ORGANIZADORA LOCAL

António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST) – Presidente da Comissão Organizadora
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)

COMISSÃO ORGANIZADORA NACIONAL

António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST)
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)
Miguel Azenha – Universidade Minho (EEUM)
João Poças Martins – Universidade Porto (FEUP)
Nuno Lacerda – Universidade Porto (FAUP)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Miguel Azenha – Universidade Minho (EEUM) – Presidente da Comissão Científica
Ana Tomé – Universidade Lisboa (IST)
António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST)
António Cabaço – LNEC
António Menezes Leitão – Universidade Lisboa (IST)
Bruno Figueiredo – Universidade Minho (EAUM)
Bruno Matos – Teixeira Duarte
Diogo Ribeiro – ISEP
Fernanda Rodrigues – Universidade Aveiro
Fernando Pinho – Universidade Nova Lisboa
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)
Hugo Rodrigues – Inst. Poli. Leiria
Inês Rodrigues – Plano Oblíquo
João Pedro Couto – Universidade Minho (EEUM)
João Poças Martins – Universidade Porto (FEUP)
José Carlos Lino – Newton
José Maria Lobo de Carvalho - Universidade Lisboa (IST)
José Pedro Sousa – Universidade Porto (FAUP)
José Pinto-Faria – Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)
José Santos - Universidade da Madeira (UM)
Levi daCosta – Universidade Lusíada (UL)
Luís Costa Neves – Universidade Coimbra (FCTUC)
Luisa Maria Silva Gonçalves – Instituto Politécnico de Leiria (IPL)
Maria João Falcão – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Miguel Ferraz - Universidade Porto (FEUP)
Nuno Lacerda – Universidade Porto (FAUP)
Paula Couto – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Paulo Carreira - Universidade Lisboa (IST)
Paulo Costeira – Instituto Politécnico de Viseu (IPV)
Ricardo Resende – Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)
Sara Eloy – Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)
Zita Sampaio – Universidade de Lisboa (IST)

INTEGRAÇÃO DE SOFTWARE BIM NA DISCIPLINAS DE DESENHO TÉCNICO E ASSISTIDO POR COMPUTADOR DA UMA

Patrícia Escórcio⁽¹⁾, José Santos⁽¹⁾⁽²⁾

(1) Universidade da Madeira, Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia, Departamento de Engenharia Civil e Geologia, 9020-105 Funchal

(2) CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto

Resumo

O *Building Information Modeling* (BIM) representa uma grande mudança de paradigma relativamente ao conceito de modelação dos edifícios uma vez que envolve todas as especialidades ligadas ao seu projeto, à sua construção e à sua gestão ao longo da sua vida. Contudo, apesar das suas inúmeras vantagens, tem-se verificado que a sua implementação tem sido demorada e ainda não é amplamente utilizado na indústria AECO.

De forma a fomentar a utilização de modelos BIM e promover o entendimento do conceito BIM face ao tradicional CAD, foi introduzido na UC de Desenho Técnico Assistido por Computador do 1º ano dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica da Universidade Madeira o ensino de um software BIM (Autodesk Revit), além do ensino do software CAD (Autodesk AutoCAD).

Neste trabalho: i) é avaliada a facilidade da aprendizagem do software BIM comparativamente ao software CAD, ii) são identificados os conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos, e iii) é feita uma reflexão sobre como e onde deve o ensino do BIM ser prolongado ao longo do curso de Engenharia Civil.

Verificou-se que: i) o software BIM é mais intuitivo e fácil de aprender pelos alunos, ii) a grande maioria dos conhecimentos BIM ensinados é apreendida pelos estudantes, iii) a melhor forma de prolongar o ensino do BIM, dadas as diversas limitações, será a sua introdução parcial em diversas UCs.

1. Introdução

O *Building Information Modeling* (BIM) é, segundo diversos autores, um processo no qual diversas tecnologias informáticas se relacionam entre si para permitir a gestão e coordenação do projeto de um edifício, a sua construção e a sua manutenção ao longo da sua vida [1, 2].

