



## INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E PRONIC: VISTA DE ELEMENTOS VS. VISTA DE TRABALHOS

TEIXEIRA, JORGE (\*,1,2); RIBEIRO, YANH (1,2); MÊDA, PEDRO (1,2); MOREIRA, JOAQUIM (1,2); SOUSA, RUI (1,2); SOUSA, HIPÓLITO (2)

(1) INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO | PORTUGAL

(2) CONSTRUCT-GEQUALTEC - FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO | PORTUGAL

\*E-mail: [jalt@fe.up.pt](mailto:jalt@fe.up.pt)

### RESUMO

No contexto da Gestão de Informação na Construção, é essencial que essa informação esteja bem estruturada e normalizada, mas também que seja facilmente acessível pelos diversos agentes do processo construtivo. Para satisfazer as necessidades distintas desses agentes mantendo uma base informativa consistente são necessários mecanismos de interoperabilidade. Neste artigo, descreve-se uma metodologia que permite melhorar a interoperabilidade entre a plataforma ProNIC, pioneira da digitalização da Informação na Construção em Portugal, e ferramentas BIM (Building Information Modeling), através da extração de informação do modelo para simplificar e agilizar a criação do MQT (Mapa de Quantidades de Trabalhos) durante a fase de Projeto de Execução de uma obra. Este processo consiste na identificação e mapeamento de elementos do modelo BIM para artigos normalizados da estrutura de desagregação de trabalhos do ProNIC, através da análise desses elementos, respetivas propriedades, e relações com outros elementos. Como prova de conceito, foi criado um protótipo capaz de analisar elementos construtivos de Edifícios, de naturezas diversas, de modelos IFC4.3, com capacidade de extrair opções que caracterizam trabalhos de construção do ProNIC adequados.

**Palavras-chave:** ProNIC, interoperabilidade, BIM.

## ABSTRACT

*In the context of Information Management in Construction, it is essential that this information is well structured and standardized, but also that it is easily accessible by the various agents in the construction process. To satisfy the distinct needs of these agents while maintaining a consistent information base, interoperability mechanisms are necessary. This paper describes a methodology that improves the interoperability between the ProNIC platform, a pioneer in the digitization of Information in Construction in Portugal, and BIM (Building Information Modelling) tools, through the extraction of model information to simplify and speed up the creation of the BoQ (Bill of Quantities) during the Design stage. This process consists of identifying and mapping elements from the BIM model to standard items from the ProNIC WBS-CW (Work Breakdown Structure – Construction Works), through the analysis of these elements, their respective properties, and their relationships with other elements. As a proof of concept, a prototype was created capable of analyzing constructive elements of Buildings, of different nature, from IFC4.3 models, with the ability to extract parameters that characterize suitable ProNIC construction works items.*

**Keywords:** ProNIC, interoperability, BIM.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização das metodologias BIM (Building Information Modeling) pelo sector AEC (Arquitetura, Engenharia, Construção) assenta nas promessas de produção de informação da construção com maiores qualidade e facilidade de acesso pelos diversos intervenientes ao longo do processo construtivo (AZHAR, 2011). Uma maior facilidade de acesso requer interoperabilidade entre ferramentas, que por sua vez requer a normalização na estruturação da informação.

Uma forma de fomentar a adoção de práticas BIM em Portugal, que ainda é baixa (VENÂNCIO, 2015) passa pela incorporação de ferramentas e processos já existentes, de modo a facilitar a transição e obter desde já alguns ganhos de produtividade (MÊDA et al., 2021), encorajando subsequentes alterações de cariz mais profundo e disruptivo.

A plataforma ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção) promove uma estruturação e normalização da informação na construção (MÊDA; SOUSA; FERREIRA, 2016), mas enquanto a metodologia BIM ainda assenta muito na informação geométrica de elementos construtivos do modelo tridimensional, o ProNIC tem como referência o MQT (Mapa de Quantidades de Trabalhos).

