



## Criação colaborativa de ativos construídos com projeto BIM multidisciplinar: Modelos 3D, 4D e 5D


### *Collaborative creation of constructed assets with multidisciplinary BIM project: 3D, 4D and 5D models*

[10.29073/rae.v2i2.899](https://doi.org/10.29073/rae.v2i2.899)


**Recebido:** 1 de março de 2024.

**Aprovado:** 3 de abril de 2024.

**Publicado:** 20 de setembro de 2024.

**Autor/a 1:** Alcinia Sampaio , Universidade de Lisboa e IST, Portugal, [zita@civil.ist.utl.pt](mailto:zita@civil.ist.utl.pt).

**Autor/a 2:** Raquel Sarmento, Universidade de Lisboa e IST, Portugal, [raquel.sarmento@tecnico.ulisboa.pt](mailto:raquel.sarmento@tecnico.ulisboa.pt).

**Autor/a 3:** Augusto Gomes , Universidade de Lisboa e IST, Portugal, [augusto@civil.ist.utl.pt](mailto:augusto@civil.ist.utl.pt).

#### Resumo

A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) constitui actualmente o principal suporte ao desenvolvimento de projetos integrados e colaborativos no âmbito da indústria da Arquitectura, Engenharia, Construção e Operações (AECO), tendo vindo a ser implementada em todos os sectores da atividade e a um nível mundial. O presente estudo pretende divulgar a capacidade colaborativa do projeto BIM multidisciplinar construído a partir de um modelo BIM 3D integrado. O estudo descreve os processos de modelação de distintas disciplinas (arquitetura, estruturas e redes de águas domésticas e de eletricidade), a análise de conflitos entre componentes, o estabelecimento do planeamento da construção (modelo BIM 4D) e, ainda, a obtenção da estimativa de custos (modelo BIM 5D). De forma a abranger em detalhe os diversos procedimentos, o caso de estudo seccionado foi adstrito a uma zona específica de uma moradia, as instalações sanitárias, por apresentar uma suficiente complexidade no processo de modelação, na identificação e temporização de etapas construtivas associadas aos recursos humanos necessários e na estimativa de custos envolvidos por disciplina e componente. A simulação visual do planeamento da construção foi elaborada por recurso a um visualizador BIM. O estudo pretende constituir um contributo positivo na disseminação de um adequado uso dos sistemas de base BIM disponíveis, evidenciando o carácter integrador da metodologia na fase de criação dos ativos e sistemas de ativos construídos. Adicionalmente, o propósito principal é promover a potencialidade de integração de tarefas de planeamento e de orçamentação tradicionalmente desenvolvidas em processos paralelos.

**Palavras-Chave:** BIM; Modelo BIM Multidisciplinar; Colaboração; Integração; Modelo 4D; Modelo 5D.

#### Abstract

The Building Information Modelling (BIM) methodology is currently the main support for the development of integrated and collaborative projects within the Architecture, Engineering, Construction and Operations (AECO) industry, having been implemented in all sectors of activity and worldwide. The present study aims to disseminate the collaborative capabilities of multidisciplinary BIM projects building upon an integrated 3D BIM model. The study describes the modelling processes of different disciplines (architecture, structures and networks of domestic water and electricity), the analysis of conflicts between components, the establishment of the construction planning (4D BIM model) and also the obtaining of the cost estimate (5D BIM model). In order to cover in detail, the various procedures, the case study was restricted to a specific area of a house, the sanitary facilities, as it presents a sufficient complexity in the modeling process, in the identification and timing of construction steps associated with the necessary human resources and in the estimation of costs involved by discipline and component. The visual simulation of the construction planning was prepared using a BIM viewer. The study aims to make a positive contribution to the dissemination of an adequate use of the available BIM-based systems, highlighting the integrative character of the methodology for the creation stage of constructed



asset and asset systems. In addition, the main purpose is to promote the potential for integrating planning and budgeting activities tasks that are traditionally elaborated as a parallel process.

**Keywords:** 4D Model; 5D Model; BIM; Collaboration; Integration; Multidisciplinary BIM Model.

## 1. Introdução

Seguindo as diretrizes governamentais no sentido de incrementar a transformação digital na indústria da Construção, a implementação da metodologia *Building Information Modeling* (BIM) tem vindo a ser introduzida como um procedimento apoiado em tecnologias avançadas capazes de agilizar a elaboração de projetos integrados e colaborativos, desenvolvidos em formato digital, contribuindo para a obtenção de produtos finais precisos, sustentados e eficientes. A implementação da metodologia BIM tem contribuído muito positivamente para a otimização da produtividade na elaboração de projetos, gestão e manutenção e no controlo de qualidade da construção (Sampaio, 2017).

A geração de modelos BIM representativos dos projetos em análise, permitem a mitigação de erros de projeto, da repetição de informação e de inconsistência de dados entre fases (Sacks *et al.*, 2018). A sua aplicação em distinto tipo de construção, tem sido registada em inúmeras publicações académicas e de descrição de casos práticos, demonstrando resultados vantajosos (Smith, 2014) (Charef *et al.*, 2018) (Ingram, 2020). A par naturalmente de alguma dificuldade da sua introdução em sectores como o projeto de estruturas ou a simulação energética, devido a um elevado nível de ineficiência na capacidade de interoperabilidade que ainda persiste nos processos de transferência de modelos entre sistemas de base BIM. Com o incremento da evolução da tecnologia subjacente ao BIM, diversos fabricantes de *software* têm vindo a ajustar os seus produtos de modelação digital de forma a incluir a metodologia BIM, baseada numa modelação paramétrica tridimensional (3D) e, adicionalmente, a desenvolver *scripts* específicos, *plug-ins* e extensões, assim como a criar periféricos relacionados, dirigidos às mais distintas aplicações no âmbito da construção. A integração e a colaboração são, assim, promovidas com o recurso a complementos de execução de tarefas normalmente requeridas na elaboração de projetos completos:

- A **colaboração** entre profissionais das diferentes disciplinas pode ser fortemente impulsionada com a geração de diferentes modelos BIM 3D, relativos a cada especialidade, e eventualmente desenvolvidos por técnicos distintos, e localizados em locais remotos, constituindo uma característica fundamental do BIM, mas que na atual prática ainda não é suficientemente aplicada. O presente trabalho, pretende contribuir para um melhor reconhecimento desta potencialidade do BIM;
- No contexto da atividade inerente à indústria falta ainda alguma divulgação dirigida às potencialidades do BIM no **planeamento** do processo de construção com a possibilidade da visualização simulada da obra e da comparação da construção planeada com a real no local (BIM 4D);
- Adicionalmente, ainda subsiste alguma resistência no entendimento de que os modelos 3D completos, em termos de informação associada a cada projeto de especialidade, podem constituir a base adequada ao desenvolvimento de **orçamentos** detalhados por disciplina, componente ou zona de construção (BIM 5D).

