

OBJETOS PARAMÉTRICOS HBIM PARA DIFERENTES NÍVEIS DE DETALHE GEOMÉTRICO

Marina Pereira⁽¹⁾, Pedro Pereira⁽²⁾

(1) INFOR Soluções BIM, Porto, 0000-0003-3542-6370

(2) CONSTRUCT-LFC, Faculdade de Engenharia (FEUP), Porto, 0000-0003-3456-0068

Resumo

A modelação em ambientes BIM, particularmente no contexto do HBIM (*Heritage Building Information Modelling*), tem sido frequentemente associada a elevados níveis de detalhe geométrico, visando representar a complexidade do património edificado. No entanto, esta abordagem pode originar modelos excessivamente complexos, com impacto negativo no desempenho e na eficiência de troca de informação. Este artigo analisa a adequação do nível de detalhe geométrico às finalidades do modelo, com base no conceito de Nível de Informação Necessária (LOIN). A investigação baseia-se num estudo aplicado ao Centro Juvenil de Campanhã, no qual se exploram estratégias de criação de objetos paramétricos capazes de integrar diferentes níveis de detalhe num único elemento. São analisadas abordagens de parametrização e controlo da representação, suportadas por objetos desenvolvidos com base na linguagem GDL, permitindo adaptar o modelo a diferentes contextos de utilização. Os resultados demonstram que a gestão do nível de detalhe, quando orientada pelos requisitos de informação, permite reduzir a complexidade do modelo e melhorar o seu desempenho, sem comprometer a utilidade informacional. Conclui-se que a utilização de objetos paramétricos constitui uma estratégia eficaz para uma modelação mais flexível, eficiente e orientada à informação.

1. Introdução

A crescente digitalização do setor da construção tem vindo a transformar a forma como os edifícios são projetados, construídos e geridos, sendo o *Building Information Modelling* (BIM) uma das metodologias centrais neste processo. De acordo com a *buildingSMART International*, o BIM consiste no “uso de uma representação digital partilhada de um ativo para facilitar os processos de projeto, construção e operação, formando uma base confiável para decisões” [1].

No contexto do património edificado, esta transformação assume particular relevância através do *Heritage Building Information Modelling*, que, ao contrário do BIM, é desenvolvido a partir de dados de levantamento, como nuvens de pontos e registos fotográficos. Estes dados são integrados num modelo digital que combina representação geométrica com informação histórica e construtiva [2].

Parte da literatura associa a qualidade dos modelos HBIM à adoção de níveis elevados de detalhe geométrico, frequentemente enquadrados no Nível de Desenvolvimento (LOD), em resposta à complexidade formal dos edifícios históricos e à riqueza dos seus elementos arquitetónicos. Esta perspetiva é evidenciada, por exemplo, por Ávila et al. [3], que relacionam a eficácia do HBIM com a fidelidade geométrica minuciosa. No entanto, esta abordagem pode implicar um aumento significativo do esforço de modelação e da complexidade do modelo, com impacto no seu desempenho e eficiência.

Mais recentemente, o conceito de Nível de Informação Necessária, definido na norma EN 17412-1:2020 [4], propõe uma abordagem mais abrangente, na qual a utilidade do modelo depende da sua capacidade de responder a requisitos específicos de informação, integrando de forma equilibrada componentes geométricas, alfanuméricas e documentais. Neste enquadramento, a qualidade do modelo deixa de estar associada exclusivamente ao detalhe geométrico, passando a depender da sua adequação aos diferentes usos ao longo do ciclo de vida do ativo.

Esta perspetiva torna-se particularmente relevante face à diversidade de contextos de utilização dos modelos BIM. Enquanto em processos de reabilitação pode ser necessário um elevado nível de detalhe, noutros contextos, como para projetos de especialidades ou gestão do ativo, uma representação simplificada pode ser suficiente, evitando o aumento desnecessário da complexidade do modelo.

Apesar desta evolução conceptual, a sua operacionalização ao nível da modelação permanece limitada, especialmente no que diz respeito à criação de objetos paramétricos capazes de gerir diferentes níveis de detalhe geométrico de forma eficiente. Esta abordagem continua pouco explorada na literatura, sobretudo no contexto da sua aplicação prática em modelos HBIM.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar o papel dos objetos paramétricos na gestão do nível de detalhe geométrico em modelos HBIM, considerando a diversidade de usos associados. A investigação centra-se no contexto da gestão do ativo, tendo como caso de estudo o Centro Juvenil de Campanhã. Com base num estudo aplicado, são exploradas estratégias de parametrização e controlo de representação, evidenciando o potencial destas soluções para suportar uma modelação mais eficiente, flexível e orientada ao uso, em alinhamento com os princípios do BIM orientado à informação.

