

Automatização parcial da verificação regulamentar de projetos de edificação para efeitos de licenciamento urbanístico: Proposta, implementação e aplicação piloto

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.77.20>

**Miguel Santos¹, Lucas Vieira², José Granja³,
Taís Magalhães¹, Ricardo Mateus^{4,5}, Marco Carvalho⁶, Miguel Azenha⁷**

¹ Universidade do Minho, Guimarães

² Universidade do Minho, Guimarães, ISISE, ORCID 0000-0003-1157-1362

³ Universidade do Minho, Guimarães, ISISE, ORCID 0000-0002-0858-4990

⁴ Universidade Lusófona, EIGeS – Centro de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Industrial, Gestão e Sustentabilidade, Lisboa, ORCID 0000-0003-3630-6426

⁵ Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa

⁶ Gaiurb, Vila Nova de Gaia

⁷ Universidade do Minho, Guimarães, ISISE, ORCID 0000-0003-1374-9427

Resumo

A automatização da verificação regulamentar urbanística de projetos de edificação através de métodos BIM para efeitos de licenciamento já é realidade em alguns órgãos públicos a nível internacional e oferece perspetivas para uma maior abrangência na digitalização dos processos de apoio à decisão de licenciamento. No contexto português, tais verificações ainda dependem de intervenções manuais ou semiautomáticas morosas, propensas a erros e a interpretações diversas. Face ao exposto, este artigo apresenta uma prova conceito de um sistema de verificação regulamentar através de modelos BIM, desenvolvido em parceria com a Câmara Municipal de Lisboa e a empresa municipal Gaiurb, estruturado em tecnologias de código aberto e fundamentado num levantamento do potencial da digitalização das regulamentações urbanísticas vigentes em Portugal, a partir da análise do Plano Diretor de Vila Nova de Gaia. O método proposto abrange o desenvolvimento de uma ferramenta digital que permite verificar automaticamente a conformidade de projetos de arquitetura em relação a um grupo representativo de cláusulas da referida regulamentação. Adicionalmente, estabelece requisitos de modelação da informação que permitem a correta leitura dos modelos BIM pela ferramenta digital desenvolvida. A utilização exclusiva de tecnologias de código aberto indicia a viabilidade da sua implementação e desenvolvimento sem custos para autarquias e projetistas, bem como a sua parametrização em função das regras urbanísticas aplicáveis a cada território. O sistema proposto oferece bases para desenvolvimentos futuros que visem expandir e consolidar as suas funcionalidades, contribuindo para tornar os procedimentos de apreciação de projetos de edificação mais eficientes em Portugal.

1. Introdução

O licenciamento consiste na aprovação conferida pelas autoridades públicas para proceder à construção, reabilitação ou demolição de um determinado edifício ou infraestrutura. Os procedimentos de controlo prévio é essencial para verificar a conformidade dos respetivos projetos com as regulamentações aplicáveis, assegurando um ambiente construído ordenado e sustentável [1] e o cumprimento de requisitos mínimos relativos à sua morfologia, funcionalidade, conforto ambiental, sustentabilidade, segurança, circularidade, acessibilidade, entre outros. Dada a complexidade da análise, envolvendo vários intervenientes que dependem de um vasto conjunto de competências para avaliar todos os aspetos sob escrutínio e, por vezes, à subjetividade dos regulamentos existentes, os processos são morosos e suscetíveis a erros e a diferentes interpretações[2].

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), com grande impacto na economia, tem beneficiado de crescentes níveis de digitalização. O *Building Information Modelling* (BIM) apresenta-se como um dos principais expoentes dessa transformação, tornando a gestão da informação mais eficiente em todo o setor, possibilitando a melhoria de produtividade e desempenho, bem como a redução de custos através da otimização de processos [3]. O impacto positivo do BIM tem sido tão significativo que entidades governamentais a nível internacional têm apoiado sua implementação, ampliando as suas possibilidades de aplicação. Nesse contexto, o licenciamento digital de construções constitui um passo importante para que sejam implementados processos automatizados, mais eficientes e mais transparentes.

Face ao exposto, o presente trabalho, desenvolvido em parceria com a Câmara Municipal de Lisboa e a empresa municipal Gaiurb, focou-se na utilização de práticas BIM no contexto do licenciamento municipal e teve como objetivo provar a viabilidade de desenvolvimento de uma ferramenta automatizada que pudesse servir de apoio à verificação regulamentar urbanística em Portugal. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico de forma a compreender os procedimentos em curso noutros países e assim adquirir informação sobre as necessidades e problemas associados ao licenciamento. Além disso, foi analisado o potencial de digitalização do Plano Diretor Municipal (PDM) de Vila Nova de Gaia. Consequentemente, foi concebida uma prova de conceito de um sistema de verificação automática de um grupo representativo de cláusulas da referida regulamentação, através de tecnologias de código aberto, após a conversão do formato textual desse regulamento para código interpretável pela máquina. Em paralelo, foram estabelecidos requisitos de modelação da informação que permitissem a correta leitura dos modelos apresentados em formato BIM pela ferramenta digital proposta.

