

Definição e controlo dos requisitos de informação BIM

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.37>

**Andrijana Djukic¹, Bruno Caires²,
José Carlos Lino¹**

¹ *ISISE – Departamento de Engenharia Civil,
Universidade do Minho, Guimarães, Portugal*

² *BIMMS – BIM Management Solutions, Porto, Portugal*

Resumo

Num ambiente digital, a fiabilidade de todo o projeto depende diretamente da integridade do modelo BIM em termos de qualidade. Apesar da multiplicidade de ferramentas de verificação de modelos disponíveis, falta uma abordagem integrada da Garantia da Qualidade (QA) e do Controlo da Qualidade (QC) em BIM que apoie a entrega do projeto desde o seu início até à entrega, tendo em conta os usos, os requisitos e os padrões BIM da indústria.

A principal preocupação na obtenção da qualidade consiste em assegurar que o modelo BIM está em conformidade com os requisitos definidos pela parte contratante. No entanto, a investigação mostra que a definição inadequada dos requisitos e a conformidade do modelo com esses requisitos constituem um dos maiores obstáculos para uma colaboração eficaz.

Este trabalho centra-se na exploração dos métodos atualmente utilizados para a especificação de requisitos, melhorando simultaneamente as soluções para a definição e verificação da qualidade da troca de informações, tendo sido desenvolvido em ambiente profissional, na empresa BIMMS, com base num estudo de caso específico. É proposta uma metodologia abrangente de QA/QC para garantir a conformidade do modelo BIM com os requisitos específicos da entidade contratante. Os objetivos principais foram alcançados através da criação de uma ferramenta de Especificação de Requisitos que aborda a QA durante o processo de criação do modelo BIM e testando os procedimentos de verificação da QC através da verificação da conformidade do IDS, da utilização do IFCOpenShell e da aplicação da linguagem de programação visual Dynamo.

1. Introdução

A implementação BIM veio reformular o modelo de negócio tradicional de desenvolvimento de projetos e colaboração, centralizando toda a informação no modelo BIM, incluindo quer as características físicas quer a informação alfanumérica. Uma vez que todos os processos e a extração de vistas essenciais passaram para o modelo digital [1], é crucial garantir a sua qualidade. Um dos maiores problemas com a qualidade é a informação imprecisa, incompleta e inconsistente, que resulta na limitação dos usos BIM e na produção de resultados imprecisos que afetam todos os aspetos da tomada de decisões, planeamento e quantificação, entre outros usos. Por conseguinte, existe uma necessidade óbvia de implementar processos de Garantia da Qualidade (QA) e de Controlo da Qualidade (QC) no âmbito do fluxo de trabalho BIM. A melhoria tecnológica e as elevadas expectativas dos clientes aumentaram a procura do desenvolvimento de metodologias de QA e QC [2]. Atualmente, existem algumas soluções de software que integram algum nível de verificação da qualidade [3], no entanto, estas estão normalmente centradas na abordagem de aspetos específicos da qualidade, pelo que não abrangem a entrega de projetos tendo em conta todos os usos BIM, requisitos e partes interessadas ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. A implementação fragmentada dos processos de QA e QC conduz a ineficiências que envolvem muito trabalho manual ou semi-automatizado, desperdiçando valiosos recursos humanos e de tempo. Como tal, o principal objetivo deste estudo é propor uma metodologia que integre perfeitamente os procedimentos de QA e QC no fluxo de trabalho da empresa. A metodologia incluirá a QA através do estabelecimento de normas específicas do sector e da empresa e o QC através da verificação da conformidade do modelo com os requisitos predefinidos. Além disso, a metodologia criada terá também como objetivo abordar as possibilidades de automatização destes processos. Isto será conseguido através da identificação do estado atual da QA/QC no BIM e dos métodos para definir os requisitos de informação, propondo uma metodologia abrangente para a melhoria da qualidade do modelo e testando os métodos de QC através de um processo de verificação de um estudo de caso.

