

E23.1.3. Modelação BIM do Pavimento do Living Lab

PPS 4

E23.1.3. Modelação BIM do Pavimento do Living Lab

Informações do documento	
Data de entrega contratualizada	30-04-2023
Data de entrega atual	20-07-2023
Entidade responsável	FEUP
Entidades participantes	FEUP
N.º PPS	4
Nível de divulgação	
Versão	1.0

Autores

Nome	Entidade
Diogo Filipe Ramos Parracho	FEUP
João Pedro da Silva Poças Martins	FEUP

Revisores

Nome	Entidade	Data
XX	XX	XX-XX-XXXX

Histórico de versões

Versão	Data	Comentários
v1.0	20-07-2023	Relatório de modelação BIM do pavimento do PAV 4.0 LC

Sumário executivo

O presente trabalho tem como finalidade explicar o processo de modelação BIM do pavimento rodoviário selecionado como demonstrador do PAV 4.0 LC e dos respetivos sensores embebidos, privilegiando a utilização de formatos abertos capazes de agilizar a interoperabilidade e multidisciplinaridade entre programas e intervenientes. Este modelo servirá de base para a interligação dos dados recolhidos pelos sensores reais e os virtuais, com o objetivo de criar um Digital Twin do pavimento em análise.

Note-se que este relatório segue as indicações da proposta de IDM para situações de monitorização do ciclo de vida de obras rodoviárias apresentado na Atividade 5.5 do PPS1 deste projeto de investigação.

Índice

Sumário executivo	3
Índice	4
Índice de figuras.....	5
Índice de tabelas.....	5
Abreviatura e acrónimos	6
1. Introdução	7
2. Modelação BIM	8
2.1. Modelação do Pavimento Rodoviário	8
2.2. Modelação e Implementação Digital dos Sensores	11
2.3. Utilização de Formatos Abertos.....	14
3. Conclusão.....	18
Referências.....	19

Índice de figuras

Figura 1 – Planta do troço rodoviário a ser modelado	8
Figura 2 – Planta do modelo do troço rodoviário (à esquerda) e em modo de condução (à direita).....	9
Figura 3 – Exemplo de classe e subclasse IFC da camada de desgaste do pavimento (no canto superior esquerdo)	11
Figura 4 – Modelo BIM do pavimento em estudo	11
Figura 5 – Família de sensores com geometria simplificada para a monitorização de pavimentos rodoviários	12
Figura 6 – Posicionamento dos perfis de sensores [6] (à esquerda) e respetiva localização no modelo BIM do IC5 (à direita): perfil P1 localizado sensivelmente no PK 75+831.6 e perfil P2 aproximadamente no PK 75+834.6.....	14
Figura 7 – Modelo do pavimento rodoviário no BlenderBIM, incluindo os 48 sensores	15
Figura 8 – Exemplo do preenchimento de um Pset dos sensores.....	15
Figura 9 – Exemplo de criação de um Pset no BlenderBIM.....	16
Figura 10 – Modelo IFC no BlenderBIM, com as respetivas propriedades dos sensores	17
Figura 11 – Modelo IFC no BIMvision, com as respetivas propriedades dos sensores	17

Índice de tabelas

Tabela 1 – Tabela de quantidades correspondente à aplicação da família de sensores no modelo BIM.....	13
---	----

Abreviatura e acrónimos

BIM – *Building Information Modelling*

FBG – *Fiber Bragg Grating*

IC – Itinerário Complementar

IDM – Information Delivery Manual

IFC – *Industry Foundation Class*

km – quilómetro

MVD – Model View Definition

PK – Ponto Quilométrico

PPS – Produtos, Processos ou Serviços

Pset – *Property Set*, conjunto de propriedades

1. Introdução

O projeto mobilizador REV@CONSTRUCTION foi iniciado em 2020 com uma estratégia que se debruça essencialmente sobre a digitalização do setor da construção português, procurando aumentar a sua competitividade a nível internacional. Neste sentido, com a finalidade de atingir os objetivos propostos pelo projeto, foram criados cinco PPSs (Produtos, Processos ou Serviços): PPS1 – DIGI4Construction, PPS2 – Digital Twin para os intervenientes do setor AEC, PPS3 – Digital Twin para a Operação e Manutenção, PPS4 – Living Lab Pavimentação e Demonstrador BIM para Obras de Arte, e PPS5 – Gestão e Comunicação do Projeto.

O presente relatório enquadra-se no contexto do PPS4 – Living Lab Pavimentação e Demonstrador BIM para Obras de Arte, que concretiza por meio da implementação de living labs (demonstradores) o trabalho desenvolvido nos PPS 1, 2 e 3, de forma a validar os sistemas e aplicações desenvolvidos. Um destes living labs é o BIM4Bridges, no qual se efetua a demonstração das potencialidades da implementação da metodologia BIM para obras de arte. O outro living lab, o PAV4.0, corresponde ao contexto do trabalho deste relatório, dedicando-se à digitalização da informação relativa a pavimentos rodoviários, nomeadamente para instrumentar e registar informação durante a fase de utilização do pavimento para avaliação do seu desempenho ao longo do seu ciclo de vida [1], [2].

Dentro do PPS4 existe um conjunto de atividades que se propõem a responder aos principais objetivos do mesmo, sendo estas denominadas por: “A21. Estudos, Especificações, Conceptualização e Desenvolvimento”; “A22. Demonstração e Validação”; “A23. Validação da APP PAV4.0 num Living Lab”; “A24. Validação da APP BIM4Bridges num Living Lab (Demonstrador)”; e “A25. Apoio e Acompanhamento da Implementação do Demonstrador”.

