

MODELOS BIM OBTIDOS A PARTIR DO CÁLCULO DAS ESPECIALIDADES DO PROJETO DE ENGENHARIA

Paula Assis⁽¹⁾, Pablo Gilabert⁽²⁾, Ricardo Figueira⁽¹⁾

(1) Top Informática, Lda., Braga

(2) CYPE Ingenieros, S.A., Alicante

Resumo

A modelação BIM e o cálculo das várias especialidades de engenharia realizados de forma não integrada originam desaproveitamento de recursos e a necessidade de um maior controlo de qualidade. A CYPE Ingenieros desenvolveu um conjunto de programas de cálculo automático capazes de modelar e calcular de forma integrada, permitindo uma maior otimização dos processos do ponto de vista dos recursos e da qualidade. Os modelos BIM de cada especialidade de engenharia resultam automaticamente do cálculo, dimensionamento e verificação dos requisitos estabelecidos. O processo inicia com a importação do modelo arquitetónico para cada aplicação. É na própria aplicação que se modelam e caracterizam os elementos de cada especialidade, tendo como base o modelo arquitetónico, é realizado o cálculo e o dimensionamento, após o qual se obtém automaticamente o modelo que cumpre os requisitos. Com a tecnologia Open BIM, recentemente implementada no software, e a plataforma BIMserver.center é possível desenvolver um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador que permite desenvolver projetos de forma aberta, coordenada e simultânea entre os distintos agentes intervenientes. Uma das características da tecnologia Open BIM é estar baseada em formatos de intercâmbio standard abertos, onde o conteúdo do projeto BIM não fica vinculado a nenhuma aplicação ou software em concreto. Apresenta-se este novo fluxo de trabalho, no qual o projeto se executa de forma iterativa mediante a execução progressiva das etapas, com a disponibilização automática do modelo federado. As várias aplicações notificam os projetistas sobre as alterações do modelo para que possa ser realizada a respetiva sincronização, até à obtenção do modelo final do projeto.

1. Introdução

Apresenta-se a nova versão em Open BIM do software CYPE, ferramenta de cálculo e dimensionamento para as especialidades do projeto de engenharia, e da plataforma de partilha de informação BIMserver.center. A comunicação entre as especialidades é realizada com ficheiros abertos IFC (Industry Foundation Classes) publicados e sincronizados a partir da referida plataforma. O modelo federado é obtido após o cálculo dos vários modelos, permitindo visionar possíveis colisões e interferências.

O software abarca as várias especialidades do projeto de engenharia para edifícios, o que permite o desenvolvimento de modelos BIM com a redução efetiva de recursos de software, uma vez que cada aplicação é capaz de modelar, calcular, dimensionar e gerar o próprio modelo em IFC.

2. Plataforma BIMserver.center

Esta plataforma foi concebida para administrar, atualizar e partilhar ficheiros de um projeto na nuvem, bem como facilitar a comunicação entre os colaboradores e aplicações que intervêm num projeto desenvolvido através do fluxo de trabalho Open BIM.

A tecnologia Open BIM está subjacente a esta plataforma, sendo o fluxo de trabalho baseado na troca de ficheiros de formato aberto IFC4.

O coordenador de projeto inicia o projeto na plataforma BIMserver.center, para posterior realização das respetivas especialidades, e define “opções de visibilidade”, “pedidos de colaboração” e “tipologia de projeto”.

Em “opções de visibilidade”, o coordenador de projeto define se o projeto é visível para os utilizadores da plataforma, para os colaboradores da sua lista de contactos ou apenas para os colaboradores do projeto em questão. Em “pedidos de colaboração”, o coordenador de projeto seleciona uma das três modalidades de pedidos de colaboração: pedidos de colaboração de todos os utilizadores registados na plataforma, colaboradores incluídos na sua lista de contactos ou não receber pedidos de colaboração. Em “tipologia de projeto”, o coordenador de projeto define se se trata de um projeto para construção, um caso de estudo a desenvolver em ambiente académico, um exemplo a desenvolver no âmbito de um curso, seminário, workshop, etc., ou um caso de teste.