A elaboração dos projetos de arquitetura, estruturas e de redes de águas e de eletricidade, alvo de modelação no presente trabalho, permite compreender o procedimento aplicado, a colaboração e a integração de disciplinas, capacidades inerentes à metodologia BIM. Adicionalmente, a quantificação de material aplicado nos diversos projetos de especialidades e o planeamento da construção são igualmente tarefas desenvolvidas sobre o modelo completo. A principal contribuição do presente trabalho é demonstrar, sobre um caso de estudo modelado com um elevado nível de detalhe, como os aspectos de colaboração, planeamento da construção e orçamentação, são tarefas suscetíveis de ser elaboradas de um modo ágil, correto e completo tendo como base o modelo multidisciplinar 3D BIM. Na execução das atividades de planeamento e de orçamentação é necessário incrementar a informação do modelo 3D, nomeadamente, em relação à identificação de tarefas de construção e cálculo do respectivo período temporal de execução assim como à associação de dados relativos a custos

unitários, constituindo uma informação complementar que deve ser acrescentada aos modelos 3D criados por disciplinas. A modelação 3D é insuficiente para a obtenção de modelo 4D e 5D pelo que deve ser acrescentada a informação requerida. Esta característica deve ser entendida como um benefício e não como uma limitação.

## 2. Revisão de Literatura

A primeira referência ao termo BIM foi mencionada em 1992, por Erik Jan Van Nederveen e Frits Tolman (Eastman, 1999). Desde os anos sessenta, do séc. XX, o conceito de base, uma modelação com informação incorporada, era referida pelo termo *Building Modelling*. Posteriormente foi definido o conceito de *Building Product Model* apresentado como uma nova representação digital para arquitetura, engenharia civil e construção de edifícios apoiado em tecnologia e uma inovadora metodologia baseada no modelo de produto de construção. O objetivo na criação destes modelos era o de permitir extrair informação específica da sua base de dados.

Atualmente, a metodologia BIM tem constituído o modo privilegiado, e mesmo obrigatório por imposição governamental, de trabalho, no âmbito da construção, em diversos países (Al-Mohammad *et al.*, 2022). No entanto, o grande potencial do BIM é fornecer a informação precisa, requeridas e relevantes não apenas durante o projeto e a construção do edifício, mas também durante todo o ciclo de vida de todas as componentes e instalações. A sua implementação na indústria da construção tem contribuído para o estabelecimento de normas de atuação, que propõem regulamentar, uniformizar e facilitar a sua implementação numa fase de transição e de adaptação progressiva para esta metodologia. A ação natural na adoção da metodologia numa empresa ou num projeto interdisciplinar, é a criação de mecanismos que permitam fomentar a sua implementação e o correto uso do *software* disponível, no desenvolvimento de projetos de edifícios, monitorização da sua construção e, posteriormente, na gestão e manutenção relativos ao período de ocupação do edifício (Schley *et al.*, 2016).

A integração destas atividades requer, contudo, o estabelecimento de diversos processos de transferência de modelos entre sistemas de base BIM, ocasionando inconsistências e perda de dados, originadas por falta de conhecimento dos profissionais no uso adequado do *software* disponível e da limitação inerente ao grau de interoperabilidade existente, que deve ser completamente conhecida pelo técnico. Apesar do estabelecimento de padrões de formato genérico, identificados por diversos sistemas BIM, nomeadamente, o formato de dados *Industry Foundation Class* (IFC), criado pelo organismo internacional BuildingSMART (BuildingSMART, 2022), e recentemente definida na normativa ISO 19650 englobando uma série de padrões vinculados ao uso de BIM, não garantem a total correção da informação contida nos modelos, nos processos de transferência entre sistemas (Sampaio *et al.* 2022). A limitação verificada no desenvolvimento de projetos completos, em que tem lugar a transferência de modelos BIM entre sistemas, é a principal causa de resistência na adoção do BIM em sectores da indústria. Contudo, os sistemas BIM disponíveis no mercado permitem o arquivo e a leitura de ficheiros no formato IFC, um formato normalizado que pode ser aberto e editado por qualquer *software* BIM. Mas apesar do constante estabelecimento de versões mais avançadas e abrangentes do padrão IFC, a confiança ainda não é plena, mas é um processo em progresso no sentido de melhorar a garantia na correção dos dados transferidos (Sampaio, 2021).

A fim de incentivar a implementação do BIM na indústria da construção, os governos têm publicado alguma legislação orientada para a promoção da sua adoção no sector. Um número crescente de países já demonstrou iniciativas na sua prática, mas quer a nível empresarial quer governamental existe algum atraso na sua implementação e obrigatoriedade. Os países nórdicos, Finlândia, Noruega, Suécia e Dinamarca, foram os pioneiros na implementação da metodologia e conseqüentemente na elaboração de guias de atuação comuns (buildingSMART Norge, 2024). Em países como os Estados Unidos da América, Reino Unido e Austrália foram igualmente concretizadas normas ou guias de boa conduta assim como estratégias para a sua implementação no sector (Adams, 2018). A entrega de modelos BIM relativa a projetos de obras públicas é uma exigência em diversos países europeus como o Reino Unido, a Holanda e Singapura (Taborda & Cachadinha, 2012). Noutros países como a Austrália, Brasil, Japão, Coreia do Sul e Nova Zelândia foram definidas medidas para acelerar a implementação da metodologia BIM (Smith, 2014). Ao nível nacional a sua adoção foi apontada para o ano



2024, através da Portaria 255/2023, onde é referida pela primeira vez, “dar importante suporte ao CCP — Código dos Contratos Públicos para a contratação pública em BIM, ao introduzir os modelos [...] desenvolvidos com recurso à metodologia BIM na elaboração dos projetos de obra pública” (Portaria, 2023).

Vários registos documentais evidenciam os benefícios da aplicação do BIM no desenvolvimento de modelos paramétricos dos projetos, com características limitadas a uma ou duas disciplinas, nomeadamente, arquitetura, estruturas ou ambos (Rivera *et al.* 2019), (Coelho, 2020), (Merschbrock & Munkvold, 2015), (Baik, 2017). Não é tão recorrente a integração multidisciplinar, podendo, no entanto, ser destacados alguns os trabalhos (Alawad, 2017), (Tang *et al.* 2019), (Terreno *et al.* 2015), (Teng *et al.* 2022). Os modelos BIM 4D e 5D são referidos de um modo complementar, mas não de uma forma integrada plena referindo apenas a adição de informação (Koutamanis, 2020), (Ding *et al.* 2014). O presente trabalho pretende alertar para as potencialidades na agilização e integração do projeto BIM, evitando a repetição de informação e a omissão de dados na obtenção do projeto de construção associado à orçamentação por etapas construtivas.

### 3. Metodologia

Como metodologia foi adoptada a sequência de atividades, iniciando pela modelação do projeto, seguindo com a obtenção da estimativa ornamental e, finalmente, com o estabelecimento do planeamento da construção (Sarmiento, 2023):

- Sobre um **caso de estudo**, de volume reduzido, mas de complexidade suficiente à ilustração do procedimento integrado, foi desenvolvido um modelo BIM composto por diversas disciplinas, relativo a duas instalações sanitárias de uma habitação unifamiliar, localizada no Algarve. Com base nos desenhos CAD fornecidos representativos dos projetos das especialidades em arquitetura, estruturas, distribuição de água, drenagem de água e rede de eletricidade, foi gerado o respectivo modelo, individualizado por disciplinas. O sistema selecionado para a concepção do modelo global foi o Revit (Autodesk), de acesso académico gratuito;
- Por recurso ao mesmo sistema de modelação, foi obtida a **quantificação** de materiais, equipamentos sanitários, componentes eléctricos e elementos lineares das redes de águas e eletricidade, foram avaliadas as estimativas de **custos** (5D) associados ao projeto;
- Posteriormente, por recurso ao visualizador BIM, o Navisworks (Autodesk), foi desenvolvido o correspondente modelo de **planeamento da construção** (4D) e estimadas as durações de execução de cada componente.

