

COORDENAÇÃO DE PROJECTO MULTIDISCIPLINAR EM BIM: MODELAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E SIMULAÇÃO

Alcnia Zita Sampaio¹, Vitor Fernandes¹, Augusto Gomes¹ e Alberto Snchez-Lite²

¹Universidade de Lisboa, Instituto Superior Tcnico, Departamento de Engenharia Civil
CERIS- Investigao e Inovao em Engenharia Civil para a Sustentabilidade
Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal

²Universidade de Valladolid, Escola de Engenharia Industrial, Departamento de Engenharia Mecnica
Plaza de Santa Cruz, 8, 47002 Valladolid, Espanha

RESUMO

A inovao tecnolgica alcanada atualmente tem vindo a impulsionar a produtividade laboral nos setores econmicos, incluindo na indstria da construo. A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) surge como um imergente conceito com potencialidade para contribuir positivamente numa perspetiva de integrao abrangente, possibilitando a anlise da totalidade do ciclo de vida de um empreendimento, de um modo virtual e com a centralizao da informao associada. O presente texto demonstra os principais benefcios na implementao da metodologia nos processos de projeto, planeamento da construo e oramentaao. Sobre um caso de estudo, foram modeladas as disciplinas referentes a arquitetura, estruturas e redes prediais, tendo sido, posteriormente, efetuada a anlise de deteo de conflitos entre as disciplinas, a obteno de tabelas de quantidades de materiais e a simulao do processo construtivo com base no modelo 4D gerado. No desenvolvimento do projeto multidisciplinar foram identificadas estratgias colaborativas de atuao, de integrao de etapas e de especialidades, e de coordenao que incentivam  realizao de trabalhos baseados numa mais eficiente comunicao. O estudo promove a utilizao das ferramentas de base BIM na atividade integrada e colaborativa no mbito do desenvolvimento de um projeto composto por diversas disciplinas e por distintas tarefas, referentes a um empreendimento, apoiando a atividade do coordenador do projeto global e a divulgao da metodologia BIM no sector.

PALAVRAS-CHAVE

BIM, Modelo 3D, Deteo de Conflitos, Modelo 4D, Simulao, Coordenao, Colaborao

1. INTRODUO

A implementao da metodologia *Building Information Modelling* (BIM) tem vindo a incrementar eficincia ao sector da construo. Os procedimentos de base BIM admitem a capacidade de integrar, de um modo eficiente, um volume considervel de informao na forma de um modelo tridimensional (3D) digital. O conceito de gerao de um modelo digital com a informao associada  o principal fundamento da metodologia (Zamora-Polo *et al.*, 2019). Um projeto em desenvolvimento  apresentado na forma de um modelo geomtrico rico em informao, agregando todas as especialidades, permitindo um fácil acesso  sua base de dados, apoiando a integrao de tarefas e incrementando os nveis de colaborao e de comunicao entre os tcnicos envolvidos:

- A produtividade na construo  fortemente condicionada pela verificao de erros de **inconsistncia** entre projetos, frequentemente apenas detetados em fase de construo, requerendo a retificao, o ajuste e a atualizao, constituindo processos onerosos e morosos, facilmente ultrapassados com a adoo da metodologia BIM (Taylor *et al.*, 2014);
- Alguns procedimentos associados  construo, como a prática de *design-build* ou o conceito de *LEAN construction*, exigem um elevado nvel de **comunicao** e de **colaborao**, facilmente alcanado por recurso a plataformas integradas associadas ao BIM, contribuindo para obteno de projetos com uma melhor qualidade e incremento de produtividade;

- No âmbito BIM, o planeamento de uma **construção** é representado através de modelos BIM 4D, que possibilitam a manipulação de informação e a sua integração com o tempo de realização de tarefas da obra, apoiando a monitorização da progressão da obra real (Gomes, 2022).

Diversos trabalhos académicos de investigação têm sido desenvolvidos (Araújo, 2016) (Gomes, 2022), (Sampaio e Antunes, 2020), (Sampaio *et al.*, 2021), no âmbito do planeamento da construção, na orçamentação e na análise da capacidade de interoperabilidade entre os sistemas de base BIM utilizados. O caso de estudo selecionado possibilitou adicionar as tarefas de escavação, de quantificação de armaduras e a associação das opções de execução, demolição e temporária no modelo 4D. O desenvolvimento do presente estudo teve como principal objetivo demonstrar a potencialidade da adoção da metodologia BIM no projeto de construção, numa perspetiva de apoio ao planeamento das tarefas relacionadas com a execução da obra (Fernandes, 2021). O trabalho de investigação envolve a modelação de projetos de diferentes especialidades relativos a um caso de estudo, por recurso ao *software Revit (Autodesk)*, e a deteção de inconsistências entre especialidades e a geração do modelo 4D de simulação da execução da obra, por recurso ao *software Navisworks (Autodesk)*. As principais vantagens e limitações foram identificadas contribuindo para clarificar a utilização da metodologia no âmbito do projeto de construção, no sentido de definir boas práticas de atuação.