2. Licenciamento urbanístico digital

2.1. Licenciamento urbanístico digital no mundo

Nos últimos anos, vários países têm desenvolvido esforços com o objetivo de digitalizar os processos de licenciamento urbanístico de construções. Singapura desenvolveu o serviço de verificação regulamentar automático *Construction and Real Estate Network* (CORENET) baseado em modelos BIM-IFC[4]. Apesar desta evolução, os processos de verificação residem no código do *software*, que é fechado e, por isso, os algoritmos, processos e métodos utilizados não são transparentes para o utilizador [5]. A Estónia, por sua vez, está a executar um projeto de implementação piloto em um ambiente *web* baseado em componentes de código aberto. De acordo com os desenvolvedores, a plataforma é escalável e acessível [6]. Esta ferramenta processa modelos em formato IFC que podem ser carregados, armazenados numa base de dados e visualizados na janela da aplicação (Figura 1). A prova de conceito demonstrou-se eficiente ao mitigar consideravelmente o trabalho manual anteriormente despendido no processo de verificação. Destacam-se ainda os benefícios económicos, com relatos de poupanças potenciais a ultrapassarem os 500.000 € por ano, quando comparados com as verificações habituais, para o caso da Estónia [1,7]. Também a utilizar modelos IFC como fonte principal da informação da construção a ser verificada, a Finlândia tem conduzido vários projetos a nível nacional para estruturar sistemas de verificação regulamentar automatizados [8], dos quais se destaca o piloto implantado na cidade de Vantaa [9]. Distintamente dos desenvolvimentos na Estónia, em Vantaa, os finlandeses utilizaram o *software* proprietário *Solibri Model Checker* (SMC) que, apesar de ser amplamente utilizado, tem um custo muito elevado e não é passível de customizações profundas devido ao seu caráter proprietário. Com apenas dois anos de implementação, os resultados obtidos com base neste protótipo em Vantaa levaram a uma poupança de tempo de 20% quando comparados com o processo tradicional. Ambos os sistemas, da Estónia e da Finlândia, permitem a incorporação de modelos IFC dos edifícios em modelos geoespaciais, nomeadamente *3D cities* (Figura 2), apesar de ainda precisarem de evoluir para concretizarem uma efetiva integração entre BIM e informação geoespacial.

Figura 1

Interface da prova de conceito da plataforma da Estónia [6].

Figura 2

Implementação de um modelo digital na cidade de Vantaa, Finlândia [8].



Além dos países citados, Coreia do Sul, Itália, Suécia e Nova Zelândia têm apresentado casos de estudo e investigações cujos resultados procuram alcançar e provar os aspetos práticos dos processos de automatização da verificação regulamentar.

2.2. Licenciamento urbanístico digital em Portugal

Apesar das características gerais dos sistemas de controlo prévio da edificação serem semelhantes em vários países europeus [10], há pouca literatura e trabalhos desenvolvidos sobre o licenciamento digital da construção em Portugal. Existem, no entanto, leis e regulamentos importantes que reforçam a necessidade de agilizar a emissão de licenças para a construção. O Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, por exemplo, estabelece o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE) em Portugal. A desmaterialização dos procedimentos de licenciamento das operações urbanísticas está prevista nesta lei, propondo aos municípios a implementação de um sistema informático próprio para a entrega e receção dos elementos instrutórios de cada processo de licenciamento urbanístico por via eletrónica por parte dos requerentes. Mais recentemente, o Decreto-Lei n.º 136/2014, de 9 de setembro, veio introduzir alterações ao RJUE com vista à sua simplificação, redução dos tempos de licenciamento e aproximação ao cidadão.

