

GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MAPAS DE QUANTIDADES E TRABALHOS A PARTIR DE IFC: PROVA DE CONCEITO BASEADA NA WBS BUILDINGSMART PORTUGAL

Andressa Oliveira ⁽¹⁾, Ricardo Simões ⁽²⁾, Marta Campos ⁽³⁾, José Granja ⁽⁴⁾, Miguel Azenha ⁽⁵⁾, Ali Motamedi ⁽⁶⁾, José Lino ⁽⁷⁾

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

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

(3) Magnético, Porto, Portugal, ORCID 0009-0000-5760-5375

(4) Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, ORCID 0000-0002-0858-4990

(5) Universidade do Minho, ISISE, ARISE, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal, ORCID 0000-0003-1374-9427

(6) École de Technologie Supérieure, Montreal, Canadá, ORCID 0000-0002-7012-440X

(7) buildingSMART Portugal, Porto, Portugal, ORCID 0000-0002-1227-600X

Resumo

A quantificação em ambiente BIM é essencial para a preparação de Mapas de Quantidades de Trabalho (MQT), mas, na prática, continua frequentemente dependente de procedimentos manuais e pouco consistentes, sobretudo quando se recorre a modelos interoperáveis no formato IFC. Este artigo tem como objetivo apresentar uma prova de conceito técnica que permite configurar a correspondência entre elementos de um modelo BIM em IFC e itens de uma *Work Breakdown Structure* (WBS) existente, baseada na WBS desenvolvida pela buildingSMART Portugal (bSPT), viabilizando a automatização da extração de quantidades segundo critérios definidos pelo utilizador, sem abordar a construção teórica da WBS. A prova de conceito materializa-se numa aplicação para ambiente Windows (*app*), disponibilizada como executável (.exe) e através do repositório de código, e numa interface de visualização desenvolvida em Power BI. A *app* organiza o processo em três etapas: (i) personalização das descrições dos itens WBS; (ii) mapeamento entre WBS e IFC; e (iii) cálculo automático das quantidades a partir do modelo. Como resultados, a *app* gera dois ficheiros: (i) um ficheiro .xls estruturado segundo a WBS e correspondente a um MQT preenchido; e (ii) um ficheiro .csv passível de integração na interface de visualização que associa itens WBS à visualização do modelo. Esta integração é definida no Power BI associando a informação do ficheiro csv com o Speckle, plataforma digital que, no âmbito da Prova de Conceito, atua como um repositório de modelos BIM. A prova de conceito evidencia a possibilidade de articular, de forma consistente e replicável, uma estrutura de trabalhos com processos de quantificação baseados em IFC, contribuindo para maior padronização e automatização em fluxos BIM no contexto de Portugal.