Neste caso, este relatório está enquadrado dentro da Atividade 23 deste PPS: “Validação da APP PAV 4.0 num Living Lab”, em particular no âmbito da tarefa “23.1.3. Modelação BIM do Living Lab”.

Assim, no próximo capítulo (Capítulo 2) será explicado o processo de modelação do pavimento rodoviário selecionado para a implementação do demonstrador, além da inclusão de sensores digitais para a posterior interligação com sensores reais, com a finalidade de criar um Digital Twin para monitorizar este living lab ao longo do seu ciclo de vida. É de

salientar que estes modelos seguem as instruções do IDM (*Information Delivery Manual*) para a monitorização de obras rodoviárias introduzido na Atividade 5.5 do PPS1 [3].

O Capítulo 3 corresponde à conclusão e trabalhos futuros relacionados com esta atividade.

2. Modelação BIM

2.1. Modelação do Pavimento Rodoviário

Tal como indicado no relatório “E21.1. Especificação do cenário do PAV4.0 e PAV4.0 LC” [4], o trecho experimental do PAV 4.0 LC corresponde ao troço PK 75+800 do IC5 da Subconcessão do Douro Interior – junto ao nó de Lodões –, situado na União de Freguesias de Assares e Lodões, Vila Flor. Durante o processo de planeamento do modelo digital, foi escolhido efetuar a modelação de 200 metros de troço, correspondente à ligação do PK 75+700 ao PK 75+900 do IC5.

Para se iniciar a modelação BIM do pavimento rodoviário tal como ele é na realidade (“as-is”), deve-se utilizar como base os elementos fornecidos pela equipa de topografia, que efetuou o levantamento das características do local numa fase posterior ao término da obra. Para este procedimento utilizou-se a planta topográfica devidamente georreferenciada (Figura 1), de acordo com o sistema de coordenadas nacional PT-TM06/ETRS89 (EPSG: 3763). Além disso, também a nuvem de pontos adquirida aquando do levantamento fotogramétrico com uma aeronave não tripulada (vulgo “drone”) foi utilizada como auxílio à modelação BIM, por exemplo, na averiguação da sobrelevação das vias.

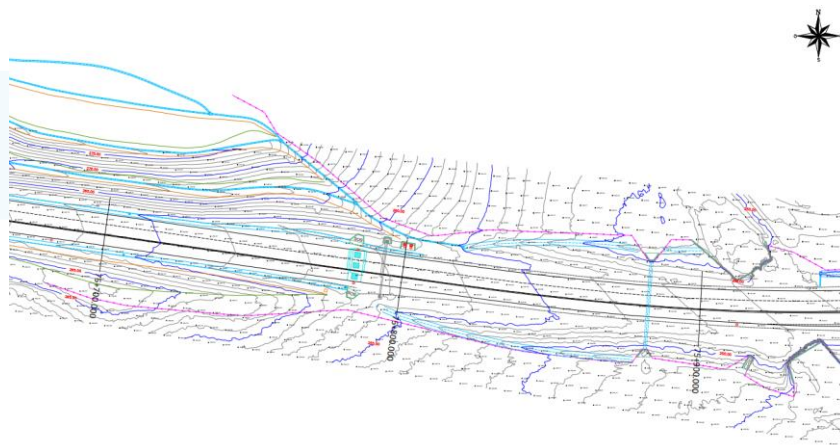


Figura 1 – Planta do troço rodoviário a ser modelado

Tal como indicado no relatório da Atividade 5.5 do PPS1 deste projeto de investigação [3], para se modelar um troço rodoviário devem ser utilizados programas informáticos específicos para este tipo de trabalhos. Nesse relatório foi exemplificada a criação de um pavimento rodoviário utilizando uma ferramenta baseada no AutoCAD denominada por Autodesk Civil 3D. Assim sendo, remete-se a explicação dos procedimentos de criação do corredor rodoviário para a Secção 4.1 desse relatório, acrescentando-se apenas que a sobrelevação deve ser implementada nesta fase do processo, no local próprio para esse efeito. Relativamente à estrutura do pavimento, na falta de ensaios destrutivos para averiguar as reais espessuras das diversas camadas constituintes, foi utilizado para a modelação o pavimento-tipo do projeto do IC5 (Figura 10 do relatório supramencionado), nomeadamente referente à secção projetada do km 16+850 ao km 24+180 (nota que esta quilometragem corresponde ao projeto de obra e não ao total desta estrada, contrariamente aos PK referidos anteriormente).

Na figura seguinte é possível observar o modelo criado neste *software* em vista de planta (à esquerda) e em modo de condução (à direita):

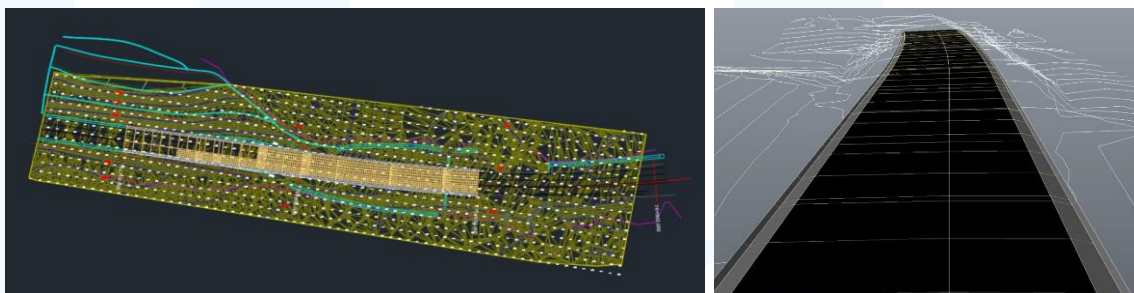


Figura 2 – Planta do modelo do troço rodoviário (à esquerda) e em modo de condução (à direita)

Por auxílio de uma extensão IFC, o Autodesk Civil 3D consegue exportar o modelo do corredor diretamente neste formato openBIM, facilitando a interoperabilidade entre programas.

