

DA WBS AO MQT - O OPENBIM COMO PADRÃO PARA A EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DE QUANTIDADES

Marta Campos⁽¹⁾, Paula Couto⁽²⁾, Sofia Henriques⁽³⁾, Ricardo Simões⁽⁴⁾, Andressa Oliveira⁽⁵⁾

(1) buildingSMART Portugal, Porto, ID ORCID 0009-0000-5760-5375

(2) LNEC, Lisboa, ID ORCID 0000-0002-2663-3565

(3) TPF Consultores, Lisboa, ID ORCID 0009-0000-5941-50141

(4) WALLNUT, Lisboa, ORCID 0009-0002-0162-984X

(5) Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, ORCID 0000-0002-2541-0212

Resumo

Um dos problemas do setor AECO em Portugal é a ausência de um consenso que defina a organização do MQT (Mapa de Quantidades e Trabalhos), isto é, a sua estrutura de base, em inglês a *Work Breakdown Structure* (WBS). Este facto, tem como consequência diversos problemas, mal-entendidos e ineficiências na interpretação e gestão da informação que este documento pretende veicular ao longo da cadeia de valor.

A *buildingSMART* Portugal propôs-se desenvolver uma WBS como base para o MQT, com a participação de especialistas do setor AECO, que envolveu toda a cadeia de valor que produz, interpreta e utiliza este documento para o desenvolvimento das suas atividades, e em paralelo, regras de medição ancoradas na metodologia *openBIM*, nomeadamente no esquema IFC.

A WBS obtida é uma estrutura de classificação de trabalhos, intuitiva na sua utilização, abrangendo todos os trabalhos de construção de Edifícios, todas as especialidades de projeto envolvidas e todos os intervenientes nas fases de conceção, projeto e obra. Alguns dos desafios ultrapassados no desenvolvimento desta estrutura incluíram a desagregação de trabalhos, o agrupamento por ofícios e algumas decisões mais disruptivas. O artigo apresenta a WBS desenvolvida e uma prova de conceito para demonstrar a sua aplicação na prática.

1. Introdução

O setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) tem passado, nas últimas décadas, por inúmeras transformações e modernizações dos seus procedimentos, tanto no âmbito dos processos de conceção de projeto, como no modo de construir, planear e gerir os empreendimentos. Relativamente à conceção e ao planeamento das construções, a metodologia BIM (*Building Information Modelling*) impôs novos desafios a este setor, nomeadamente quanto à transformação digital, reestruturando por completo a forma de projetar. As novas

tecnologias de informação possibilitaram repensar a forma de transmissão da informação e estão no centro da modernização do setor na Europa, e mais recentemente em Portugal [1].

O BIM permite a representação digital dos empreendimentos, associando a descrição geométrica num modelo tridimensional às diversas informações sobre componentes e materiais de construção, funções e atividades espaciais. O modelo, para além de cumprir as funções tradicionais de conceção do projeto e suporte da construção como a deteção de conflitos, quantificação e estimativa de custos, alimenta simulações de energia e iluminação, análises de ciclo de vida e ainda pode ser incorporado em plataformas de gestão de edifício [3].

O aumento da complexidade no setor AECO e o desenvolvimento da metodologia BIM vieram gerar mais informação relacionada com os empreendimentos de construção, criando a necessidade de interoperabilidade entre sistemas (openBIM) e promovendo a ligação entre a normalização dos objetos BIM e os Sistemas de Classificação de Informação da Construção (*Construction Information Classification Systems* - CICS). Os CICS permitem a organização de forma racional, o apoio e a recuperação de informação, tendo como objetivo a troca de informação ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos construídos [2]. Em Portugal foi desenvolvido o SECCLasS (*Sustainability Enhanced Construction Classification System*) que serve a comunidade profissional nacional e se aplica a projetos nacionais e internacionais [3].

Ainda no âmbito da classificação da informação, um dos problemas transversais a todas as áreas do setor AECO em Portugal é a ausência de um consenso que defina a organização do MQT (Mapa de Quantidades e Trabalhos), isto é, a sua estrutura de base, a WBS (*Work Breakdown Structure*), tendo como consequência diversos problemas, mal-entendidos e ineficiências na interpretação e gestão da informação que este documento pretende veicular ao longo da cadeia de valor.