2. Enquadramento teórico

2.1 Nível de Desenvolvimento

O Nível de Desenvolvimento constitui uma referência amplamente utilizada para descrever a maturidade dos elementos num modelo BIM, particularmente no que diz respeito à sua definição geométrica e à fiabilidade da informação associada. De acordo com o *BIMForum* [5], o LOD varia desde representações genéricas e conceptuais (LOD 100) até modelos detalhados e verificados em obra (LOD 500), refletindo diferentes estágios ao longo do ciclo de vida do projeto.

Na prática, o LOD tem sido frequentemente utilizado como referência para a definição dos requisitos de modelação, sendo muitas vezes interpretado como um indicador do grau de detalhe geométrico. Esta interpretação tem influenciado a prática de modelação, conduzindo à adoção de níveis elevados de detalhe, particularmente em contextos como o HBIM.

Contudo, esta associação direta entre LOD e qualidade do modelo apresenta limitações. A ênfase na componente geométrica não assegura, por si só, a utilidade da informação, evidenciando a necessidade de abordagens mais abrangentes para a definição e avaliação dos modelos BIM.

2.2 Nível de Informação Necessária

Como resposta às limitações associadas ao LOD, o conceito de Nível de Informação Necessária, definido na norma EN 17412-1:2020 [4], propõe uma abordagem mais abrangente para a definição dos requisitos de informação. O LOIN estrutura a informação em três componentes interdependentes: informação geométrica, informação alfanumérica e documentação associada, permitindo uma definição mais clara e orientada dos conteúdos necessários em cada fase do projeto.

Neste enquadramento, o LOD passa a ser entendido como um subconjunto da dimensão geométrica do LOIN (Figura 1), sendo a qualidade do modelo avaliada pela sua adequação aos objetivos de uso, e não apenas pelo seu nível de detalhe gráfico. Esta perspetiva reforça a necessidade de alinhar a modelação com os requisitos de informação definidos, conforme preconizado pela ISO19650-1 [6], que estabelece que a utilidade de um modelo depende da clareza e pertinência desses requisitos ao longo do ciclo de vida do ativo.

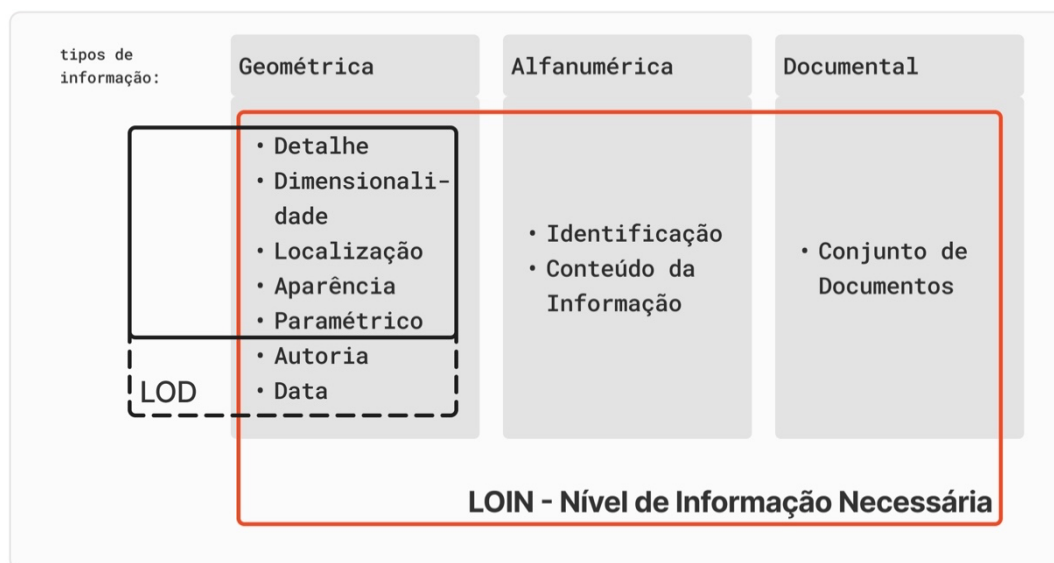


Figura 1: Comparação entre os conceitos de LOD e LOIN (adaptado de BIMForum, 2024).