Em seguida e após efetuada a exportação do modelo no formato IFC, é efetuado o processo de importação para o *software* BIM escolhido para o efeito, neste caso, o Autodesk Revit. Paralelamente, neste programa também se procedeu à modelação dos sensores essenciais à monitorização, além da posterior introdução das marcações – criadas diretamente no programa e por auxílio da nuvem de pontos.

No processo de importação, vinculou-se o modelo IFC proveniente do Autodesk Civil 3D e, em seguida, desagrupou-se o modelo, de forma a ser possível fazer corresponder a cada elemento a sua respetiva classe IFC. Para mais informações sobre o tópico das classes relacionadas com a aplicação deste formato aberto para obras rodoviárias sugere-se a consulta da seguinte referência: [5]. Em seguida são enumeradas as classes e tipos IFC dos componentes deste troço, na versão IFC 4.3, tendo sido seguidas as recomendações do IDM da Atividade 5.5 para este efeito. É de salientar que esta foi a versão escolhida tendo em conta que só a partir desta versão se tornou possível introduzir classes relacionadas com as infraestruturas rodoviárias [3].

📍 Estrada

- Camada de desgaste (camada superior) → IfcRoadPart > CARRIAGEWAY
- Camada de regularização (segunda camada) → IfcCourse > PAVEMENT
- Camadas de base e sub-base → IfcEarthworksFill > SUBGRADEDDBED

📍 Valetas

- Valeta em betão (elemento superior) → IfcKerb
- Drenagem (elemento inferior) → IfcRoadPart > USERDEFINED
- Tubagem de drenagem → IfcPipeSegment > USERDEFINED

📍 Rails → Ifc Railing > GUARDRAIL

📍 Marcações → IfcRoadPart > USERDEFINED (RoadMarks)

📍 Sensores

- Sensor de temperatura → IfcSensor > TEMPERATURESENSOR
- Extensómetro → IfcSensor > USERDEFINED (StrainGauge)

NOTA: Para as marcações não se considerou adequado utilizar o IfcAnnotation, uma vez que nem todos os leitores IFC apresentam características de largura ou relevo para esta classe, pelo que se substitui por uma pertencente ao IfcRoadPart. Assim, o IfcAnnotation foi apenas utilizado na linha que serve de guia para a criação de rails com inclinação no Autodesk Revit.

Na Figura 3 é possível observar um exemplo dos componentes IFC constituintes do modelo BIM, neste caso em particular da camada superior do pavimento. Por sua vez, na Figura 4 é apresentado o modelo no Autodesk Revit, após aplicação de um render.

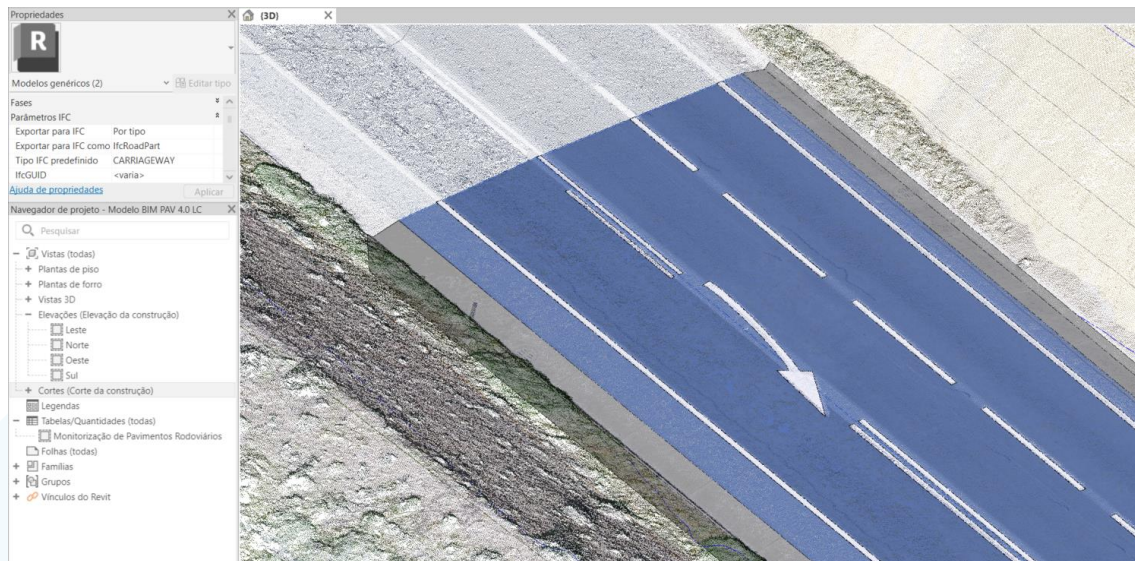


Figura 3 – Exemplo de classe e subclasse IFC da camada de desgaste do pavimento (no canto superior esquerdo)