O coordenador de projeto cria também a sua lista de colaboradores e, para cada colaborador, define a respetiva condição de acesso ao projeto. As condições de acesso possíveis são quatro:

- pode ver, adicionar, modificar e eliminar os ficheiros do projeto e convidar utilizadores a colaborar no projeto;
- pode ver, adicionar e modificar os ficheiros do projeto;
- pode ver, adicionar e modificar os ficheiros do projeto, mas todos os ficheiros que adicione terão de ser previamente aceites pelo coordenador de projeto;
- tem permissões apenas para ver os ficheiros do projeto.

Iniciado o projeto, bem como definida a respetiva equipa, pode-se iniciar a modelação das várias especialidades de engenharia, nas aplicações do software, através da importação do modelo base IFC da arquitetura.

3. Fluxo de trabalho Open BIM

Com a tecnologia Open BIM, é possível implementar um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador que permite o desenvolvimento do projeto de forma aberta, coordenada e simultânea entre os vários agentes intervenientes e independente das aplicações e plataformas utilizadas para o seu desenvolvimento.

O fluxo de trabalho Open BIM baseia-se na utilização de ficheiros standard, de formato aberto, IFC4, o que facilita a comunicação entre utilizadores, uma vez que estes podem ser lidos pela maioria das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento dos projetos. Com a utilização do formato IFC garante-se a perdurabilidade do trabalho realizado, pois trata-se de um formato não vinculado a um software específico, passando os ficheiros de dados de uma aplicação a ter um papel secundário, dado que o IFC gerado é a contribuição efetiva para o projeto. Por exemplo, o cálculo estrutural realizado com determinada aplicação pode ser verificado com outra, a partir do ficheiro IFC gerado.

O desenvolvimento de um projeto integrado no fluxo Open BIM começa com a criação de um projeto na plataforma. Esta, através do sincronizador local, cria uma pasta que permite a cada colaborador consultar, editar ou adicionar informação.

Estão assim criadas as condições para iniciar a modelação das várias especialidades de engenharia, através da importação do modelo IFC da arquitetura, obtido de programas como Allplan®, ArchiCAD® ou Revit®. Caso não exista o modelo IFC da arquitetura, pode-se começar pela modelação através do IFC Builder. O modelo arquitetónico de um edifício existente pode também ser criado nesta aplicação, a partir de uma nuvem de pontos obtida por equipamentos laser [1].

No fluxo de trabalho Open BIM proposto, Figura 1, as atualizações são contínuas e unidirecionais, o que permite o desenvolvimento do modelo federado de forma progressiva. A informação sobre cada elemento está num único local e move-se numa única direção. Cada colaborador apresenta soluções para a sua especialidade, podendo visualizar as soluções adotadas pelos outros elementos da equipa, mas apenas poderá editar a parte do projeto que lhe foi atribuída. Desta forma, é garantida a distribuição de responsabilidades, bem como o desenvolvimento contínuo do modelo federado, enriquecendo-se este com toda a informação proporcionada por cada colaborador.

É estabelecido que a descrição técnica dos elementos que compõem o projeto é realizada na aplicação de cada especialidade, o que permite uma caracterização muito especializada, dado que cada colaborador gere apenas a informação sobre a qual é responsável.

As soluções adotadas, para cada uma das especialidades de engenharia, são obtidas através da utilização das aplicações concebidas para simultaneamente modelar e calcular. O processo permite que toda a informação do projeto se encontre integrada e ao mesmo tempo separada por especialidade. As aplicações têm a capacidade de gerar resultados específicos, ou seja, peças desenhadas e peças escritas que incluem os elementos dimensionados, a justificação de cálculos, esquemas de princípio e mapas de quantidades.

