

Obra: otimização – preparação – pré-fabricação

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.19>

Pedro Ferreirinha¹

¹ HCI – Construções, S.A., Lisboa

Resumo

Este resumo refere-se ao desenvolvimento da obra do EXEO Office Campus, um complexo de escritórios em Lisboa. O projecto é composto por 3 edifícios, Aura, Lumnia e Echo, ainda em execução pela HCI – Construções, S.A., num total de aproximadamente 70 000m² de construção.

Esta descrição refere-se ao edifício Lumnia (lote 2), com aproximadamente 46000m² de ABC repartidos por 9 pisos. A obra teve a particularidade de o projeto de estruturas ter contemplado um projeto alternativo a cargo da HCI para otimizar as quantidades de ferro e de betão, os respetivos custos e tempo de execução.

Salientamos os seguintes desenvolvimentos BIM:

- Modelação e otimização das armaduras;
- Nova compatibilização de todas as especialidades;
- Preparação da obra.

Destacamos as seguintes vantagens na utilização do BIM:

- A diminuição do desperdício de aço, num processo que envolveu a equipa BIM central, a equipa de direção e obra e a empresa responsável pelo corte e moldagem do ferro em obra;
- A compatibilização de todas as especialidades, tanto pela mitigação de incompatibilidades como pela comunicação entre a equipa central, a equipa da obra e os subempreiteiros responsáveis por instalar todas as especialidades.
- A análise e controlo dos dados em *softwares* de Business Intelligence.

1. Desafios

1.1. Pré-fabricação e modelação de ferro

A direcção de obra pretendeu reduzir o desperdício de aço da estrutura de betão armado para otimizar custos e minimizar os pedidos de informação (RFI) durante a produção. Sendo estes tipicamente morosos, agilizá-los permitir-nos-ia aumentar o ritmo de produção das armaduras.

1.2. Compatibilização de especialidades

No decurso do projecto, a estrutura foi completamente alterada. Tivemos por isso de remodelar as especialidades, num processo colaborativo em servidor HCI pela equipa central com a equipa da obra. O subempreiteiro das especialidades desenvolveu então a preparação para a boa execução das especialidades em obra.

1.3. Preparação da obra em BIM

Foi necessário detalhar a modelação de todos os elementos para alcançarmos os níveis de informação definidos nas várias instruções produzidas pela equipa central VDC.

2. Soluções

2.1. Pré-fabricação e modelação de ferro

Foram modeladas 370 toneladas de ferro distribuídas pelos maciços, paredes dos núcleos, arranque dos pilares e pilares.

Para o planeamento da construção, alavancámos os recursos existentes e a ampla experiência interna para criar um processo nunca antes utilizado na HCI, apelidado de “corta, dobra e monta”.



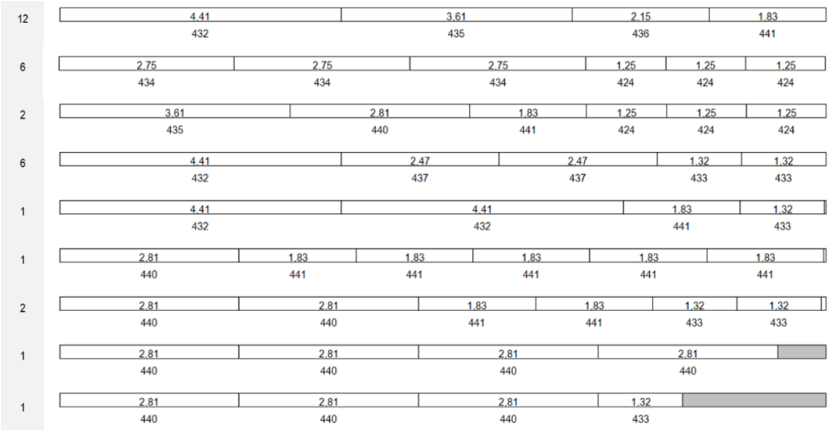
Figura 1
Processo Corta, Dobra e Monta.

Para otimizar e maximizar a utilização efetiva de todos os varões de ferro, cada um com 12m de comprimento, fizemos a alocação otimizada das armaduras pelos varões. Todos os varões foram catalogados e etiquetados por grupos de comprimento e de forma, com instruções para os três passos, para maior facilidade e rapidez das equipas da obra nas fases de corte, de dobragem e de montagem [1].