2. APLICABILIDADE E MATURIDADE

Na década de 90 do século XX, a metodologia BIM começa a ser adotado no sector, iniciando pelos países nórdicos, mas rapidamente divulgado em todo o mundo (Sampaio e Lozano-Diez, 2020). A informação inerente a um edifício, desde a conceção do projeto abrangendo as distintas especialidades, manutenção e gestão após ocupação, até à sua demolição, é compilada digitalmente no modelo centralizador único, formando uma base de dados acessível para consulta e uso pela equipa envolvida no projeto. Segundo Kassem e Succar (2017), as características fundamentais da metodologia BIM correspondem a: apresentar uma representação digital 3D; a ser mensurável e quantificável; a permitir a realização de múltiplas tarefas; a possibilitar um fácil acesso a todos os parceiros do projeto, de forma a acrescentar e atualizar a informação do modelo virtual.

A informação incluída no modelo BIM é obtida essencialmente através do processo de modelação, que é assente na utilização de **objetos paramétricos** (Sacks *et al.*, 2018). No processo, são selecionados os objetos paramétricos representativos de componentes construtivas, disponibilizados nas bibliotecas dos sistemas BIM, e ajustados a cada projeto e especialidade. Um pilar apresenta uma determinada secção transversal e como material a associar o betão, uma parede é constituída por diversas camadas de material, cada uma com propriedades físicas associadas, que devem ser selecionadas de acordo com o projeto a modelar (Araújo, 2016). Os parâmetros relacionados com cada objeto selecionado, não são apenas de ordem geométrica, mas também de carácter comportamental, como a resistência térmica e acústica ou a densidade dos materiais. Na geração de um modelo BIM são utilizados os objetos paramétricos existentes nas bibliotecas disponibilizadas pelos sistemas de modelação e, quando necessário, são geradas novas famílias específicas, através das funcionalidades permitidas nos mesmos sistemas, com o objetivo de representar corretamente o projeto requerido.

A transferência de dados entre etapas é baseada no recurso a formatos universais de arquivo de dados, nomeadamente, o padrão *Industry Foundation Classes (IFC)* ou através de formatos nativos dos sistemas (Shayesteh, 2015). Os processos de transferência de informação entre técnicos causam frequentemente erros de inconsistência relativos à limitada capacidade de interoperabilidade ainda existente, que se traduz nalguma resistência na sua implementação, com uma maior evidência no desenvolvimento do projeto de estruturas (Sampaio *et al.*, 2021). Contudo, a sua aplicabilidade, referida como modelos BIM nD, tem vindo a ser reconhecida pelos diversos sectores da construção com benefícios relevantes. O modelo digital, representativo do projeto de um edifício, é formado por toda a informação criada ao longo do seu ciclo de vida, podendo apresentar: o aspeto geométrico e propriedades mecânicas dos materiais utilizados (modelo BIM 3D); o planeamento da construção com a integração do fator tempo (modelo BIM 4D); a estimativa de custos de apoio ao processo de orçamentação (modelo BIM 5D).

O setor da construção tem vindo a incrementar a adoção do BIM passando de uma envolvente regional (Finlândia) a europeia e, atualmente, a mundial (Hamma-Adama e Kouider, 2019). Charef *et al.* (2019) referem que o uso de plataformas de base BIM promove uma maior competitividade nas empresas, permitindo a sua participação em empreitadas internacionais. Contudo, existem algumas barreiras para a sua implementação como a reduzida estratégia governamental na sua obrigatoriedade e no estabelecimento de diretrizes adequadas e padrões universais eficientes (Sampaio e Lozano-Diez, 2020).