1. Introdução

A quantificação no contexto da indústria da construção constitui uma atividade central para a preparação de mapas de trabalhos e quantidades, suportando processos de estimativa, planeamento e controlo [1]. A implementação de *Building Information Modelling* (BIM) no setor traz a crescente disponibilidade de modelos de informação, entretanto a extração de quantidades permanece, em muitos casos, dependente de procedimentos manuais, com fraca padronização, maior propensão a inconsistências e limitada replicabilidade entre projetos [2]. Quando este processo se baseia no esquema *Industry Foundation Classes* (IFC), torna-se particularmente relevante explicitar critérios para identificar, filtrar e quantificar elementos. A comunidade académica e a indústria têm desenvolvido abordagens para responder a este desafio, propondo métodos que automatizam a extração de quantidades a partir de modelos BIM, incluindo soluções baseadas em IFC [1]-[5]. Embora estes trabalhos indiquem ganhos de eficiência, consistência e rastreabilidade quando a informação do modelo é preparada para o objetivo de quantificação, a sua aplicação prática permanece frequentemente condicionada pela dependência de estruturas de medição e classificações de itens específicos de cada organização, limitando a comparabilidade e a reutilização entre projetos. Com o propósito de promover maior consistência na organização de medições, a buildingSMART Portugal (bSPT) desenvolveu, no âmbito do grupo de trabalho “WBS – Grupo de trabalho para concertação de uma listagem WBS”, uma lista *Work Breakdown Structure* (WBS) padronizada para projetos de construção, constituindo uma referência para a harmonização da nomenclatura e para a estruturação de itens de trabalho no contexto português [6]. Nesta abordagem, a WBS estrutura a organização e a agregação das medições, permitindo consolidar as quantidades extraídas do modelo por item e apresentá-las num Mapa de Quantidades de Trabalho (MQT). No entanto, a adoção efetiva de uma WBS comum em fluxos baseados em IFC exige mecanismos que tornem explícita a correspondência entre itens da WBS e elementos do modelo. Acresce que, apesar da existência de abordagens semelhantes, não há ainda demonstração do mapeamento de um modelo IFC com base na WBS da bSPT e geração automática de documento de medições. Neste contexto, o presente artigo descreve uma prova de conceito técnica que consiste na definição e operacionalização de um mecanismo de mapeamento entre itens da WBS com classes e propriedades do IFC, permitindo configurar, de forma sistemática, os critérios de seleção e quantificação, suportando a geração automática de um MQT. O artigo organiza-se da seguinte forma: secção 2 apresenta projeto exemplo desenvolvido e Nível de Informação Necessário (*Level of Information Need*); secção 3 descreve o desenvolvimento da aplicação Windows para configuração e execução do mapeamento e do painel de visualização em Power BI; e secção 4 apresenta as conclusões. Os desenvolvimentos aqui apresentados são da responsabilidade exclusiva dos autores deste artigo, que integram apenas parte do grupo WBS da bSPT. Contudo, o grupo concordou com a disponibilização dos ficheiros desenvolvidos no site da bSPT [6].

2. Projeto exemplo

O desenvolvimento do projeto exemplo incluiu as seguintes etapas: o desenvolvimento da geometria de um modelo fictício da disciplina de estruturas (Figura 1); a seleção dos itens WBS relevantes no contexto do modelo fictício; a correspondência entre itens WBS e IFC; e a definição do nível de informação necessário para cada elemento do modelo fictício.

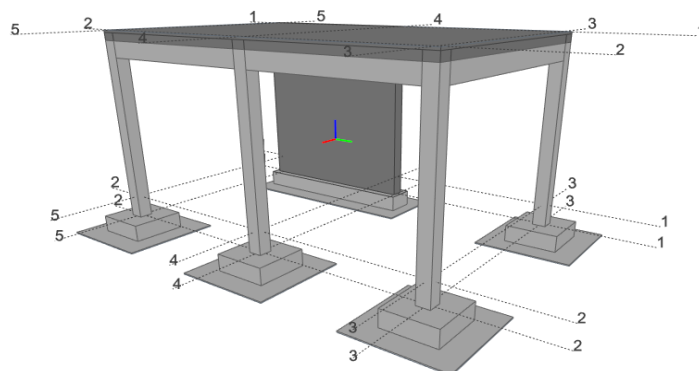


Figura 1: Visão tridimensional do modelo exemplo.

2.1 Mapeamento entre WBS e IFC

Após a definição geométrica do modelo, foi necessário mapear os elementos para as respectivas classes IFC, considerando o esquema IFC4. Este mapeamento constitui o ponto de partida para relacionar a estrutura de trabalhos (WBS) com os objetos do modelo, assegurando que a quantificação é extraída a partir de entidades IFC e propriedades coerentes com os itens a preencher. O mapeamento entre elementos e classes IFC está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Mapeamento entre elementos do modelo e classes do esquema IFC 4.

Elemento	IFC Class	Predefined Type	Object Type
Betão de limpeza	<i>IfcPlate</i>	<i>USERDEFINED</i>	<i>CONCRETEBEDDING</i>
Sapata	<i>IfcFooting</i>	<i>PAD_FOOTING</i>	<i>n/a</i>
Pilar	<i>IfcColumn</i>	<i>COLUMN</i>	<i>n/a</i>
Parede estrutural	<i>IfcWall</i>	<i>SOLIDWALL</i>	<i>n/a</i>
Viga	<i>IfcBeam</i>	<i>BEAM</i>	<i>n/a</i>
Laje	<i>IfcSlab</i>	<i>FLOOR</i>	<i>n/a</i>