2. Estrutura da WBS

A *buildingSMART* Portugal propôs-se desenvolver uma WBS como base para o MQT, com a participação de especialistas do setor AECO, que envolveu toda a cadeia de valor que produz, interpreta e utiliza este documento para o desenvolvimento das suas atividades, e em paralelo, regras de medição ancoradas na metodologia *openBIM*, nomeadamente no esquema IFC. Assim, pretende-se contribuir para a transição digital, ao apontar um caminho para a integração do tradicional com um modo moderno de classificar e gerir informação da construção.

Os princípios orientadores para o desenvolvimento da WBS foram a boa gestão, a previsibilidade, os formatos abertos, a neutralidade a longevidade e a colaboração. A WBS obtida é uma estrutura de classificação de trabalhos, intuitiva na sua utilização, abrangendo todos os trabalhos de construção de Edifícios, todas as especialidades de projeto envolvidas e todos os intervenientes nas fases de conceção, projeto e obra.

2.1 Macroestrutura

O desenvolvimento da WBS, no qual participaram arquitetos e engenheiros de todas as especialidades de projeto e ainda profissionais que atuam nas áreas da fiscalização e da construção, conduziu à definição de uma macroestrutura com 26 capítulos. Esta definição, que teve por base os princípios orientadores já enumerados, pretende ser de utilização intuitiva para todo o meio técnico nacional, não ser demasiado vasta no número de capítulos de entrada e

incluir todos os conjuntos de trabalhos de construção mais relevantes para a listagem do MQT. Os 26 capítulos da macroestrutura da WBS estão apresentados na Figura 1.

01	ESTALEIRO
02	TRABALHOS PREPARATÓRIOS
03	DEMOLIÇÕES
04	MOVIMENTO DE TERRAS
05	INFRAESTRUTURAS GERAIS EXTERIORES
06	ARRANJOS EXTERIORES
07	ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO (GEOTÉCNICA)
08	ELEMENTOS ESTRUTURAIS: BETÃO, COFRAGENS E ARMADURAS
09	ELEMENTOS ESTRUTURAIS METÁLICOS
10	ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM MADEIRA
11	ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM ALVENARIA E CANTARIA
12	ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM OUTROS MATERIAIS
13	ALVENARIAS NÃO ESTRUTURAIS E DIVISÓRIAS
14	CANTARIAS NÃO ESTRUTURAIS
15	CARPINTARIAS NÃO ESTRUTURAIS
16	SERRALHARIAS NÃO ESTRUTURAIS
17	ELEMENTOS DE PLÁSTICO NÃO ESTRUTURAIS
18	ISOLAMENTOS E IMPERMEABILIZAÇÕES
19	REVESTIMENTOS
20	VIDROS E ESPELHOS
21	PINTURAS
22	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS
23	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS MECÂNICOS
24	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ESPECIAIS
25	ASCENSORES E MONTA-CARGAS
26	ELEMENTOS DE EQUIPAMENTO FIXO E MÓVEL DE MERCADO

Figura 1: Macroestrutura da WBS.

A descrição de cada capítulo é autoexplicativa dos trabalhos de construção que nele devem ser incluídos. Os 26 capítulos de entrada da WBS podem ser agrupados em cinco (5) grandes grupos por tipologia de trabalhos de construção (ver diferenciação por cores na Figura 1). O primeiro grupo inclui trabalhos de natureza geral como por exemplo os trabalhos do estaleiro, das demolições ou dos arranjos exteriores. O segundo grupo inclui os trabalhos relacionados com os elementos estruturais, incluindo as contenções geotécnicas e as estruturas de diferentes materiais (e.g., betão armado, madeira ou alvenaria). O terceiro grupo inclui os trabalhos relacionados com os elementos não estruturais, como sejam as paredes, as portas, as janelas, as guardas, os corrimãos ou as vedações. O quarto grupo inclui os trabalhos relacionados com isolamentos, impermeabilizações, revestimentos, pinturas e ainda vidros e espelhos. Finalmente, o quinto grupo inclui os trabalhos relativos aos diferentes tipos de instalações e

equipamentos (e.g., hidráulicos, mecânicos ou elétricos) e ainda os ascensores e os elementos de equipamento fixo e móvel de mercado. Os trabalhos relativos a conservação e restauro devem ser incluídos nos capítulos e/ou subcapítulos onde houver intervenções dessa natureza, sendo essa referência feita na descrição ao nível do artigo.