A necessidade de abreviar a duração dos processos de licenciamento urbanístico no contexto português encontra alguns obstáculos. O sistema regulamentar em Portugal para a construção de edifícios é de 1951, não tem mudanças substanciais há 20 anos e as mudanças que tem recebido devem-se apenas à necessidade de adaptação às circunstâncias práticas. Além disso, faltam técnicos municipais especializados aptos a gerir informação a partir de modelos digitais [12]. Por fim, soma-se ainda a complexidade encontrada na implementação do BIM, fundamental para o licenciamento digital [13]. Ao contrário de alguns países, não existem projetos governamentais direcionados à implementação alargada do BIM em Portugal. Além disso, o mercado nacional é composto por muitas empresas de pequena dimensão, frequentemente com poucos recursos para fazer uma transição efetiva para o digital. Sistemas de licenciamento digital de projetos, para além de abreviar o tempo de licenciamento e tornar o processo mais transparente, seriam um importante argumento a favor da utilização e implementação do BIM em Portugal, beneficiando o setor da AEC como um todo [14].

3. Análise regulamentar

A análise dos regulamentos é um dos pilares na abordagem estratégica da automação dos processos de licenciamento, sendo fundamental para identificar padrões e o seu potencial de digitalização [15]. Nesse sentido, esta secção tem como objetivo apresentar a análise realizada às cláusulas presentes no Plano Diretor Municipal (PDM) de Vila Nova de Gaia, de forma a concluir quais os desafios e as oportunidades no contexto de uma potencial verificação assistida/automatizada.

3.1. Classificação das cláusulas regulamentares

Inspirado no método de Nawari [16], foi proposto um sistema de classificação de cada uma das cláusulas do PDM de Vila Nova de Gaia, para que fosse possível retirar conclusões mais detalhadas e objetivas da análise ao regulamento escolhido. Em linhas gerais, as cláusulas foram classificadas conforme ilustrado na Figura 3.

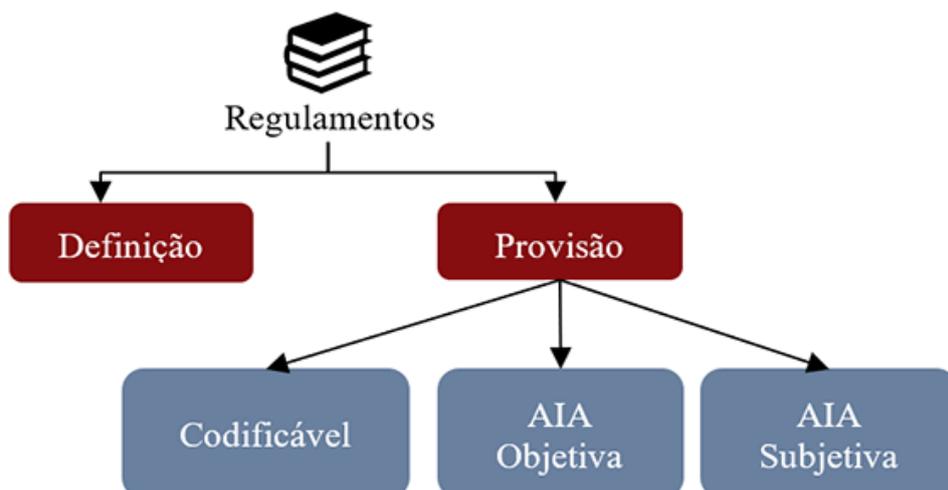


Figura 3
Classificação das cláusulas regulamentares.

De acordo com a Figura 3, cada um dos artigos ou das cláusulas em análise podem receber duas classificações distintas com o objetivo de dar a conhecer a natureza definidora e prescritiva do regulamento:

- *Definição*: referente a cláusulas/artigos que tenham conceitos, definições ou forneçam conteúdo informativo;
- *Provisão*: engloba cláusulas/artigos que providenciam limites, valores detalhados, tabelas, fórmulas ou outras formas concretas de normalizar, que deverão ser alvo de verificação de conformidade de acordo com o regulamento.

Dentro desta última classe, que é a que exhibe maior potencial no contexto de verificação automática/assistida de regulamentos, propõe-se que os artigos e cláusulas possam ser subdivididos em três subtipos diferentes, de modo a permitir compreender a possibilidade ou facilidade da sua digitalização:

- *Codificável*: para cláusulas/artigos que têm a possibilidade de ser automatizadas de forma simples, com algoritmos implementáveis diretamente em código meramente procedimental (através de técnicas clássicas de programação);
- *Algoritmo Inteligente de Aprendizagem Objetiva (AIA Objetiva)*: para cláusulas/artigos que, sendo claras e objetivas sobre aquilo que se pretende regulamentar, não são passíveis de codificar utilizando algoritmos simples, requerendo, por exemplo, algoritmos comumente conhecidos como ‘*machine learning*’;
- *Algoritmo Inteligente de Aprendizagem Subjetiva (AIA Subjetiva)*: para cláusulas/artigos que podem ser consideradas discricionárias, dando margem para diferentes interpretações por parte de peritos.