De seguida, foi realizada uma análise da WBS original para selecionar os itens que se relacionavam com a construção simulada do modelo exemplo. Os itens da WBS original selecionados e as correspondências entre itens, elementos e propriedades alfanuméricas são apresentados na Tabela 2. Para cada item selecionado, foi então definido como a informação necessária seria obtida a partir do IFC, nomeadamente: (i) que elementos seriam considerados; (ii) que propriedades alfanuméricas (incluindo *quantities*) seriam lidas; e (iii) como as quantidades seriam calculadas e organizadas para preencher o item WBS. Nos casos em que o IFC não continha propriedades nativas condizentes com a informação pretendida, foram definidas propriedades *user defined*. Todas as propriedades *user defined* foram também agrupadas em conjuntos de propriedades *user defined*. A presença do prefixo “PTBS_” indica que o grupo de propriedades e as propriedades contidas nele não são nativos do IFC (Tabela 2). Todos os itens mostrados na Tabela 2 são derivados do item 08 da WBS original “ELEMENTOS ESTRUTURAIS: BETÃO, COFRAGENS E ARMADURAS”. Para o item 08.01 (Tabela 2), referente à quantificação de betão, as propriedades correspondentes a volume (*NetVolume*) e área (*NetArea*) foram obtidas a partir dos *quantity sets* associados a cada

IfcClass. Para os itens relativos a cofragem (08.02), foram definidas propriedades *user defined* que distinguíssem, para o mesmo elemento, zonas de betão à vista e não à vista. Assim, optou-se por requerer *ExposedConcreteFormworkArea* e *UnExposedConcreteFormworkArea*, contendo a área final de cofragem para betão à vista e não à vista, respetivamente. Por fim, para o item relativo a armadura (08.03), optou-se pela propriedade *ReinforcementWeight*, em alternativa à propriedade nativa do IFC *ReinforcementVolumeRatio* do grupo *Pset ConcreteElementGeneral*. Esta decisão decorreu do facto de na propriedade nativa expressar uma relação (rácio) e não um valor final em quilogramas, como requerido na WBS.

Tabela 2: Itens WBS mapeados a propriedades IFC.

WBS	Elemento	Propriedade	Grupo de Propriedades
08.01	BETÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS		
08.01.01	MOLDADO		
08.01.01.01.01	Betão de limpeza	<i>NetArea</i>	<i>Qto_PlateBaseQuantities</i>
08.01.01.01.03	Sapata	<i>NetVolume</i>	<i>Qto_FootingBaseQuantities</i>
08.01.01.03	Pilar	<i>NetVolume</i>	<i>Qto_ColumnBaseQuantities</i>
08.01.01.04	Viga	<i>NetVolume</i>	<i>Qto_BeamBaseQuantities</i>
08.01.01.05	Parede	<i>NetVolume</i>	<i>Qto_WallBaseQuantities</i>
08.01.01.06	Laje	<i>NetVolume</i>	<i>Qto_SlabBaseQuantities</i>
08.02	COFRAGENS E MOLDES		
08.02.01	COFRAGENS PARA BETÃO À VISTA		
08.02.01.01.02	Pilar	<i>ExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.01.01.03	Viga	<i>ExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.01.01.04	Parede	<i>ExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.01.01.05	Laje	<i>ExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.02	COFRAGENS PARA BETÃO NÃO À VISTA		
08.02.02.01.01.01	Sapata	<i>UnExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.02.01.03	Pilar	<i>UnExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.02.01.04	Viga	<i>UnExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.02.01.05	Parede	<i>UnExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.02.02.01.06	Laje	<i>UnExposedConcreteFormworkArea</i>	<i>PTBS_FormworkQuantities</i>
08.03	ARMADURAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS		
08.03.01	ARMADURA ORDINÁRIA		
08.03.01.01.01	Sapata	<i>ReinforcementWeight</i>	<i>PTBS_ReinforcementInformation</i>
08.03.01.05	Pilar	<i>ReinforcementWeight</i>	<i>PTBS_ReinforcementInformation</i>
08.03.01.06	Viga	<i>ReinforcementWeight</i>	<i>PTBS_ReinforcementInformation</i>
08.03.01.07	Parede	<i>ReinforcementWeight</i>	<i>PTBS_ReinforcementInformation</i>
08.03.01.08	Laje	<i>ReinforcementWeight</i>	<i>PTBS_ReinforcementInformation</i>