O BIM é uma tecnologia emergente que começa a ser fundamental no dia-a-dia da engenharia [3]. A transição do desenho do edifício com recurso a sistemas CAD e a compatibilização manual dos diferentes projetos para um modelo 3D com informação que pode ser utilizado e que cresce ao longo de toda a vida do edifício, obriga a uma mudança na forma de atuar por parte dos diversos intervenientes do projeto, nomeadamente dos engenheiros civis. A Figura 1 exemplifica algumas das etapas em que o BIM é aplicável ao longo da vida do edifício, sendo que a amarelo estão representadas aquelas mais ligadas ao projeto e ao modelo inicial (modelo 3D), a laranja a construção com atividades de obra e gestão de tempos e custos (modelo 4D e 5D), e a vermelho estão representadas algumas das fases relacionadas com a manutenção e operação do edifício (6D).

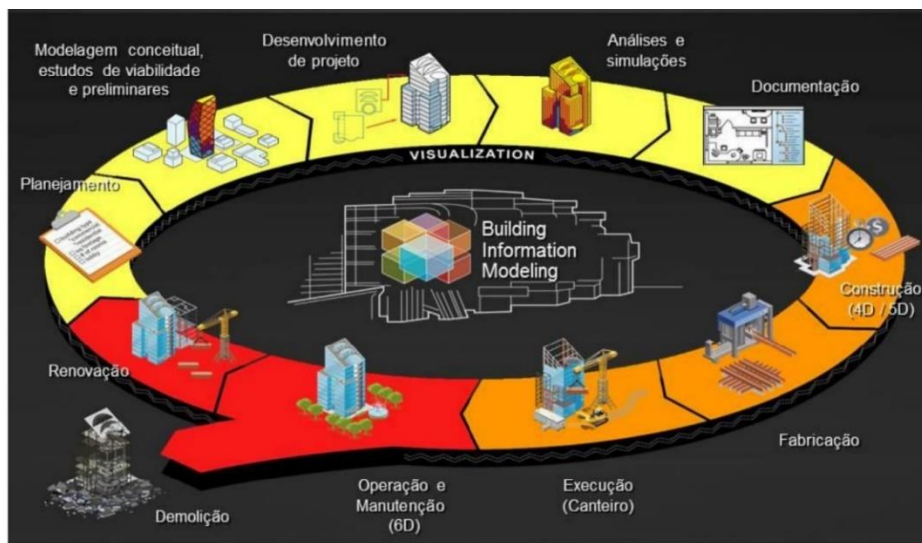


Figura 1: BIM no ciclo de vida do edifício[4].

O BIM traz vantagens para todos os intervenientes do processo, na medida em que possibilita uma comunicação mais eficiente entre as partes, antecipando por exemplo a deteção de erros e incompatibilidades [4]. Esta mudança para o BIM deve ser feita de forma gradual, preferencialmente de acordo com algumas linhas de implementação BIM existentes [1, 5]. Estes estágios de adoção do BIM diferem de autor para autor, sendo mais ou menos consensual que numa primeira fase a ênfase esteja na modelação paramétrica e no modelo 3D. Após a cimentação deste estado inicia-se uma fase em que se dá maior importância ao trabalho multidisciplinar e à partilha de informações e à interoperabilidade entre os envolvidos. Nesta fase normalmente resultam produtos com o tempo e os custos associados (os modelos 4D e 5D). Finalmente é possível então o salto para um modelo colaborativo do edifício que envolve a sua conceção, construção, operação e gestão. Este é reconhecido como o último estágio de adoção BIM e implica um processo desde a conceção que envolva a colaboração de todas as disciplinas e que requer grandes mudanças ao nível das políticas e processos das empresas [4].

Neste sentido, pode dizer-se que a implementação do BIM tem como principal desvantagem o facto de exigir uma mudança de paradigma que obriga a mudanças culturais, sociais e económicas. Implica investimentos na aquisição de software e formação específica [4, 5].