Estas diferentes perspetivas de elementos construtivos e de trabalhos de construção enquadram-se ambas no âmbito da norma ISO 12006-2 (ISO, 2015), que permite e encoraja diferentes tipos de classificações para o ambiente construído e seus constituintes. No entanto, para conseguir

efetivar a interoperabilidade entre sistemas assentes nestas diferentes visões é necessário mais do que a mera compatibilização dos formatos das estruturas de dados (COUTO; FALCÃO SILVA; SALVADO, 2017).

Com o objetivo de agilizar a criação do MQT de uma obra por parte da equipa de Projeto, e baseado em resultados anteriores que recomendavam desenvolvimentos futuros do ProNIC em direção à sua melhor integração com outras ferramentas BIM (PRONIC, 2021; RIBEIRO et al., 2023a, 2023b), foi desenvolvida uma metodologia que permite extrair, analisar e converter informação contida num modelo BIM, em formato IFC (Industry Foundation Class) (BUILDINGSMART, 2023a; ISO, 2018; LAAKSO; KIVINIEMI, 2012), para um MQT normalizado do ProNIC. Como prova de conceito dessa metodologia, foi também criado um protótipo de um módulo informático.

Em seguida, descreve-se informação preliminar sobre o ProNIC e sobre o formato IFC, e depois, o processo metodológico que permitiu alcançar os resultados e conclusões apresentados no final.

## **2 INFORMAÇÃO PRELIMINAR**

### **2.1 ProNIC**

O ProNIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (MÊDA et al., 2021; MÊDA; SOUSA; FERREIRA, 2016) – é uma plataforma para normalização de conteúdos técnicos em obras de edifícios e de estradas e para a sistematização e integração de informação durante o processo construtivo. Entre as suas funcionalidades, destacam-se a geração de mapas de quantidades de trabalhos com artigos normalizados e padronizados, geração de condições técnicas “gerais”, geração de estimativas orçamentais, e agregação de elementos de informação (peças desenhadas e/ou peças escritas) internos ou externos.

O desenvolvimento inicial do ProNIC decorreu entre 2005 e 2008, e está atualmente a ser atualizado, quer a nível dos conteúdos técnicos quer a nível da plataforma informática, enquadrado no Projeto Mobilizador REV@CONSTRUCTION (PRONIC, 2021), que visa acelerar a implementação dos princípios da Construção 4.0 em Portugal.

No ProNIC, para a elaboração de MQTs, além da seleção do artigo, é necessário fornecer informações de caracterização dos materiais, elementos, trabalhos, ou outras informações que o projetista considere relevantes. Os campos que recebem essas informações, pré-definidas ou não, são designados parâmetros do artigo, e completam o texto padronizado, formando finalmente um artigo normalizado, mas único, caracterizando devidamente as condições específicas daquele projeto.

Estes parâmetros foram detalhados e analisados em (RIBEIRO et al., 2022) e (RIBEIRO et al., 2023b), e exemplos da estrutura de capítulos do ProNIC podem ser encontrados em (GIOLLO, 2016).

## 2.2 IFC

Industry Foundation Classes (IFC) são uma norma aberta, ratificada internacionalmente (ISO, 2018), que se propõe a descrever digitalmente o ambiente construído num formato interoperável, que possibilite o acesso à informação por diversos intervenientes no processo construtivo através de diversas ferramentas (BUILDINGSMART, 2023a; LAAKSO; KIVINIEMI, 2012).

O modelo de dados do IFC é baseado em camadas, sendo as duas últimas (a camada de interoperabilidade e a camada do domínio de aplicação) aquelas com as quais um utilizador final é mais provável de interagir, enquanto as outras têm um carácter mais fundamental, orientado a estruturar o trabalho dos desenvolvedores (ISO, 2018).

Existem vários formatos de ficheiro para IFC, sendo o mais comum o formato STEP, baseado em texto. Este formato pode ser processado por várias ferramentas, nomeadamente a biblioteca IFCOpenShell (IFCOPENSHELL, 2023), de código aberto, gratuito.