2.2 Nível de Informação Necessário

Foram elaboradas tabelas de requisitos de informação de acordo com a metodologia do Nível de Informação Necessário [7], com enfoque exclusivo na informação alfanumérica requerida. Para além das propriedades que contêm as quantidades finais descritas na secção anterior, definiram-se também propriedades alfanuméricas adicionais, necessárias para a filtragem dos elementos no modelo. Ou seja, no exemplo apresentado na Tabela 4, relativo ao Nível de Informação Necessário de uma parede estrutural, para além das propriedades indicadas na Tabela 3, foram ainda requeridas as propriedades *LoadBearing*, com valor “TRUE”, para identificar que a parede é efetivamente estrutural, e *ConstructionMethod*, com valor “In-Situ”, garantindo a diferenciação destes elementos no âmbito do item “08.01.02 MOLDADO”, conforme a estrutura da WBS original. Adicionalmente, foi requerida a propriedade *WbsGrouping*, com o objetivo de permitir a organização posterior da WBS preenchida, ou MQT. Esta propriedade suporta cenários em que elementos do mesmo tipo apresentam características dimensionais distintas (e.g., paredes de 200 mm vs. 300 mm) e devem, por isso, ser descritos em linhas separadas no MQT. Após a definição do Nível de Informação Necessário para cada elemento, o modelo foi atualizado, concluído e exportado para IFC.

Tabela 3: Informação alfanumérica requerida para elementos do tipo “Parede Estrutural”.

Objeto:		Paredes	
Classe IFC		IfcWall	
Atributos			
Predefined Type		SOLIDWALL	
Classificação			
Sistema	Tabela		
SECClasS	Produtos	Pr_20_93_85_14	
Conjunto de propriedades			
Propriedade	Unidade	Conjunto de propriedades	
LoadingBearing	n/a	Pset_WallCommon	TRUE
ConstructionMethod	n/a	Pset_ConcreteElementGeneral	In-Situ
NetVolume	m³	Qto_WallBaseQuantities	X
UnExposedConcreteFormworkArea	m²	PTBS_FormworkQuantities	X
ExposedConcreteFormworkArea	m²	PTBS_FormworkQuantities	X
ReinforcementWeight	kg	PTBS_ReinforcementInformation	X
WbsGrouping	n/a	PTBS_Identification	X
Material			
Name		Concrete	

X = objeto deve conter a propriedade, mas não há valor especificamente requerido

3. Aplicação Windows

A etapa seguinte da prova de conceito consistiu no desenvolvimento de uma aplicação para ambiente Windows (doravante, *app*), destinada a extrair quantidades de um modelo em IFC e a gerar uma WBS preenchida (MQT). A *app* não efetua verificação do modelo, assumindo-se que (i) os modelos utilizados cumprem o Nível de Informação Necessário definido para o objetivo e (ii) o mapeamento é efetuado de forma correta. O código desenvolvido está disponível num repositório GitHub, onde também pode ser consultada a documentação detalhada da implementação [8], sendo a versão final correspondente a uma versão de testes.

3.1 Desenvolvimento da aplicação

A *app* estrutura o processo em três etapas independentes (Figura 2), executáveis de forma sequencial ou faseada. O principal input é o ficheiro *.xls* que contém a WBS desenvolvida pela bSPT (WBS original), sendo o output final um Mapa de Quantidades de Trabalho (MQT) preenchido. Ao longo do processo, são produzidos ficheiros intermédios: quando a execução é sequencial, estes são transferidos automaticamente entre etapas; quando a execução é faseada, podem ser descarregados no final de cada etapa, permitindo retomar o fluxo posteriormente. Esta independência é particularmente útil em projetos de maior dimensão e favorece a criação de ficheiros padrão reutilizáveis noutros projetos. A aplicação contém quatro abas (Figura 3). A aba inicial “Home” (Figura 3a) funciona como ponto de entrada e redirecionamento, apresentando perguntas orientadoras para encaminhar o utilizador para a etapa apropriada. As três abas seguintes correspondem diretamente às três etapas ilustradas na Figura 2.