Este processo começou atendendo à forma das armaduras por diâmetro de ferro. Ligámos a modelação em Revit ao Dynamo, o que nos permitiu extrair, por armadura, a informação do comprimento necessário, o tipo de ferro e os elementos de betão armado respectivos.

No esquema de corte abaixo podemos ver a organização dos ferros distribuídos pelos varões de 12m. O algoritmo faz a otimização e distribuição automática dos ferros com o mesmo diâmetro e com a etiquetagem desenvolvida no modelo para minimizar o desperdício.

Figura 2
Esquema de corte.



Na dobragem desenvolvemos listas por elemento de betão. Aqui temos o exemplo de um maciço com as etiquetas de corte, a forma de dobragem, as quantidades necessárias e o peso por Ø.

Figura 3
Dobragem.

Ø	Ref.º Nº	FORMATO	QUANT.	A (mm)	B (mm)	C (mm)	COMPR. UN. (m)	PESO UN. (kg)	PESO TOTAL (kg)
Ø12	3		16	600 mm	600 mm		1.18 m	1.05 kg	16.75 kg
	164		21	630 mm	4150 mm	630 mm	5.37 m	4.77 kg	100.08 kg
	166		28	630 mm	3150 mm	630 mm	4.37 m	3.88 kg	108.75 kg
	278		8	3190 mm	0 mm	0 mm	3.19 m	2.83 kg	22.66 kg
	282		8	4180 mm	0 mm	0 mm	4.18 m	3.71 kg	29.71 kg
	492		28	640 mm	3150 mm	640 mm	4.39 m	3.90 kg	109.08 kg
			109 un.	387.02 kg					
Ø16	157		22	630 mm	4150 mm	630 mm	5.36 m	8.46 kg	186.05 kg
				22 un.	186.05 kg				
Ø25	158		15	630 mm	4150 mm	630 mm	5.34 m	20.56 kg	308.44 kg
	329		16	640 mm	3160 mm	640 mm	4.37 m	16.82 kg	269.20 kg
				31 un.	577.63 kg				
TOTAL			162 un.	1 150.70 kg					

Por fim, elaborámos o manual de montagem desses elementos conforme as referências da etiquetagem.

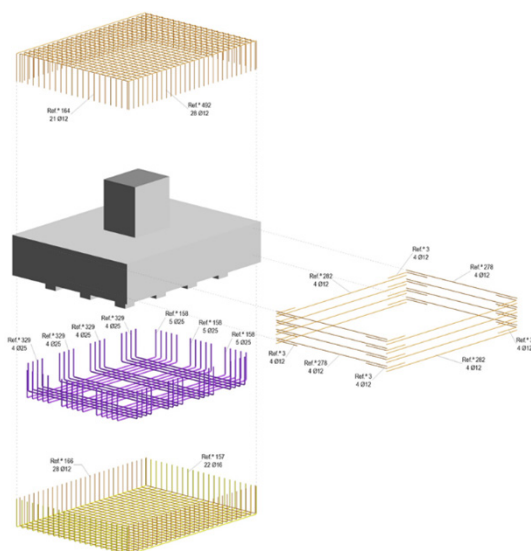


Figura 4
Exemplo de manual de montagem.

Enviámos então para a obra as tabelas de corte, otimizadas por elemento construtivo e por diâmetro.

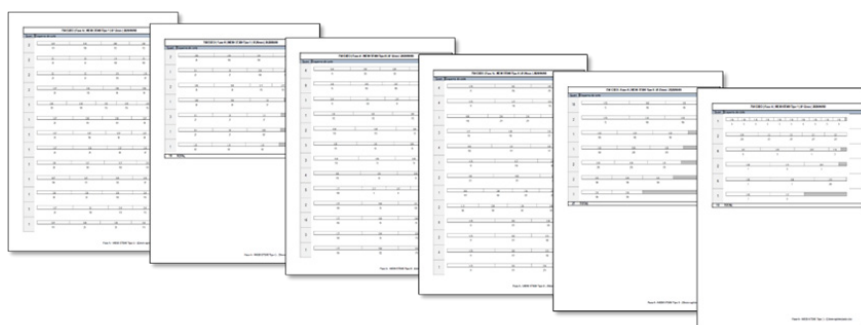


Figura 5
Tabelas de corte.