2. Estado da Arte

2.1. Garantia da Qualidade e Controle da Qualidade em BIM

A gestão da qualidade dos dados consiste em dois processos simultâneos: Garantia da Qualidade (QA) e Controlo da Qualidade (QC) [4]. A QA centra-se principalmente na integração da qualidade desde o início do projeto, enquanto a QC representa a medição da verificação da qualidade, com base na comparação dos dados com as normas estabelecidas e na análise das discrepâncias [5]. Por outras palavras, a QA é o processo alinhado com a criação de resultados, enquanto o QC é a verificação desses resultados.

Foi realizado um estudo de investigação para avaliar a extensão e o pormenor do conteúdo de QA/QC disponível no mercado BIM. O estudo avaliou vários guias

publicados desde 2012, visando especificamente as diretrizes que abrangem o modelo e a verificação da qualidade. A avaliação considerou três aspetos principais: QA/QC, Requisitos de Modelação e Normas e Convenções. A profundidade com que cada tópico é tratado foi classificada em três níveis: baixo=1, médio=2 e alto=3 (Tabela 1).

De um modo geral, a análise revelou que, embora muitos guias salientem a importância da qualidade no BIM, carecem frequentemente de uma metodologia pormenorizada e de requisitos específicos. Este facto só confirma a necessidade de criar uma diretriz que especifique requisitos completos para garantir a qualidade do modelo.

Tabela 1: Resultados da avaliação dos guias seleccionados

Nome do Documento	QA/QC	Requisitos de Modelação	Normas e Convenções
GSA BIM Guide	3	2	3
BIM Essential Guide	2	3	2
NATSPEC National BIM Guide	1	2	1
Singapore BIM Guide Version 2.0	3	3	1
COBIM Series 6	3	2	1
Statsbygg BIM Manual 1.2.1	2	3	3
GSFIC BIM Guide Series 01	1	3	3
The New Zealand BIM Handbook	1	2	1
CIC BIM Standards General	2	3	1
AEC (UK) BIM Technology Protocol	1	3	3
Total	19	26	19

2.2. Requisitos de informação

No processo de garantia da qualidade do modelo BIM, a gestão do nível e da qualidade da informação é crucial, uma vez que a qualidade dos dados afeta diretamente a precisão de qualquer análise realizada com esses dados. A utilização de informações adequadas não só evita a produção excessiva ou insuficiente de dados, como também permite a automatização dos controlos. Os requisitos de informação são definidos como "o pedido da informação explícita a ser entregue num determinado momento do projeto a um destinatário indicado, num método prescrito e para um determinado fim" [6]. A norma ISO 19650 [7] afirma que, antes de se considerar a informação propriamente dita, se deve compreender por que razão a informação é necessária, descrevendo-a através de quatro fatores principais: **Objetivo**, que é a necessidade que deve ser satisfeita; **Conteúdo**, que pode ser um conteúdo global da informação ou informação geométrica ou alfanumérica de um objeto; **Forma**, que é o modo como é apresentada, por exemplo, um desenho; e **Formato**, que é o modo como é codificada, por exemplo, IFC. O fornecimento de requisitos de informação adequados, permitindo assim um intercâmbio e uma utilização bem-sucedidos da informação, depende diretamente da definição do nível correto de informação que está a ser utilizado.

No contexto da definição dos requisitos de informação, um aspeto importante é o nível de informação. Durante muito tempo, os termos *Level of Detail* (LoD) e *Level of Development* (LOD) foram utilizados indistintamente. No entanto, a nível internacional, estas abordagens causaram mal-entendidos e uma utilização incorreta, provocando uma sobrecarga de informação e uma ineficiência geral. Para resolver este problema, foi introduzido o conceito de Nível de Necessidade de Informação (*Level of Information Need*), com o objetivo de ultrapassar as limitações do LOD e centrar-se nos dados necessários para realizar uma tarefa específica, como a Análise Energética ou a Determinação da Quantidade (QTO). De acordo com a norma ISO 19650, o nível de necessidade de informação é determinado pela quantidade mínima de informação que é necessária para cumprir os requisitos relevantes e tudo o que ultrapasse este mínimo é considerado um desperdício [7].