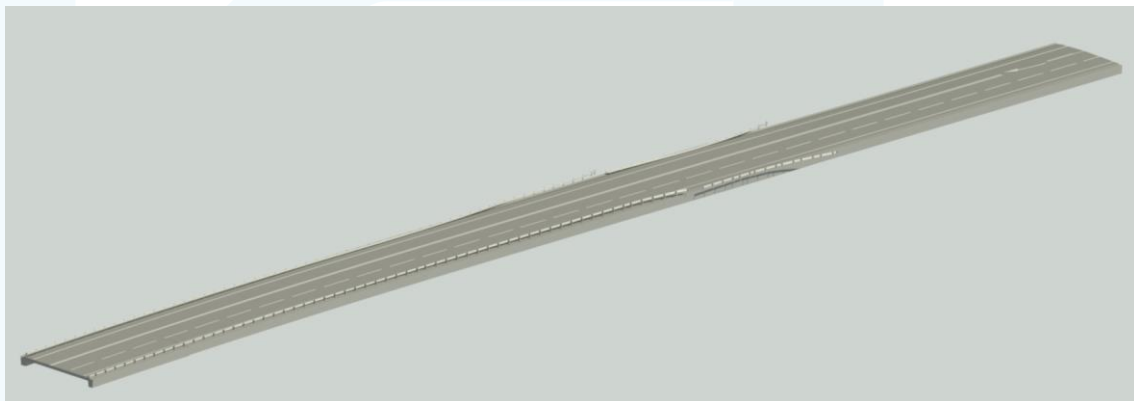


Figura 4 – Modelo BIM do pavimento em estudo

2.2. Modelação e Implementação Digital dos Sensores

Tal como referido anteriormente, foram criadas famílias de sensores para a monitorização do comportamento do pavimento ao longo do seu ciclo de vida. Estes modelos apresentam uma geometria simplificada, uma vez que esta característica é habitualmente considerada como irrelevante em aplicações práticas [3]. Estas famílias correspondem ao tipo de sensores instalados no troço real: extensómetros e sensores de temperatura [6], [7], sendo que devem incluir propriedades consideradas essenciais à caracterização dos dados, tanto dos que

recolherem como dos próprios sensores. Estas propriedades podem ser encontradas na Secção 3.3 do IDM da Atividade 5.5 deste projeto de investigação.

Na Figura 5 é possível constatar a geometria genérica simplificada dos sensores criados, além da respetiva correspondência que se deve estabelecer com a classe IFC do mesmo, essencial para a exportação destes equipamentos neste formato aberto.

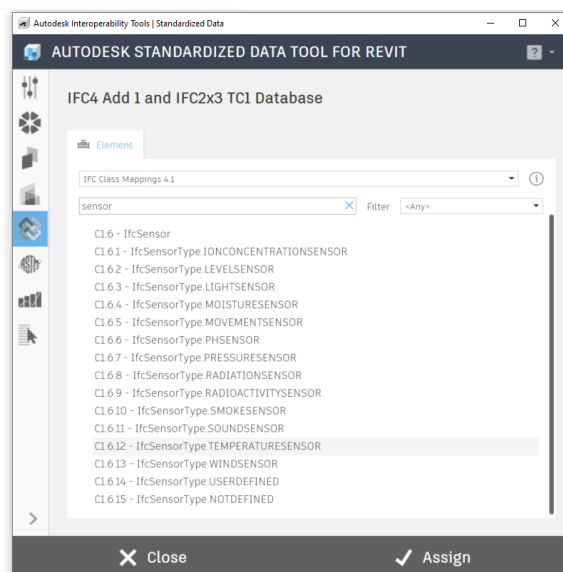
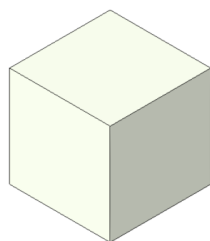


Figura 5 – Família de sensores com geometria simplificada para a monitorização de pavimentos rodoviários

Adicionalmente, com estas propriedades é possível criar uma tabela de quantidades com base nas propriedades introduzidas durante o processo de criação das famílias de sensores. Esta tabela é apresentada de seguida:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
IdcGUID	Fabricante	TipoSensor	Perfil	Lado	NomeDoSensor	Estado	CotaDoSensor	Profundidade	km	Extensao	Temperatura	Data
31qbEzNRXAdffes2ibvSE1	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG1_P1_Dir	Existente	255.352 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSEI	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG2_P1_Dir	Existente	255.344 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSEv	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG3_P1_Dir	Existente	255.338 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSF8	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG4_P1_Dir	Existente	255.332 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSFR	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG5_P1_Dir	Existente	255.326 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSFG	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG6_P1_Dir	Existente	255.320 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSFI	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG7_P1_Dir	Existente	255.312 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvS06	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG8_P1_Dir	Existente	255.293 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvS0H	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG9_P1_Dir	Existente	255.273 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvS0Y	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG10_P1_Dir	Existente	255.265 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvS1F	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG11_P1_Dir	Existente	255.259 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvS2_	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG12_P1_Dir	Existente	255.253 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSSH	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG13_P1_Dir	Existente	255.247 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSHx	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG14_P1_Dir	Existente	255.241 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvSs7	N/A	Extensómetro	1	Direito	FBG15_P1_Dir	Existente	255.233 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZSm	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG1_P1_Esq	Existente	255.360 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZSp	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG2_P1_Esq	Existente	255.368 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZSo	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG3_P1_Esq	Existente	255.374 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTD	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG4_P1_Esq	Existente	255.380 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTC	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG5_P1_Esq	Existente	255.386 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTF	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG6_P1_Esq	Existente	255.392 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTE	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG7_P1_Esq	Existente	255.400 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT9	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG8_P1_Esq	Existente	255.420 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT8	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG9_P1_Esq	Existente	255.439 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT8	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG10_P1_Esq	Existente	255.447 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTA	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG11_P1_Esq	Existente	255.453 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT5	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG12_P1_Esq	Existente	255.459 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT0	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG13_P1_Esq	Existente	255.459 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZT5	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG14_P1_Esq	Existente	255.471 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTR	N/A	Extensómetro	1	Esquerdo	FBG15_P1_Esq	Existente	255.479 m	0.135 m	75831.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCIn	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG1_P2_Dir	Existente	255.224 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCIB	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG2_P2_Dir	Existente	255.204 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCIB	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG3_P2_Dir	Existente	255.184 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCgc	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG4_P2_Dir	Existente	255.164 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCgr	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG5_P2_Dir	Existente	255.144 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCg4	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG6_P2_Dir	Existente	255.123 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCix	N/A	Extensómetro	2	Direito	FBG7_P2_Dir	Existente	255.103 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH1	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG1_P2_Esq	Existente	255.235 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH0	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG2_P2_Esq	Existente	255.256 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH7	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG3_P2_Esq	Existente	255.276 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH6	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG4_P2_Esq	Existente	255.296 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH5	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG5_P2_Esq	Existente	255.316 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH4	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG6_P2_Esq	Existente	255.336 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH8	N/A	Extensómetro	2	Esquerdo	FBG7_P2_Esq	Existente	255.352 m	0.135 m	75834.613 m	0.00 mm		1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvU3F	N/A	Temperatura	1	Direito	Temp_P1_Dir	Existente	255.230 m	0.135 m	75831.613 m		0.00 °C	1900-12-31T23:59:59
31qbEzNRXAdffes2ibvZTQ	N/A	Temperatura	1	Esquerdo	Temp_P1_Esq	Existente	255.482 m	0.135 m	75831.613 m		0.00 °C	1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCUL	N/A	Temperatura	2	Direito	Temp_P2_Dir	Existente	255.100 m	0.135 m	75834.613 m		0.00 °C	1900-12-31T23:59:59
3CGYhzb14AvZInJMglCH9	N/A	Temperatura	2	Esquerdo	Temp_P2_Esq	Existente	255.353 m	0.135 m	75834.613 m		0.00 °C	1900-12-31T23:59:59