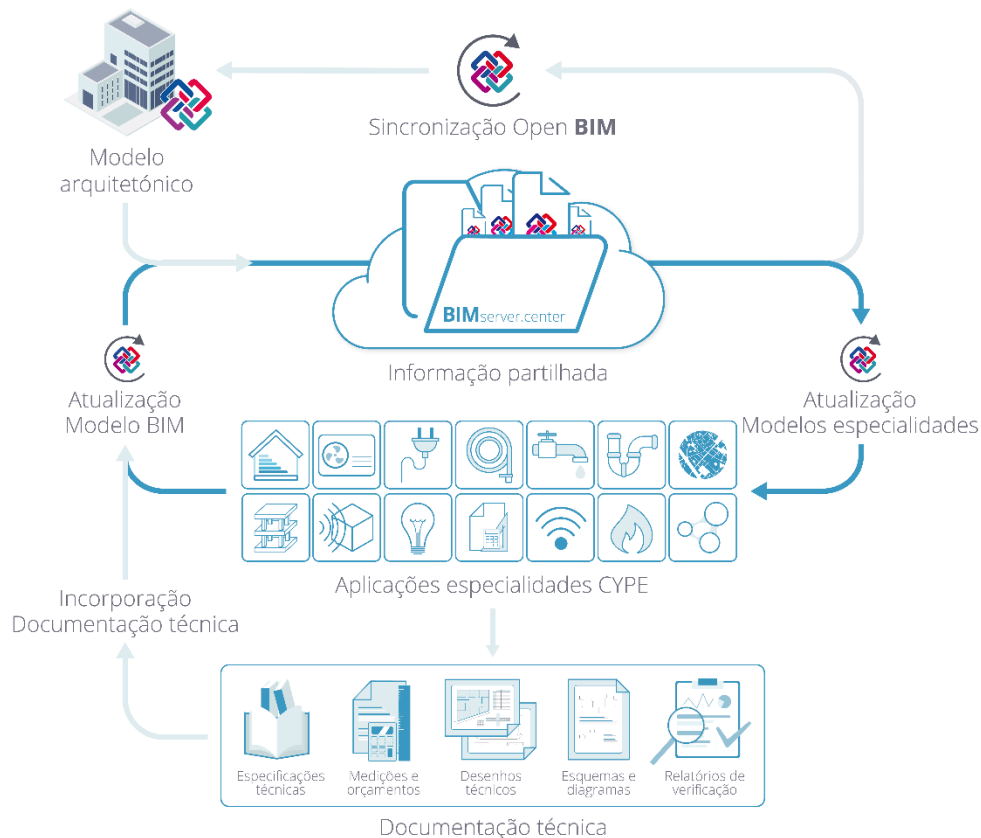


Figura 1: Fluxo de trabalho Open BIM.

4. Modelação e cálculo

O processo de obtenção do modelo federado é apresentado na Figura 2. A modelação inicial é realizada na aplicação através da conexão dos elementos das especialidades de engenharia à arquitetura (como por exemplo: pilares) ou através da introdução desses mesmos elementos (como por exemplo: sistemas de AVAC). Para além da sua geometria é realizada a descrição técnica de acordo com os requisitos da especialidade em questão.

Finalizado o modelo inicial, o colaborador projetista seleciona a função para executar o cálculo. A aplicação efetua o cálculo passando seguidamente ao dimensionamento, verificação regulamentar e geração automática do modelo final. Todo o processo ocorre no software CYPE, não havendo necessidade de recorrer a qualquer outro para efetuar a modelação. O colaborador projetista publica o modelo na plataforma, esta gera automaticamente o modelo federado através do conjunto dos modelos das várias especialidades.