3.2. Classificação do PDM de Vila Nova de Gaia

Com o objetivo de aplicar os conceitos propostos na classificação do regulamento, foi concebida a estrutura tabelar da Figura 4 que mostra, a título exemplificativo, a classificação de alguns artigos do PDM. A tabela apresenta a identificação dos artigos/cláusulas, a classificação atribuída e uma coluna de observações destinada a detalhes específicos, encontrados no texto regulamentar, que possam constituir obstáculo à sua codificação. De seguida apresenta-se um exemplo do processo que levou à atribuição da classificação indicada às cláusulas do artigo 38.º do PDM.

Artigo	Cláusula	Classe	Subclasse	Observações
Capítulo IV – Solo Urbano				
Secção I – Disposições Gerais				
35	1	Definição	-	
	2	Provisão	Codificável	
	3	Definição	-	
36	1	Provisão	AIA Objetiva	Verificação dos “planos de pormenor”
	2	Definição	-	
37	-	Definição	-	
38	1	Provisão	Codificável	
	2a	Definição	-	
	2b	Definição	-	
	2c	Definição	-	
	2d	Provisão	AIA Subjetiva	“devidamente fundamentados”
	2e	Provisão	AIA Subjetiva	“devidamente fundamentados”
	2f	Provisão	AIA Subjetiva	“devidamente fundamentados”
39	-	Provisão	AIA Subjetiva	“permita a adequação”

Figura 4

Excerto da lista de regras com a classificação aplicada.

Artigo 38.º

§ 1: “Não é permitida a ocupação integral do prédio (...) sendo o limite máximo de área de implantação, 75% da área daquele (...)

§ 2: Exceptuam-se do número anterior, desde que devidamente fundamentados por motivos de enquadramento urbanístico:

a) Intervenção sobre imóveis isolados ou integrados em conjuntos com valor patrimonial inventariados neste Plano ou situados no Centro Histórico; (...)”

A cláusula inicial deste artigo é uma *Provisão Codificável* através de um algoritmo simples por ser uma informação regulamentar que estabelece diretamente que não é permitida uma certa ação construtiva e possui características quantitativas que podem ser codificáveis. Na segunda cláusula, a alínea a) é uma *Definição* por não se configurar como uma regra, mas apenas uma definição de contexto. Na expressão inicial da cláusula 2, a expressão “devidamente fundamentados” afeta todas as alíneas seguintes devido sua subjetividade, definindo ainda uma exceção à cláusula anterior. Para a consulta da análise integral realizada ao regulamento considerado é recomendada a leitura da dissertação de mestrado que serviu de base à criação deste artigo [17].

3.3. Resultados da Classificação

Depois de todos os artigos e cláusulas do PDM de Vila Nova de Gaia estarem classificados de acordo com o sistema proposto, a classificação atribuída foi analisada de forma integrada de modo a ter uma noção da viabilidade de automatização do regulamento. Foram preparados dois gráficos (Figura 5) que permitem analisar a proporção entre as classificações definidas na globalidade do regulamento.

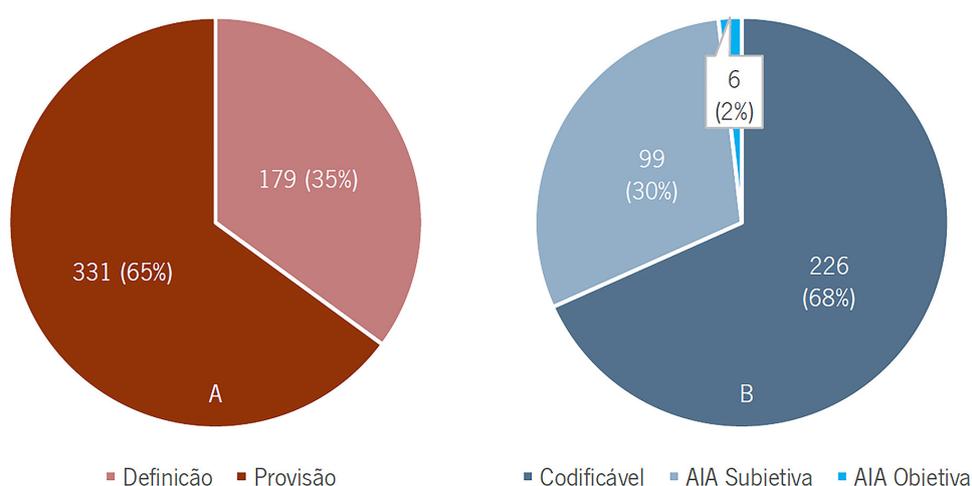


Figura 5
Resultados da atribuição das: a) classes e b) subclasses.