Figura 6
Exemplo de esquemas de dobragem por método construtivo.

A equipa central desenvolveu e divulgou, por fim, os manuais com os esquemas de montagem.

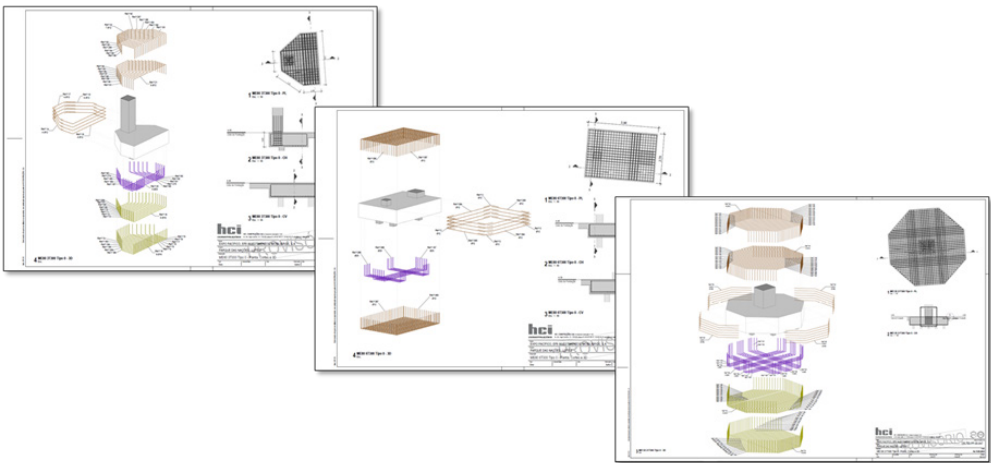


Figura 7
Exemplo de esquemas de montagem.

Esta metodologia foi desenvolvida com estreita colaboração com a obra, e foi afinada diretamente com o encarregado do ferro. Só assim foi possível passarmos da teoria à prática.



Figura 8
Passagem da teoria à prática.

Máquina de dobragem de ferro

Afinação de procedimentos

Patilhas para etiquetagem

Um modelo com este grau de detalhe é muito pesado e difícil de trabalhar. Não seria exequível ter um modelo que contivesse todos os elementos modelados exaustivamente. Tivemos de otimizar recursos humanos na modelação e recursos de *hardware*.

Criámos em Power BI uma matriz de elementos distribuídos por tipologias, por quantidades e por fase. Foi apenas necessário modelar um tipo de cada elemento construtivo; o programa ajustou as quantidades totais às especificações do projeto. Prever um único elemento modelado aumentou exponencialmente a rapidez de modelação e facilitou as alterações pontuais que foram sendo implementadas pelo projetista de estruturas.

Para analisar toda a informação desenvolvida nos modelos Revit foi criada uma ligação entre a base de dados do Revit e o Microsoft Power BI através do Dynamo. Isto permitiu-nos extrair todo o tipo de dados: quantidade de ferro por elemento de betão, por fase construtiva, por diâmetro, etc.

Com esta informação pudemos também criar bases de dados para consultas futuras de quantidade de aço por m³ de tipologia de elementos de betão – dados úteis para validar rácios em futuros concursos.