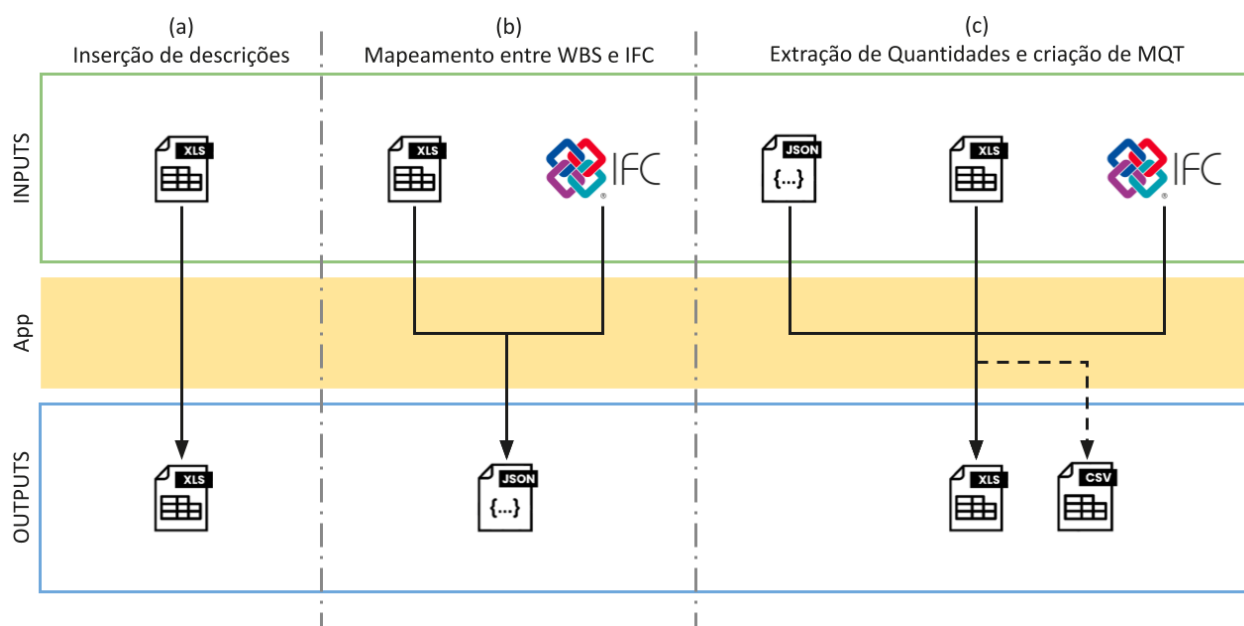


Figura 2: *Inputs*, *outputs* e visão geral do funcionamento da *app* por etapas.

- Inserção de Descrições (Figuras 2a)

Esta etapa corresponde à aba “WBS e descrição” (Figura 3b). A WBS original é analisada para identificar explicitamente as colunas “Nível”, “WBS”, “Descrição” e “Uni.”, por conterem informação necessária ao MQT final. Em seguida, os itens são apresentados ao

utilizador, que pode adicionar descrições personalizadas. No final, é gerado o ficheiro intermédio “WBS_ComDescricao.xls”, que mantém a estrutura da WBS original e incorpora as descrições introduzidas, exceto nos itens sem descrição. Este ficheiro permite, por exemplo, que uma organização mantenha um ficheiro base com descrições padronizadas, aplicável a múltiplos projetos, reduzindo esforço em utilizações futuras.