O formato IFC define diferentes classes de blocos de informação, cuja natureza é muito variável para permitir cobrir uma grande gama de aspetos ligados ao ambiente construído, tais como geometria dos elementos construtivos, grupos de propriedades, unidades de medição, relações entre classes, tipos de classificações, planeamento de tarefas, ou tipos de análise de sistemas.

A versão atual em vigor é 4.0.2.1(IFC4 ADD2 TC1), usualmente designada por IFC4, mas o desenvolvimento tem continuado e já existe uma nova versão 4.3.0.1 (IFC4.3 TC1) em processo de ratificação, usualmente referida como IFC4.3 (BUILDINGSMART, 2023b).

Os planos a médio e longo prazo para o futuro da norma IFC apontam para algumas alterações importantes a nível da forma como são interligados diferentes conteúdos informativos, e como outras ferramentas BIM se relacionam com o formato IFC (BUILDINGSMART, 2020).

Nomeadamente, a maturação da ferramenta IDS (Information Delivery Specification), que é uma definição de requisitos de entrega de informação em formato interpretável por computador, e do bSDD (buildingSMART Data Dictionary), que é uma biblioteca de propriedades e relações de propriedades no âmbito BIM, poderá ter impacto direto no ProNIC, ao permitir, de forma cada vez mais automática, enriquecer a informação adquirida.

## 2.3 Interoperabilidade entre IFC e ProNIC

A possibilidade de interoperabilidade entre modelos IFC e o ProNIC já foi abordada (FALCÃO SILVA; COUTO; SALVADO, 2021; GIOLLO, 2016; LOPES, 2017), mas apenas a um nível concetual com exemplos obtidos manualmente, sem automatização.

No entanto, essa documentação serve como um bom ponto de partida para a análise da estrutura IFC e dos desafios de conversão da vista de elementos na vista de trabalhos do ProNIC.

Salienta-se que para esta interoperabilidade ser efetiva, existe uma grande dependência da correta estruturação do modelo IFC e do seu preenchimento com informação suficiente.

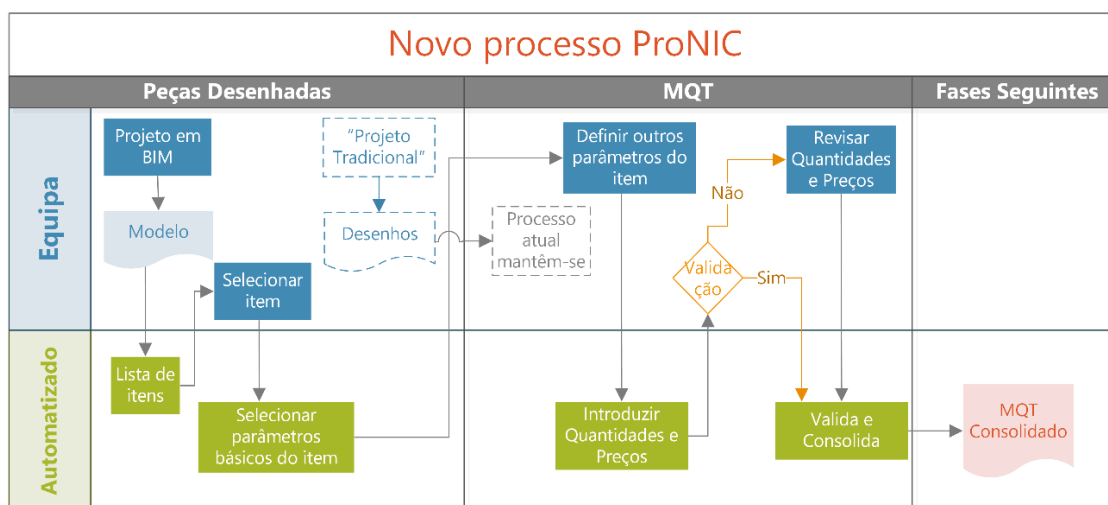
Há então um interesse renovado em acompanhar o desenvolvimento de ferramentas IDS, para que possam vir a ser utilizadas de forma a garantir que a transferência de dados do modelo IFC para o ProNIC seja eficaz e eficiente.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição do processo

Pretende-se que a informação extraída do modelo IFC origine uma lista de artigos ProNIC candidatos à inclusão no MQT, e que as opções de configuração desses artigos sejam pré-preenchidas, reduzido a tarefa da equipa de Projeto a uma validação dos artigos, e eliminando o trabalho que não agrega valor da seleção e introdução manual (Figura 1).