2.3. Métodos de especificação dos requisitos de informação

Apesar das exigências óbvias de definição de metodologias que seriam utilizadas para a especificação de Requisitos de Informação, existe uma carência de investigação científica sobre este tema. As metodologias avaliadas a seguir fazem parte da lista de métodos para especificação de requisitos de informação criada por Tomczak et al. [6]. O método mais utilizado para a especificação de Requisitos de Informação ainda é o baseado em texto, geralmente envolvendo ficheiros de texto que explicam os requisitos [6]. Embora este método possa ser considerado desatualizado, continua a ser muito utilizado devido à sua simplicidade. Os *Product Data Templates* representam uma abordagem mais avançada [8], oferecendo uma estrutura normalizada que permite fáceis trocas e processamento de software. Outro método, como explicado anteriormente, é o Nível de Necessidade de Informação, que é uma norma que especifica os requisitos de informação através da definição de requisitos geométricos, alfanuméricos e da documentação necessária para uma utilização específica. Uma das formas de definir os requisitos de intercâmbio interpretáveis por computador é através da utilização do *Model View Definition* (MVD). O MVD apresenta um nível de implementação específico das *Industry Foundation Classes* (IFC), definindo um subconjunto de informações a incluir no modelo, permitindo ao utilizador filtrar as informações necessárias para uma utilização específica. No entanto, a criação de MVD personalizados pode ser complexa, exigindo um conhecimento profundo do esquema IFC e garantindo a compatibilidade com aplicações de software. Para ultrapassar estas limitações, surgiu o formato *Information Delivery Specification* (IDS). O IDS é um formato de intercâmbio baseado em XML que aborda informações alfanuméricas definindo valores e restrições exatos. Um aspeto importante do IDS é o facto de poder ser utilizado como especificação complementar do nível de necessidade de informação, permitindo que os requisitos alfanuméricos sejam expressos de forma interpretável por computador, possibilitando a verificação automática da conformidade.

3. Metodologia

A metodologia proposta (Figura 1) envolve um processo cíclico que começa com a entidade contratante a criar um subconjunto de requisitos a partir do Especificador de Requisitos, adaptando-o às exigências específicas do projeto. Os requisitos criados são então fornecidos à entidade contratada e utilizados para orientar o processo de modelação e conduzir à criação do ficheiro IFC que é utilizado para o intercâmbio entre as partes. O processo de engenharia reversa é então facilitado. O ficheiro IFC criado é devolvido ao cliente, que procede à verificação se o ficheiro IFC entregue está em conformidade com os requisitos estabelecidos. Uma das principais ideias que englobam a metodologia criada é que esta deve responder às tendências da indústria, elevando o processo tradicional de garantia de qualidade e verificação através da utilização de tecnologias avançadas, em particular a automatização. O elemento-chave para facilitar a automatização seria o Especificador, que atua como um repositório central para gerar requisitos específicos do projeto e automatizar a verificação da conformidade do modelo. Para facilitar a interação máquina-a-máquina, o Especificador apresenta um nível de complexidade mais elevado do que os formatos convencionais atualmente utilizados. Está estruturado em formato tabular, permitindo uma fácil identificação e processamento dos dados através de scripts e algoritmos automatizados. Além disso, permite a criação de uma base de dados que servirá de repositório da informação.