Tabela 1 – Tabela de quantidades correspondente à aplicação da família de sensores no modelo BIM

Após a criação das famílias (e idealmente antes da criação da tabela), deve ser feita a introdução dos sensores na via, simulando as condições de implementação reais. Isto é, deve ser tomada em conta o posicionamento de cada sensor, incluindo o seu PK, a sua cota e a profundidade a que está instalado, além da distância entre cada sensor.

Neste caso, foram instaladas quatro fiadas de sensores, com dois tipos de perfis [6]:

- ☒ P1 – 15 extensómetros (FBG) e 1 sensor de temperatura
- ☒ P2 – 7 extensómetros (FBG) e 1 sensor de temperatura

Deste modo, foram implementados no pavimento digital os correspondentes modelos destes equipamentos de monitorização, perfazendo no total 48 sensores instalados (44 extensómetros e 4 sensores de temperatura).

Na Figura 6 é possível verificar o planeamento do posicionamento dos perfis no pavimento real e a sua localização aproximada no modelo digital do troço do IC5:

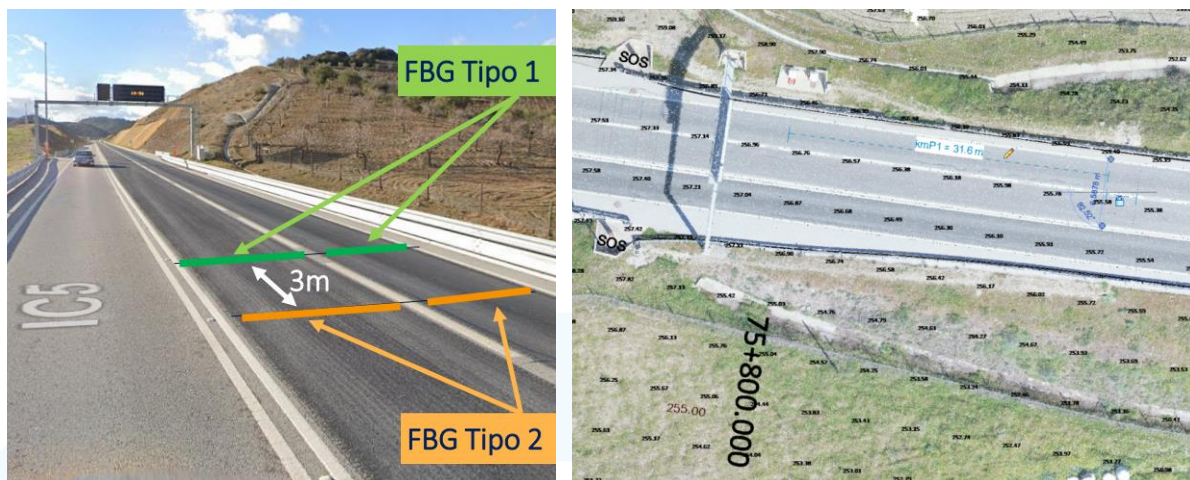


Figura 6 – Posicionamento dos perfis de sensores [6] (à esquerda) e respetiva localização no modelo BIM do IC5 (à direita): perfil P1 localizado sensivelmente no PK 75+831.6 e perfil P2 aproximadamente no PK 75+834.6

2.3. Utilização de Formatos Abertos

Após o término da instalação dos sensores no modelo BIM procedeu-se à concretização da tabela para a monitorização de pavimentos rodoviários apresentada na Tabela 1. Com isto, caso seja pretendido trabalhar num formato proprietário do Autodesk Revit, o procedimento poderia terminar neste passo. Contudo, sendo a interoperabilidade e a multidisciplinaridade da informação entre programas e intervenientes considerado como um dos princípios basilares do projeto REV@CONSTRUCTION, é aconselhável adotar uma metodologia openBIM, privilegiando a utilização de formatos abertos como o IFC.

Deste modo, nesta fase foi feita a exportação do modelo BIM neste formato, a partir da versão experimental do IFC 4.3 (versão esta suportada por um plugin). Como já mencionado anteriormente, esta foi a versão do esquema IFC selecionada tendo em conta as limitações deste formato para as infraestruturas rodoviárias em versões anteriores.