Figura 1 – Novo processo de criação do MQT no ProNIC (base BIM)



Fonte: RIBEIRO et al. (2023a)

O processo tradicional, menos automatizado, continua a ser necessário para os trabalhos que não são modeláveis ou estão omissos no modelo, mas quanto maior for o nível de detalhe (de informação, não necessariamente detalhe geométrico) presente no modelo, maiores serão os ganhos de eficiência.

Para operacionalizar o novo processo, ilustrado na Figura 1, é então necessário criar uma metodologia que assegure, de forma demonstrável, a interoperabilidade entre o modelo BIM e o ProNIC.

Para criar essa metodologia-resultado, foi utilizada a seguinte metodologia de investigação:

- Definição de objetivos concretos
- Levantamento de requisitos base
- Análise da informação disponível
- Prototipagem

Decidiu-se que o âmbito deve, numa fase inicial, estar restrito a elementos construtivos em Edifícios, e que sejam representativos do sistema no qual são correntemente utilizados. Para tal, devem ser selecionados elementos-alvo passíveis de serem identificados no modelo, e os correspondentes trabalhos associados no articulado ProNIC.

O resultado de aplicação da metodologia deve ser uma lista de trabalhos a propor ao projetista para validação / confirmação, com algumas das opções desses trabalhos pré-preenchidas. Presume-se que esta importação de dados do modelo seja o primeiro passo na criação do MQT, não sendo então necessário compatibilizar esses dados com eventuais artigos previamente introduzidos de forma manual.

Não foram ainda definidos critérios de avaliação de desempenho porque tal não faz sentido numa fase preliminar, mas determinou-se a implementação de um protótipo para permitir desenvolvimentos futuros.

Como requisito base, foi escolhida a utilização de IFC4 (ISO, 2018), nomeadamente a versão em desenvolvimento IFC4.3 (BUILDINGSMART, 2023b) como formato do modelo BIM. No caso em questão, a compatibilidade com formatos legados como IFC2x3 ou mesmo com o formato em vigor IFC4 é menos importante do que acompanhar os desenvolvimentos (BUILDINGSMART, 2020) que afetam a estrutura de dados do modelo, de forma a prevenir a obsolescência prematura da metodologia.

Para o desenvolvimento do protótipo, escolheu-se a biblioteca IFCOpenShell(IFCOPENSHELL, 2023), de código aberto, gratuito, e com interfaces na linguagem Python para facilitar a rápida implementação de funcionalidades, assim como na linguagem C++ para permitir uma evolução futura, com maior desempenho e escalabilidade.

Utilizaram-se vários ficheiros IFC de teste, alguns disponíveis livre e gratuitamente online (por exemplo, os indicados na documentação da IFCOpenShell (IFCOPENSHELL, 2023), e outros criados internamente. O tamanho dos modelos (e das obras subjacentes) foi limitado a pequeno-médio.

### **3.2 Análise**

Do lado do ProNIC, a análise já efetuada no âmbito da revisão dos parâmetros dos artigos (RIBEIRO et al., 2022, 2023b) permite concluir que existem critérios de classificação que podem ser utilizados para estabelecer pontos de contacto com artigos do MQT, nomeadamente

informação sobre a natureza dos elementos construtivos e dos materiais, e sobre os tipos de informação a que se referem, tais como propriedades físicas, geometria ou identificação.