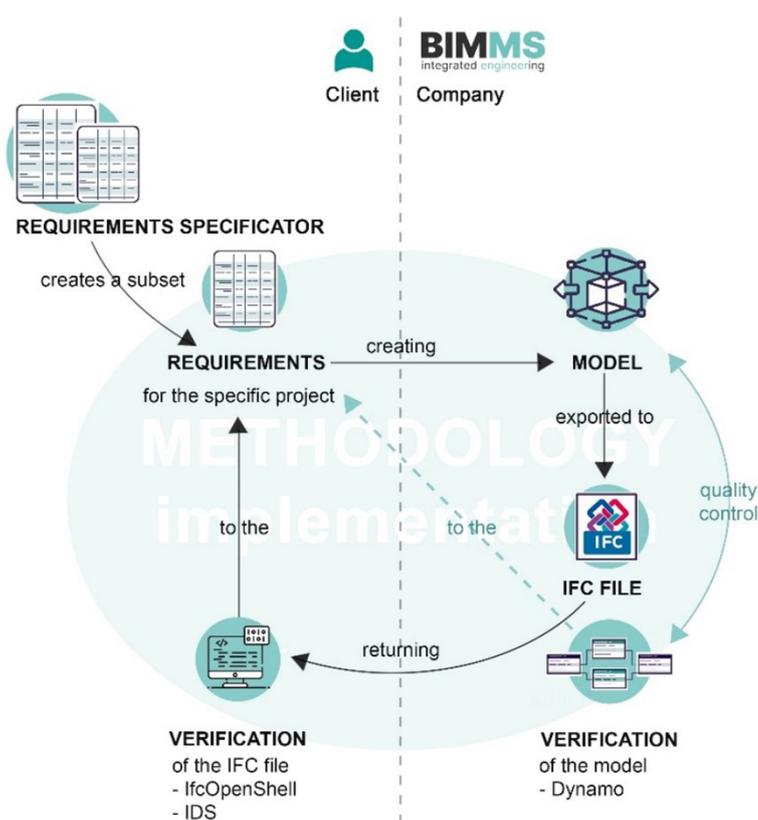


Figura 1
Ilustração da metodologia proposta.

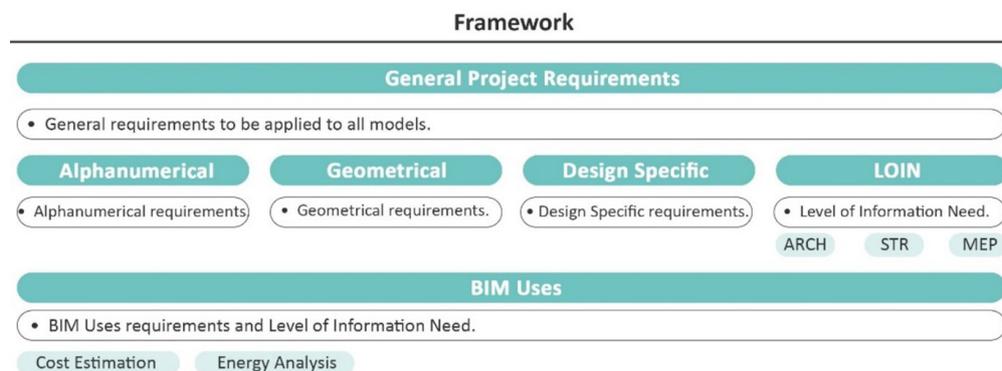
4. Especificador de Requisitos

O Especificador de Requisitos desenvolvido demonstra uma aplicabilidade versátil e é utilizado para auxiliar vários tópicos no processo BIM. **Fornecer orientação ao cliente na especificação dos requisitos de informação** – assegurando o fornecimento do nível de informação relevante e adequado, necessário para executar determinada utilização BIM. **Servir de guia de modelação para os membros da equipa** – fornecendo instruções precisas e normalizadas que permitem uma abordagem consistente à modelação por parte de todos os colaboradores, não só garantindo a qualidade do modelo BIM como também melhorando a eficiência global. **Constituir conjuntos de regras** – permitindo a avaliação do modelo e a verificação da conformidade com os requisitos estabelecidos.

O Especificador de Requisitos foi concebido segundo os princípios da herança hierárquica de classes, o que significa que as classes filhas herdam regras e funcionalidades da classe mãe. A estrutura hierárquica melhora a compreensão concetual, permite uma navegação mais fácil para os utilizadores e suporta uma variedade de aplicações, permitindo a modificação de acordo com as necessidades específicas.

A organização das classes está estruturada em três níveis distintos, cada um servindo grupos específicos no âmbito do Especificador de Requisitos (Figura 2).

Figura 2
Estrutura do Especificador de Requisitos.



Nível I: Os Requisitos Gerais do Projeto captam as regras e funcionalidades fundamentais para o projeto, assegurando a coerência e a unificação em todas as disciplinas. O principal objetivo deste conjunto é facilitar a interoperabilidade e a troca de informações entre os diferentes membros da equipa, abordando vários tópicos-chave, como a convenção de nomenclatura de ficheiros, a georreferenciação, a coerência das unidades e a utilização de ficheiros ligados.