#### 3.1. Geração de Modelos de Arquitetura e de Estruturas

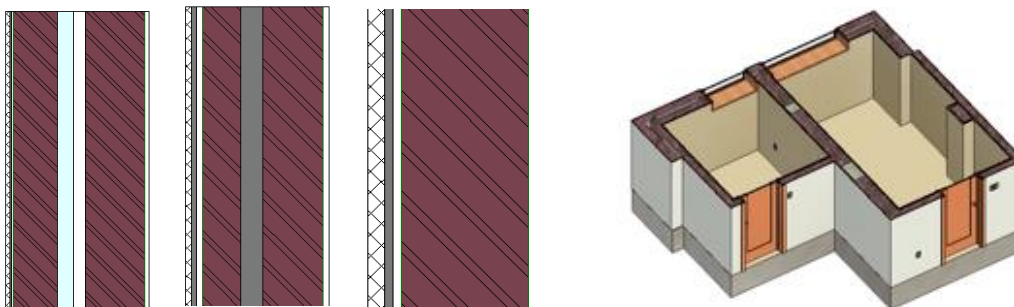
Com o foco apenas nas duas instalações sanitárias destacadas do projeto fornecido, foi possível definir, de um modo completo, o modelo das diversas disciplinas e efetuar a sua análise de conformidade com a possibilidade de sobreposição de modelos (arquitetura, estruturas e redes de águas e eletricidade). O modelo BIM completo e detalhado permite efetuar a deteção de conflitos físicos entre as diversas disciplinas.

A geração de um modelo BIM é iniciada pela seleção do tipo de disciplina a criar, seguido do estabelecimento das unidades de trabalho, da indicação do número de pisos a considerar no modelo, devidamente identificados e associados à respetiva cota, e, ainda, do traçado dos alinhamentos em planta necessários à inserção de componentes verticais. As duas instalações sanitárias são contíguas e estão localizadas no primeiro piso da moradia. Seguindo a informação contida nos desenhos CAD do projeto de estruturas, foi identificada uma grelha de alinhamentos e os níveis relativos ao piso 1 e à cobertura com cotas de valores de 12,65m e 15,85m, respetivamente.

A modelação da arquitetura é iniciada com a modelação das **paredes** envolventes da zona em estudo, tendo sido criados novos objetos paramétricos, representativos das paredes exteriores e interiores e ainda de um murete na envolvente da cobertura em terraço (Figura 1 **Error! Reference source not found.**):

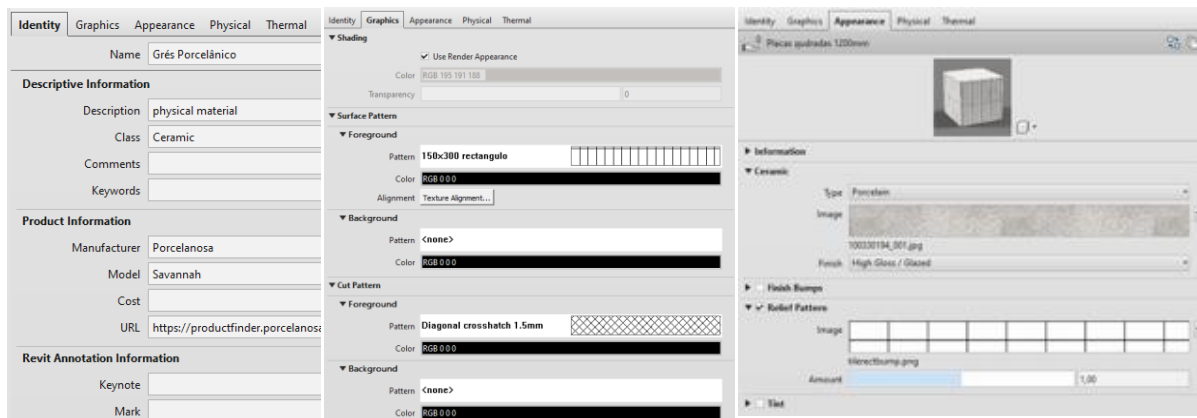
- A **parede exterior** foi definida com as camadas requeridas de distinto material e espessura (azulejo de grés porcelânico, argamassa, estuque, tijolo de 11cm, poliestireno extrudido (XPS), caixa de ar, tijolo de 15cm e reboco);
- As **paredes interiores** consideradas são de três tipos, de 15cm de espessura (painel de tijolo de 11cm revestida a azulejo de grés), de 25cm, partilhada pelas instalações sanitárias e outras divisões (painéis de tijolo de 7cm e de 11cm com revestimentos de reboco e elementos cerâmicos), de 21cm, partilhada pelas duas instalações sanitárias (duplo painel de tijolo de 11cm e de 7cm, com isolamento de lâ rocha).

Figura 1: Definição e inserção de paredes no modelo BIM de arquitetura.



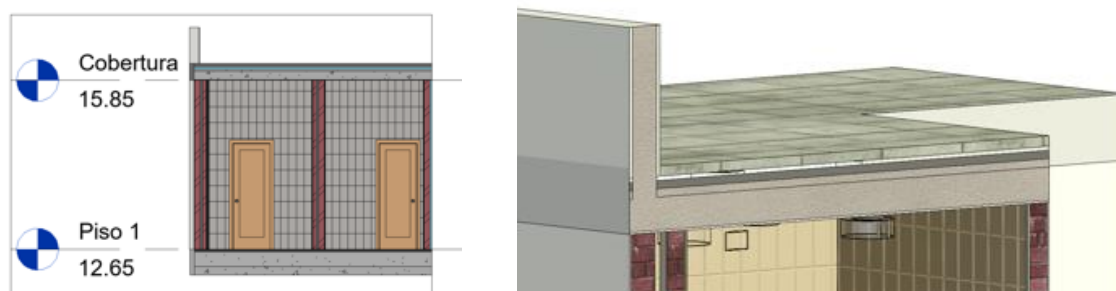
As **portas** e as **janelas** foram colocadas de acordo com o projeto fornecido. A biblioteca de materiais do Revit contém diversos tipos de **materiais**, mas para o modelo foram criados novos materiais referentes ao grés porcelânico e à camada de isolamento XPS, através da opção *Create New Material*, incluída na interface de seleção de materiais. Adicionalmente, foi inserido diverso tipo de informação como o fornecedor, o modelo selecionado, a página *web* do fabricante e guia de aplicação do material (Figura 2). Através da secção *Graphics* é possível selecionar os padrões de representação do material numa vista de frente (placas de 150 x 300mm<sup>2</sup>, com um espaçamento de 0,30m horizontalmente e 0,15m verticalmente), numa vista em corte (reticulado rodado a 45º) e numa representação de cores consistentes (de acordo com as fotografias obtidas no local).

Figura 2: Características do material de revestimento cerâmico aplicado.