A estrutura em árvore de desagregação de trabalhos não é totalmente regular por nenhum destes critérios, pelo que não é possível efetuar um mapeamento simples com base em partições por ramos ou níveis. Dito de outra forma, não é possível, de forma direta e automática, identificar todos os trabalhos que envolvam um mesmo material, ou origem um mesmo elemento construtivo.

No entanto, a classificação e normalização dos parâmetros dos artigos permite que, de uma forma indireta, esses mesmos critérios possam ser utilizados para distinguir entre trabalhos semelhantes, como demonstrado posteriormente na Tabela 1.

Examinando a evolução do formato IFC, fica claro que existe uma tendência de crescimento do âmbito (por exemplo na extensão para os domínios da ferrovia ou instalações portuárias) das construções que podem ser modeladas, e da simplificação dos mecanismos de relacionamento da informação, que deprecia classes específicas em detrimento da utilização de classes de relacionamento normalizadas existentes. Esta evolução continua e tem impacto nos nomes e nos relacionamentos entre classes permitidos, pelo que o uso de ferramentas igualmente evoluídas é necessário.

A versão atual da biblioteca IFCOpenShell (IFCOPENSHELL, 2023) suporta as diferentes versões de IFC, e facilita a interoperabilidade com o recurso a APIs (Application Programming Interfaces) que abstraem alguma da complexidade intrínseca.

Através dessas APIs é possível filtrar classes arbitrárias e obter informações sobre materiais, decomposição espacial, ou conjuntos de propriedades. Isto sugere a criação de critérios paralelos aos utilizados na classificação de parâmetros dos artigos do ProNIC para permitir operacionalizar a desejada interoperabilidade.

Dos conceitos referidos na norma IFC, existem cinco particularmente relevantes para o trabalho em curso: os descendentes da classe *IfcElement*, que melhor representam os elementos construtivos propriamente ditos; os descendentes da classe *IfcRelationship*, que definem todas as possíveis relações entre classes; os descendentes da classe *IfcMaterialDefinition*, que estabelecem as relações específicas entre os materiais que constituem os elementos construtivos; a estrutura espacial de decomposição hierárquica da obra que agrega os descendentes da classe *IfcSpatialStructureElement*; e os modelos de grupos de propriedades (*IfcPropertySetTemplate*) que definem quais as propriedades que podem ser atribuídas a quais classes.

Dentro da classe *IfcElement*, as subclasses *IfcBuiltElement*, *IfcDistributionElement*, e *IfcFurnitureElement* representam, respetivamente, os elementos construídos mais relacionados com a

estrutura e com a arquitetura, os elementos relacionados com as instalações de distribuição (de águas, eletricidade, AVAC, etc.), e os elementos de mobiliário. Estas três subclasses são caracterizadas de forma diferente e requerem análises detalhadas diferentes para determinar pontos de ligação adequados aos critérios de classificação de artigos do ProNIC.

Um exemplo da análise para a subclasse *IfcBuiltElement*, sob a forma de *IfcRailing* (guardas, corrimões, vedações, etc.) é apresentado na Tabela 1, onde um excerto da matriz original ilustra como os critérios permitem identificar os artigos candidatos. A obtenção dos valores dos critérios a partir do modelo IFC é exemplificada na secção de Prototipagem.

**Tabela 1 – Excerto de matriz de critérios de classificação de artigos ProNIC para o elemento *IfcRailing* (*IfcBuiltElement*)**

Artigo	ProNIC		Critérios			
	Contexto	Nome	Material	Tipo	Localização	Elemento
13.1.1.3.3.1	Corrimãos de cantaria em pedra natural para	Escadas	Pedra natural	Corrimão	Escadas	
5.1.2.2.3	Arranjos exteriores: Vedações metálicas:	Gradeamento	Metal	Vedação	Espaços Ext.	Grade
5.1.2.2.4	Arranjos exteriores: Vedações metálicas:	Chapas diversas	Metal	Vedação	Espaços Ext.	Chapa
5.1.2.4	Arranjos exteriores:	Painéis acrílicos	Plástico	Vedação	Espaços Ext.	Painel acrílico
15.1.10.1	Serralharia:	Gradeamentos e guardas	Metal	Guarda		
15.1.10.2	Serralharia:	Corrimãos	Metal	Corrimão		

### 3.3 Prototipagem

Para o protótipo, optou-se pela linguagem de programação Python e pela biblioteca IFCOpenShell (IFCOPENSHELL, 2023). O programa tem como input um ficheiro IFC 4.3 (que se assume formalmente válido) e como output uma lista de sugestões de códigos de artigos ProNIC e respetivos parâmetros.