2.2 Microestrutura

A microestrutura da WBS desenvolve-se, a partir dos capítulos, em subcapítulos sucessivos, em árvore, que podem atingir até sete (7) níveis de desagregação. A codificação da estrutura é feita com dois dígitos de numeração sequencial, para cada nível da estrutura, separados por pontos. O código assim gerado é unívoco para cada subcapítulo, isto é, quando não existem trabalhos de construção em algum subcapítulo, o respetivo código não aparece no MQT, por isso salta a numeração sequencial. Na Figura 2 é apresentado todo o Capítulo 08 - Elementos Estruturais (Betão, Cofragens e Armaduras) até ao terceiro nível, e ainda o Subcapítulo 08.02.01 - Cofragem para Betão à Vista até ao final da respetiva desagregação, que num caso atinge o nível seis (6).

08	ELEMENTOS ESTRUTURAIS: BETÃO, COFRAGENS E ARMADURAS	
08.01	BETÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS	
08.01.01	MOLDADO	
08.01.02	PROJETADO	
08.01.03	PRÉ-FABRICADO	
08.02	COFRAGENS E MOLDES	
08.02.01	COFRAGEM PARA BETÃO À VISTA	08.02.01 COFRAGEM PARA BETÃO À VISTA
08.02.02	COFRAGEM PARA BETÃO NÃO À VISTA	08.02.01.01 PLANA
08.02.03	MOLDES DE ALIGEIRAMENTO	08.02.01.01.01 MUROS
08.03	ARMADURAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS	08.02.01.01.01.01 DE GRAVIDADE
08.03.01	ARMADURA ORDINÁRIA	08.02.01.01.01.02 DE FLEXÃO
08.03.02	ARMADURA PRÉ-ESFORÇADA	08.02.01.01.02 PILARES E MONTANTES
08.03.03	REDES E MALHAS ELECTROSSOLDADA	08.02.01.01.03 VIGAS, LINTÉIS E CINTAS
08.03.04	FIXAÇÕES E LIGAÇÕES	08.02.01.01.04 PAREDES
		08.02.01.01.05 LAJES
		08.02.01.01.06 ESCADAS
		08.02.01.01.07 OUTROS ELEMENTOS

Figura 2: Microestrutura do Capítulo 08.

2.3 Desafios ultrapassados

O desenvolvimento da WBS nem sempre foi consensual, a classificação de alguns trabalhos criou dúvidas e, por vezes, diferentes especialidades classificavam os seus trabalhos com princípios distintos. A necessidade de desenvolver uma WBS única que correspondesse às expectativas de todos, fez com que se tivessem de ultrapassar alguns desafios e tomado algumas decisões mais disruptivas.

Uma destas situações prendeu-se com a necessidade de criação de um capítulo próprio para separação dos trabalhos relativos às Estruturas de Contenção Geotécnica (Capítulo 7), mas que se reserva apenas à contenção de Terra e Água, sendo que todas as outras contenções, como é o caso de contenção de fachadas, devem estar nos capítulos dos Elementos Estruturais.

No caso dos Elementos Não Estruturais, optou-se pela desagregação dos trabalhos por ofícios (e.g., Cantarias, Carpintarias, Serralharias e Elementos de Plástico), cujos capítulos incluem os Revestimentos feitos desses materiais e os Equipamentos feitos à medida também nesses

materiais. Assim, no capítulo dos Revestimentos apenas aparecem aqueles feitos com materiais não incluídos nos ofícios, como é o caso das argamassas, sendo que os trabalhos relativos a Equipamentos que não são produzidos à medida, incluídos no capítulo de Equipamento de Mercado.

Algumas das decisões mais disruptivas tomadas incluem estes casos da colocação dos revestimentos, por exemplo, de madeira no Capítulo das Carpintarias e não no Capítulo dos Revestimentos.

Na Figura 3 apresenta-se, como exemplo, a microestrutura do Capítulo 15 - Carpintarias Não Estruturais, incluindo os respetivos subcapítulos de Revestimentos e Equipamentos.