Neste passo, foi selecionado um programa informático que fosse além da simples leitura das propriedades IFC. Este programa teria de ser capaz de criar e editar diretamente os conjuntos de propriedades (Pset – *property set*) necessários à caracterização de um modelo BIM em IFC, pelo que se escolheu utilizar o Blender, após instalação do BlenderBIM Add-on para que este programa fosse capaz de efetivamente trabalhar com este formato. Na Figura 7 é possível observar o modelo importado:

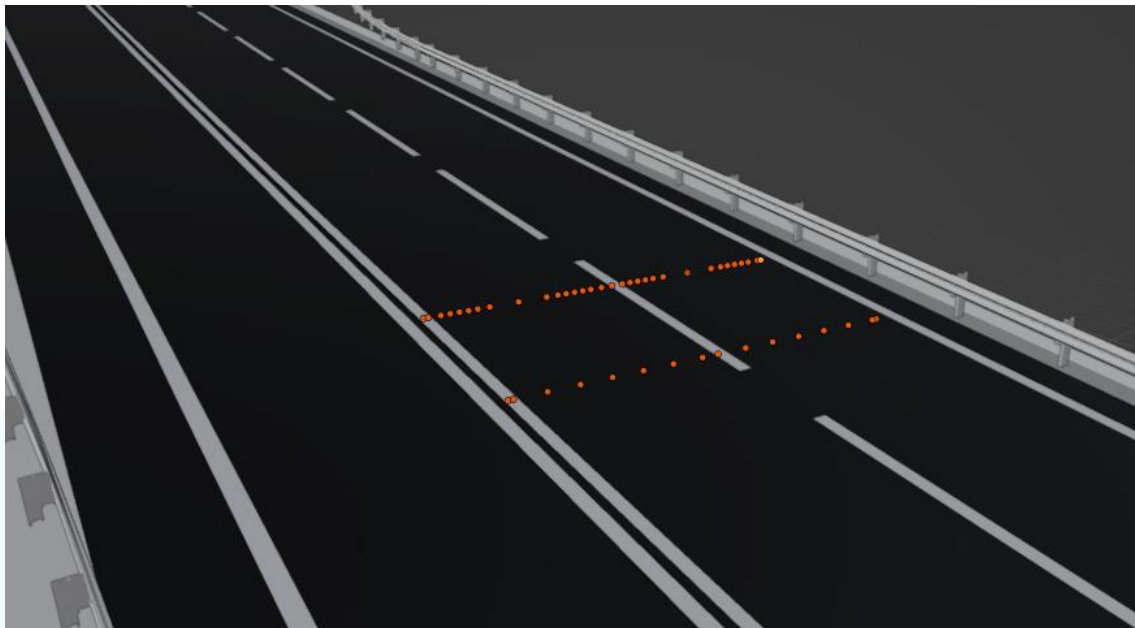


Figura 7 – Modelo do pavimento rodoviário no BlenderBIM, incluindo os 48 sensores

Logo após a importação é possível constatar que é possível selecionar os Psets que correspondem a cada uma das classes, de acordo com o que é estipulado pela buildingSMART Internacional. Contudo, estes Psets encontram-se vazios de dados, cabendo ao utilizador introduzir a informação necessária e habilitar a visualização da propriedade (assinaladas com uma bola branca na Figura 8). Na figura seguinte é possível observar um exemplo aplicado ao Pset_EletricalDeviceCommon, preenchido com valores genéricos definidos em [8], [9], tendo em conta que o objeto BIM não deve possuir propriedades com valores não preenchidos.

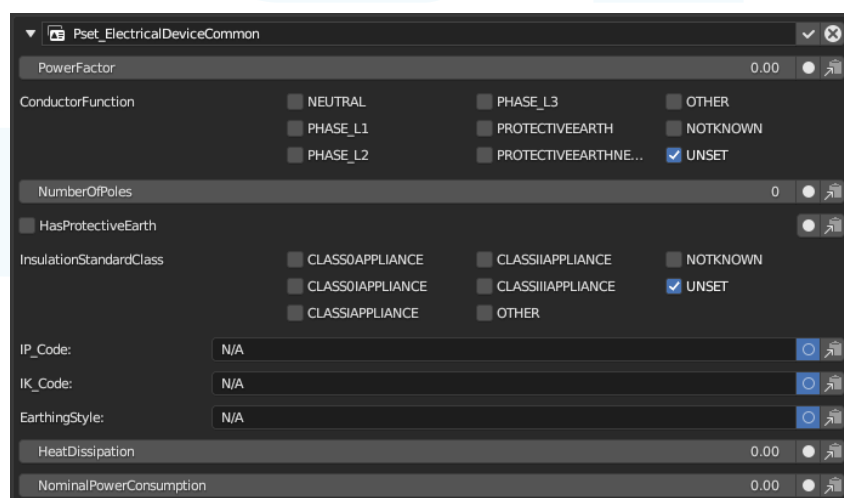


Figura 8 – Exemplo do preenchimento de um Pset dos sensores

O IDM para a monitorização de infraestruturas rodoviárias da Atividade 5.5 do PPS1 deste projeto de investigação define quais os requisitos para a troca de informação relativamente aos sensores no formato IFC, na Secção 3.3. O mesmo relatório sugere ainda a possibilidade de incluir propriedades omissas a esse documento que o utilizador considere necessárias para a correta caracterização dos objetos, tendo sido efetivamente introduzido um Pset extra com dados gerais dos sensores (e.g., com os seus PKs).