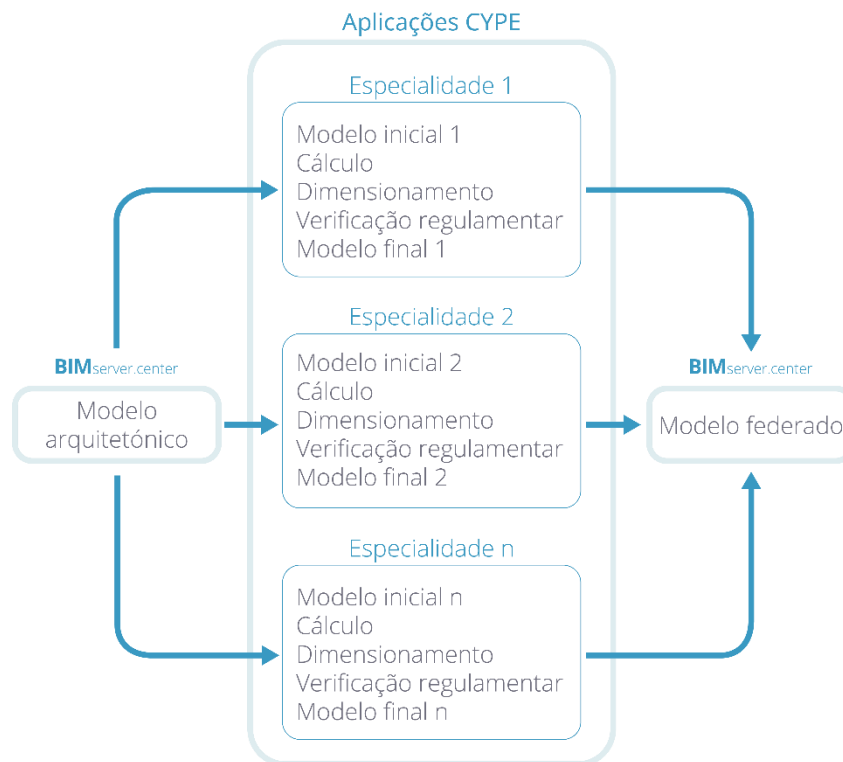


Figura 2: Fluxo de modelação e cálculo.

Cada aplicação apresenta os resultados do dimensionamento e as verificações regulamentares efetuadas. O colaborador projetista de cada especialidade analisa os resultados podendo validá-los, ou, caso contrário, poderá introduzir novas secções (por exemplo: de um pilar, tubo, cabo, conduta, parede); novos equipamentos (por exemplo: grelhas de ventilação, luminária, caixa de visita, ATI) ou novos sistemas (por exemplo: de aquecimento, arrefecimento, AQS). No caso de alteração, esta realiza-se sobre o modelo final de cada especialidade, passando este a ser o modelo inicial e é calculado de novo, é efetuado o dimensionamento e verificações regulamentares, obtendo assim o novo modelo final, encontrando-se disponível para ser publicado no BIMserver.center. Se ocorrer alguma alteração na arquitetura, o modelo arquitetónico pode ser publicado no BIMserver.center, fica assim também disponível em cada aplicação para que o colaborador projetista possa efetuar as alterações à sua especialidade, caso seja necessário. A coordenação do processo é realizada pelo coordenador de projeto.

Este processo repete-se de acordo com as iterações que forem necessárias, quer para otimizar o modelo, quer por consequência de alterações de outras especialidades.

Os processos relativos à execução de um projeto incluem um conjunto de interações entre os vários colaboradores à medida que o projeto avança e os elementos são dimensionados. Sempre que se efetue uma alteração numa especialidade, os colaboradores das restantes especialidades são automaticamente alertados. Este facto ocorre não só para alterações geométricas, mas também para resultados com impacto noutras especialidades. A comunicação é realizada através da informação contida nos modelos IFC que constituem o modelo federado em determinado momento.

Atualmente o fluxo de trabalho Open BIM abarca diversas aplicações, destas apresenta-se seguidamente um conjunto relacionado com modelação, estruturas, avaliação de desempenho

energético e climatização. A descrição apresentada pretende mostrar funções de importância relevante entre estas especialidades no âmbito do fluxo de trabalho Open BIM implementado. Para além destas aplicações, estão ainda disponíveis no fluxo de trabalho Open BIM as seguintes: verificação da acústica dos edifícios, instalações hidráulicas de abastecimento e drenagem de águas, instalações hidráulicas de combate a incêndios e infraestruturas de telecomunicações.

4.1 Aplicação para modelação arquitetónica

A aplicação para modelação permite a criação e manutenção de modelos de edifícios em formato IFC, está integrada no fluxo de trabalho Open BIM através da importação, exportação e atualização de modelos IFC, Figura 3.