No contexto nacional a introdução do BIM nas empresas de construção portuguesas é ainda incipiente. A Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção (PTPC) criou o grupo de trabalho dirigido ao BIM, no qual participam empresas e universidades. Os trabalhos que têm vindo a ser divulgados estão relacionados com os métodos de gestão e as estratégias de investimento que possam contribuir para a melhoria da competitividade global da indústria nacional. A Comissão Técnica de Normalização BIM Nacional, CT 197 (ECSO, 2018), em colaboração com a Comissão Técnica de Normalização BIM Europeia, o CEN/TC 442 (CEN/TC, 2020), numa perspetiva de preparar uma atuação governamental, apresentou, em 2016, uma classificação dos principais fatores que podem influenciar a adoção do BIM: maturidade do cliente (agente que potencializa a mudança no setor); competências e indústria (requalificação, modernização e integração das empresas); digitalização e inovação (difusão do BIM na indústria nacional); informação e conhecimento (estruturas de gestão de informações e introdução ao BigData); sustentabilidade (impacto da construção na sustentabilidade e estabelecimento de ações proactivas).

3. MODELAÇÃO DE MULTIDISCIPLINAS

Em relação a um caso de estudo, foi efetuada a geração do modelo BIM, composto pelas componentes de projeto relativas à arquitetura, à solução estrutural e à rede de águas prediais (Fernandes, 2021). Posteriormente é efetuada a sobreposição das disciplinas e é analisada a inconsistência entre as diferentes especialidades. São referidos os aspetos de rigor aplicados na modelação e indicados os benefícios e as limitações identificadas ao longo do processo. Na modelação foi utilizado o *software Revit*, de grande divulgação no âmbito académico.

3.1 Componente de Arquitetura

O edifício selecionado, localizado em Ferreira do Zêzere, Santarém, corresponde a uma moradia unifamiliar. Apresenta uma distribuição em altura em 4 pisos, 2 elevados e 2 em semi-cave, pois o terreno de implantação apresenta um declive de cerca de 30% (Figura 1). Os desenhos utilizados na modelação BIM foram fornecidos na forma de desenhos CAD (Figura 1).



Figura 1. Detalhes de planta e de representação de terreno (CAD) e modelo 3D (BIM)

Previamente à modelação da arquitetura da moradia, foi transferida para o para o *Revit*, a informação do **terreno** em declive, representado através de curvas de nível. A importação do modelo CAD 3D, com a informação do terreno, foi realizada com base na sequência de funcionalidades: *Massing & Site* → *Toposurface* → *Create from Import*. As cotas foram corretamente transferidas associadas às respetivas curvas de nível. Os **níveis** de trabalho considerados foram (Figura 2): cota de fundações (26.00m); T1 (26.50m); piso -1 (29.10m); piso 0 (31.80m); cobertura (34.50m); topo cobertura (36.70m). Para se proceder ao correto nivelamento da plataforma, foi utilizada a funcionalidade *Place Points*. O terreno foi ajustado de forma a representar os taludes de aterro e de escavação.

De seguida, foram importados os desenhos de arquitetura organizados por camadas de desenho, *layers*, atribuídas a cada piso, facilitando o processo de modelação que é realizado por piso (Figura 2):

- Para a modelação das **paredes** foi ajustado o objeto paramétrico referente a paredes, selecionado na biblioteca do sistema de modelação, à composição requerida no projeto: parede exterior dupla de 26cm; parede interior de 15cm;
- A modelação do **pavimento**, a colocar em cada piso, considera a componente estrutural, uma camada de betão estrutural (20cm) e de revestimento composto por camada de betão celular (5cm), betão de regularização (5cm) e ladrilho cerâmico (1,5cm). São definidos os limites da laje de forma a que a face superior da laje corresponda ao nível definido para cada piso. Adicionalmente, foram realizadas aberturas nas lajes, nas zonas de localização das escadas.

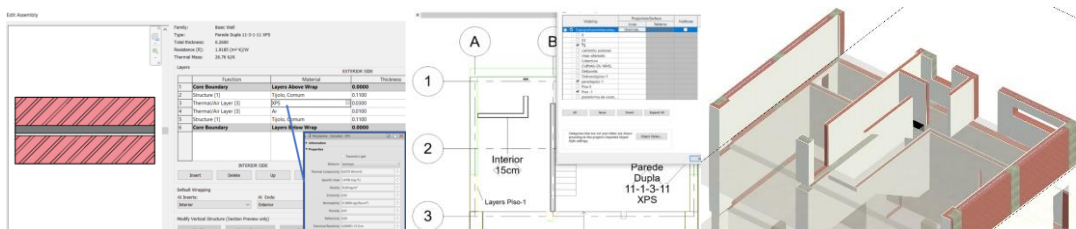


Figura 2. Objecto paramétrico de parede dupla e representação de paredes em planta