Nível II: aprofunda os pormenores dos requisitos de modelação identificados pelas normas da indústria e pelos profissionais da BIMMS, classificando-os em três categorias: Requisitos alfanuméricos, geométricos e específicos do projeto. O conjunto de regras alfanuméricas aborda o tema das convenções de nomenclatura e da

consistência. Os requisitos geométricos centram-se na definição de diretrizes gerais relacionadas com a geometria, o posicionamento e a modelação dos elementos, ao passo que o conjunto de regras específicas do projeto introduz diretrizes específicas que abordam as práticas gerais de projeto que devem ser seguidas, integrando os procedimentos de qualidade estabelecidos pela empresa no Especificador.

O conteúdo do modelo pode ser visto como um complemento aos requisitos alfanuméricos, com o objetivo de melhorar o conteúdo dos dados. É categorizado em três disciplinas principais: Arquitetura, Estruturas e MEP (Mecânica, Elétrica e Canalização), com uma divisão mais fina nas três fases principais dos projetos de construção: Projeto, Construção e Operação.

Nível III: Usos BIM: O terceiro nível fornece regras e diretrizes relativas a usos BIM específicos tais como a estimativa de custos e a análise energética. Herda os requisitos fornecidos nos níveis anteriores e define ainda as regras de modelação e o nível de informação para o uso em causa. O Especificador de Requisitos fornece uma abordagem global e que o conteúdo da informação pode variar consoante a etapa, o objetivo e o software utilizado.

Cada requisito é construído de acordo com um esquema: "deve" exprime um requisito que deve ser seguido rigorosamente, "deveria" exprime uma recomendação como orientação valiosa e "pode" exprime uma possibilidade que pode ser explorada. Um requisito pode ser construído utilizando uma combinação de diferentes formas de expressão, em que "deve" define um requisito e "deveria" é utilizado como recomendação de acompanhamento, por exemplo, Todos os ficheiros no âmbito do projeto devem seguir uma convenção de nomenclatura uniforme e coerente especificada pelos requisitos de informação. Se não for pedido o contrário, pode ser seguida a convenção de nomenclatura ISO 19650-2.

É adotada uma configuração tabular que, como explicado anteriormente, foi concebida para facilitar as interações máquina-máquina (Figura 3). Neste constructo, cada parâmetro é acompanhado de uma descrição contextual, do tipo de dados que incorpora e da unidade de medida correspondente. Sempre que possível, as propriedades correspondem ao esquema IFC.

Figura 3
Segmento do
Especificador de
Requisitos, Nível III:
Estimativa de Custos.

REQUIREMENTS **Specifier** - Cost Estimation

COST ESTIMATION															
1	Structural Types														
Elements that are from the construction perspective considered different structural types shall be modelled as individual types. * e.g., wooden walls of different heights, that are constructed differently.															
2	Resource Naming														
All resources shall follow the same naming convention. * This allows grouping the quantities of each resource.															
3	Ceiling drops and covers														
Ceiling drops and covers shall be modelled as walls containing the same layers as ceiling. *Up to 300mm they are quantified in metres.															
4	Compound elements														
Every layer of compound element shall be modelled as to present the accurate dimensions of the accurate construction.															
5	Reinforced structures and formwork in concrete elements														
If not modelled, reinforced structures and formwork quantities shall be obtained from modelled geometry using ratios provided by structural designer. *Amount of reinforcement weight per unit of volume for each element category (proposed by Maurício Morales, BIMMS)															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Category</th> <th>Reinforcement weight per unit of volume (kg/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beams</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>Columns</td> <td>335</td> </tr> <tr> <td>Concrete Slab</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Concrete Wall</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>Foundation Beams</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Foundation Slab</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Element Category	Reinforcement weight per unit of volume (kg/m ³)	Beams	300	Columns	335	Concrete Slab	50	Concrete Wall	130	Foundation Beams	85	Foundation Slab	20
Element Category	Reinforcement weight per unit of volume (kg/m ³)														
Beams	300														
Columns	335														
Concrete Slab	50														
Concrete Wall	130														
Foundation Beams	85														
Foundation Slab	20														
6	Commercial size														
Specifying the size according to provided list of commercial sizes: piping, cable trays, and ducting.															