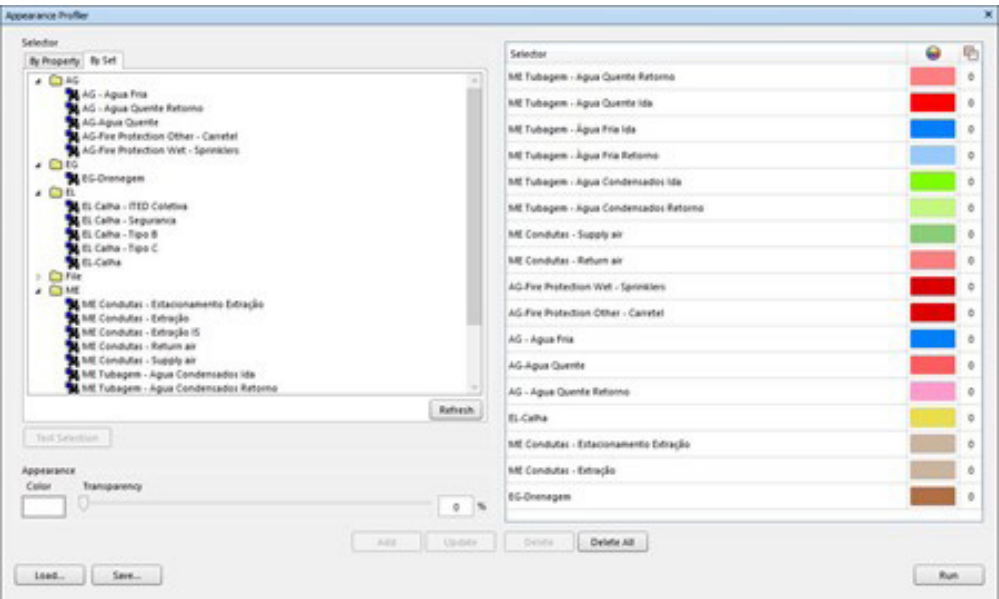
Figura 9
Power BI – Dashboard.

2.2. Compatibilização de especialidades

Com a alternativa da estrutura, que passou de lajes maciças de 22cm para lajes de cocos com 42.5cm de espessura, foi preciso desenvolver alternativas para todas as especialidades. Estas foram desenvolvidas e modeladas internamente pela equipa em obra e pela equipa VDC em sede, de modo a viabilizar todos os pontos críticos do edifício.

A validação técnica da compatibilização foi efetuada no Navisworks Manage, com a definição de parâmetros de sistema de redes de cada especialidade no Revit, que foram padronizados e detalhados por cor no Navisworks.

Figura 10
Especialidades
separadas por tipologia
e cor.



Estes sets de seleção serviram de base à análise de incompatibilidades que, por sua vez, definiram os padrões de coordenação do Navisworks para futuras coordenações de obras. As cores de cada rede de especialidade definida nos sets que foram comunicados a todos os intervenientes.

Figura 11
Clash detective.

Clash Detective								
AG vs AG			Last Run: 11 de maio de 2021 19:10:40					
			Clashes - Total: 88 (Open: 88 Closed: 0)					
Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	
AG vs AG	Done	88	88	0	0	0	0	
EL vs AG	Done	0	0	0	0	0	0	
EL vs EL	Done	0	0	0	0	0	0	
FE vs All	Done	33	33	0	0	0	0	
ME vs AG	Done	24	24	0	0	0	0	
ME vs EL	Done	2	2	0	0	0	0	
ME vs ME	Done	105	105	0	0	0	0	
Tecto vs EL	Done	0	0	0	0	0	0	
Isolamento vs MEP	Done	0	0	0	0	0	0	

Na imagem abaixo podemos ver um ponto crítico do edifício, já compatibilizado com as novas tipologias de lajes. O facto de termos cores padronizadas por todos os modelos agilizou substancialmente a comunicação no decurso de reuniões de obra.

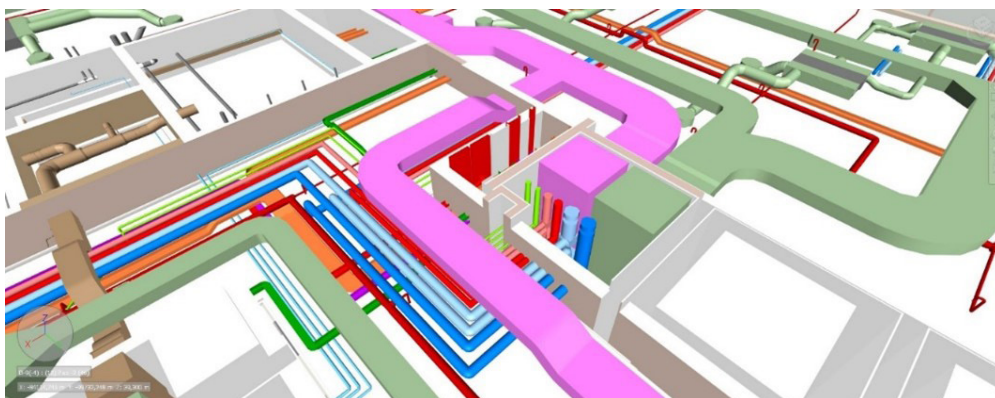


Figura 12
Especialidades alternativas já compatibilizadas separadas por tipologia e cor.