Nesta fase, apenas estão implementados os critérios para alguns elementos (no sentido de *IfcElement*), mas espera-se vir a estender a metodologia a todas as classes de elementos (construtivos) a que correspondam trabalhos no ProNIC.



Na Figura 2 ilustram-se pequenas porções do código de extração de critérios para um elemento *IfcRailing*, continuando o exemplo da Tabela 1.

**Figura 2 – Exemplos de extração de informação da classe *IfcRailing***

```
el_material = ifcopenshell.util.element.get_material(el, should_skip_usage=False, should_inherit=True)
el_material_class = el_material.is_a()
match el_material_class:
    case ('IfcMaterialLayerSetUsage'):
        m_set = el_material.ForLayerSet.MaterialLayers
        m_list = [{'mat.category': m.Material.Category, 'mat.name': m.Material.Name} for m in m_set]
    case ('IfcMaterialProfileSetUsage'):
        m_set = el_material.ForProfileSet.MaterialProfiles
        m_list = [{'mat.category': m.Material.Category, 'mat.name': m.Material.Name} for m in m_set]
    case ('IfcMaterialLayerSet'):
        m_set = el_material.MaterialLayers
        m_list = [{'mat.category': m.Material.Category, 'mat.name': m.Material.Name} for m in m_set]
    case ('IfcMaterialProfileSet'):
        m_set = el_material.MaterialProfiles
        m_list = [{'mat.category': m.Material.Category, 'mat.name': m.Material.Name} for m in m_set]
    case ('IfcMaterialConstituentSet'):
        m_set = el_material.MaterialConstituents
        m_list = [{'mat.category': m.Material.Category, 'mat.name': m.Material.Name} for m in m_set]
    case ('IfcMaterial'):
        m_list = [{'mat.category': el_material.Category, 'mat.name': el_material.Name}]
    case _:
        print('Failed assertion:', el_material_class)
        exit(1)
Material = {dict(s) for s in set(frozenset(m_obj.items()) for m_obj in m_list)}

Tipo = {'type': ifcopenshell.util.element.get_type(el), 'predefined type': ifcopenshell.util.element.get_predefined_type(el)}

el_agg = ifcopenshell.util.element.get_aggregate(el)
if el_agg:
    el_agg_class = el_agg.is_a()
    el_agg_type = ifcopenshell.util.element.get_predefined_type(el_agg)
else:
    el_agg_class = None
    el_agg_type = None
el_ext = ifcopenshell.util.element.get_pset(el, name='Pset_RailingCommon', prop='IsExternal', should_inherit=True)
Localização = {'external': el_ext, 'aggregate': el_agg_class, 'agg.type': el_agg_type}
```

Fonte: Autores

A seleção das APIs IFCOpenShell a utilizar para cada subclasse foi desenvolvida manualmente, com base nos critérios, também eles identificados manualmente. No entanto, este trabalho apenas é efetuado uma vez, e a extração e sugestão de artigos ProNIC é totalmente automática a partir dos modelos IFC.