A literatura recente tem vindo a questionar a associação direta entre HBIM e elevados níveis de detalhe geométrico. Enquanto alguns autores defendem a necessidade de elevada fidelidade geométrica, outros demonstram que é possível reduzir a complexidade da modelação desde que se reforce a componente informacional, mantendo a utilidade do modelo para fins de gestão e conservação [7]. Neste sentido, a qualidade do modelo deve ser entendida como o resultado de

um equilíbrio entre precisão geométrica, granularidade dos objetos e quantidade de informação associada, de acordo com os objetivos definidos para cada projeto.

Esta perspetiva torna-se particularmente relevante face à diversidade de usos dos modelos BIM, que implicam diferentes necessidades ao nível da representação geométrica. Assim, a definição do nível de informação necessária deve evitar tanto a submodelação, que compromete a utilidade do modelo, como a sobremodelação, que aumenta desnecessariamente o esforço de produção e o peso do modelo.

Apesar destes avanços conceptuais, a sua aplicação prática ao nível da modelação permanece um desafio. Em particular, a criação de objetos capazes de responder de forma flexível a diferentes níveis de detalhe continua pouco explorada, sobretudo em contextos HBIM, onde a complexidade geométrica dos elementos dificulta a adoção de abordagens paramétricas convencionais.

Deste modo, torna-se evidente a necessidade de estratégias que permitam operacionalizar os princípios do LOIN na prática da modelação, nomeadamente através da criação de elementos capazes de integrar diferentes níveis de representação num único elemento. Esta necessidade constitui o ponto de partida para a abordagem desenvolvida no presente artigo.

3. Metodologia e caso de estudo

3.1 Caso de estudo e contexto de modelação

A investigação desenvolvida baseia-se numa abordagem aplicada, centrada na modelação HBIM do Centro Juvenil de Campanhã, com o objetivo de explorar estratégias para a gestão do nível de detalhe geométrico através da criação de objetos paramétricos. O caso de estudo selecionado apresenta características típicas do património edificado, nomeadamente a presença de elementos construtivos com elevado grau de detalhe, constituindo um contexto adequado para a análise das limitações e potencialidades das abordagens de modelação.

O modelo HBIM foi desenvolvido no *software* BIM *Archicad*, versão 29, cuja estrutura assente em itens de biblioteca permite a incorporação de informação através de propriedades e o controlo da representação gráfica dos elementos. Esta combinação possibilita uma gestão eficiente dos diferentes níveis de informação necessária, revelando-se particularmente adequada à implementação da estratégia proposta.

3.2 Estratégia de modelação

Numa fase inicial, a modelação foi orientada sobretudo para o registo geométrico rigoroso do edifício, com especial enfoque na representação detalhada de elementos arquitetónicos, em linha com práticas correntes no contexto HBIM (Figura 2).

No entanto, ao analisar o modelo em diferentes contextos de utilização, nomeadamente na gestão do ativo, tornou-se evidente que o elevado nível de detalhe geométrico nem sempre se traduz em valor informacional adicional, contribuindo, em muitos casos, apenas para o aumento da complexidade e do peso do modelo. Esta constatação conduziu a um segundo momento de modelação, no qual passou a ser privilegiada uma abordagem orientada ao uso, em alinhamento com os princípios do Nível de Informação Necessária.

Deste modo, foi adotada uma estratégia baseada na revisão dos elementos previamente desenvolvidos como portas, janelas e componentes decorativos. Estes elementos foram

reformulados de forma a integrar diferentes níveis de detalhe geométrico num único objeto, permitindo responder a distintos requisitos de utilização sem necessidade de duplicação.