Em relação à modelação dos elementos de vão, foram selecionados e ajustados ao projeto, os objetos paramétricos representativos de portas e de janelas, disponíveis na biblioteca do *Revit*, e para a inserção de elementos de acesso e de segurança, foram utilizadas as respetivas funcionalidades do sistema (Figura 3):

- Foram considerados 3 tipos de **porta**, adaptados em dimensões e materiais (painéis de madeira e aduelas de *Polyvinyl chloride*, PVC), e dois tipos de **janelas**, com as dimensões requeridas e com o caixilho em PVC;
- O processo de criação das **escadas** foi mais complexo, pois duas das três escadas existentes não possuem degraus regulares, obrigando à utilização da ferramenta *Sketch Run*, do menu *Stair*;
- Por fim foi modelado o **gradeamento** colocado na cobertura, através da opção *Railings*.

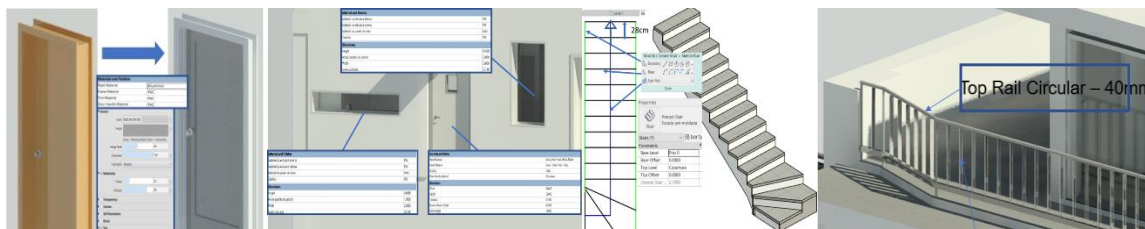


Figura 3. Inserção de portas, janelas, escada e gradeamento

3.2 Componente de Estruturas

A modelação da componente de estruturas foi realizada com base nos desenhos do projeto fornecido. A solução estrutural é vigada em betão armado e com fundações com micro-estacas (Figura 4):

- A componente resistente das **lajes** corresponde à camada de betão armado do pavimento considerado na arquitetura;
- A parede de **contenção** localizada na cave foi modelada como um elemento estrutural;
- O sistema de **fundações** é composto por seis micro-estacas em tubo cravadas (CHS) de 168.3mm de diâmetro e 15m de profundidade, encimadas por uma viga de coroamento;
- A modelação dos **pilares** foi efetuada por piso, tendo sido considerados 8 pilares idênticos de secção 45x25cm², com início ao nível do piso inferior até ao superior;
- Na **cobertura** foram inseridos dois pilares de secção quadrada de 25cm, um pilar de secção circular de 25cm de diâmetro e, ainda, uma parede estrutural. Estes elementos começam no piso superior e terminam na base do nível da cobertura.



Figura 4. Representação de elementos de fundação e pilares e a pormenorização de armaduras em elementos estruturais.

O menu de estruturas da interface do Revit, inclui a funcionalidade de **pormenorização de armaduras** nos elementos estruturais (Fernandes, 2021). Com base nos desenhos fornecidos, foi efetuada a pormenorização de armaduras sobre alguns dos elementos estruturais (Figura 4).

3.3 Componente de Redes Prediais

De seguida, foi gerada a componente do modelo BIM correspondente ao projeto de redes prediais. O sistema de modelação contém um menu relacionado com as redes de sistemas de serviços, *Mechanical, Electrical and Piping* (MEP). Para a modelação do projeto de águas e esgotos foram, previamente, carregadas as bibliotecas disponíveis via internet, de famílias de tubos, conexões, válvulas e acessórios. O material selecionado para os tubos e para as conexões é o PVC. Além dos elementos de tubagem foi também carregado diverso tipo de equipamento, disponível na funcionalidade *Fixtures*, como lavatórios, bases de duche, sanitas e, ainda, armários. São colocados os equipamentos sanitários de acordo com o previsto nas plantas de arquitetura. Os objetos paramétricos utilizados são ajustados às dimensões requeridas no projeto. O resultado final com a representação dos sistemas de água quente (azul), água fria (vermelho) e esgotos (amarelo), está representado na Figura 5.