5. Verificação / Caso de estudo

Foram realizadas três metodologias de verificação aplicadas num projeto da empresa: verificação do ficheiro IFC utilizando o IDS, linguagem de programação Python com o IfcOpenShell e linguagem de programação visual na plataforma Dynamo para verificar o modelo Revit. As duas primeiras abordagens foram concebidas para se adaptarem tanto às verificações internas da qualidade como à avaliação externa efetuada pelo cliente. A terceira abordagem destina-se a ser utilizada durante o processo de modelação, pelos membros da equipa, como uma medida de garantia de qualidade.

5.1. IDS

O primeiro método de verificação utiliza o formato IDS para avaliar a conformidade do ficheiro IFC com o Nível de Necessidade de Informação definido pelo Especificador. Foram avaliados dois métodos diferentes: um utilizando o IDS Converter e o IfcTester do BlenderBIM, e o outro utilizando o usBIM.IDS Editor e o usBIM.IDS Validator, fornecidos pelo Software ACCA. Para efeitos deste caso de estudo, foram escolhidos elementos de parede para verificação. O processo incluiu o preenchimento dos elementos com as propriedades definidas pelo Especificador no Revit, a categorização dos parâmetros e a exportação para o formato IFC-SPF. Ambos os métodos avaliados consistiram na criação do formato IDS e, em seguida, na validação do ficheiro IFC para esse IDS. A utilização do conversor de IDS com o BlenderBIM revelou-se vantajosa por ser uma abordagem aberta, mas com limitações do conversor, que só pode ser utilizado para especificar os requisitos das propriedades, excluindo atributos e valores armazenados em entidades de nível superior. No entanto, o usBIM.IDS Editor mostrou maior aplicabilidade na definição de requisitos para propriedades, classificações e atributos, com alguns desafios relacionados com a especificação de materiais de elementos compostos. Ambos os métodos apresentaram resultados idênticos, com 33 instâncias de paredes com falha de determinados parâmetros.

5.2. IfcOpenShell

O segundo tipo de verificação neste estudo utiliza Python e IfcOpenShell para avaliar a conformidade do ficheiro IFC com o subconjunto de três requisitos escolhidos. Todos os três tipos de verificação se baseiam na condição IF, o que significa que fornecem resultados de PASS/FAIL, embora se centrem em três aspetos diferentes: dados alfanuméricos, informação geométrica e relações entre elementos.

A primeira verificação é a mais simples e baseia-se na extração direta dos dados alfanuméricos do ficheiro IFC. O algoritmo recupera todos os objetos de guardas de proteção no ficheiro IFC e percorre os seus conjuntos de propriedades identificando a propriedade Altura e comparando o seu valor com os critérios predefinidos. Se o valor for inferior a 900 mm, a verificação resulta numa FALHA, indicando quais os elementos que não cumprem os requisitos. Neste estudo de caso, 23 dos 66 objetos de guardas não cumpriam o requisito de altura.

O segundo script de verificação utiliza cálculos geométricos para avaliar se as áreas das divisões estão de acordo com o programa de divisões definido pelo cliente. O processo envolve a criação de uma folha Excel com base na listagem de divisões do cliente, listando os números, nomes e áreas. O algoritmo processa a geometria dos objetos IfcSpace, extraíndo as faces e vértices necessários para calcular as áreas e compara as áreas calculadas das divisões com as fornecidas no Excel. Os resultados mostraram que 141 das 143 divisões cumprem os requisitos do cliente.

O terceiro procedimento de verificação avalia se as portas e janelas estão localizadas ao mesmo nível que as paredes que as alojam. Examina as relações espaciais no ficheiro IFC, identificando os elementos ligados. Depois de processar e comparar a sua localização, o script fornece uma lista de elementos que não estão alinhados com os critérios predefinidos. Neste caso, dois dos 211 elementos da porta apresentavam uma incompatibilidade.