No caso de ser necessário introduzir um Pset, este poderá ser criado em Scene Properties > IFC Project Setup > IFC Property Set Templates. Nessa fase, cria-se um ficheiro Pset (ou edita-se um existente) e cria-se um “Pset template” novo. Na Figura 9 é apresentado um exemplo para a criação de um Pset no BlenderBIM, neste caso, para o sensor de temperaturas:

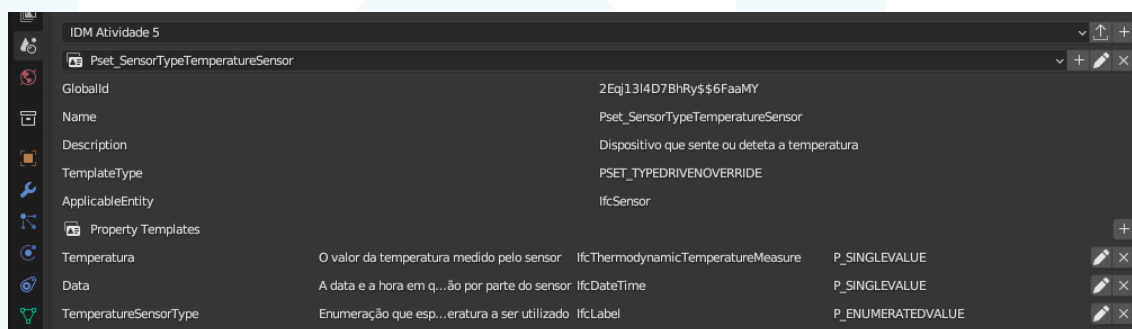


Figura 9 – Exemplo de criação de um Pset no BlenderBIM

Assim, criam-se os conjuntos de propriedades em falta e introduz-se as propriedades essenciais à caracterização dos objetos BIM, devendo o processo ser repetido para todos os sensores. Na Figura 10 é possível observar o resultado no BlenderBIM, ao passo que na Figura 11 é apresentada a exportação deste novo ficheiro IFC num leitor deste género de ficheiros (neste caso, o BIMvision), onde é possível constatar os diversos Psets e respetivas propriedades dos sensores.

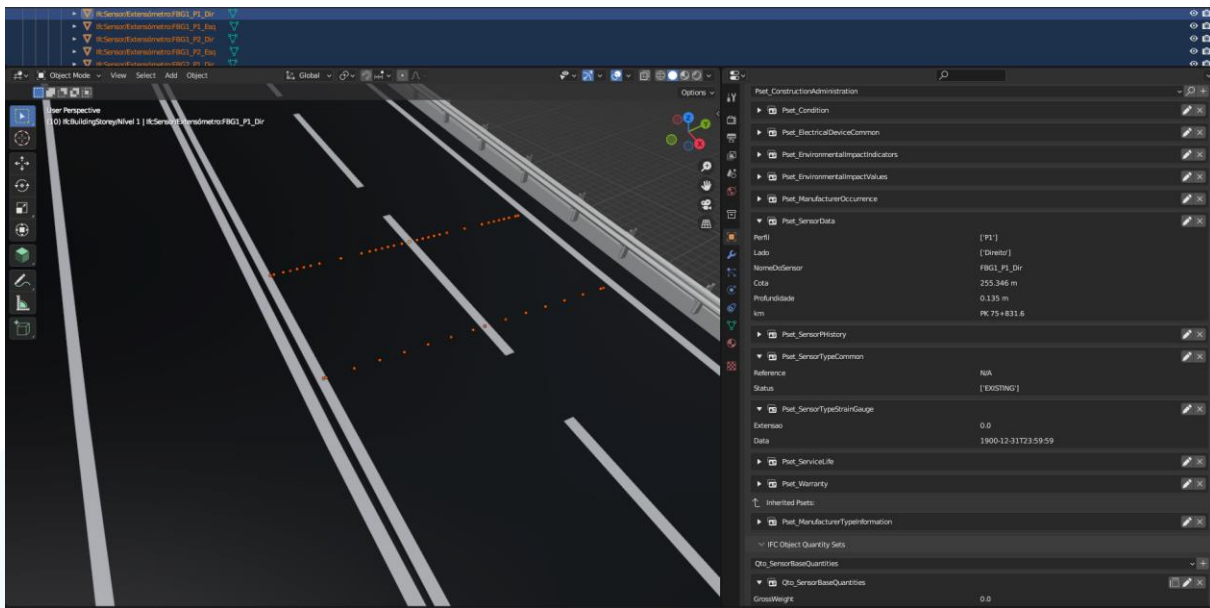


Figura 10 – Modelo IFC no BlenderBIM, com as respectivas propriedades dos sensores