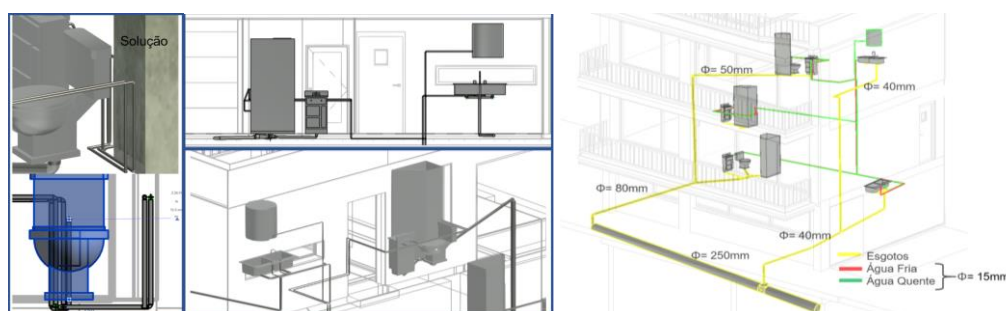


Figura 5. Colocação de equipamento sanitário e de cozinha e rede predial completa com identificação por cor

3.4 Detecção de Inconsistências

Um dos benefícios, frequentemente referido pelos utilizadores BIM, é a facilidade de desenvolver os sistemas de redes, sobrepostas aos modelos de arquitetura e de estruturas, permitindo verificar, facilmente, as eventuais situações de inconsistência e interferência entre elementos de distintas especialidades. O sistema *Navisworks* (Autodesk), um visualizador BIM, incorpora a funcionalidade *Clash Detective* como a capacidade de deteção de conflitos entre especialidades. No caso de estudo, foram detetados erros, os quais foram posteriormente corrigidos no modelo BIM por recurso novamente ao sistema *Revit*, pois este tipo de correções não são passíveis de ser executadas no *Navisworks*.

Foram aplicados sucessivos testes de verificação de inconsistências, relativas à intersecção física entre elementos pertencentes a especialidades distintas: entre as disciplinas MEP e arquitetura e entre MEP e estruturas. O relatório relativo a MEP/arquitetura identifica uma lista composta por 23 incompatibilidades (Figura). Contudo, os erros identificados de intersecção correspondem ao posicionamento de tubos de queda e de canalizações de águas com as paredes, não deve ser considerado como uma inconsistência, pois as

canalizações das instalações sanitárias devem ficar localizadas no interior das paredes. Assim como, na análise MEP/estruturas, os tubos de esgotos e o sifão, devem ser posicionadas no interior da laje estrutural. Não foi detetado outro tipo de erros, pois todo o sistema de canalizações foi modelado sobre as componentes de arquitetura e de estruturas visualizadas. Deste modo, foi evitado qualquer conflito com os elementos destas disciplinas, apoiando o estabelecimento de um projeto de redes correto.

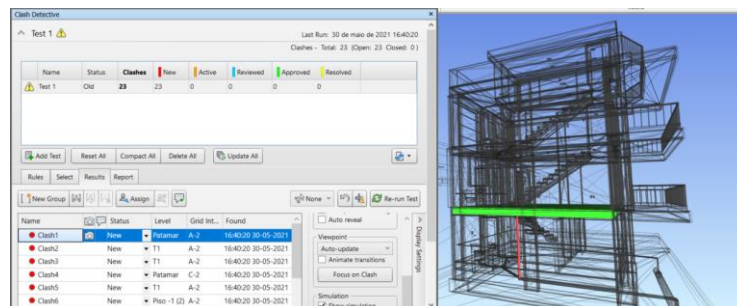


Figura 6. Relatório da pesquisa automática entre os projetos de águas e esgotos e de estruturas

3.5 Quantificação de Materiais

Sobre o modelo BIM criado, o sistema Revit possibilita a obtenção de quantidades de material e componentes, por piso, tipo de elementos ou fase construtiva. As tabelas podem ser enriquecidas com um maior detalhe do modelo, com a associação de ações temporais a elementos provisórios ou, ainda, com a incorporação de novos parâmetros aos objetos paramétricos como o custo, o fabricante, o ano de fabricação ou o contacto (Sampaio e Antunes, 2020). Em relação ao caso de estudo foram obtidas as tabelas da quantificação de volume de betão e do peso das armaduras. As tabelas (Figura 7) são obtidas automaticamente, devendo ser indicado o tipo de tabela a criar (betão) e os parâmetros pretendidos (material, volume, piso):

- Tabela de quantificação do **betão** inclui o material aplicado, *Betão Estrutural In Situ*, o tipo de elemento (laje, pilares ou escadas), o nível do piso e o volume de betão;
- A tabela de quantificação das **armaduras** identificada o volume, o diâmetro, o comprimento e o peso. Para a determinação do peso foi adicionado o parâmetro referente à densidade média do aço (7800 kg/m³) ao material.