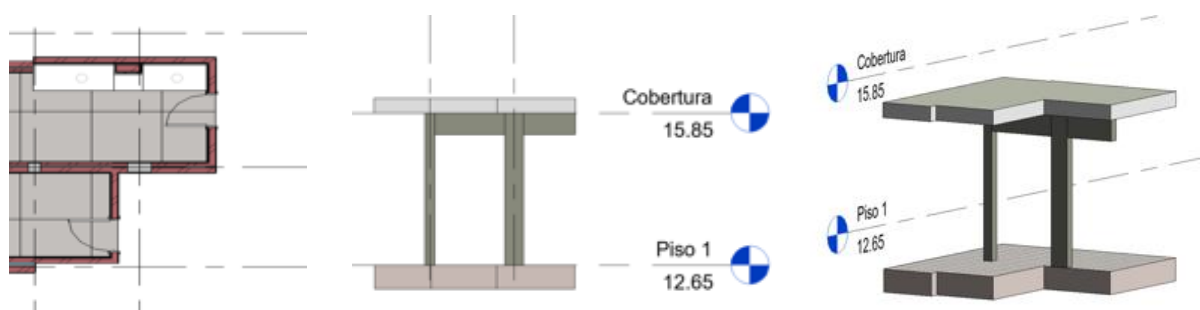
No piso da cobertura em terraço foi modelada inicialmente uma laje de espessura constante, e, em seguida, a sua superfície superior foi ajustada às inclinações de escoamento requeridas (opção *Modify Sub Elements*) (Figura 3).

**Figura 3:** Representação do pavimento, paredes e cobertura do modelo.



A solução **estrutural** definida como suporte resistente à componente de arquitetura é composta por pilares, vigas e lajes. Os objetos paramétricos criados pertencem às famílias de pilares e da viga de secção retangular de betão, tendo sido estabelecidos os pilares de secção  $0.20 \times 0.20 \text{m}^2$  e de  $0.20 \times 0.40 \text{m}^2$  e a viga de secção  $0.20 \times 0.45 \text{m}^2$ . As lajes em betão armado foram modeladas na disciplina de Arquitetura (Figura 4).

**Figura 4:** Componente de estruturas do modelo.



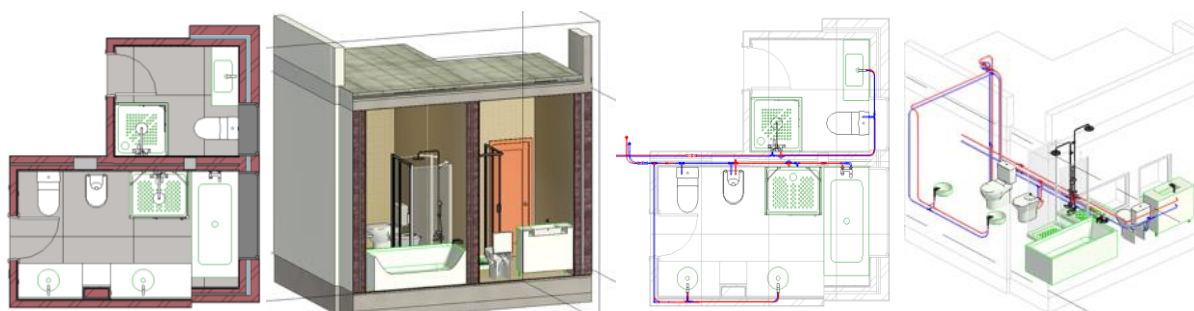
Os elementos estruturais modelados correspondem apenas aos limites da zona de instalações sanitárias, de forma a conseguir, posteriormente, incluir os sistemas de redes de águas e elétrica evitando conflitos. Com o objetivo de se poder obter automaticamente do modelo, uma correta quantificação dos materiais, o volume dos elementos estruturais foi subtraído ao volume das paredes. No menu *Modify*, a opção *Join*, ao ser aplicada sobre o modelo, retira o volume de parede equivalente ao elemento estrutural e funde os dois elementos por forma a deixar de contabilizar as duas geometrias no mesmo espaço.

### 3.2. Geração do Modelo de Redes de Águas

Os projetos de redes prediais foram igualmente modelados por recurso ao mesmo sistema de modelação BIM. Os objetos paramétricos necessários foram alguns selecionados da biblioteca disponibilizada no sistema e outros elementos foram facilmente acedidos nas páginas *web* disponibilizadas pela Autodesk. Previamente à modelação dos sistemas de águas foram selecionados, através da página *web BimObject*, os equipamentos sanitários requeridos como banheira, chuveiros, lavatórios, torneiras, bidés e sanitas (Figura 5).

A rede de abastecimento de águas estabelece a ligação entre a rede pública e os diversos equipamentos localizados nas instalações sanitárias. Recorrendo novamente à página *web BimObject* foram importados os elementos de tubagem, no material referido no projeto, em multicamada. No modelo, ao ser selecionado um dispositivo que necessite de abastecimento de água, como por exemplo uma torneira de lavatório, são visualizados dois ícones de cor azul e vermelha, correspondentes a águas frias e quentes, respetivamente. Após a seleção de um dos ícones, é gerada a rede de tubagens escolhida, sendo necessário indicar as características do troço de tubo como o diâmetro pretendido e a respetiva cota, informações retiradas dos desenhos CAD (Figura 5).

**Figura 5:** Dispositivos sanitários inseridos no modelo e rede de distribuição de águas.

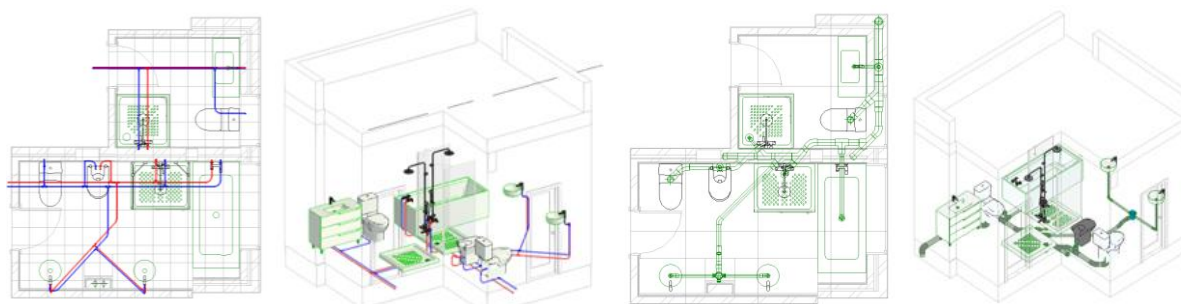


A modelação da rede de águas frias verificou as recomendações e boas práticas expressas no Manual de Redes Prediais da EPAL (2023). De acordo com a regulamentação, as canalizações interiores foram consideradas com um revestimento superior a 2cm, e não se encontram embutidas nem no interior dos elementos estruturais nem das lajes dos pavimentos com função estrutural. Para a modelação da rede de águas quente, foram seguidas as recomendações do Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas (Pedroso, 2008), tendo sido desenvolvidas paralelamente às tubagens de água fria num plano superior a uma distância não inferior a 5cm.

Concluído o processo de modelação das redes de águas é analisado a interferência entre disciplinas. As opções do Revit, *Pipe Accessories*, *Pipe Fittings* e *Pipes* com *Structural Columns*, *Walls*, *Pipe Accessories*, *Pipe Fittings* e *Pipes*, foram acionadas de forma a identificar colisões físicas entre componentes. Foram detectadas e posteriormente ajustadas as colisões físicas entre os tubos e acessórios, dispositivos, paredes e pilares. Na sua resolução foram deslocados alguns troços de tubagem e foram também criados alguns acessórios de passe, como as uniões de cruzamento, de forma a evitar a intersecção entre tubos. O projeto de redes de águas consultado nos desenhos CAD identifica as tubagens no interior das paredes. Contudo, por análise das fotografias realizadas durante a execução da obra, foi possível verificar que as tubagens da distribuição de água tinham sido colocadas no pavimento e não nas paredes. Os tubos de multicamada são constituídos por material maleável, facilmente adaptável ao interior da laje. Assim, foi necessário duplicar o modelo criado e proceder ao seu ajuste por forma a representar a correta colocação da tubagem.