À semelhança das fases de implementação BIM, Barison e Santos [6] sugerem que o ensino BIM também pode ter três níveis. O primeiro nível (Modelador BIM) corresponde a uma

introdução ao BIM e aos conceitos básicos da interoperabilidade, e centra-se apenas na modelação 3D e na extração de quantidades, sendo adequado para adotar em disciplinas relacionadas com desenho e a representação gráfica. A este nível os pré-requisitos dos alunos são poucos, não sendo necessário sequer dominar as ferramentas de CAD. Como resultado, os alunos tornam-se capazes de modelar um edifício simples ou partes do mesmo. O segundo nível (Analista BIM) corresponde a um estado intermédio [6]. A este nível, há pré-requisitos, já que os alunos têm de ter algum domínio dos conceitos BIM e de ferramentas e software BIM, mas também conhecimentos de materiais de construção, de dimensionamento estrutural e de especialidades. A este nível espera-se trabalho em equipa e colaborativo, e como resultado a modelação completa de um edifício simples desde a arquitetura, à estrutura e às especialidades bem como a gestão de conflitos e levantamento de custos de materiais. Finalmente o terceiro nível (BIM Manager) corresponde ao estado avançado de conhecimento BIM. Os pré-requisitos neste nível são grandes e vão desde conhecimentos em métodos e processos construtivos, dimensionamento estrutural e especialidades, o domínio do BIM e das ferramentas BIM. Como neste nível o objetivo é dotar o aluno de conhecimentos para a gestão e articulação otimizadas do projeto e das equipas BIM, segundo os autores [6] é importante a integração com projetos reais e com o mercado de trabalho.

Atualmente a falta de profissionais capacitados é um dos fatores responsáveis pela demora na transição para o BIM e só será eficazmente combatida com a introdução do BIM nos cursos dos profissionais das áreas afetas ao BIM (engenharias, arquitetura, etc.) [7].

Pelas razões expostas acima, na área do ensino da engenharia civil urge implementar o ensino e a utilização do BIM. Além disto, o BIM agrega muitos dos conhecimentos das diversas áreas ligadas ao projeto e à construção, obrigando que além dos conhecimentos das ferramentas BIM sejam necessários conhecimentos de outras áreas (especialidades, etc.), com a particularidade de que é preciso “cruzar” e relacionar todos esses contributos [8]. Aprender BIM nos cursos de engenharia pode contribuir para o desenvolvimento e melhoria dos conhecimentos aprendidos nas outras disciplinas [8]. Porém o ensino com BIM e a sua introdução nos cursos é um processo muito mais complexo que não passa apenas pela criação de uma unidade curricular (UC) de BIM no plano de curso, já que é preciso atentar a outros fatores como os conhecimentos dos alunos noutras áreas, a sua capacidade para trabalhar em grupo, entre outros [6]. Além disto, a falta de formadores e docentes com conhecimentos BIM, as estruturas rígidas e clássicas dos planos de curso condicionam o ensino com sucesso do BIM [3].

Em 2010, na Universidade da Madeira, foi introduzido na UC de Desenho Técnico Assistido por Computador (DTAC) do 1º ano dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica da Universidade Madeira o ensino de um software BIM (Autodesk Revit), além do ensino do software CAD (Autodesk AutoCAD).

Neste artigo pretende-se refletir sobre o grau do ensino BIM na Universidade da Madeira. Para tal são definidos três objetivos: i) avaliar a facilidade da aprendizagem do software BIM comparativamente ao software CAD, ii) identificar os conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos, e iii) refletir sobre como e onde deve o ensino do BIM ser prolongado ao longo do curso de Engenharia Civil.

Assim, é feita uma breve descrição da UC de DTAC, são comparadas as classificações das componentes de BIM com as de CAD, são analisados os resultados de um inquérito para aferir dos conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos e é analisada a melhor estratégia de prolongar o ensino BIM ao longo do curso.

2. Descrição da UC de DTAC

2.1 Historial

A partir de 2010 passou a integrar-se nos conteúdos programáticos da UC de DTAC, o ensino de um software BIM, o Autodesk Revit. A profundidade do ensino BIM não pode ser dissociada do grau de maturidade dos alunos [6, 9] pelo que, dadas as especificidades da UC e o nível de conhecimento dos alunos espera-se que, no final do semestre, o conteúdo assimilado e aprendido pelos os alunos os situe no nível básico (o Modelador BIM acima referido).