A apresentação da compatibilização na metodologia BIM teve um grande impacto por permitir uma análise mais profunda de todos os pontos críticos numa fase mais precoce, o que trouxe melhorias às soluções desenvolvidas e uma melhor preparação para produção na obra.

2.3. Preparação da obra em BIM

O *template* HCI contempla todos os *templates* de vista necessários para o desenvolvimento de toda a preparação, com base na classificação interna dos objetos, que deste modo automatizam e uniformizam o desenvolvimento da preparação de todas as obras HCI [2].

A equipa BIM da obra desenvolveu a modelação das paredes de alvenaria, que tiveram como base inicial o *template* Revit HCI. Este já tem definida a classificação de todas as tipologias de alvenarias, separadas por cores por espessuras e tipologias de tijolo. Tem também quantificadas as quantidades de tijolos por m2 desenvolvidos para que, a partir do modelo, possam ser extraídas para os pedidos de encomenda de material e feita a preparação para a sua correta colocação em obra.

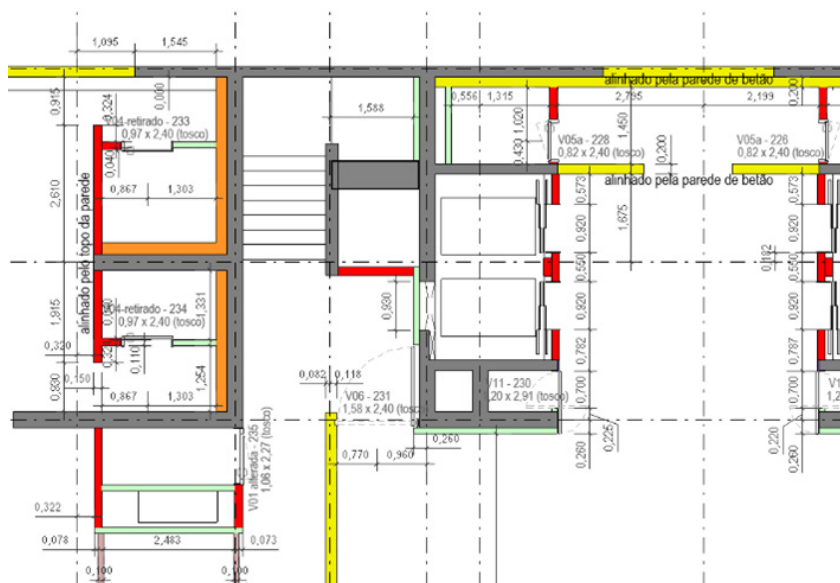


Figura 13
Modelação/preparação de alvenarias.