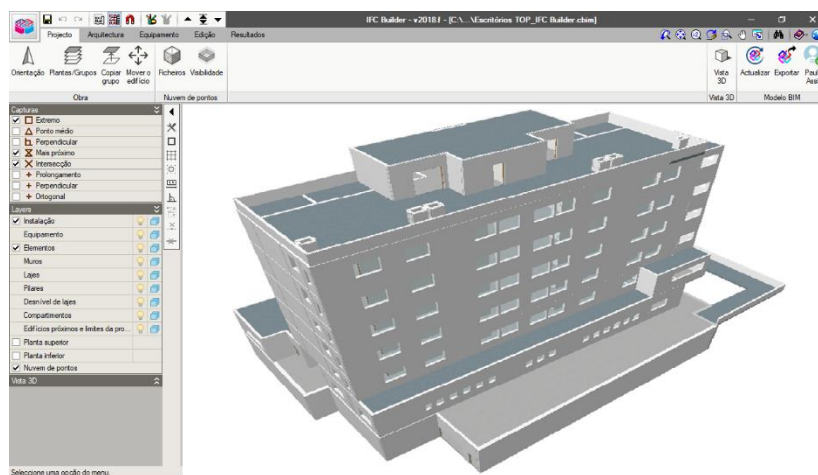


Figura 3: Exemplo de modelo arquitetónico.

A função “importação” foi implementada para os modelos previamente criados, para que possam ser completados de acordo com os requisitos específicos das especialidades de engenharia, como, por exemplo, a definição de compartimentos e zonas para a avaliação energética de edifícios.

A função “exportação” permite exportar o modelo gerado, ficando disponível para ser utilizado pelas restantes aplicações do fluxo de trabalho Open BIM.

A função “atualização” permite efetuar a sincronização com todos os modelos disponíveis na plataforma e apresentar o modelo federado resultante dos modelos das especialidades desenvolvidos até ao momento atual.

4.2 Aplicação para estruturas

A aplicação para a especialidade de estruturas foi lançada em 1991 e tem vindo a ser atualizada ao longo dos anos de acordo com as necessidades do mercado e estado de arte, foi recentemente incluída no fluxo de trabalho Open BIM através da importação, exportação e atualização de modelos IFC.

Após a importação do modelo arquitetónico, são utilizadas as funções de modelação da estrutura, seguidamente a aplicação realiza o cálculo, dimensionamento e verificações e gera o modelo final, bem como o mapa de quantidades dos elementos dimensionados. O colaborador

responsável pelo projeto de estruturas pode, a partir desse momento, publicar o modelo na plataforma, ficando disponível para os restantes colaboradores do projeto, Figura 4.

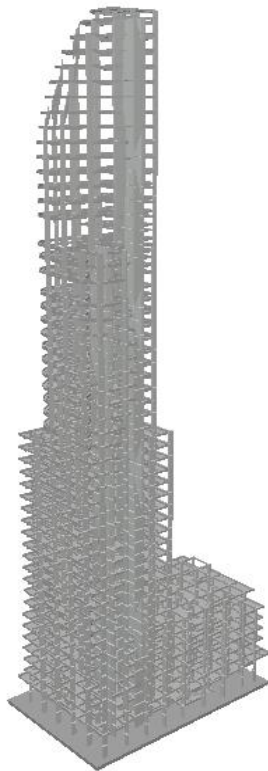


Figura 4: Exemplo de modelo estrutural.

Se, entretanto, algum modelo das restantes especialidades ficar disponível, ou tenha sofrido alguma modificação, o botão “Atualizar” pode ser executado. Como resultado desta função do fluxo Open BIM, é possível visualizar por exemplo as condutas de AVAC e determinar eventuais colisões e interferências com a estrutura.

4.3 Aplicação para instalações de iluminação artificial e natural

A aplicação para a especialidade de instalações de iluminação artificial e natural utiliza o motor de cálculo Radiance, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley National Laboratory. Permite realizar os cálculos e verificações necessárias para justificar o cumprimento das exigências de iluminação dispostas no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [2] e na norma NP EN 12464-1, bem como a determinação das potências de iluminação para efeito de cálculo das cargas térmicas e ainda o mapa de quantidades dos elementos dimensionados.