A modelação da rede de tubagens referente à drenagem de água é muito similar à concepção do modelo das redes de distribuição de água. Como indicado no projeto facultado, o material aplicado corresponde a policloreto de vinila (PVC). Este material foi criado, no Revit, como um novo material, sendo o aspeto gráfico e as propriedades associadas adequadamente estabelecidas consultadas do catálogo de produtos relacionado.

**Figura 6:** Rede de distribuição de águas reajustada e rede de drenagem.

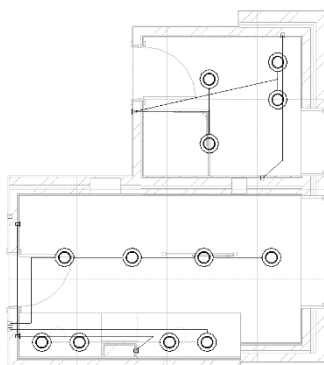


### 3.3. Geração do Modelo de Rede Elétrica

Para a modelação do projeto de eletricidade foram utilizados os objetos paramétricos representativos de interruptores duplos, pontos de luz e tomadas monofásicas com terra. Através da opção *Space*, foram designadas as duas instalações sanitárias, como “I.S. B”, o espaço de maiores dimensões e como “I.S. C” o de menor área.

Na modelação do projeto foram selecionados os dispositivos de tomada, através da opção *Power*, seguida do ícone *Edit Circuit*, e foram adicionados ao circuito. De seguida, foram colocados, no teto do primeiro piso, os pontos de luz requeridos, e os interruptores nas paredes em cada instalação sanitária. O circuito elétrico tem duas componentes, um referente à energia (*Power*) e a outra relacionada com os interruptores (*Switch*). Para o circuito de interruptores foram apenas selecionadas as iluminações correspondentes a cada instalação sanitária e foram ligadas ao correspondente interruptor. O circuito de energia foi ligado a um painel de eletricidade. Considerando que o modelo criado se refere apenas a duas instalações sanitárias, os dispositivos elétricos não se encontram ligados ao painel, mas apenas entre si. Finalmente, foi colocada a rede de fios elétricos. No presente modelo, foi usada a opção de ligação automática. Contudo, foram considerados alguns ajustes ao traçado dos fios tendo sido removidas linhas e outras adicionadas de acordo com o projeto (Figura 7).

**Figura 7:** Rede elétrica.



#### 4. Modelo de Planeamento da Construção (4D)

O modelo 3D BIM completo constitui a base de trabalho ao estabelecimento do planeamento da construção, possibilitando a simulação visual do processo e a monitorização da obra real. Para a geração do modelo 4D (modelo 3D + fator tempo), o modelo composto pelas quatro disciplinas foi transferido para um visualizador BIM, o *software* Navisworks (AutoDesk), compatível como Revit. Navisworks permite aplicar diversos tipos de ações sobre o modelo criado, nomeadamente, a análise de conflitos (*clash detection*), a aplicação de funcionalidades de fotorrealismo e a associação de tarefas de construção a componentes construtivas, de forma a definir um modelo BIM 4D.

##### 4.1. Identificação de Atividades e Duração

O modelo Revit foi exportado no formato *nwc* para o *software* Navisworks. É necessário transferir para o Navisworks o mapa de *Gant* das atividades da construção ordenadas sequencialmente, associadas ao respectivo período de execução. A geração do gráfico de *Gant* pode ser obtida por recurso a programas próprios de planeamento como o MS Project (Microsoft) ou o Primavera (Oracle). Contudo, neste trabalho foi selecionado o *software* Excel (Microsoft). No âmbito do estudo académico, desenvolvido numa perspectiva de entender, conhecer e divulgar quais os modos de atuação na elaboração de um projeto multidisciplinar e tarefas associadas, a componente de planeamento foi apoiada na organização de tarefas, cronologia e sequência, obtida na forma de um ficheiro de Excel, suficiente para ilustrar o procedimento subjacente à operação de geração do modelo 4D requerido. Foram consideradas as colunas referentes à ordem das atividades, designação, início e o fim de cada atividade e tipo de tarefa a realizar. Foram consideradas distintas atividades ordenadas cronologicamente: pavimento; pilares e vigas; paredes; cobertura e murete, redes de águas e de eletricidade; janelas e portas; equipamentos sanitários; dispositivos para iluminação.

A obra está concluída, mas todo o processo construtivo foi documentado fotograficamente, possibilitando considerar o mês de setembro de 2014 como o início da obra. Foi estipulada a duração de cada atividade com base em tabelas de rendimentos de mão-de-obra (Branco, 1998). Na execução da obra das instalações sanitárias foram consideradas dois trabalhadores em todas as tarefas.



A **betonagem** da laje maciça do pavimento do piso 1 corresponde a uma taxa Homem-hora de 1,25/m<sup>3</sup>, taxa que é, posteriormente, multiplicada pelo volume de betão, de 2,6m<sup>3</sup>, quantidade obtida no Revit, e em seguida o valor do produto é dividido pela quantidade de pessoas que vão executar a operação, tendo sido obtido um valor de 1,60h, que dividido por oito horas de trabalho, resultam em 0,20 dias, correspondendo aproximadamente a 2 horas para um dia de 8 horas de trabalho (Tabela 1).

**Tabela 1:** Cálculo da duração das atividades associadas à execução da laje do piso.

Atividade	Taxa H- h/uni.	Unidade	Homem	Quantidade	Uni.	Horas
Betonagem	1.250	H x h/m <sup>3</sup>	2	2.6	m <sup>3</sup>	2
Armadura de D10 mm	0.315	H x h /10kg	2	212.5	kg	3
Armadura de D12 mm	0.283	H x h /10kg	2	118.8	kg	2
Cofragem	2.500	H x h/m <sup>2</sup>	2	16.0	m <sup>2</sup>	20
Aplicação da camada de forma	1.550	H x h/m <sup>2</sup>	2	16.0	m <sup>2</sup>	12
Aplicação da betonilha	0.940	H x h/m <sup>2</sup>	2	16.0	m <sup>2</sup>	8
Colocação de grés porcelânico	1.390	H x h/m <sup>2</sup>	2	16.0	m <sup>2</sup>	11
<b>TOTAL</b>						<b>58</b>

Para as **armaduras**, foi considerado o corte, a dobragem, a armação e a colocação de varões. Foi identificada uma produtividade distinta associada verificado a varões de 10 e 12 mm de diâmetro, como a taxa homem por hora para a armadura é atribuída por 10kg de aço, foi necessário estimar o peso das armaduras. Foi obtido o peso total de 212,5kg e 118,8kg, correspondentes a 3,35h e 1,68h, para os varões de 10mm e de 12mm, respetivamente;

Adicionalmente, foi ainda calculado o período da atividade da execução da **cofragem**, de molde às lajes, pilares e vigas, de colocação de **betonilha**, uma argamassa hidráulica colocada na base do revestimento com um acabamento por colagem ou cimentação, e de aplicação das **placas de grés porcelânico** efetuada por cimentação e colagem de azulejos de grés fino;