<Quantidade de Betão Estrutural>				<Quantidade de Armadura>				
A	B	C	D	A	B	C	D	E
Material: Name	Material: Volume	Level	Family and Type	Reinforcement Volu	Bar Diameter	Bar Length	Quantity	Peso em Quilos (7800 Kg/m ³)
Betão Estrutural In Situ	5.18 m ³	Topo Cobertura	Floor: Laje 20cm	262632.17 cm ³	22 mm	33925 mm	20	2048.530932
Betão Estrutural In Situ	0.09 m ³	Cobertura	M_Concrete-Round-Column: 300mm	3252.06 cm ³	22 mm	8402 mm	1	25.366071
Betão Estrutural In Situ	0.12 m ³	Cobertura	M_Concrete-Rectangular-Column: 25x25cm	3815.42 cm ³	22 mm	9657 mm	1	29.760262
Betão Estrutural In Situ	0.10 m ³	Cobertura	Floor: Platiabanda	3513.87 cm ³	22 mm	9078 mm	1	27.408194
Betão Estrutural In Situ	2.20 m ³	Cobertura	Floor: Laje 20cm	2946.21 cm ³	22 mm	7611 mm	1	22.980467
Betão Estrutural In Situ	4.98 m ³	Cobertura	Floor: Betão 40 cm	3189.63 cm ³	22 mm	8240 mm	1	24.878314
Betão Estrutural In Situ	14.81 m ³	Cobertura	Floor: Betão 35cm cobertura	3815.45 cm ³	22 mm	9657 mm	1	29.760529
Betão Estrutural In Situ	2.24 m ³	Piso 0	M_Concrete-Rectangular-Column: 300 x 450mm	2684.40 cm ³	22 mm	6935 mm	1	20.938338
Betão Estrutural In Situ	0.11 m ³	Piso 0	Floor: Platiabanda	2652.59 cm ³	22 mm	6863 mm	1	20.690168
Betão Estrutural In Situ	14.30 m ³	Piso 0	Floor: Betão estrutural 20cm	3748.82 cm ³	22 mm	9665 mm	1	29.24082
Betão Estrutural In Situ	2.29 m ³	Piso -1	M_Concrete-Rectangular-Column: 300 x 450mm	3766.28 cm ³	22 mm	9730 mm	1	29.376999
Betão Estrutural In Situ	15.02 m ³	Piso -1	Floor: Betão estrutural 20cm	3459.43 cm ³	22 mm	8937 mm	1	26.983535
Betão Estrutural In Situ	2.29 m ³	Piso -1	M_Concrete-Rectangular-Column: 300 x 450mm	3752.48 cm ³	22 mm	9694 mm	1	29.269369
Betão Estrutural In Situ	15.02 m ³	Piso -1	Floor: Betão estrutural 20cm	3785.99 cm ³	22 mm	9781 mm	1	29.530688
Betão Estrutural In Situ	2.52 m ³	T1	M_Concrete-Rectangular-Column: 300 x 450mm	3766.31 cm ³	22 mm	9730 mm	1	29.377245
Betão Estrutural In Situ	11.32 m ³	T1	Floor: Betão estrutural 20cm	3712.96 cm ³	22 mm	9592 mm	1	28.961101
Betão Estrutural In Situ	7.72 m ³	Cota da Fundação	Basic Wall: Viga Fundação	3691.69 cm ³	22 mm	9537 mm	1	28.79439
Betão Estrutural In Situ	2.38 m ³	Cota da Fundação	Basic Wall: Retenção - Betão de 300 mm	1500.01 cm ³	22 mm	3875 mm	1	11.700056
				2432.11 cm ³	22 mm	6283 mm	1	18.970459
				1779.86 cm ³	22 mm	4598 mm	1	13.882883