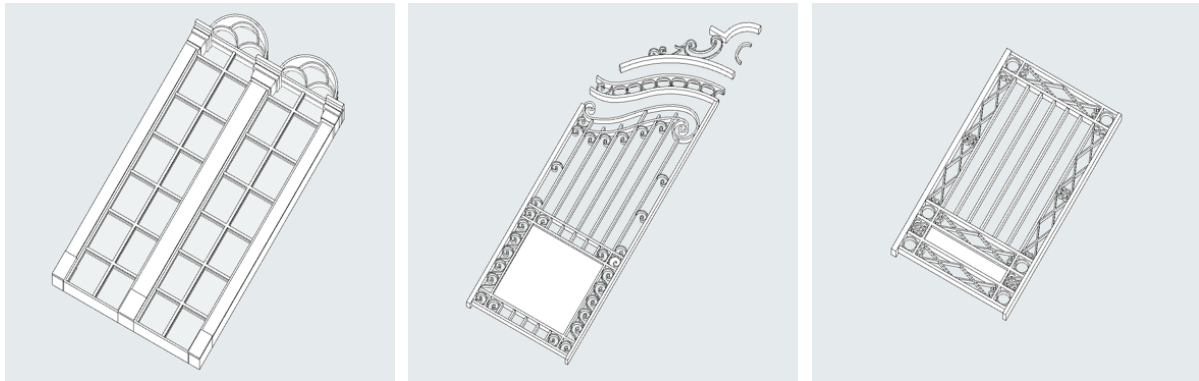


Figura 2: Exemplos de folhas de portas com alto grau de detalhe geométrico modeladas no ficheiro dedicado à criação de itens de biblioteca.

O *Archicad* disponibiliza um conjunto de configurações de visualização que permite controlar a representação gráfica dos elementos do modelo. Em particular, o filtro de vista de “Opções de Visualização do Modelo” funciona como o principal mecanismo para a variação do nível de detalhe (Figura 3).

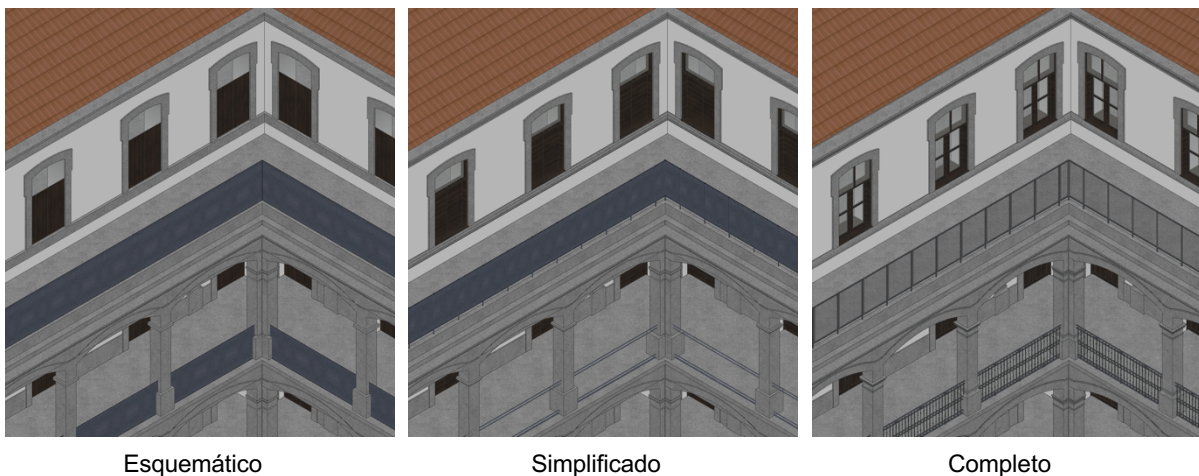


Figura 3: Impacto do filtro de vista "Opções de Visualização do Modelo" no modelo.

Os objetos paramétricos nativos do *Archicad* respondem a estas variações por serem desenvolvidos com base na linguagem GDL (*Geometric Description Language*), uma linguagem de programação paramétrica que permite descrever objetos tridimensionais e os respetivos símbolos bidimensionais, bem como definir regras associadas aos seus parâmetros e à sua representação gráfica [8].

Quando os scripts 2D e 3D dos objetos são configurados para responder a este filtro de vista, torna-se possível gerir dinamicamente a sua representação no modelo. Esta capacidade permite controlar e adaptar o nível de detalhe dos elementos a diferentes contextos de utilização, incluindo na exportação de ficheiros IFC ajustados a finalidades específicas (Figura 4).