Para o cálculo da duração da execução dos **pilares**, foi considerada a aplicação de betão com consistência normal e o corte, a dobragem, a armação e a aplicação de 10kg de varões de aço de 16mm, 12mm e 6mm de diâmetro. A betonagem das **vigas** e o corte, a dobragem, a armação e aplicação de 10kg de varões de aço de 20mm, 16mm, 12mm, 8mm e 6mm de diâmetro, assim como a execução da cofragem, contabilizam as durações mencionadas na tabela. Finalmente, foram calculados os períodos temporais de execução relacionadas com a **cobertura**, como uma laje maciça de betão armado, com a aplicação de varões de aço de 10mm e 12mm, e do **murete** definido pelas tarefas de cofragem e corte, dobragem, armação e aplicação de varões de diâmetro 6mm e 8mm e betonagem;

Em relação à **parede exterior**, são colocados dois painéis de tijolo, uma placa intermédia de isolamento térmico e a execução do reboco exterior e do interior. No processo foram contabilizadas as tarefas de mestras, projeção e aperto, sarrafado, reparação e um 2.º sarrafado para a execução da parede. Foi ainda aplicada uma pintura, com duas demãos, na superfície exterior, com tintas de emulsão, sobre o reboco. No interior foi colocado o revestimento de paredes por cimentação ou colagem de azulejos cerâmicos. O resultado dos cálculos é listado na Tabela 2. Além das paredes exteriores foi contabilizado o período de execução dos três tipos de paredes interiores.



Tabela 2: Cálculo da duração das atividades associadas à realização das paredes exteriores.

Atividade	Taxa H- h/uni.	Unidade	Homem	Quantidade	Uni.	Horas
Execução de alvenaria de tijolo de 15cm	2.215	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	17.7
Execução de alvenaria de tijolo de 11cm	2.923	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	23.4
Aplicação de tinta	0.400	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	3.2
Colocação de isolamento térmico	0.400	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	3.2
Aplicação de reboco, interior e exterior.	2.440	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	19.5
Colocação de grés porcelânico	0.900	H x h/m <sup>2</sup>	2	16	m <sup>2</sup>	7.2
					<b>TOTAL</b>	<b>73.2</b>

A definição das atividades associadas à **canalização** é composta por abertura de roços nas paredes de alvenaria de tijolo, colocação de tubagem e fecho dos roços; segurança provisória de tubos em betão assentes no pavimento; instalação de tubos com acessórios de plástico em braçadeiras em betão. As taxas homem-hora das atividades são calculadas por m<sup>2</sup>. A instalação dos equipamentos **sanitários**, com a ligação de três lavatórios, um bidé, duas sanitas, dois polibams e uma banheira. A taxa de homem/hora é dependente da quantidade e do tipo de dispositivo (Tabela 3).

Tabela 3: Cálculo da duração das atividades associadas à instalação dos dispositivos sanitários

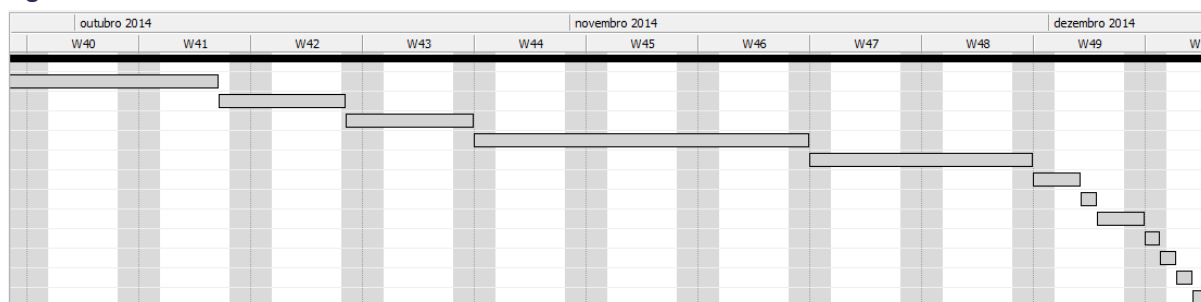
Atividade	Taxa H- h/uni.	Unidade	Homem	Quantidade	Uni.	Horas
Instalação do lavatório	1.850	H x h/unid.	2	3	unidade	2.8
Instalação do bidé	1.460	H x h/unid.	2	1	unidade	0.7
Instalação da sanita	1.910	H x h/unid.	2	2	unidade	1.0
Instalação do polibam	2.670	H x h/unid.	2	2	unidade	2.7
Instalação da banheira	2.030	H x h/unid.	2	1	unidade	1.0
					<b>TOTAL</b>	<b>8.2</b>

Para os dispositivos **elétricos**, são descritas as atividades de ligação e montagem dos interruptores e das tomadas monofásicas, estando ambos colocados no interior.

Finalmente, foram instaladas as **portas** e as **janelas**. O assentamento é efetivado com buchas de 7 a 9mm de diâmetro, com 25mm de comprimento, sendo colocadas 6 por cad vão guarnecido por alvenaria. Para a instalação dos elementos de vão, foi considerado o escoramento, a fixação, a aplicação de vedantes, a montagem e a afinação.

A identificação das atividades e os cálculos de durações acima descritos são uma entrada importante para prosseguir os procedimentos associados ao planeamento de prazos em obras de construção (estabelecer relações apropriadas entre atividades, desfasamentos, cálculo de diagramas de precedências etc.). Existem ferramentas informáticas que suportam o desenvolvimento destes procedimentos e é possível explorar algumas capacidades de interoperabilidade entre essas ferramentas informáticas tendo em vista produzir um calendário de atividades de modo mais ou menos automático. Contudo, a análise detalhada deste tema está excluída do presente artigo. A Figura 8 simula, de forma muito simplificada e apenas para efeitos de demonstração das potencialidades em estudo, o resultado de um calendário de atividades para o sistema de ativos construídos em análise.

Figura 8: Gráfico de Gant.

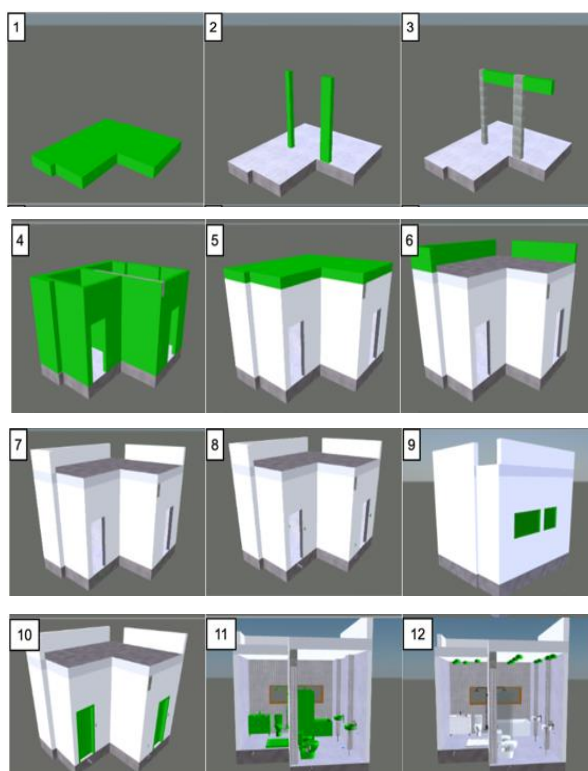


#### 4.2. Geração do Modelo 4D

As componentes, do modelo 3D BIM importado pelo *Navisworks*, devem ser agrupadas e identificadas em função das categorias consideradas no calendário de atividades (gráfico de *Gant*). Esta condição permite selecionar grupos de elementos, cuja categoria corresponde a uma zona ou tipo de componente, de um modo semiautomático ficarem associados a uma determinada atividade. Para outras atividades foi necessário selecionar manualmente os elementos pretendidos, como foi o caso das paredes e do murete pois o sistema considera paredes e muretes num mesmo grupo, embora sejam executados em tempos distintos. Adicionalmente, a categoria relativa à tubagem, requer separação de elementos da distribuição de água e do sistema de drenagem, foram criadas duas condições, um referente a *System Type* com elementos associados à categoria *Piping Systems*, o sistema de tubagem, e a categoria *Plumbing Fixtures*, que considera apenas os dispositivos sanitários. Ambos têm tarefas de execução com ação temporal distinto.