## 4 RESULTADOS

Com base na análise e nos testes preliminares do protótipo, descreve-se sinteticamente a metodologia-resultado obtida:

1. Para cada elemento construtivo (tipicamente) modelado, identificar o(s) elemento(s) IFC correspondente(s) (ex.: *IfcRailing*, *IfcWall*, *IfcFurniture*, *IfcPump*).
2. Para cada elemento IFC, identificar todos os artigos ProNIC que a ele possam estar relacionados.
3. Estabelecer uma matriz (ver exemplo na Tabela 1) com a lista de critérios que diferenciam esses artigos ProNIC, notando que essas diferenças podem originar do nome (ou posição na árvore) ou dos parâmetros dos artigos. Os critérios devem ser padronizados e permitir que por cada um que seja preenchido, a lista de potenciais artigos seja (substancialmente) reduzida.
4. Complementar cada entrada nessa matriz (cada artigo ProNIC) com a lista de todos os outros parâmetros que caracterizam esse artigo, mas não foram incluídos nos critérios (cor, referência, etc.).

5. Analisar a estrutura de cada elemento IFC de modo a determinar um método de extração para cada critério / parâmetro da matriz correspondente. Se possível, padronizar esses métodos de acordo com a subclasse de *IfcElement* correspondente (ex.: *IfcBuiltElement*, *IfcDistributionElement*, *IfcFurnishingElement*) e com as diferentes enumerações normalizadas (ao invés de valores personalizados).
6. Criar um discriminador para cada elemento IFC que aplique os métodos de extração e obtenha uma (pequena) lista de artigos ProNIC candidatos.

Com exceção dos primeiros dois passos, por enquanto manuais, os outros foram implementados no protótipo para um número restrito de elementos, incluindo *IfcRailing*, cujo exemplo de resultado é apresentado na Figura 3.

**Figura 3 – Exemplo de execução do protótipo**

```
{'type': 'IfcRailing',
'GlobalId': '1tU0T8KNj3sw4NFe61Hugk',
'Name': 'Guarda-corpo:Barrotes quadrados:295395',
'ObjectType': 'Guarda-corpo:Barrotes quadrados',
'Tag': '295395',
'PredefinedType': 'GUARDRAIL'}
@ {'cont. type': 'IfcBuildingStorey', 'cont. name': '1º Andar', 'parent': 'Edifício A1'}
|
+-> Artigo(s) ProNIC:
15.1.10.1
    $1 (Tipo): {'type': None, 'predefined type': 'GUARDRAIL'}
    $2 (Material): [{'mat. name': 'Aço', 'mat. category': 'Metal'}]
    $3 (Altura): 0.9 m
    $4 (Localização): {'external': False, 'aggregate': 'IfcStair', 'agg. type': 'HALF_TURN_STAIR'}
    $7 (Elemento): None
    Qtd.: 10.488092969147 m

{'type': 'IfcRailing',
'GlobalId': '1tU0T8KNj3sw4NFe61Hugg',
'Name': 'Guarda-corpo:Barrotes quadrados:295399',
'ObjectType': 'Guarda-corpo:Barrotes quadrados',
'Tag': '295399',
'PredefinedType': 'GUARDRAIL'}
@ {'cont. type': 'IfcBuildingStorey', 'cont. name': '1º Andar', 'parent': 'Edifício A1'}
|
+-> Artigo(s) ProNIC:
15.1.10.1
    $1 (Tipo): {'type': None, 'predefined type': 'GUARDRAIL'}
    $2 (Material): [{'mat. name': 'Aço', 'mat. category': 'Metal'}]
    $3 (Altura): 0.9 m
    $4 (Localização): {'external': False, 'aggregate': 'IfcStair', 'agg. type': 'HALF_TURN_STAIR'}
    $7 (Elemento): None
    Qtd.: 4.39412402943856 m
```

Fonte: Autores

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Com a criação do protótipo apresentado, demonstrou-se a interoperabilidade entre modelos BIM no formato IFC e o ProNIC, possibilitando extrair informação que auxilie a equipa de Projeto a criar o MQT com recurso ao processo semi-automatizado da Figura 1.

A metodologia resultante deste trabalho pode ser aplicada a outras categorias de classes IFC, aumentando significativamente a proporção de informação do modelo que pode ser utilizada no MQT com reduzida intervenção manual.