Figura 7. Tabelas referentes à quantificação do volume de betão e das armaduras

4. GERAÇÃO DO MODELO BIM 4D

Finalizado o modelo 3D da moradia e verificadas as inconsistências entre as disciplinas modeladas, é criado o respetivo modelo BIM 4D. Previamente é necessário proceder ao planeamento da construção, considerando a identificação de cada atividade e a cronologia associada. O planeamento da construção foi efetuado através

do *software* de gestão de projetos, *Microsoft Project*. As atividades são inseridas no sistema, assim como os respectivos períodos de duração, as correspondentes precedências e períodos de sobreposição e, ainda, o valor dos rendimentos de recursos humanos necessários para a realização de cada tarefa. O diagrama de *Gantt* obtido apresenta a cronologia das etapas do projeto de construção, assim como as atividades críticas e as que necessitam de alteração dos recursos humanos alocados. Posteriormente, o modelo BIM e o ficheiro com o mapa de *Gantt* foram transferidos para o visualizador *Navisworks*. Neste sistema é efetuada a associação, dos elementos construtivos modelados (formando *sets*), à respetiva atividade (Figura 8).

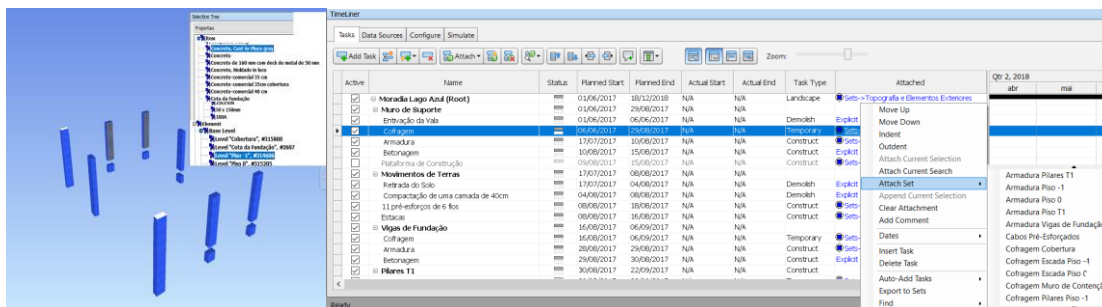


Figura 8. Criação do *set* de pilares do piso 0 e anexação de *sets* a atividades

Criado o modelo 4D, pode ser visualizada a simulação do processo construtivo. A apresentação é estabelecida através da função *Configurate* (Figura 9):

- as atividades em fase de **execução** são mantidas com uma aparência em cor verde, mas a que se associou uma transparência 90%;
- as operações de **demolição** são apresentadas com uma cor vermelha, e com o mesmo nível de transparência;
- as ações **temporárias**, são apresentadas a cor amarela e totalmente opacas.

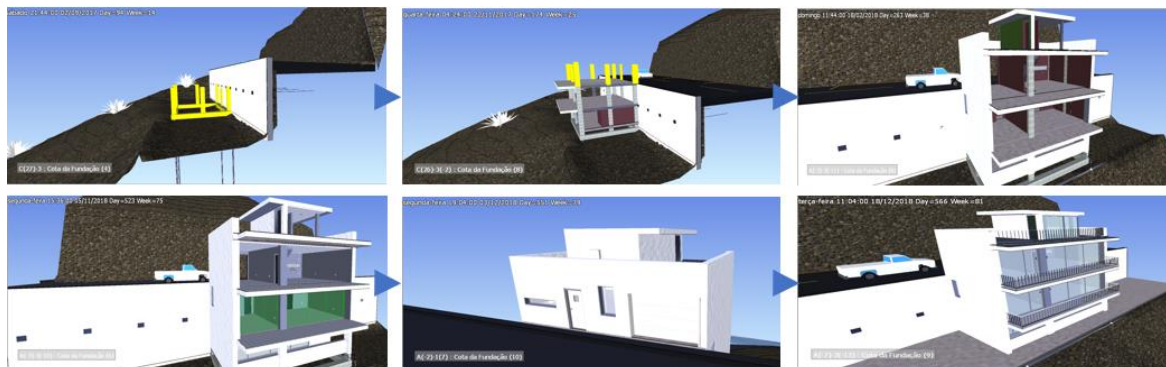


Figura 9. Imagens da simulação do processo construtivo

5. CONCLUSÕES

A implementação da metodologia BIM apresenta uma mais valia no mercado da construção, pois incrementa o nível de assertividade e de qualidade no planeamento do projeto e construção. A metodologia tem como base o processo de modelação paramétrica, que conduz à centralização de dados e à criação de uma base de dados acessível.