Concluído o processo de associação de elementos por grupo, para cada atividade construtiva, é selecionado, no *Navisworks*, a funcionalidade *TimeLiner*. Na interface é visualizada a lista de atividades definida, apresentada segundo a ordem cronológica estabelecida. Cada atividade da lista é associada ao respectivo grupo de elementos, através da opção *Attach Set*. Posteriormente, foi acionada a animação da simulação da construção podendo ser observada a evolução da obra, sendo apresentada com uma cor verde a componente em processo de execução e a cinzento/branco a componente finalizada (Figura 9).

Figura 9: Sequência da simulação da obra virtual.



### 5. Modelo de Estimativa de Custos (5D)

A base de dados do modelo BIM multidisciplinar pode ser manipulada de forma a poderem ser obtidas tabelas de quantidades, eventualmente associadas a custos, relativas à diferentes disciplinas do projeto. Este tipo de tarefa é referido, no conceito BIM, de extração de informação do modelo. No sector *Project Browser*, do Revit, ao ser selecionada a opção *New Schedule/Quantities*, são apresentadas as disciplinas modeladas:

- Em relação às **paredes** foram selecionadas as variáveis área, volume, comprimento, espessura, nível de base, nível de topo, altura, função. Em relação às **portas** a informação recolhida corresponde a altura e largura, e para as **janelas** as opções altura e largura, transparência e coeficiente de transmissão térmica;
- Em relação à componente de **estruturas**, foram obtidas as tabelas de quantidades referentes ao volume de betão e de aço por elementos (pilares, vigas e lajes do pavimento e da cobertura);
- Em relação aos sistemas de distribuição de **águas** foi quantificada a tubagem, os acessórios e os dispositivos. Cada lista inclui a distribuição de água e esgotos e a informação referente ao tipo de sistema, diâmetro da secção, comprimento, material principal e material secundário;
- As quantidades do projeto de **eletricidade** foram obtidas para os dispositivos de iluminação, nomeadamente, os interruptores de luz, os acessórios de iluminação (candeeiros) e os acessórios de eletricidade (tomadas).

Para uma estimativa dos custos associados a cada componente foi necessário acrescentar o custo unitário a cada objeto paramétrico utilizado. O custo considerado inclui o valor relacionado com o material, montagem e execução (Manso, [2018](#)):

- Em relação ao **pilar** de betão armado a estimativa de custos considerou as dimensões da secção transversal de 20x20cm<sup>2</sup> e de 20x40cm<sup>2</sup>, um pé direito entre 3.0 m, a cofragem em madeira e escoras de elementos metálicos, o betão preparado em obra e betonado segundo o processo manual, tendo sido obtido um valor de 853,06€/m<sup>3</sup> e 735,21€/m<sup>3</sup>, respetivamente;
- Os custos da **tubagem** de **abastecimento** de água são atribuídos a cada diâmetro nominal. Foi considerado o material polietileno reticulado/alumínio/polietileno para as tubagens de multicamada (Tabela 4);
- Os custos relativos às **tubagens** de **drenagem** em PVC estão associados igualmente ao diâmetro. As quantidades de elementos são obtidas automaticamente na forma de tabelas de quantidades (Tabela 5). Idêntica associação de custos foi atribuída a todos os componentes.

**Tabela 4:** Custos de segmentos de tubagem em multicamada.

Diâmetro (mm)	Quantidade	Unidade	Custo (€)/Unidade	Custo Total (€)
D16	7,47	m	3,22	24,05
D20	17,66	m	4,18	73,82
D25	3,95	m	6,22	24,57
			<b>Total (€)</b>	<b>122,44</b>



Tabela 5: Custos de segmentos de tubagem em PVC.

Diâmetro (mm)	Quantidade	Unidade	Custo (€)/Unidade	Custo Total (€)
D32	2	m	5,06	10,12
D40	2,2	m	5,69	12,52
D50	1,26	m	6,73	8,48
D75	1,54	m	8,22	12,66
D90	2,24	m	10,02	22,44
D110	0,99	m	12,6	12,47
			<b>Total (€)</b>	<b>78,70</b>

## 5. Análise e Discussão

O desenvolvimento de um modelo, possibilitou verificar que a sua modelação é facilmente aprendida por recurso ao sistema de modelação BIM selecionado, e que o nível de detalhe e correção que se pode obter na geração do projeto e das diversas e atividades associadas, é bastante vantajoso:

- Em relação à **modelação** das distintas especialidades é possível detalhar a informação rigorosa dos materiais, fabricantes, dimensões, entre outros, que, deste modo, pode funcionar como base de dados para qualquer técnico envolvido no projeto e construção do edifício desenvolver tarefas complementares.
- O cálculo de **custos** é uma tarefa que deve ser executada com rigor e é adicionado numa etapa posterior à geração do modelo 3D. A opção de adicionar informação ao longo do desenvolvimento do projeto e a elaboração de tarefas complementares, como a orçamentação, é uma característica que ainda não é devidamente reconhecida pelos profissionais da construção. Todos os custos unitários podem ser associados ao modelo através da sua atribuição a parâmetros específicos dos objetos paramétricos utilizados na modelação.
- O desenvolvimento do **planeamento da construção** requer novamente a associação de dados ao modelo 3D, de forma a ser criado um modelo 4D. A tarefa de identificar atividades e o cálculo de rendimentos e custos de execução requer um consumo de tempo considerável. No entanto, quando comparado com o modo tradicional da execução desta tarefa, sobre o desenho digital, a manipulação do modelo 3D é manifestamente mais ágil, uma vez que o trabalho de agrupamento de elementos e a sua associação a atividades e respectivo período temporal, é mais direta que a medição e identificação de componentes sobre o desenho.
- As tabelas de quantidades associadas a custos constituem um adequado suporte à **colaboração** entre profissionais e o entendimento com os promotores, permitindo que facilmente se obtenham tabelas atualizadas após qualquer alteração efetuada ao projeto, pois todas as tabelas têm um carácter dinâmico. A comparação de soluções de qualquer das disciplinas modeladas pode ser facilmente estudada com base no modelo 3D. Durante o processo de modelação das redes de águas foram modeladas duas opções de solução.