Sendo uma UC do 1º ano do 1º ciclo em Engenharia Civil, passou a ter como objetivos principais: i) apreensão de conhecimentos básicos de Desenho Técnico como uma linguagem de comunicação em Engenharia, ii) aplicação e desenvolvimento de conhecimentos básicos relativos à modelação e desenho com recurso ao AutoDesk Revit, e iii) aplicação e desenvolvimento de conhecimentos básicos relativos ao Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma 2D e 3D AutoDesk AutoCAD.

2.2 Organização da UC

A UC está dividida de acordo com os conteúdos a apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Conteúdos programáticos da UC de DTAC

Capítulo	Horas de contato	Projeto	Avaliação (%)
1 Desenho Técnico na Engenharia	15	Esboço cotado casa do aluno	15
2 Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma de modelação 3D AutoDesk Revit	45	Casa do aluno em Revit	50
3 Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma de desenho de modelação 2D AutoDesk AutoCAD	20	Rede de águas da casa do aluno em AutoCAD	35

No primeiro tópico são abordadas as temáticas relativas à importância do Desenho Técnico na Engenharia. O trabalho consta na execução à mão livre de um esboço cotado (plantas cotadas pisos, implantação e cobertura) de um edifício/moradia.

O segundo tópico é então aquele que se relaciona com o BIM e é o mais extenso, tendo também um maior peso na avaliação final. O que se pretende com este capítulo, é que partindo do esboço criado no primeiro trabalho, se crie um modelo que passe pela arquitetura, estrutura e especialidades. Estas últimas duas componentes num grau muito básico, pois os alunos têm poucos conhecimentos relativos aos processos e intervenientes num projeto, ou no que concerne a especialidades, obrigando o projeto a incidir mais na modelação da arquitetura e de alguns elementos estruturais e na extração de quantidades e menos no processo colaborativo ou nas interações com as especialidades.

A estruturação das aulas referentes ao BIM, foi pensada para que os alunos não necessitem de qualquer conhecimento prévio da ferramenta a utilizar. As aulas iniciais são dedicadas à contextualização do que é o BIM e à introdução dos seus conceitos. Depois é feita uma

introdução à ferramenta Revit e do seu ambiente e conceitos (como famílias, elementos, etc.). Nas restantes aulas são demonstradas as funções à medida que os alunos executam o seu projeto. Crê-se que para os alunos é mais fácil executar à medida que vão aprendendo as funções (criação de elementos, plantas, alçados, cortes e pormenores, atribuição de materiais, criação de famílias, criação de tabelas de volumes e áreas, criação de folhas). Com isto, pretende-se também monitorizar e acompanhar a evolução dos alunos. Esta metodologia de ensino BIM vai de encontro ao indicado Barison e Santos [6] segundo os quais este deve partir da compreensão da história e princípios do BIM, para a compreensão das funções, capacidades e limitações da ferramenta BIM a ser utilizada e só depois para a modelação em si, respondendo conceptualmente às questões “O que é?”, “Porquê?” e “Como?” para auxiliar o processo de aprendizagem.

Os critérios de avaliação deste projeto relacionam-se com a correta execução da modelação geométrica, atribuição e criação de materiais, cálculo de áreas e volumes, implantação do edifício sobre uma topografia fornecida, cotagem, criação de manipulação de folhas, execução de vistas 3D e pormenores.

No terceiro tópico as aulas iniciais são dedicadas à introdução ao software AutoCAD e ao seu ambiente. São introduzidas as principais funções e os conceitos relacionados com a representação em 2D. As restantes aulas são dedicadas à realização acompanhada do terceiro projeto de avaliação, que consiste no desenho em AutoCAD de uma rede de águas sobre vistas de arquitetura exportadas do Revit.