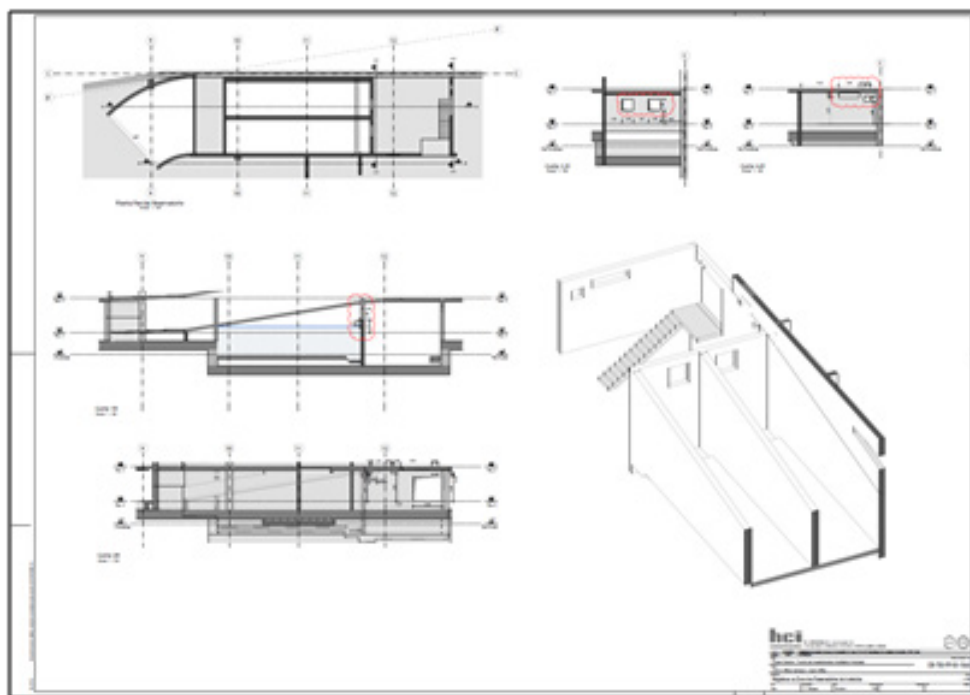


Figura 16
Desenhos de
preparação de negativos
verticais.

Fizemos também um estudo de pré-fabricação dos painéis de betão que atendeu às dimensões dos painéis de cofragem de que o empreiteiro dispunha, minimizando o encontro com o arranque dos pilares. O estudo em BIM foi muito mais célere face à metodologia tradicional.

Foi também necessário considerar a altura dos equipamentos na área técnica da cobertura. A equipa de preparação desenvolveu vários estudos com várias percentagens de pendente, de uma forma mais célere e integrada com as especialidades da drenagem das águas pluviais.

3. Resultados

Vimos claras mais-valias da implementação do BIM neste projeto.

Ao nível da pré-fabricação das armaduras, o BIM desbloqueou a elaboração de vários cenários de otimização face ao valor original de desperdício estimado de ferro, que rondava a casa dos 10%. Inicialmente desenvolvemos a totalidade da fase A e separámos os elementos por diâmetros, o que gerou uma previsão de otimização média de 98,3% e um desperdício de 1,7%. Eram dados muito interessantes; mas obrigavam a ter em estaleiro 180 molhos de etiquetagem de stock em simultâneo. Era uma solução inviável devido ao espaço do estaleiro de ferro.

Tivemos por isso a necessidade de, dentro da fase A, otimizar por tipo de elemento de betão. Nesta iteração baixámos a otimização; ainda assim, tivemos uma média de aproveitamento acima dos 95%, com um desperdício de 4,7%. A stockagem melhorou e tivemos em média 24 molhos por frente de trabalho.

Na compatibilização de especialidades, as mais-valias foram de índole qualitativa. Destacamos a melhoria na comunicação entre equipas internas e externas, a rapidez em encontrar soluções alternativas, a extração de quantidades e a possibilidade de comparação do projeto alternativo com o projeto de concurso.

Por fim, no que respeita à preparação de obra em BIM, todos os trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de produzir os desenhos de preparação coordenados entre si e possibilitar a correta extração de informação, tanto para pedidos de aprovação como de extração de dados para desenvolvimentos internos.

Subjacente a todas as etapas, destacamos a rapidez na preparação dos elementos para a produção da obra e informação enviada mais fidedigna e correta.

4. Boas práticas BIM e lições aprendidas

Após a formação das equipas foi notória a motivação para a mudança, visto que a informação está mais organizada e centralizada, o que ajuda a comunicação e às tomadas de decisão. Para a implantação da metodologia BIM este será o ponto crítico para o sucesso deste desafio.

A definição de regras e standards são também um fator determinante para o bom desenvolvimento de uma obra desta dimensão e com vários intervenientes.

Toda a metodologia melhora a comunicação tanto interna como externa.

A redução de desperdício em obra de ferro, com o desenvolvimento do sistema “corta, dobra e monta” é um tema a desenvolver e sistematizar nas próximas obras. É também um aspeto bastante relevante tanto ao nível de custo como da sustentabilidade da obra.

A compatibilização e coordenação das especialidades, são também um tema de grande relevo e mudança em comparação com a metodologia tradicional, o que veio agilizar a comunicação, antecipar pontos críticos e também uma melhor tomada de decisão.

Em geral uma preparação de obra é no fundo “descascar” toda a informação de todos os modelos, incrementar mais informação e posteriormente padronizar toda a documentação para a produção eficaz de uma obra.

Referências

- [1] BS 8666:2005 Scheduling, dimensioning, bending and cutting of steel reinforcement for concrete, ISBN 978 0 580 60699 1, BSI
- [2] BIM FORUM, *Level of Development Specification Guide*, November 2017.