## 6. Conclusões

Com a criação de legislações, promovidas por entidades governamentais, é espetável o incremento do uso de BIM. A partir do uso de ferramentas de base BIM que permitem aumentar o nível de comunicação entre os diversos profissionais e partes interessadas, é previsto a diminuição de erros, inconsistências, atrasos, custos, consequências legais, acidentes e um aumento de novas abordagens, soluções, técnicas, eficiência e empenho.

A sua implementação deve ser alargada a todas as atividades, e não limitada à modelação 3D. Embora uma modelação rigorosa requeira muito detalhe geométrico, e de correção dos materiais a aplicar, as potencialidades do modelo 3D BIM, uma vez criado, é muito vasta. No presente trabalho foram exploradas as perspectivas de planeamento da construção e de estimativa de custos. É também entendido que a geração do modelo 3D não

requer que toda a informação que é posteriormente requerida em tarefas complementares, seja inserida inicialmente no modelo, quando da sua geração. As diversas tarefas que são realizadas sobre o modelo exigem a adição de informação, as quais devem ser inseridas quando necessárias.

O presente trabalho envolveu diversos procedimentos no âmbito BIM desde a modelação à estimativa de custos. No contexto da atividade inerente à indústria falta ainda alguma divulgação dirigida às potencialidades do BIM no planeamento do processo de construção com a possibilidade da visualização simulada da obra e da comparação da construção planeada com a real no local. Na execução dos modelos 4D e 5D é necessário adicionar informação ao modelo 3D de forma a poderem ser elaboradas as tarefas de planeamento (identificação de tarefas e cálculo de período de execução) e de estimativa de custos (do material e de recursos humanos), característica complementar à modelação que deve ser entendida pelo utilizar BIM como um benefício e não como uma limitação. O presente trabalho contribui para o reconhecimento da importância do BIM aplicado a estes sectores.

### Referências

- Adams, J. (2018). CPD: A Guide to Level 2 BIM. Royal Charter — BIM Portal. <https://www.bimplus.co.uk/explainers/continuing-professionaldevelopment-guide-level-2/>
- Alawad, A. (2017). Using the architectural style of heritage buildings as a tool to avoid health risks-an analytical study of Rowshan in traditional houses in the city of Jeddah. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 604–613. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.047>
- Al-Mohammad, M.S., Haron, A., Esa, M., Aloko, M. N., Alhammadi, Y., Anandh, K. S., & Rahman, R.A. (2022). Factors affecting BIM implementation: evidence from countries with different income levels. *Construction Innovation*, 23(3), 683–710. doi: 10.1108/CI-11-2021-0217
- Baik, A. (2017). From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House — case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 4, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.02.001>
- BIM: Portaria 255/2023. Retrieved from <https://aipor.pt/bim-publicada-a-portaria>
- Branco, P. (1998). *Rendimentos de mão-de-obra, materiais e equipamento em edificação e obras públicas*. Texto Editores. ISBN 978-972-47-0295-7.
- BuildingSMART Norge. (2024). <https://buildingsmart.no/>
- BuildingSMART. (2022). Industry Foundation Classes (IFC) — buildingSMART Technical. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>
- Charef, R., Emmitt, S. & Alaka, H. A. (2018). Beyond the third dimension of BIM: a systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 19, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.04.028>
- Coelho, E. S. (2020). *Tecnologia BIM: conceitos, processos de implementação e relações com o princípio da sustentabilidade*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 23, 114–121. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/principio-da-sustentabilidade>
- Ding, L., Zhou, Y. & Akinci, B. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable nD. *Automation in Construction*, 46, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.009>
- Eastman, C. M. (1999). *Building product models: computer environments, supporting design and construction*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781315138671>



- Ingram, J. (2020). *Understanding BIM: the past, present and future* (1.<sup>a</sup> ed.). <https://www.routledge.com/Understanding-BIM-The-Past-Present-and-Future/Ingram/p/book/9780367244187>
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>
- Manso, A.C. (2018). Informação sobre custos: fichas de atualização, 1.<sup>a</sup> edição, 2. Lisboa: LNEC, 1997.
- Manual de Redes Prediais da EPAL (2023), Ed. 9. <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/clientes/novos-abastecimentos/manual-de-redes-prediais.pdf?sfvrsn=26>
- Merschbrock, C. & Munkvold, B. E. (2015). Effective digital collaboration in the construction industry: a case study of BIM deployment in a hospital construction project. *Computers in Industry*, 73, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.07.003>
- Pedroso, V. M. R. (2008). *CED 7, Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. LNEC. <https://pt.slideshare.net/imadeconstruo/manual-sistemas-prediais-drenagens-aguas-eng-vitor-pedrosopdf>
- Rivera, F. M.-L., Vielma, J. C., Herrera, R. F., & Carvallo, J. (2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). *Advances in Civil Engineering*, 16. <https://doi.org/10.1155/2019/8452461>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G. & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (3.<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Sampaio, A. Z., Gomes, A. & Farinha, T. (2022). *Interoperability in BIM: limitations, inconsistencies and strategies*. SIMULTECH 2022 — International Conference on Simulation and Modelling Methodologies, Technologies and Applications, Lisbon, Portugal. <https://simultech.scitevents.org>
- Sampaio, A. Z., Novais, J. N. & Diniz, J. P. (2019). *Analysis of BIM implementation in structural projects*. CMN 2019 — Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia, Guimarães, Portugal. [www.civil.uminho.pt/cmn2019](http://www.civil.uminho.pt/cmn2019), [www.cmn2019.pt](http://www.cmn2019.pt)
- Sampaio, A.Z. (2021). Maturity of BIM implementation in the construction industry: Governmental Policies. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(7), 92–100. 10.14445/22315381/IJETT-V69I7P214
- Sampaio, A.Z., (2017). BIM as a Computer-Aided Design methodology in Civil Engineering. *The Journal of Software Engineering and Applications*, 10, 194–210. <https://doi.org/10.4236/jsea.2017.102012>
- Sarmiento, R. S. (2023). *BIM implementation in the development of the multidisciplinary project: 4D and 5D models and VR integration* [MSc thesis in Construction, University of Lisbon]. University of Lisbon.
- Schley, M., Haines, B., Roperm, K. & Williams, B. (2016). *BIM for facility management*, Version 2.1. [https://it.ifma.org/wp-content/uploads/2019/04/BIM-FM-Consortium-BIM-Guide-v2\\_1.pdf](https://it.ifma.org/wp-content/uploads/2019/04/BIM-FM-Consortium-BIM-Guide-v2_1.pdf)
- Smith, P. (2014). BIM Implementation: global strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- Taborda, P. & Cachadinha, N. (2012). *BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso*. Congresso Construção 2012 — 4.<sup>o</sup> Congresso Nacional, Ed. ITECons. <http://hdl.handle.net/10362/10012>



Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., -Bozorgi, P. P., Gao, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, 101, 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.020>

Teng, Y., Xu, J., Pan, W. & Zhang, Y. (2022). A systematic review of the integration of building information modelling into life cycle assessment. *Building and Environment*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109260>

Terreno, S., Anumba, C. J., Gannon E. & Dubler, C. (2015). The Benefits of BIM Integration with Facilities Management: A Preliminary Case Study. *Computing in Civil Engineering 2015*. <https://doi.org/10.1061/9780784479247.084>

### Declaração Ética

**Conflito de Interesse:** Nada a declarar. **Financiamento:** Nada a declarar. **Revisão por Pares:** Dupla revisão anónima por pares.



Todo o conteúdo da **RAE — Revista de Ativos de Engenharia** é licenciado sob [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.