Manteve-se o contato com o programa AutoCAD não só porque que continua a ser amplamente utilizado, mas também porque alguns autores [6, 7] defendem que é melhor, embora não essencial, para os alunos terem também noções nas tradicionais ferramentas CAD, podendo estes conhecimentos ajudar a desenvolver as capacidades em BIM.

No final das aulas, do corrente ano letivo, para clarificar e recolher informações sobre o funcionamento da UC e sobre a opinião dos alunos relativamente à integração do BIM na UC, foi realizado um inquérito abordado na Secção 4.

3. Desempenho nas aulas e resultados das avaliações (BIM versus CAD)

O acompanhamento dos trabalhos em Revit nas aulas permitiu verificar que muitos dos alunos realmente se interessaram pelo programa indo além do que era pedido, e trazendo dúvidas e questões muitas vezes mais complexas do que seria espetável. Inclusivamente, alguns alunos modelaram elementos complexos tais como coberturas copulares constituídas por perfis de aço com painéis de vidro, outros procuraram fazer um estudo de exposição solar.

Ao nível da avaliação quantitativa dos trabalhos, na Tabela 2 apresentam-se para efeitos comparativos as médias dos três projetos. Frequentaram efetivamente as aulas e foram submetidos a avaliação 38 alunos. Verificou-se que o primeiro e o segundo projeto tiveram a nota média mais alta, sendo também muito próxima. Considerando o diferente grau de dificuldade e complexidade entre estes dois trabalhos, esta diferença não parece significativa, evidenciando os bons resultados fruto da motivação dos alunos no projeto Revit. Isto é, o primeiro trabalho é um simples esboço cotado a ser feito à mão levantada e para o qual os alunos apenas precisaram de dedicar uma ou duas horas. Já o projeto no Revit requer muito mais horas de trabalho e um maior comprometimento por parte dos alunos. Além disto, o Revit foi algo

novo para os alunos enquanto que o primeiro o trabalho envolveu temáticas já dominadas pela maioria.

Tabela 2: Notas médias dos trabalhos

	Título do projeto	Peso na avaliação (%)	Média (valores)
1	Esboço cotado casa do aluno	15	14.6
2	Casa do aluno em Revit	50	14.5
3	Rede de águas da casa do aluno em AutoCAD	35	13.5

Relativamente ao projeto que envolve o AutoCAD, verificou-se que a nota média difere em 1.0 e 1.1 valores respetivamente, do projeto em Revit e do esboço cotado à mão livre. Isto pode demonstrar que para os alunos assimilar e trabalhar com o AutoCAD é mais difícil e menos intuitivo. Para reforçar esta análise comparativa refira-se que no segundo projeto (Revit) apenas dois alunos tiveram uma classificação negativa, enquanto no terceiro projeto (AutoCAD) cinco alunos tiveram nota negativa. Esta conclusão foi obtida com a base nas notas dos trabalhos, que, não obstante, podem ser afetadas por outros fatores. Porém, procurando minimizar esta questão e de forma a tornar comparável as notas, procurou-se que ambos os trabalhos (CAD e BIM) tivessem um grau de dificuldade equivalente. Para além disto, note-se que esta conclusão está de acordo com os resultados apresentados na Secção 4.

Para finalizar a análise importa referir que o valor das notas médias dos trabalhos, que se pode considerar um valor alto, o que evidencia o grau de comprometimento e interesse por parte dos alunos na UC. Além disso, as classificações dos projetos apenas foram divulgadas no final do semestre de modo a evitar possíveis relaxamentos de um projeto para o outro.

Os dados dos anos anteriores reforçam esta tendência, as melhores notas são obtidas nos trabalhos em Revit comparativamente ao AutoCAD. Corroborando este resultado, na Figura 2 mostram-se as notas médias obtidas nos três projetos nos últimos 4 anos. Com exceção do ano 2015/2016 as melhores notas são obtidas no primeiro projeto, seguindo-se as notas do trabalho em Revit e as mais baixas são obtidas no AutoCAD. O ano 2015/2016, foi excepcional na medida em que a UC teve um número reduzido de alunos e como tal o acompanhamento foi muito personalizado motivando os alunos a terem bons projetos quer no Revit quer no AutoCAD.