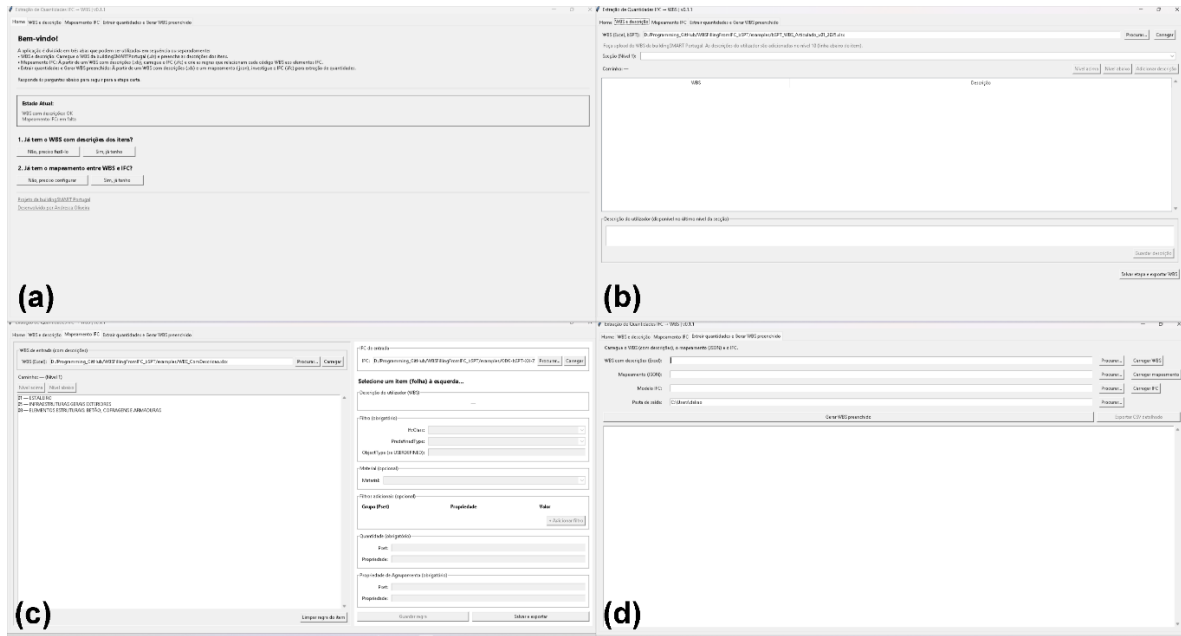


Figura 3: Interface da app. Aba *Home* (a), aba *WBS e descrição* (b), aba *Mapeamento IFC* (c), e aba *Extrair quantidades e Gerar WBS preenchido* (d).

- Mapeamento entre WBS e IFC (Figura 2b)

Esta etapa ocorre na aba “Mapeamento IFC” (Figura 3c). Os *inputs* são o ficheiro .xls resultante da etapa anterior e o ficheiro IFC do projeto, e o *output* é o ficheiro “mapeamento_ifc.json”. Nesta etapa, o utilizador define explicitamente a relação entre cada item do “WBS_ComDescricao.xls” e os elementos do modelo em IFC, especificando: (i) que elementos são considerados, (ii) de que propriedades a informação é extraída e (iii), opcionalmente, como os elementos são organizados no documento final. O mapeamento é realizado através de cinco secções na aplicação. Considera-se, a título de exemplo, o mapeamento do item 08.01.01.05 da WBS (Tabela 2). Na secção “Filtro (obrigatório)”, são disponibilizadas listas suspensas com *IFC Classes*, *Predefined Types* e *Object Types* extraídos do IFC; neste exemplo, selecionar-se-iam *IfcWall* e *STANDARDCASE* para os dois primeiros campos, mantendo o terceiro vazio (Tabela 4). Na secção “Material (opcional)”, é possível restringir os elementos por material; no exemplo, selecionar-se-ia *Concrete*. Em “Filtros adicionais (opcional)”, podem ser definidos requisitos adicionais com base em propriedades e valores; neste caso, *LoadBearing* = *TRUE* e *ConstructionMethod* = *In-Situ* (Tabela 4). Na secção “Quantidade (obrigatório)”, define-se a propriedade a partir da qual a *app* extrai o quantitativo; para o volume de betão, indicar-se-ia *NetVolume*. Por fim, a secção “Propriedade de Agrupamento (opcional)” permite indicar a propriedade usada para organizar a saída. No exemplo, seria utilizada *WbsGrouping*, podendo o modelo conter, por exemplo, a largura da parede como valor (200

mm). Assim, num cenário com paredes de diferentes larguras, a WBS preenchida apresentaria linhas distintas para o mesmo item, com as quantidades (m³) agregadas por grupos de diferentes larguras.