Os resultados obtidos com estas verificações permitem a identificação de elementos não conformes, facilitando a validação posterior e as correções, se necessário (Figura 4).

```
PS C:\Users\adjuk\Desktop\Case Studies\IfcOpenShell.Room Schedule> & C:/Users/adjuk/AppData/Local/Programs/Python/Python39/python.exe "c:/Users/adjuk/Desktop/Case Studies/IfcOpenShell.Room Schedule/Script2.py"
Room Area Pass: S2.V01, Acesso Vertical, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz$6, Area: 11.68 m²
Room Area Pass: S2.V02, Circulação, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz$D, Area: 9.74 m²
Room Area Fail: S2.V06, Área Técnica, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSzyn, Area in IFC: 1785.03 m², Area in Excel: 1800.0 m²
Room Area Pass: S1.V01, Acesso Vertical, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSzly, Area: 16.64 m²
Room Area Pass: S1.V02, Circulação, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz1$, Area: 9.74 m²
Room Area Pass: S2.V04, Área Técnica, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSzg0, Area: 4.04 m²
Room Area Pass: P0.V34, Armazém, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz2BZ, Area: 92.41 m²
Room Area Fail: P0.V16, Provadores, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz25T, Area in IFC: 22.35 m², Area in Excel: 24.0 m²
Room Area Pass: P0.V01, Acesso Vertical, GUID: 2_H5pBNZ1C6eaZQt2mSz22c, Area: 11.36 m²
```



Figura 4

Resultados da verificação efetuada e deteção de elementos emitidos no IFC Viewer.

5.3. Dynamo

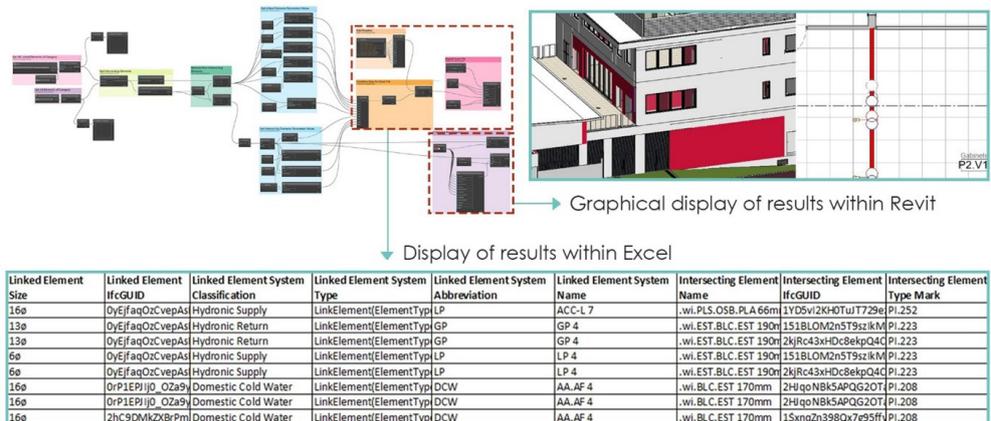
Este método de verificação utiliza a linguagem de programação visual no ambiente Dynamo. Para efeitos do estudo de caso, foram efetuadas três verificações diferentes, as duas primeiras abordando e validando o modelo arquitetónico e a terceira utilizando tanto o modelo arquitetónico como o modelo MEP que lhe está ligado.

A primeira verificação centra-se em garantir a unicidade dos nomes das divisões no modelo. Para o efeito, foi concebido um script Dynamo para identificar e assinalar nomes de divisões duplicados através da análise dos números das divisões. Neste caso específico, são utilizados scripts Python para identificar índices duplicados, bem como para obter as etiquetas das divisões necessárias para a apresentação gráfica dos resultados.

A segunda verificação confirma se o ficheiro Revit contém divisões não colocadas. O script Dynamo recolhe informações sobre todos os elementos da divisão, filtra as divisões não colocadas e compila os dados essenciais relacionados com as divisões num ficheiro Excel, permitindo aos utilizadores acompanhar os resultados.