A integração desta aplicação no fluxo de trabalho Open BIM permite a conceção do modelo luminotécnico a partir do modelo arquitetónico, bem como o cálculo e verificações, dando origem ao modelo final, cuja publicação na plataforma proporciona às aplicações, como a de avaliação energética e de cargas térmicas, dados de entrada necessários para o cálculo.

4.4 Aplicação para cargas térmicas

Esta aplicação foi concebida para realizar o cálculo das cargas térmicas dos edifícios segundo o Método das Séries Temporais Radiativas (RTS), proposto pela ASHRAE.

A aplicação está integrada no fluxo de trabalho Open BIM, facto que permite, através do modelo arquitetónico, obter informação sobre sombreamentos e pontes térmicas, bem como, através do modelo da instalação de iluminação, obter as respetivas potências de iluminação. A informação gerada nesta aplicação é incluída no IFC e é um dado de entrada para a aplicação de climatização.

4.5 Aplicação para climatização

A aplicação para a especialidade de climatização é uma ferramenta para o projeto de instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado. A integração desta aplicação no fluxo de trabalho Open BIM permite que a publicação do respetivo modelo na plataforma, Figura 5, ofereça os dados relativos aos equipamentos e condutas a aplicações como as de avaliação de desempenho energético, verificação da acústica e estruturas.

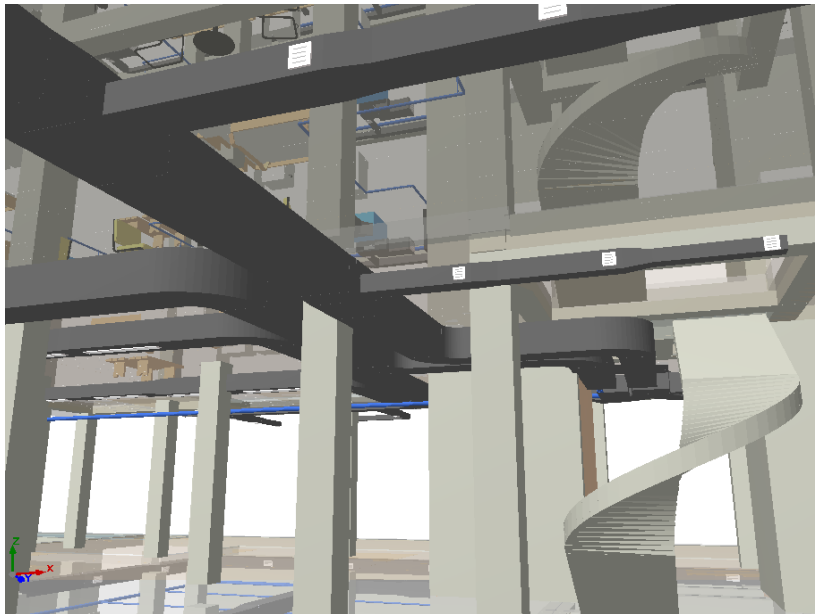


Figura 5: Exemplo de modelo de instalação de climatização.

4.6 Aplicações para avaliação de desempenho energético de edifícios

Para esta especialidade foram desenvolvidas duas aplicações, uma destina-se a edifícios de habitação e a outra a edifícios de comércio e serviços. As verificações são efetuadas de acordo com a regulamentação em vigor, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), respetivamente. Neste último caso a simulação dinâmica multizona é realizada com o motor de cálculo EnergyPlus™.

As medidas de melhoria, requisito regulamentar a incluir no projeto, são consideradas a partir das alterações do modelo, adotando soluções alternativas. Também neste caso o processo ocorre no âmbito do fluxo de trabalho Open BIM através do processamento de ficheiros IFC, até obter as melhores soluções.

4.7 Partilha de informação geométrica e não geométrica

A Tabela 1 apresenta a partilha de informação entre as várias aplicações.