4. Resultados dos inquéritos

4.1 Identificação dos conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos

Após o final do semestre foi realizada uma recolha da opinião geral dos alunos pela realização de um inquérito. Apenas 22 dos 38 avaliados responderam às questões colocadas. O inquérito incidiu mais nos conteúdos BIM lecionados e na comparação entre o Revit e o AutoCAD.

Relativamente ao Revit, 100% dos alunos responderam que se sentiam capazes de “importar e referenciar ficheiros de AutoCAD/Revit”, “gerar plantas, alçados e vistas 3D”, “gerar cortes e secções”, “gerar e editar pormenores construtivos”, “criar folhas de desenho”, “modelar pavimentos, lajes e coberturas”, “definir espaços”, “quantificar áreas e volumes”, bem como “fazer tabelas de medições de materiais”.

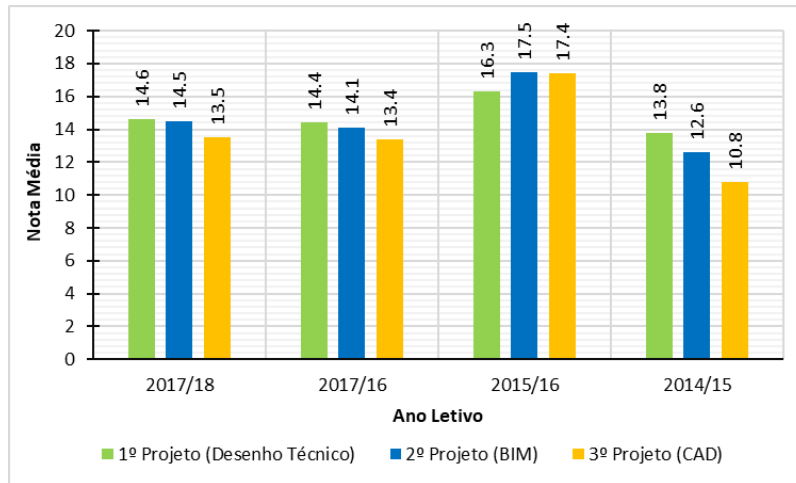


Figura 2: Notas médias nos últimos 4 anos

Apenas 59.1% dos alunos respondeu que se sentia capaz de “manipulação de terrenos e topografia”, “criar e editar famílias” e “criar geometria complexas”. 86.4% respondeu sentir-se capaz de “criar, editar e atribuir materiais a elementos” e 95.5% “cotar desenhos e elementos”. Pode concluir-se então que estas são as áreas em que se notaram mais dificuldades e que há que reforçar no futuro.

Os alunos referiram que gostariam de ter aprofundado temáticas BIM mais avançadas como “o cálculo de áreas de escavação e aterro” (63%), “modelação MEP” (90%), “estudos solares” (100%), “estudos luminotécnicos” (87%), “faseamento construtivo” (77%) e “gestão do edifício e equipamentos” (95%).

4.2 BIM versus CAD

Comparando o Revit com o AutoCAD, 86.4% dos alunos considerou o Revit mais intuitivo, 72.7% respondeu que é também mais fácil de aprender. Quanto à sequência com que os programas são lecionados nas aulas, a maioria (86.4%) respondeu que é mais natural primeiro aprender Revit e só depois AutoCAD.

A maioria dos alunos demonstrou interesse em aprofundar o Revit futuramente (68.2%). A percentagem de alunos que referiu ter interesse em trabalhar com o Revit futuramente foi de 72.7%, sendo que 22.7% dos alunos queria trabalhar com ambos os softwares.

5. Prolongamento do ensino do BIM ao longo do curso de Engenharia Civil

Face ao que foi exposto na Introdução, utilizar BIM pode contribuir para uma melhor assimilação dos conhecimentos que os alunos adquirem nas diversas UCs. É pertinente elencar ao longo do curso de Engenharia Civil em que UCs poderiam os alunos ter contato com o BIM. Até ao momento os alunos só têm contato com o BIM em DTAC. É importante para a mudança para o BIM e para uma mais fácil integração dos alunos no mercado de trabalho que ao longo do curso, o BIM seja integrado em outros momentos.