- Extração de quantidades e criação de MQT (Figura 2c)

Correspondente a aba final “Extrair quantidades e Gerar WBS preenchido” (Figura 3d). Os *inputs* desta etapa são o ficheiro “mapeamento_ifc.json”, o ficheiro “WBS_ComDescricao.xls” e o ficheiro IFC do projeto. Na interface, o botão “Gerar WBS preenchido” inicia a varredura do ficheiro IFC para extração de quantidades segundo as regras definidas em “mapeamento_ifc.json”, e gera um ficheiro final em .xls que contém a estrutura organizada segundo a WBS original, incluindo as descrições do utilizador e as quantidades extraídas do modelo, agregadas por item, resultando num MQT preenchido. O botão “Exportar CSV detalhado” gera um ficheiro .csv com a listagem individualizada dos elementos investigados, incluindo informação adicional como GUID, classes IFC, códigos de classificação e pisos. Este ficheiro funciona como registo de rastreabilidade dos elementos varridos e como *input* para a interface de visualização em Power BI desenvolvido na etapa final desta prova de conceito (secção 3.3).

3.2 Uso da aplicação no projeto exemplo

Por fim, a *app* desenvolvida foi utilizada para extrair as quantidades do modelo exemplo apresentado na secção 2.1. A Figura 4 evidencia a equivalência entre as quantidades observadas no modelo IFC e aquelas que constam dos *outputs* finais da *app*, confirmando a leitura correta dos quantitativos a partir do modelo IFC e o respetivo mapeamento para os itens da WBS.

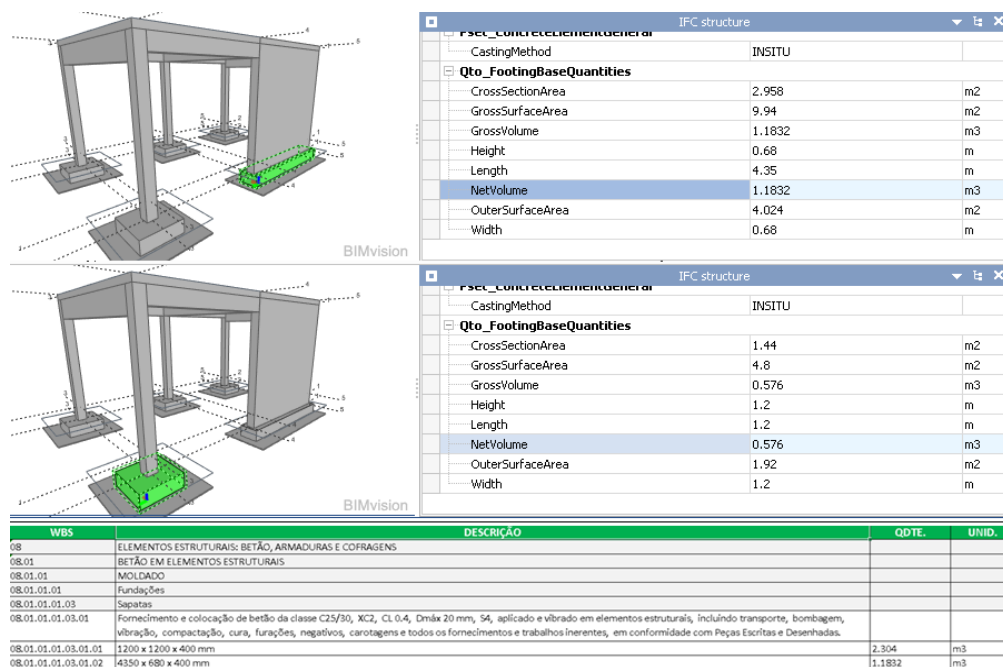


Figura 4: Equivalência nas quantidades visualizadas no modelo e no MQT final.