15	CARPINTARIAS NÃO ESTRUTURAIS
15.01	ELEMENTOS EM VÃOS
15.01.01	PORTAS, JANELAS E ENVIDRAÇADOS
15.01.01.01	EXTERIORES
15.01.01.02	INTERIORES
15.01.01.03	SEGURANÇA CONTRA INTRUSÃO
15.01.01.04	RESISTENTES AO FOGO
15.01.02	OUTROS ELEMENTOS
15.02	GUARDAS E CORRIMÃOS, E VEDAÇÕES
15.02.01	GUARDAS
15.02.02	CORRIMÃOS
15.02.03	VEDAÇÕES
15.03	REVESTIMENTOS
15.03.01	REVESTIMENTOS DE SUPERFÍCIE
15.03.02	RODAPÉS
15.03.03	SANCAS, FRISOS E GUARNIÇÕES
15.03.04	ESTRUTURAS LEVES OU RIPADO PARA SUPORTE OU FIXAÇÃO DE REVESTIMENTOS
15.04	EQUIPAMENTOS
15.04.01	EQUIPAMENTO FIXO
15.04.02	EQUIPAMENTO MÓVEL
15.05	DIVISÓRIAS
15.06	OUTROS ELEMENTOS

Figura 3: Microestrutura do Capítulo 15.

2.4 Conteúdos disponibilizados

A implementação prática da WBS, apesar de no geral ser bastante intuitiva, pode suscitar dúvidas relativamente à classificação de alguns trabalhos mais específicos. Assim, de forma a facilitar a utilização e interpretação da estrutura da WBS, definida pela *buildingSMART* Portugal, foi desenvolvido um Guião de apoio que esclarece a sua aplicação e promove uma adoção consistente pelos diferentes intervenientes.

Todos os conteúdos associados, incluindo a estrutura da WBS e o respetivo Guião de apoio, encontram-se disponibilizados no *site* oficial da *buildingSMART* Portugal (Figura 4), garantindo acesso fácil e centralizado a toda a documentação de referência.

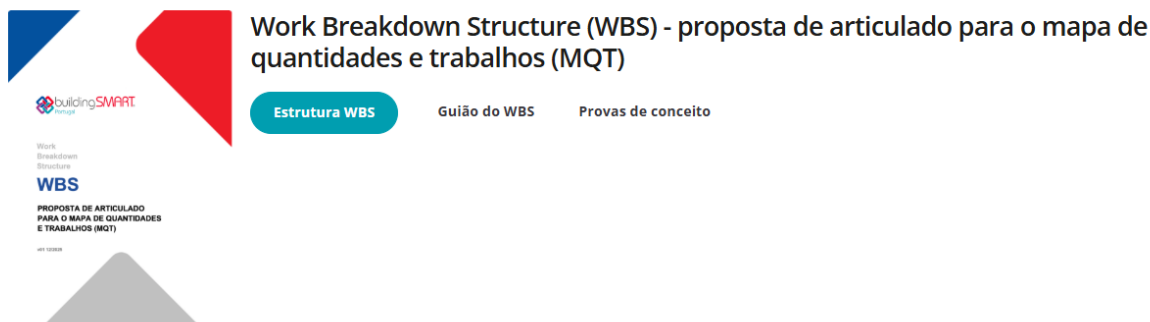


Figura 4: Acesso aos conteúdos relativos à WBS, no *site* da *buildingSMART* Portugal.

3. Prova de conceito

Para demonstrar a aplicabilidade da WBS num fluxo automatizado, desenvolveu-se uma prova de conceito (PoC) centrada na extração de quantidades a partir de um modelo IFC. Neste capítulo, é descrito de forma sucinta o trabalho desenvolvido na PoC, sendo o mesmo aprofundado com maior detalhe no artigo “Geração automática de mapas de quantidades e trabalhos a partir de IFC: Prova de Conceito baseada na WBS da *buildingSMART* Portugal” também apresentado neste congresso. Adicionalmente, alguns dos conteúdos desenvolvidos poderão ser descarregados na página de recursos da *buildingSMART* Portugal.

Como base, foi utilizado um modelo exemplo desenvolvido no âmbito do grupo de trabalho “EIR III – EIR para a etapa de construção”, também associado à *buildingSMART* Portugal.

O modelo é constituído exclusivamente por elementos estruturais de betão armado, pelo que o âmbito desta PoC é deliberadamente restrito ao Capítulo 08 — Elementos Estruturais: Betão, Cofragens e Armaduras da WBS, ficando a validação em modelos com múltiplas especialidades (e.g., Arquitetura, MEP e outros) e com a complexidade típica de projetos reais identificada como trabalho futuro. Na Figura 5 apresenta-se o modelo utilizado.