O coordenador de um projeto de varias disciplinas encontra na plataforma BIM, composta por *software* de base BIM interoperável, uma base de trabalho eficaz, potenciando a integração, a colaboração e a consistência. Os modelos 3D contém a informação necessária para a realização de atividades sobre o modelo: deteção de conflitos entre projetos de especialidade; planeamento da construção (com o recurso a visualizadores); quantificação de material de apoio à orçamentação. Ao longo do desenvolvimento do caso de

estudo selecionado, foi demonstrado o tipo de tarefas que a equipa de projeto pode realizar e o tipo de integração e de colaboração permitida. Os benefícios residem principalmente na potencialidade de visualização espacial conseguida, facilitando o estabelecimento de projetos que atuem sobre outras disciplinas. Adicionalmente, a quantificação automática de material por tipo, zona de construção ou etapa financeira, contribui para a obtenção de um elevado nível de confiança na correção e atualização de valores. A simulação do processo construtivo, de fácil elaboração, permite a monitorização em obra e o ajuste do planeamento de acordo com a prossecução da construção real.

O estudo elaborado contribui para a divulgação do BIM, aplicado em múltiplas disciplinas, e da integração de todo o projeto sobre plataformas comuns e acessíveis pela equipa de projeto, como base de colaboração e de coordenação do projeto global.

REFERÊNCIAS

- Araújo, L., 2016, Development of a wall library in BIM methodology, Master's thesis in construction, University of Lisbon, Lisbon, Portugal.
- CEN/TC, 2020, Questions and Answers: An EU Standardisation Strategy, European Committee for Standardization CEN/TC 442 BIM. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_22_662
- Charef, R., Emmitt, S., Alaka, H. e Fouchal, F., 2019, Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview, *Building Engineering*, vol. 25, 100777, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100777>.
- ECOSO, 2018, European Construction Sector Observatory: Country profile: Portugal, pp 14. ref. ares (2018) 3598369 - 06/07/2018, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/28927/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>
- Fernandes, V.E., 2021, Analyses of the capacity of BIM technology in the generation of 4D models, Master's thesis in construction, University of Lisbon, Lisbon, Portugal
- Gomes, N.R., 2022, Analysis of BIM technology capabilities in generating 4D models, Master's thesis in construction, University of Lisbon, Lisbon, Portugal.
- Hamma-Adama, M. e Kouider, T., 2019, Comparative analysis of BIM adoption efforts by developed countries as precedent for new adopter countries. *Current Journ. App. Science & Techn*, 36 (2): 1-25, DOI: 10.9734/CJAST/2019/v36i230224
- Kassem, M. e Succar, B., 2017, Macro BIM adoption: Comparative market analysis, *Automation in Construction*, vol. 81, pages 286-299, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. e Teicholz, P. 2018, BIM Handbook: A guide to Building Information Modelling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers, 3rd Ed. ISBN: 978-1-119-28755, 688 Pages, <https://www.wiley.com/en-gb/9781119287551>
- Sampaio, A.Z. e Antunes, B.G., 2020, Quantity take-off process supported by Building Information Modelling (BIM) methodology, book: *Sustainability and Automation in Smart Construction*, Ch. 4, 21-28, https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_4
- Sampaio, A.Z. e Lozano-Diez, R., 2020, BIM short course for construction industry professionals. *ABE -Advances in Building Education, Innovación Educativa en Edificación*, ISSN: 2530-7940, Sep – Dec 2020, Vol. 4, Nº 3, pp. 23-34. doi:10.20868/abe.2020.3.4508
- Sampaio, A.Z., Gomes, A.M. e Farinha, T., 2021, BIM methodology applied in structural design: Analysis of interoperability in ArchiCAD/ETABS process, *JSEA - Journal of Software Engineering and Applications*. ISSN Print: 1945-3116, ISSN Online: 1945-3124, DOI: 10.4236/jsea.2021.146012, IF 2.23.
- Shayesteh H. 2015, Digital Built Britain level 3 Building Information Modelling Strategic Plan. CDBB - University of Cambridge. <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=HMG&DocID=309979>
- Taylor, J., Liu, J. e Hein, M., 2014, Integration of Building Information Modelling (BIM) into an ACCE Accredited Construction Management Curriculum. *Associated Schools of Construction, 44th Annual ASC International Conference Proceedings Journal*, pp. 117-124, <https://fp.auburn.edu/heinmic/Pubs/ASC%202008-Integration.pdf>.
- Zamora-Polo, F., Sánchez-Cortés, M.M., Reyes-Rodríguez, A.M. e Sanz-Calcedo, J.C., 2019, Developing project managers' transversal competences using Building Information Modelling, *Applied Sciences*, 9(19): 4006, doi: 10.3390/app9194006