3.3 Interface de visualização

Para a visualização dos resultados, utilizou-se o Power BI, uma aplicação de *Business Intelligence* que permite a agregação, análise e visualização de grandes volumes de dados. O processo de desenvolvimento desta interface (Figura 5) foi estruturado em três etapas: (i) gestão do modelo, (ii) relacionamento entre bases de dados e (iii) configuração da interface. A gestão do modelo recorreu à plataforma *open-source* Speckle, uma plataforma digital que permite a comunicação de dados geométricos via *web*, sem necessidade de *software* de autoria. Numa segunda fase, procedeu-se à importação do ficheiro *csv* do MQT, bem como à ligação ao Speckle através de um conector. A correspondência entre ambas fontes de informação foi garantida através da propriedade *Global Unique Identifier* (GUID), estabelecendo uma relação direta entre os elementos do modelo e a informação no *csv*. Por fim, a interface foi concebida para integrar o articulado do MQT numa tabela, o modelo BIM num visualizador 3D interativo e um conjunto de gráficos para possibilitar uma análise qualitativa dos componentes do modelo.



Figura 5: Interface de visualização desenvolvida no *Power BI*.

4. Conclusão

A prova de conceito confirma a viabilidade de estabelecer uma ligação estruturada entre uma WBS padronizada e um modelo IFC, suportando a extração de quantidades através de um mapeamento configurável pelo utilizador. A formalização das regras de seleção, filtragem e cálculo permite tornar o processo mais consistente e replicável, sobretudo quando o fluxo é executado por etapas independentes e o mapeamento é guardado para reutilização em projetos com estrutura semelhante. Contudo, a eficácia da automatização depende da qualidade e completude da informação no modelo em IFC; quando essa informação é insuficiente ou pouco fiável, a automatização pode ser inviável. Por se tratar de uma prova de conceito, existem ainda limitações de generalização, ainda que o trabalho demonstre, de forma prática, a aplicabilidade da WBS da buildingSMART Portugal num fluxo de quantificação baseado em IFC.

Agradecimentos

Agradece-se à buildingSMART Portugal e, em particular, aos grupos de trabalho “WBS – Grupo de trabalho para concertação de uma listagem WBS” e “EIR III – EIR para a etapa de construção” (informações sobre grupos de trabalho da buildingSMART Portugal: <https://buildingsmart.pt/grupos-de-trabalho/>). Agradece-se ainda ao Tiago Teixeira pela colaboração nas etapas iniciais do trabalho. Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, ao abrigo do contrato da bolsa [PRT/BD/154416/2023] atribuída ao 1º autor, no âmbito do Programa MIT Portugal. Este trabalho foi também apoiado pela FCT/MCTES no âmbito da Unidade de I&D Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Estruturas de Engenharia (ISISE), com as referências UID/4029/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/04029/2025>) e UID/PRR/04029/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/PRR/04029/2025>), e no âmbito do Laboratório Associado Produção Avançada e Sistemas Inteligentes ARISE com a referência LA/P/0112/2020.

Referências

- [1] B. Ferreira Silva, «Metodologia BIM no apoio à medição de quantidades Engenharia Civil», Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa, Nov. 2016.
- [2] D. Fürstenberg, E. Hjelseth, O. J. Klakegg, J. Lohne, e O. Lædre, «Automated quantity take-off in a Norwegian road project», *Sci. Rep.*, vol. 14, n. 1, Dez. 2024, doi: 10.1038/s41598-023-50486-6.
- [3] B. Sherafat, H. Taghaddos, e E. Shafaghat, «Enhanced automated quantity take-off in building information modeling», *Scientia Iranica*, vol. 29, n. 3 A, pp. 1024–1037, Mai. 2022, doi: 10.24200/SCI.2021.56668.4847.
- [4] L. R. J. de Sousa, «Machine learning framework for an automated BOQ task-matching process», Dez. 2025. Acedido: 3 de Fevereiro de 2026. [Online]. Disponível em: https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=755658
- [5] S. A. CYPE Ingenieros, «Open BIM Quantities». Acedido: 3 de Fevereiro de 2026. [Online]. Disponível em: <https://info.cype.com/pt/software/open-bim-quantities/>
- [6] buildingSMART Portugal, «Recursos». Acedido: 27 de Janeiro de 2026. [Online]. Disponível em: <https://buildingsmart.pt/recursos/>
- [7] International Organization for Standardization [ISO], «ISO 7817-1. Building information modelling — Level of information need. Part 1: Concepts and principles», 2024. [Online]. Disponível em: www.iso.org
- [8] A. Oliveira, «WBSFillingFromIFC_bsPT», 2025, *Zenodo*. doi: 10.5281/zenodo.18489649.