Tabela 1: Aplicações - partilha de informação geométrica e não geométrica

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A										
B										
C										
D										
E										
H										
I										

Informação geométrica
 Informação não geométrica

- A - Aplicação para modelação arquitetónica
- B - Aplicação para estruturas
- C - Aplicação para instalações de iluminação artificial e natural
- D - Aplicação para cargas térmicas
- E - Aplicação para climatização
- F - Aplicações para avaliação de desempenho energético de edifícios, REH e RECS
- G - Aplicação para verificação da acústica dos edifícios
- H - Aplicações para instalações hidráulicas de abastecimento e drenagem de águas
- I - Aplicação para instalações hidráulicas de combate a incêndios
- J - Aplicação para infraestruturas de telecomunicações

5. Modelo federado, peças escritas e peças desenhadas

No fluxo de trabalho Open BIM apresentado, o modelo federado encontra-se na plataforma e pode visualizar-se a partir das aplicações das várias especialidades ou no IFC Builder. Estas funções possibilitam que a conceção dos modelos das especialidades seja realizada atendendo ao modelo federado, gerado no próprio software e existente num determinado momento, desta forma o colaborador pode beneficiar da informação introduzida em modelos de outras especialidades e ao mesmo tempo evitar colisões e interferências. Os modelos podem ser realizados simultaneamente, no entanto, o mapa dos processos poderá prever a ordem de execução mais eficiente, para otimizar a elaboração do projeto.

O coordenador do projeto [3], responsável por garantir a adequada articulação da equipa de projeto, bem como a compatibilidade entre as diversas especialidades, pode acompanhar no IFC Builder a execução do projeto, garantindo a inexistência de colisões e interferências através da visualização do modelo federado do projeto em tempo real. Uma vez finalizado o projeto e

obtido o modelo federado final, o coordenador de projeto valida-o, seguidamente os vários colaboradores poderão obter as peças escritas e desenhadas que farão parte da documentação do projeto como por exemplo nos processos de licenciamento.

6. Conclusões

As ferramentas CYPE - Open BIM, proporcionam a realização do projeto das especialidades de engenharia de forma integrada, através de um processo linear e automático, contemplando a conceção do modelo BIM, o cálculo, o dimensionamento e verificações regulamentares.

A publicação dos modelos, em IFC, concebidos por cada especialidade de engenharia, dá origem ao modelo federado, deste modo é estabelecida a passagem de informação entre as especialidades do projeto, ao mesmo tempo que cada interveniente tem as condições necessárias para resolver colisões e interferências.

A tecnologia Open BIM implementada permite estabelecer um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador. O arquiteto fornece o modelo de arquitetura em formato IFC, caso não exista pode ser criado na aplicação IFC Builder. O modelo é então utilizado, como base, pelos restantes colaboradores responsáveis por cada uma das especialidades de engenharia.

O fluxo de trabalho Open BIM está baseado na plataforma BIMserver.center, que permite administrar, atualizar e partilhar os ficheiros de um projeto na nuvem. O coordenador de projeto coordena as especialidades realizadas pelos colaboradores da equipa, logados e com permissões para utilização da plataforma. Os modelos encontram-se disponíveis para serem utilizados por qualquer software BIM.

A tecnologia Open BIM implementada permite realizar os processos, relativos à conceção do projeto de um edifício, de forma mais otimizada ao nível do controlo de qualidade e dos recursos utilizados, uma vez que o fluxo de trabalho proposto se pode desenvolver utilizando um único software para a modelação e cálculo das várias especialidades de engenharia, através de um processo sequencial automático, sujeito à validação do coordenador de projeto, o que proporciona uma redução nos recursos de software, tempo despendido e ainda uma diminuição da probabilidade de ocorrência do erro humano comparativamente com processos manuais.

Referências

- [1] P. Assis, R. Figueira, and P. Oliveira, "Aplicação para análise energética e económica de soluções para reabilitação de edifícios," in *Congresso da reabilitação do património (2017)*, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2017, pp. 357-365.
- [2] Decreto-Lei n.º 118/2013, Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20, Portugal, 2013.
- [3] A. A. Costa, B. C. Matos, D. Drumond, and I. Rodrigues, *Guia de Contratação BIM*. Lisboa, Portugal: IST, 2017. [Online]. Disponível em: www.ct197.pt. Acedido em: Feb., 10, 2018