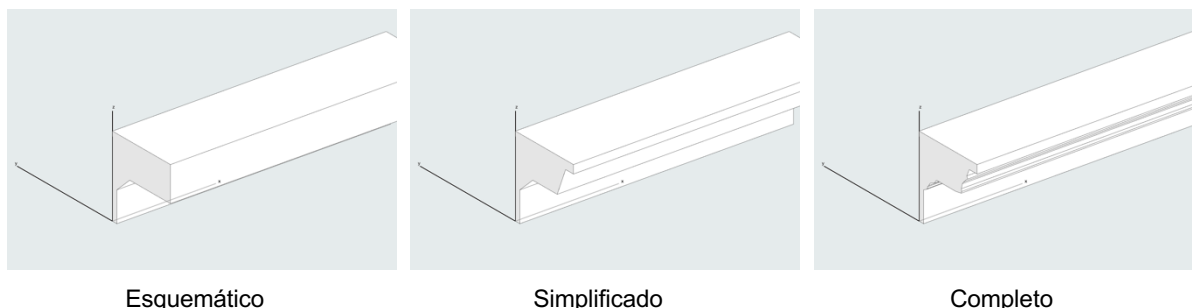


Figura 4: Exemplo de um friso do modelo que responde às diferenças de níveis de detalhe através das Opções de Visualização do Modelo.

3.3 Estrutura de informação e documentação

Para além da componente geométrica, foi definida uma estrutura consistente de informação alfanumérica associada aos elementos, assegurando a sua utilidade em processos de inventário, análise e gestão. Desta forma, mesmo quando representados de forma simplificada, os objetos mantêm o seu valor informacional, em conformidade com os princípios do LOIN.

POSIÇÃO	Descrição	Dimensão	Código	Quantidade
ALA DIREITA - PISO 1 - LESTE				
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir	1,2×1,08	J04	1
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir	1,2×1,35	J05	8
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir	1,2×2,2	J06	2
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir	1,3×2,2	J14	1
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,4	J16	2
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,5×2,32	J24	1
	Porta de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,2×1,97	P03	1
ALA DIREITA - PISO 1 - NORTE				
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,36×0,63	J10	2
	Porta de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir	1,3×2,2	P07	3
ALA DIREITA - PISO 3 - SUL				
	Janela de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,3	J15	3
	Janela de Alumínio e Vidro com Fechamento Fixo	2,8×2,3	J31	1
	Janela de Madeira e Vidro com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,3	J15	2
	Porta de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,5×3,4	P15	1
ALA DIREITA - PISO 4 - LESTE				
	Janela de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,4	J16	7
	Janela de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,5	J17	3
ALA DIREITA - PISO 4 - NORTE				
	Janela de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,4	J16	3
	Janela de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,3×2,5	J17	4
	Porta de Alumínio e Vidro (Substituído) com 2 Folhas de Abrir com Bandeira	1,5×3,2	P13	1

Figura 5: Informação associada às caixilharias no Mapa de Elementos do Archicad.

Um exemplo representativo desta abordagem foi a caracterização das caixilharias. Estes elementos foram identificados de acordo com a sua localização no edifício — Ala Direita, Ala Esquerda e zona Central — e orientados segundo os pontos cardeais (Norte, Sul, Este e Oeste). Adicionalmente, foram registadas informações relativas à sua tipologia (interior ou exterior), materiais e tipo de abertura (Figura 5).

Nos casos em que se verificaram intervenções, como a substituição de caixilharias nas fachadas da ala direita, essa informação foi igualmente incorporada no modelo, permitindo o registo e a rastreabilidade dessas alterações. Através do filtro de vista de “Sobreposição Gráfica”, essa informação pode ser visualizada a partir da janela 3D (Figura 6).