Por último, a terceira verificação aborda a tarefa complexa de identificar intersecções entre os elementos do modelo arquitetónico e os do modelo MEP, sendo uma medida de deteção e coordenação de conflitos. O script Dynamo recupera elementos de ambos os modelos, utilizando as funcionalidades dos nós especificamente concebidos para lidar com elementos ligados, fornecidos pelo pacote BimorphNodes. O mesmo pacote é utilizado para filtrar e tratar a intersecção dos elementos. Após a recuperação dos elementos de intersecção, os resultados são apresentados visualmente, juntamente com a exportação dos dados relevantes para Excel.

Figura 5
Visualização dos resultados do controlo efetuado.



O principal aspeto considerado na metodologia de verificação que utiliza o Dynamo é a apresentação dos resultados, tanto gráfica como semanticamente, ajudando os utilizadores a interpretar e analisar a informação (Figura 5).

6. Conclusão

O conceito de metodologia integrada de QA/QC proposto na investigação tem um grande potencial para abordar a qualidade e garantir que o modelo BIM responde às necessidades do cliente. Tem a capacidade de transformar o processo de colaboração e a forma como as entregas são tratadas. No entanto, a sua aplicação integral exigirá recursos financeiros e humanos para o seu desenvolvimento. Em primeiro lugar, para completar a base de conhecimentos com mais usos BIM, de modo a poder responder a vários cenários. Relacionado com isto, o Especificador de Requisitos exigirá um refinamento contínuo, alinhando-o com as normas atuais e incorporando as lições aprendidas em cada projeto. Em segundo lugar, a criação de uma ferramenta que permita todas as verificações dos requisitos do Especificador.

Os resultados deste trabalho sublinham a importância de o sector dar prioridade à qualidade dos modelos BIM. Apesar do grande número de orientações e ferramentas, a profundidade com que abordam o tema da Qualidade não é suficiente, fornecendo orientações ambíguas ou não aplicáveis no mercado do mundo real, desencorajando os utilizadores a adotá-las. Tendo isto em consideração, torna-se imperativo mudar o enfoque para metodologias que sejam simples e aplicáveis na prática, enquanto se procura a integração dos procedimentos de Qualidade.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito do programa de Mestrado BIM A+ Erasmus Mundus em parceria com a BIMMS, a quem importa agradecer toda a colaboração e empenho.

Referências

- [1] W. Andrich, B. Daniotti, A. Pavan, and C. Mirarchi, "Check and Validation of Building Information Models in Detailed Design Phase: A Check Flow to Pave the Way for BIM Based Renovation and Construction Processes," *Buildings*, vol. 12, pp. 153-154, February 2022. doi: 10.3390/buildings12020154.
- [2] S. S. Salvi, and S. S. Kerkar, "Quality Assurance and Quality Control for Project Effectiveness in Construction and Management," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, pp. 26-29, February 2020. doi: <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS020028>.
- [3] S. Cann, A.-M. Mahamadu, A. Prabhakaran, K. Dziekonski, and R. Joseph, "An approach for semi-automated data quality assurance within BIM models," *Engineering Management in Production and Services*, vol. 14, pp. 114-125, December 2022. doi: 10.2478/emj-2022-0034.

- [4] O. Doukari, and A. Motamedi, "An Ontology to Enable Semantic BIM-Based Data Quality Assurance and Quality Control, Transforming Construction with Reality Capture Technologies," in *The Digital Reality of Tomorrow (2022)*, Fredericton, Canada, 2022, pp. 1-3. doi: 10.57922/TCRC.612.
- [5] ISO/TC 176, "ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary," International Organization for Standardization (ISO), 2015.
- [6] A. Tomczak, L. V. Berlo, T. Krijnen, A. Borrmann, and M. Bolpagni, "A review of methods to specify information requirements in digital construction projects," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1101, no. 9, p. 092024, November 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1101/9/092024.
- [7] ISO "ISO 19650:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using BIM – Part 1: Concepts and principles," ISO, 2018.
- [8] Martins, Pedro e Costa, António, "BIM Product Data Templates: Desafios e Oportunidades", 2o Congresso Português de Building Information Modelling, 2018.