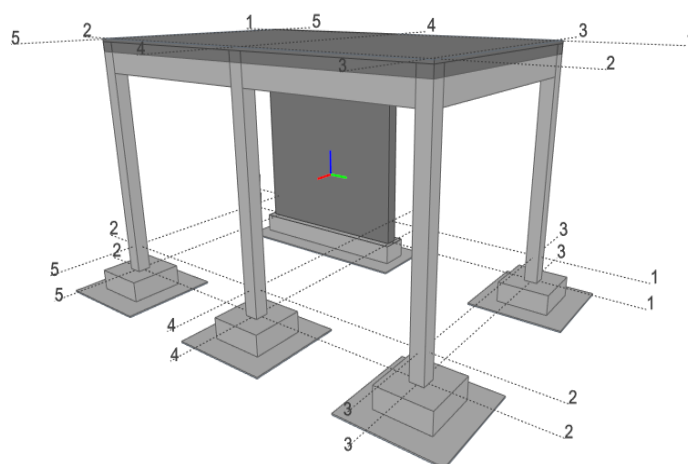


Figura 5: Representação tridimensional do modelo base utilizado na Prova de Conceito.

3.1 Mapeamento entre a WBS e o esquema IFC

O mapeamento entre a WBS e o esquema IFC (IFC4_ADD2_TC1 - 4.0.2.1) foi realizado ao nível dos subgrupos e englobou apenas os elementos contidos no modelo exemplo apresentado acima. Este mapeamento incluiu a relação entre os seus subgrupos (betão de limpeza, sapatas, pilares, paredes, vigas e lajes), as classes IFC dos elementos do modelo e as propriedades IFC que continham a quantidade a ser lida.

Enquanto que para a quantificação dos elementos de betão foram utilizadas propriedades nativas de volume e área, para as cofragens foi necessário criar propriedades específicas que distinguíssem área de cofragem para betão à vista e não à vista. Da mesma forma, para as armaduras, optou-se por uma propriedade personalizada de peso em vez do rácio nativo do IFC, de modo a obter o valor final em quilogramas, conforme definido no livro Regras de Medição do LNEC e como estabelecido na WBS bSPT (ver Figura 6).

08	ELEMENTOS ESTRUTURAIS: BETÃO, COFRAGENS E ARMADURAS		
08.01	BETÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS		
08.01.01	MOLDADO		
08.01.01.03	PILARES E MONTANTES		
	IFC Class	PredefinedType	IFC Property
	IfcColumn	COLUMN	NetVolume
08.02	COFRAGEM E MOLDES		
08.02.02	COFRAGEM PARA BETÃO NÃO À VISTA		
08.02.02.01	PLANA		
08.02.02.01.03	PILARES E MONTANTES		
	IFC Class	PredefinedType	IFC Property
	IfcColumn	COLUMN	UnexposedConcreteFormworkArea_bSPT
08.03	ARMADURAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS		
08.03.01	ARMADURA ORDINÁRIA		
08.03.01.05	PILARES E MONTANTES		
	IFC Class	PredefinedType	IFC Property
	IfcColumn	COLUMN	ReinforcementWeight_bSPT

Figura 6: Mapeamento entre a estrutura da WBS e as propriedades IFC aplicado a pilares.

3.2 Fluxo de trabalho para extração de quantidades

Concluído o mapeamento entre a WBS e o esquema IFC, o foco incidiu na automação da geração do Mapa de Quantidades e Trabalhos (MQT). Para o efeito, foram exploradas e comparadas duas metodologias distintas: uma solução customizada em ambiente Windows e aplicação online IFCflow.

Esta última destacou-se pela celeridade e simplicidade na extração direta de dados do modelo IFC. Contudo, revelou limitações críticas na estruturação da informação, não permitindo alcançar o detalhe e a formatação exigidos para um MQT completo.

Paralelamente, dada a necessidade de uma maior precisão na informação gerada, a solução customizada para ambiente Windows permitiu uma gestão minuciosa da WBS, adicionando descrições detalhadas de artigos à estrutura da WBS e, posteriormente, associando-as diretamente ao esquema IFC.

O fluxo de trabalho culmina na exportação de dados estruturados para formatos editáveis (Excel ou CSV), garantindo total flexibilidade no pós-processamento.

3.3 Visualização de resultados

A etapa final do trabalho consistiu em potenciar a interoperabilidade entre diferentes ecossistemas digitais, transformando o Mapa de Quantidades e Trabalhos (MQT) estático numa interface visual e dinâmica.