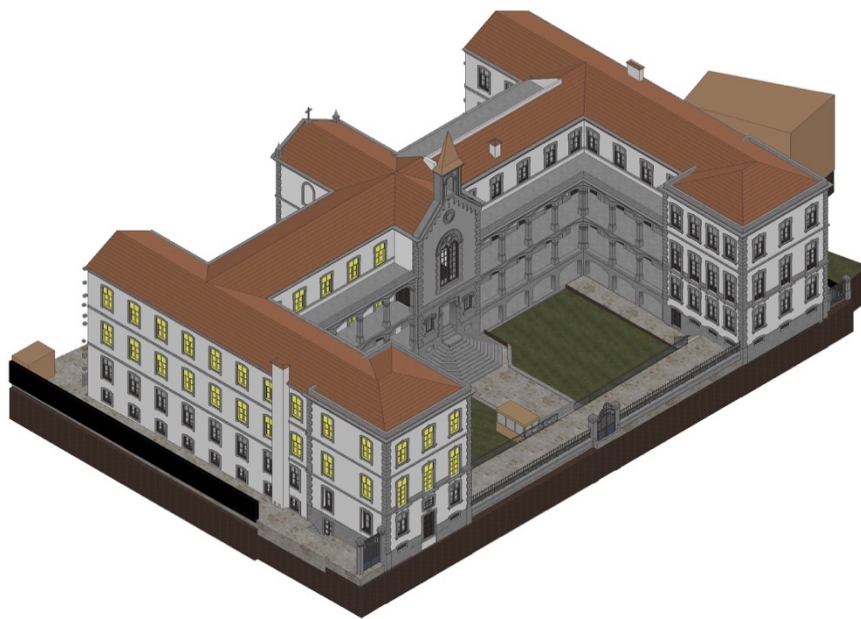


Figura 6: Representação da informação associada às caixilharias no modelo HBIM.

Em conformidade com a norma EN 17412-1:2020, a documentação foi estruturada segundo o seu grau de interoperabilidade e capacidade de interpretação por máquinas, distinguindo entre informação diretamente integrada no modelo e documentação de suporte associada. Para além da componente geométrica, os elementos foram enriquecidos com registos complementares, como fotografias e dados provenientes da nuvem de pontos, assegurando a validação e rastreabilidade da informação.

A diversidade de formatos e a organização da documentação refletem esta abordagem, permitindo adaptar a informação a diferentes contextos de utilização e intervenientes. Esta estrutura é operacionalizada através dos “Conjuntos de Publicador”, que permitem a exportação em múltiplos formatos, como IFC, tabelas de dados e hipermodelo BIMx para visualização (Figura 7).

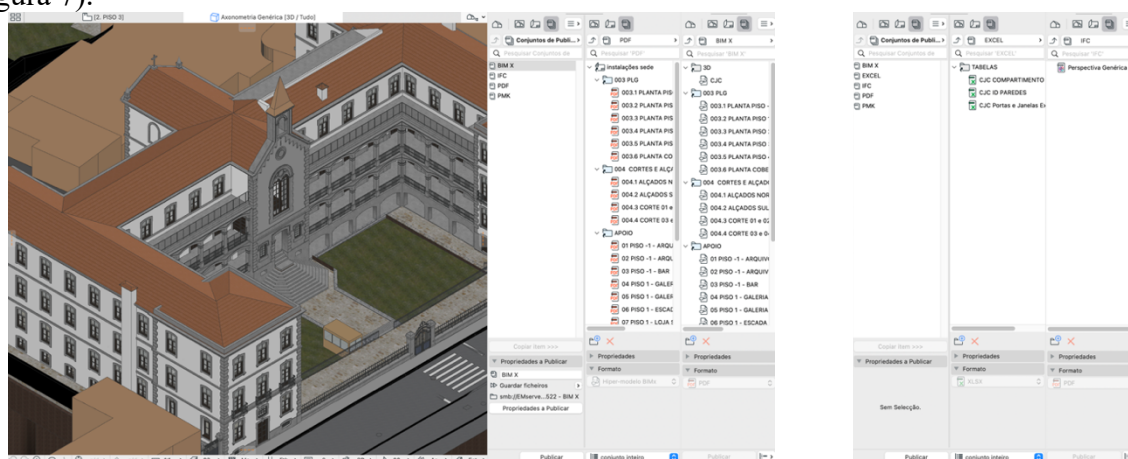


Figura 7: Organização dos conjuntos de publicação e formatos de exportação do modelo HBIM no Archicad.

De forma geral, a metodologia adotada evidencia uma transição de uma modelação centrada na representação geométrica para uma abordagem orientada ao uso, em alinhamento com os princípios do Nível de Informação Necessária. A integração de diferentes níveis de detalhe geométrico, através de objetos paramétricos, permite ajustar a complexidade do modelo em função dos requisitos de utilização, sendo particularmente eficaz em representações simplificadas ou esquemáticas, nas quais se verifica uma melhoria do desempenho ao nível da navegação e manipulação.

Adicionalmente, esta abordagem introduz maior flexibilidade na utilização e partilha do modelo, possibilitando a sua exportação em diferentes níveis de detalhe de acordo com os objetivos específicos de cada contexto. Desta forma, assegura-se a adaptação a diversos usos, desde a análise técnica até à gestão do ativo, evidenciando o potencial dos objetos paramétricos como suporte a uma modelação mais eficiente, flexível e orientada à informação, constituindo a base para a análise dos resultados apresentados no capítulo seguinte.