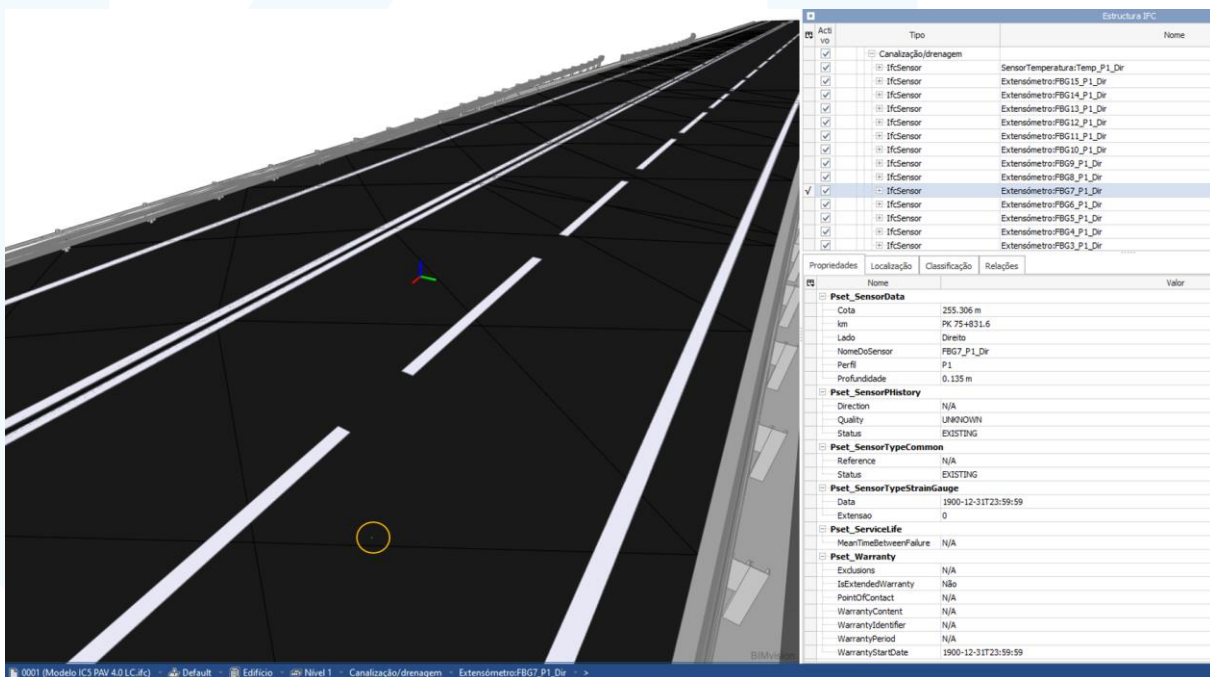


Figura 11 – Modelo IFC no BIMvision, com as respetivas propriedades dos sensores

3. Conclusão

O conteúdo deste relatório da modelação BIM de pavimentos rodoviários segue de perto as recomendações do IDM para a monitorização de obras rodoviárias apresentado na Atividade 5.5 do PPS1 deste projeto de investigação. Nesse trabalho, é referido que para os casos da monitorização em fase de utilização do ativo, deverá ser feita a interligação dos dados dos sensores reais instalados no pavimento com os virtuais, a partir de bases de dados externas [3]. Como tal, o presente trabalho serve de base para se proceder a esta interligação, procurando assim o desenvolvimento de um Digital Twin do troço rodoviário do IC5 em análise.

Tendo em conta que os sensores reais já se encontram instalados no local selecionado e a recolher informação para a monitorização do pavimento ao longo do seu ciclo de vida, e que agora já existe um modelo digital correspondente a esse troço com sensores virtuais instalados, estão reunidos os ingredientes para o desenvolvimento de um Digital Twin do pavimento em estudo.

Futuros trabalhos debruçar-se-ão na compatibilização destes elementos, procurando contribuir para a valorização da utilização de sistemas de monitorização contínuos em tempo real, auxiliando na gestão deste tipo de ativos. Isto é fundamental tendo em conta que não existem atualmente no mercado sistemas de monitorização contínuos capazes de disponibilizar os dados do comportamento do pavimento em tempo real. Uma vez que a maioria dos sistemas de monitorização estão desenhados para processos de inspeção periódica, existe deste modo pouca informação sobre os pavimentos, o que exige uma maior frequência de interrupções de tráfego e maiores custos de manutenção. Assim, com a implementação de um sistema de monitorização contínuo e de baixo custo – como um Digital Twin –, é possível aumentar o ciclo de vida dos pavimentos e, por conseguinte, diminuir os custos de manutenção associados [1].

Referências

- [1] REV@CONSTRUCTION, “Proposta de Candidatura – Parte B: Anexo Técnico – Aviso nº14/SI/2019.” p. 110, Apr. 2019.
- [2] REV@CONSTRUCTION, “Atividades,” 2023.
<https://revconstruction.pt/atividades/#pps4> (accessed Jul. 19, 2023).
- [3] D. F. R. Parracho and J. Poças Martins, “E5.5 - Relatório: ‘Casos de Aplicação: Pavimentos e Infraestruturas Rodoviárias,’” REV@CONSTRUCTION, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10216/150133>
- [4] Mota-Engil, Infraestruturas de Portugal, Adão da Fonseca, BUILT CoLAB, and Universidade do Minho, “E21.1 – Especificação do cenário do PAV4.0 e PAV4.0 LC.” REV@CONSTRUCTION, p. 5, 2022. [Online]. Available: <https://revconstruction.pt/wp-content/uploads/2023/06/E21.1-Especificacao-do-cenario-do-PAV4.0-e-PAV4.0-LC.pdf>
- [5] M. Pszczolka, “All you need to know about IFC 4.3 for infrastructure,” 2022. <https://bimcorner.com/ifc-4-3-for-infrastructure/> (accessed Jul. 06, 2023).
- [6] V. Marecos, “Instalação dos Sensores,” in *Workshops Demonstradores REV@CONSTRUCTION – PAV 4.0 LC*, Porto, Portugal, 2023, pp. 52–93. [Online]. Available: https://revconstruction.pt/wp-content/uploads/2023/05/Rev@_WSPAV40LC.pdf
- [7] REV@CONSTRUCTION, “Validação da APP PAV 4.0 LC num Living Lab,” 2023. <https://revconstruction.pt/noticias/validacao-da-app-pav-4-0-lc-num-living-lab/> (accessed Jul. 19, 2023).
- [8] M. El Sibaii, L. Miranda, J. Granja, and M. Azenha, “Regras de modelação de objetos BIM,” Lisboa, Portugal, 2021.
- [9] A. Aguiar Costa *et al.*, “E5.3 – Guia para a Modelação de Objetos BIM,” REV@CONSTRUCTION, 2023.