Ao utilizar o Power BI, foi possível agregar dados de fontes distintas, garantindo que a informação flua sem barreiras (ver Figura 7). O desenvolvimento desta solução de visualização estruturou-se em três fases:

- **Gestão do modelo** - O modelo IFC foi alojado na plataforma Speckle. Esta escolha foi estratégica para promover a interoperabilidade, permitindo que a geometria do modelo seja consultada via web por qualquer interveniente, sem a necessidade de software de autoria ou licenciamentos complexos.
- **Interconexão de bases de dados** - Através da importação do ficheiro CSV para o Power BI, estabeleceu-se a ligação entre os dados alfanuméricos e o modelo 3D. A interoperabilidade é aqui assegurada pelo GUID (Global Unique Identifier), que garante que cada linha do MQT corresponde aos respetivos elementos no modelo.
- **Configuração da interface de visualização** - Consolidou-se um ambiente de análise centralizado onde a tabela do MQT, o visualizador 3D e os indicadores analíticos operam de forma sincronizada. Esta filtragem cruzada permite a rastreabilidade total dos dados: ao seleccionar um artigo no MQT, o modelo isola automaticamente os elementos correspondentes, permitindo uma validação visual das quantidades extraídas.



Figura 7: Interface da interface de visualização criada em *Power BI*.

4. Considerações finais

A *buildingSMART* Portugal desenvolveu uma WBS como base para o MQT, com a participação de profissionais de todo o setor AECO, que se pretende contribua para uma uniformização deste documento no meio técnico nacional. Em conjunto com a WBS (articulada com o IFC através do mapeamento descrito), está publicado no site da *buildingSMART* Portugal um Guião que ajuda na sua implementação prática da WBS.

A prova de conceito apresentada demonstra a viabilidade do fluxo proposto, mas o seu âmbito é limitado. Foi exercitada num modelo específico, não cobrindo ainda projetos com múltiplas especialidades nem a complexidade típica de obras reais; a quantificação do esforço de preparação do modelo e do tempo economizado face a métodos manuais não foi ainda realizada; e a usabilidade da WBS por projetistas em contexto real carece de avaliação sistemática.

No plano nacional, a WBS e o SECClasS endereçam níveis distintos do problema da classificação, pelo que se perspetiva a sua coexistência e articulação.

Os próximos desenvolvimentos incluem:

- Completar o mapeamento dos restantes capítulos para IFC e SECClasS em coordenação com o grupo EIR;
- Integrar disciplinas em falta na WBS, como por exemplo: Arqueologia, Arquitetura Paisagista, Segurança e Saúde;
- Expandir a prova de conceito de forma a validar a WBS em modelos de arquitetura e outras especialidades de engenharia;
- Recolher *feedback* de implementação por parte da indústria, quantificar ganhos de tempo face ao processo manual e reunir casos de estudo;
- Organização de *Workshops* de aplicação prática da WBS;
- Desenvolvimento de projetos-piloto e partilha de resultados.

Referências

- [1] P. Couto, M. J. Falcão Silva, F. Salvado, "Sistemas de Classificação de Informação na Construção: Contribuição para a definição de um sistema de classificação para Portugal" em *LNEC - Proc. 0805/112/20119. Relatório 268/2019 - DED/NEG*. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, julho de 2019.
- [2] P. Couto, M. J. Falcão Silva, F. Pinho, "Contributo para um CICS Nacional: Tabelas de Produtos, de Propriedades, de Formas de Informação, de Gestão e Direção de Projeto e de Elementos" em *ptBIM 2020 - 3.º Congresso Português de Building Information Modelling*. Porto, FEUP, 26 e 27 de novembro e 4 de dezembro de 2020. DOI: 10.24840/978-972-752-272-9_0877-0887.
- [3] A. Mendez, D. Cale, F. Salvado, I. Almeida, J. Miranda, J. Granja, L. Fonseca, M. Mello, M. J. Falcão Silva, M. Campos, M. Azenha, M. Sibaii, P. Couto, R. Resende, R. Lima, S. Parece, T. Pedro, "Projeto SECClasS - O Desenvolvimento de um Sistema de Classificação da Construção com Componente de Sustentabilidade Adaptado ao BIM" em *ptBIM 2022 - 4.º Congresso Português de Building Information Modelling*. Braga, UM, 4 a 6 de maio de 2022.