4. Resultados e discussão

A aplicação da estratégia de modelação baseada em diferentes níveis de detalhe geométrico permitiu avaliar o impacto da adequação da geometria aos usos do modelo, particularmente no contexto da gestão do ativo.

Numa fase inicial, a modelação orientada para o registo geométrico detalhado resultou num modelo com elevada densidade de informação gráfica, sobretudo em elementos de fachada, como portas, janelas e componentes decorativos. Embora esta abordagem tenha garantido um elevado nível de fidelidade visual, verificou-se que implicou um aumento significativo do tempo de modelação e da complexidade do modelo, dificultando a sua navegação e manipulação.

A introdução de diferentes níveis de detalhe, através da utilização de objetos paramétricos, permitiu ajustar a representação dos elementos às necessidades específicas de uso. A implementação desta estratégia foi suportada pela utilização de objetos paramétricos desenvolvidos em GDL, permitindo a definição de regras que controlam dinamicamente a representação geométrica dos elementos em função dos níveis de detalhe definidos.

Em particular, a utilização de representações simplificadas revelou-se adequada em contextos em que a informação geométrica detalhada não é essencial, como na gestão do ativo, mantendo-se, no entanto, a informação necessária para identificação e análise dos elementos.

Do ponto de vista do desempenho, a redução da complexidade geométrica traduziu-se numa melhoria da fluidez do modelo, nomeadamente ao nível da navegação em ambiente tridimensional e da manipulação dos elementos (Figura 8). Esta otimização revela-se especialmente relevante em contextos colaborativos e na partilha do modelo em *Common Data Environments* (CDE), onde a eficiência no acesso e na visualização da informação constitui um fator crítico.

Contagem de Polígonos do Modelo 3D				
Nome	Objetos	Polígonos	Porcenta...	Nível de Por...
Parede	39	1059	23,087%	
Pilar	12	836	18,225%	
Viga	65	1374	29,954%	
Janela	4	0	0%	
Porta	49	70	1,526%	
Objecto	2	236	5,145%	
Lâmpada	0	0	0%	
Laje	13	122	2,66%	
Cobertura	3	84	1,831%	
Malha	3	14	0,305%	
Zona	0	0	0%	
Parede Cortina	0	0	0%	
Membrana	0	0	0%	
Clareabóia	0	0	0%	
Morph	28	792	17,266%	
Escada	0	0	0%	
Guarda	3	0	0%	
Número de polígonos: 4587				

Contagem de Polígonos do Modelo 3D				
Nome	Objetos	Polígonos	Porcenta...	Nível de Por...
Parede	39	1062	15,813%	
Pilar	13	848	12,627%	
Viga	65	1382	20,578%	
Janela	4	0	0%	
Porta	49	1821	27,114%	
Objecto	2	209	3,112%	
Lâmpada	0	0	0%	
Laje	13	120	1,787%	
Cobertura	3	84	1,251%	
Malha	3	14	0,208%	
Zona	0	0	0%	
Parede Cortina	0	0	0%	
Membrana	0	0	0%	
Clareabóia	0	0	0%	
Morph	28	792	11,793%	
Escada	0	0	0%	
Guarda	3	384	5,718%	
Número de polígonos: 6716				

Contagem de Polígonos do Modelo 3D				
Nome	Objetos	Polígonos	Porcenta...	Nível de Por...
Parede	39	1353	3,596%	
Pilar	13	848	2,254%	
Viga	65	1422	3,78%	
Janela	4	0	0%	
Porta	49	4479	11,905%	
Objecto	2	1334	3,546%	
Lâmpada	0	0	0%	
Laje	13	120	0,319%	
Cobertura	3	88	0,234%	
Malha	3	14	0,037%	
Zona	0	0	0%	
Parede Cortina	0	0	0%	
Membrana	0	0	0%	
Clareabóia	0	0	0%	
Morph	28	792	2,105%	
Escada	0	0	0%	
Guarda	3	27174	72,225%	
Número de polígonos: 37 624				

Esquemático
Simplificado
Completo

Figura 8: Impacto das configurações dos Filtros de Vista no número de polígonos da janela 3D, indicando variações de desempenho gráfico.