Procurou-se refletir de que forma é que o contato com o BIM pode ser incentivado e implementado. Seguindo o exemplo do Mestrado Integrado em Arquitetura da Universidade de

Lisboa [10] crê-se que existam essencialmente três formas distintas para integração do BIM: i) no âmbito de teses mestrado, ii) criação de uma ou mais UCs, e iii) pela integração de softwares BIM nas UCs existentes.

A integração do BIM via temas de teses de mestrado já está implementada, embora ainda com escassos resultados. Porém, neste caso o conhecimento BIM só é adquirido pelos alunos que optem por estes temas.

A criação de outras UCs específicas de BIM exigem alterações ao plano de curso que nem sempre são fáceis de executar ou implementar, quer por questões legais quer pela necessidade de formação específica por parte dos docentes.

Já a integração do BIM em algumas das UCs existentes, apesar de poder ser implementada facilmente requer a identificação dessas UCs, o levantamento da formação em BIM dos docentes afetos a essas UCs e o levantamento dos softwares BIM mais adequados a cada caso e a sua aquisição. Na Tabela 3 listam-se as UCs do curso em que o BIM podia ser integrado nas aulas e nos trabalhos realizados pelos alunos. Procurou-se ainda determinar qual a área/vertente do BIM seria predominante. Nalgumas UCs, tais como a Hidráulica, o Betão Armado ou o Dimensionamento Estrutural, o BIM pode ser introduzido mais no contexto da modelação da estrutura e redes e produção de peças desenhadas e fazendo ligação a programas de cálculo estrutural já utilizados nessas UCs. Em Organização e Gestão de Obras o contexto de utilização do BIM estaria mais relacionado com a visualização e obtenção de dados de medição, geração de mapas de quantidades e faseamento construtivo (modelos 4D e 5D) e também com o papel de “BIM manager”. Há ainda outras UCs em que o BIM poderia ser utilizado no âmbito de testar e comparar diversas soluções ou cenários, como exemplo a Física e a Tecnologia das Construções.

6. Conclusões

Os requisitos dos mercados atuais relativos ao projeto e construção exigem cada vez mais profissionais com conhecimento BIM. Um dos pontos importantes para o aumento da utilização do BIM será o ensino nas universidades nos cursos das áreas envolvidas. O presente estudo possibilitou uma reflexão e avaliação sobre o estado atual e futuro do ensino e aprendizagem do conceito BIM na Universidade da Madeira no curso de Engenharia Civil. Mais especificamente permitiu: i) comparar a facilidade de aprendizagem do Revit e do AutoCAD, ii) aferir os conhecimentos BIM adquiridos pelos alunos e iii) identificar as UCs do curso de Engenharia Civil em que o BIM poderia ser utilizado durante as aulas e nos trabalhos de avaliação.

Concluiu-se que, atualmente o BIM integra o curso de engenharia Civil apenas na UC de 1º ano de DTAC, sendo que nesta UC o nível de conhecimento BIM adquirido pelos alunos corresponde ao nível básico-introdutório (execução de um modelo BIM 3D e extração de quantidades). Relativamente a esta UC, verificou-se que, de uma forma geral, os alunos não só perceberam alguns dos pontos fortes do BIM, nomeadamente, o menor tempo necessário para a execução de alguns trabalhos, e o fato de ser obter um modelo de informação do edifício e não um simples modelo 3D, como também ficaram interessados em utilizar BIM futuramente. Os alunos não só obtiveram classificações altas nos trabalhos que envolvem o BIM como também mostraram autonomia no processo de realização dos trabalhos. Comparativamente ao

AutoCAD, os resultados mostraram que os alunos sentiram maior facilidade em aprender o Revit, o que se verificou também em anos anteriores.