Como trabalho futuro, salienta-se a necessidade de definir um mecanismo de IDS que assegure um nível de qualidade do modelo suficiente para maximizar a automatização do processo, e a expansão da capacidade do protótipo para mais elementos construtivos.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por:

Projeto Mobilizador “REV@CONSTRUCTION - Digital Construction Revolution”, POCI-01-0247-FEDER-046123, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), parte da estratégia Portugal 2020.

Financiamento base - UIDB/04708/2020 do CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

## REFERÊNCIAS

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership and Management in Engineering**, v. 11, n. 3, p. 241–252, jul. 2011.

BUILDINGSMART. **Technical Roadmap buildingSMART: Getting ready for the future.**, 2020. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/standards/technical-roadmap/>>

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction.** Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>>. Acesso em: 18 abr. 2023a.

BUILDINGSMART. **IFC Specifications Database.** Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>>. Acesso em: 18 abr. 2023b.

COUTO, P.; FALCÃO SILVA, M. J.; SALVADO, F. INTEROPERABILITY CHALLENGES IN BIM MODELS. **Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design**, p. 1295–1296, 11 jun. 2017.

FALCÃO SILVA, M. J.; COUTO, P.; SALVADO, F. Interoperability Between BIM Objects and ProNIC: Application to Different Building Design Specifications. Em: RODRIGUES, H. et al. (Eds.). **Sustainability and Automation in Smart Constructions.** Advances in Science, Technology & Innovation. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 81–85.

GIOLLO, R. B. **INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E APLICAÇÃO PRONIC: Reabilitação de um edifício público.** Lisboa, Portugal: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2016.

IFCOPENSHELL. **The open source IFC toolkit and geometry engine.** Disponível em: <<https://ifcopenshell.org/>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **ISO 12006-2 : 2015 - Building construction - Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification.** , 2015.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema.** , nov. 2018.

LAAKSO, M.; KIVINIEMI, A. The IFC Standard - A Review Of History, Development, And Standardization. **ITcon**, v. 17, p. 134–161, 2012.

LOPES, J. **Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação ProNIC na especialidade de Instalações Prediais.** Lisboa, Portugal: Universidade Nova de Lisboa, jun. 2017.

MÊDA, P. et al. **Legacy practices supporting BIM adoption in Portugal – Reflexions from a large Use Case.** . Em: 14TH EUROPEAN CONFERENCE ON PRODUCT & PROCESS MODELLING (ECPPM 2022). Trondheim, Norway: 14 set. 2021.

MÊDA, P.; SOUSA, H.; FERREIRA, F. Economic Relevance of Building Elements—Studies, New Framework, Evolutions and Support for Refurbishment Operations. Em: **Sustainable Construction.** Building Pathology and Rehabilitation. Singapore: Springer Singapore, 2016. v. 8p. 93–128.

PRONIC, C. **PROJETO MOBILIZADOR DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION REV@CONSTRUCTION Entregável 3.1 Interfaces: Identificação e caracterização de necessidades/oportunidades de Integração/interoperabilidade.** , dez. 2021.

RIBEIRO, Y. et al. **Sistemas de informação para a Construção 4.0: Conteúdos, integração e interoperabilidade – Estudo de caso.** Atas do Congresso Construção 2022. **Anais...** Em: CONSTRUÇÃO 2022. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, dez. 2022. Disponível em: <[https://civil.uminho.pt/construcao2022/files/Livros\\_Atas.zip](https://civil.uminho.pt/construcao2022/files/Livros_Atas.zip)>

RIBEIRO, Y. et al. **A construction information system as a lean information management enabler – Case study.** To appear in: Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31). **Anais...** Em: 31ST ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC31). Lille, France: jun. 2023a.

RIBEIRO, Y. et al. **Information Systems for Construction 4.0\_ Classification of contents for integration and interoperability – case study.** To appear in: 2023 European Conference on Computing in Construction (EC3). **Anais...** Em: 2023 EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTING IN CONSTRUCTION (EC3). Heraklion, Greece: jul. 2023b.

VENÂNCIO, M. J. L. **Avaliação da implementação de BIM – Building Information Modeling em Portugal.** Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jul. 2015.