Para além do desempenho, a abordagem adotada não implicou, neste caso, uma redução direta do esforço de modelação, uma vez que o modelo inicial já se encontrava desenvolvido com elevado nível de detalhe geométrico. No entanto, evidencia-se que, quando aplicada desde fases iniciais, esta estratégia pode contribuir para a otimização do processo de modelação, evitando a criação desnecessária de elementos altamente detalhados.

Os resultados obtidos encontram-se alinhados com os princípios do Nível de Informação Necessária, reforçando a importância de uma modelação orientada pelos requisitos de informação. A integração de diferentes níveis de detalhe num único objeto revelou-se uma abordagem eficaz para equilibrar precisão geométrica, desempenho e valor informacional, permitindo adaptar o modelo a distintos contextos de utilização.

No entanto, a implementação desta estratégia depende da capacidade de criação e gestão de objetos paramétricos, através da linguagem GDL, o que pode constituir um desafio em contextos onde não existem competências específicas para o seu desenvolvimento. De forma geral, os resultados evidenciam o potencial destes objetos como suporte a uma abordagem de modelação mais flexível e orientada ao uso em contexto HBIM.

5. Conclusão

O presente artigo analisou o papel dos objetos paramétricos na gestão do nível de detalhe geométrico em modelos HBIM, evidenciando a necessidade de alinhar a modelação com os diferentes usos ao longo do ciclo de vida do ativo. Os resultados demonstram que a associação direta entre qualidade do modelo e elevado nível de detalhe geométrico nem sempre se traduz em maior valor informacional, podendo comprometer a eficiência e o desempenho.

A partir do estudo aplicado ao Centro Juvenil de Campanhã, verificou-se que a integração de diferentes níveis de detalhe num único objeto permite ajustar a representação às necessidades específicas de utilização, em particular no contexto da gestão do ativo.

Os resultados reforçam a relevância do conceito de Nível de Informação Necessária como estrutura orientadora da modelação BIM, destacando a importância de uma abordagem centrada

no uso em detrimento da maximização do detalhe geométrico. Neste enquadramento, os objetos paramétricos, suportados por linguagens como o GDL, assumem um papel fundamental na operacionalização destes princípios, permitindo integrar múltiplos níveis de representação num único elemento.

Do ponto de vista prático, esta investigação contribui para o desenvolvimento de estratégias de modelação mais flexíveis, com impacto na gestão e partilha de modelos IFC em ambientes colaborativos, como os *Common Data Environments* (CDE). Adicionalmente, evidencia a necessidade de evolução das bibliotecas BIM, particularmente no contexto do património edificado.

Como limitação, destaca-se a dependência desta abordagem em relação às capacidades das ferramentas e às competências necessárias para a criação de objetos paramétricos. Como trabalho futuro, sugere-se a exploração de metodologias para automatização da geração de níveis de detalhe e a sua aplicação em diferentes contextos e escalas de projeto.

Referências

- [1] buildingSMART International, "Terms, definitions, and abbreviated terms," [Online]. Available: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/HTML/content/terms_and_definitions.htm
- [2] L. J. Lovell, R. J. Davies, and D. V. L. Hun, "The Application of Historic Building Information Modelling (HBIM) to Cultural Heritage: A Review," *Heritage*, vol. 6, pp. 6691–6717, 2023.
- [3] F. Ávila, Á. Blanca-Hoyos, E. Puertas, and R. Gallego, "HBIM: Background, Current Trends, and Future Prospects," *Applied Sciences*, vol. 14, 2024, Art. no. 11191.
- [4] CEN, "EN 17412-1:2020 Building Information Modelling – Level of Information Need – Part 1: Concepts and principles," 2020.
- [5] BIMForum, "Level of Development (LOD) Specification Part I," 2024. [Online]. Available: <https://bimforum.org/lof/>
- [6] ISO, "ISO 19650-1:2018 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," 2018.
- [7] A. Barontini, C. Alarcon, H. S. Sousa, D. V. Oliveira, M. G. Masciotta, and M. Azenha, "Development and Demonstration of an HBIM Framework for the Preventive Conservation of Cultural Heritage," *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 16, no. 10, pp. 1451–1473, 2022.
- [8] Graphisoft, "GDL Definition," [Online]. Available: <https://gdl.graphisoft.com/reference-guide/gdl-definition/>