Tabela 3: UCs do curso de Engenharia Civil articuláveis com BIM

Curso	Ano	UC	Áreas do BIM
Licenciatura (1º ciclo)	1	Desenho Técnico e Assistido por Computador	Modelação
	2	Materiais de Construção	Modelação / Visualização
	3	Hidráulica	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	3	Física das Construções	Modelação / Teste de hipóteses
	3	Betão Armado	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
Mestrado (2º ciclo)	1	Fundações e Estruturas de Suporte	Modelação / Visualização
	1	Tecnologia da Construção	Modelação / Teste de hipóteses
	1	Organização e Gestão de Obras	Visualização / Geração de orçamento / Faseamento construtivo
	1	Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	1	Reabilitação e Reforço de Estruturas	Modelação / visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	2	Dimensionamento Estrutural	Visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	2	Estruturas Metálicas e Mistas	Visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural

Embora estas conclusões sejam válidas apenas para os dois softwares utilizados (AutoCAD e Revit), os autores são da opinião que atendendo ao conteúdo programático e objetivos definidos para a UC, os resultados manter-se-iam válidos mesmo que fossem utilizados outros softwares idênticos.

A melhorar na disciplina em anos próximos, o planeamento de algumas aulas, fazendo face aos pontos que segundo os alunos ficaram pouco esclarecidos tais como: produção de geometrias mais complexas, manipulação de terrenos (e áreas e volumes de escavação/aterro) e faseamentos construtivos.

Relativamente ao prolongamento do ensino do BIM no resto do curso, concluiu-se que há a necessidade de integrar o BIM noutras UCs já existentes, para que os conteúdos BIM possam ser aprofundados. Existem ao longo do curso pelo menos 12 UCs nestas condições. Ainda que nenhuma dessas UCs cubra todas as áreas do BIM, a soma certamente proporcionaria aos alunos

o conhecimento necessário para enfrentar as exigências emergentes nos mercados trabalho no que respeita ao BIM. A principal barreira a esta medida é a falta de formação BIM dos docentes, pelo que seria primordial investir nesta. Além disso, alunos pré-finalistas possuem um nível de conhecimento maior no que respeita aos processos inerentes a um projeto e aos diferentes intervenientes, sendo, portanto, mais fácil abordar e simular outras vertentes do modelo BIM (colaborativa, e de gestão do edifício e os projetos de especialidades).

Para quem pretenda proceder à implementação da formação em BIM num curso de engenharia ou arquitetura são aspetos a considerar: a definição dos objetivos a alcançar pelos estudantes, a seleção dos conteúdos e das UCs onde o BIM será lecionado, a escolha dos softwares a utilizar, a formação dos docentes bem como a avaliação da implementação do ensino de BIM.

Referências

- [1] B. Succar, "Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Automation in Construction* vol. 18, pp. 357-375, 2009.
- [2] H. Penttilä, "Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression," *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 11, pp. 395-408, 2006.
- [3] A. Abbas, Z. Din, e R. Farooqui, "Integration of BIM in Construction Management Education: An Overview of Pakistani Engineering Universities," *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 151-157, 2016.
- [4] P. Basto e A. Junior, "Ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso," *Ambiente Construído*, vol. 16, pp. 45-61, 2016.
- [5] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*: Wiley Publishing, 2008.
- [6] M. Barison e E. Santos, "Review and Analysis of current strategies for planning a BIM curriculum," in *CIB W78 2010: 27th International Conference* Cairo, Egypt., 2010.
- [7] R. Sacks e R. Barak, "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education," *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 136, pp. 30-38, 2010.
- [8] J.-L. Kim, "Use of BIM for Effective Visualization Teaching Approach in Construction Education," *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 138, pp. 214-223, 2012.
- [9] K. E. Hedges e A. S. Denzer, "Visualizing Energy: How BIM Influences Design Choices," *ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications and the 19th Reliability, Stress Analysis, and Failure Prevention Conference*, pp. 567-574, 2007.
- [10] J. Veiga, "Do CAD para o BIM, Reflexões para o ensino da modelação em Arquitetura," Mestrado, Mestrado Integrado em Arquitetura, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.