É possível constatar que 65% das 510 cláusulas classificadas foram consideradas como provisões (Figura 5a), sendo as restantes consideradas definições. Dentre as 331 cláusulas classificadas como provisões (Figura 5b), a maioria foi entendida como *Codificável* (68%), o que representa mais de 40% de todo o regulamento. Isto não significa que a totalidade das cláusulas codificáveis são verificáveis com base em modelos BIM-IFC. No entanto, podem ser integradas de uma forma geral em algoritmos de verificação baseados em outros modelos de dados digitais.

4. Proposta para verificação automatizada de regras

O conceito de verificação automatizada de regras urbanísticas apresentado neste artigo focou-se sobretudo no licenciamento de edifícios. Para isso, foi pensado um processo de verificação regulamentar feito a partir de modelos digitais em IFC que são interrogados por um algoritmo realizado com base num conjunto de regras provenientes dos regulamentos. Tal processo baseou-se num conjunto representativo de cláusulas com capacidade para serem codificáveis e convertidas do formato textual para uma linguagem de programação interpretável pela máquina.

O fluxo de trabalho proposto estabeleceu uma sequência de etapas para automatizar o processo de verificação regulamentar de projetos para efeitos de licenciamento. Estas etapas pretenderam assegurar a qualidade dos ficheiros IFC, diminuir a possibilidade de incompatibilidades com o sistema de verificação, através de requisitos de modelação mínimos, e melhorar a comunicação com o requerente, entre outros aspetos. Além disso, conceptualizou-se um ambiente aberto, sem custos acrescidos para os requerentes, sem dependência de investimentos em *software* de terceiros, personalizável e com baixo impacto na modelação por parte dos requerentes. O formato IFC, padrão de ficheiro consolidado para a troca de informações no mundo BIM, garante a interoperabilidade entre os modelos BIM produzidos em diferentes plataformas de modelação e o sistema de verificação proposto. A aplicação piloto desenvolvida utilizou o *xBIM Toolkit* para a extração de dados dos modelos IFC. Esta *Toolkit* apresenta-se como uma boa solução devido a ser um *software* aberto, sem custos, que permite a programação de código em C#, além de possuir bibliotecas para extração, transformação, validação e tratamento dos dados obtidos e permitir a criação de aplicações baseadas em modelos IFC [18]. A aplicação piloto conta com uma componente não-gráfica que processa as verificações e uma segunda componente que permite visualizar as representações gráficas das verificações no modelo.

4.1. Regras de modelação

Para que a verificação funcione como esperado devem ser cumpridos requisitos mínimos de modelação, tais como a atribuição do nome das diversas zonas presentes no edifício a delimitação e identificação dos espaços que pertencem a outros espaços, bem como a atribuição de uma nomenclatura adequada aos níveis correspondentes a cada piso do modelo. Na figura 6 é apresentado um excerto da lista com as regras de modelação que foram implementadas. Aqui é possível ver, a título exemplificativo, o elemento e a propriedade do IFC a denominar, qual o nome a atribuir e uma breve descrição da zona.

Elemento IFC	Propriedade IFC	Nomenclatura a usar	Descrição
Edifício e Pisos			
<i>IfcBuilding</i>	<i>IfcName</i>	EDIFÍCIO PRINCIPAL	Nome dado ao edifício
<i>IfcBuildingStorey</i>	<i>IfcName</i>	PISO 00N	Piso N acima do rés do chão
		PISO 000	Piso do rés do chão
		PISO -00N	Piso N abaixo do rés do chão
Áreas Exteriores			
<i>IfcSpace</i>	<i>IfcName</i>	AI PRINCIPAL	Área de implantação principal
		AI SECUNDÁRIA X	Enumera áreas de implantação secundárias (X sendo número)
Paredes e Muros			
<i>IfcWall</i>	<i>IfcName</i>	FACHADA PRINCIPAL	Parede frontal do edifício
		MURO FRONTAL	Muro de vedação principal

Figura 6
Excerto das regras de modelação propostas.

4.2. Implementação da componente não gráfica

Recorrendo ao *xBIM Toolkit*, foi possível implementar a componente não gráfica da aplicação, em especial um conjunto de regras verificáveis, programadas em C#, com base nas informações do modelo IFC. A Figura 7 apresenta o primeiro tipo de regra codificado que é relativo ao artigo 38.º do PDM de Vila Nova de Gaia.

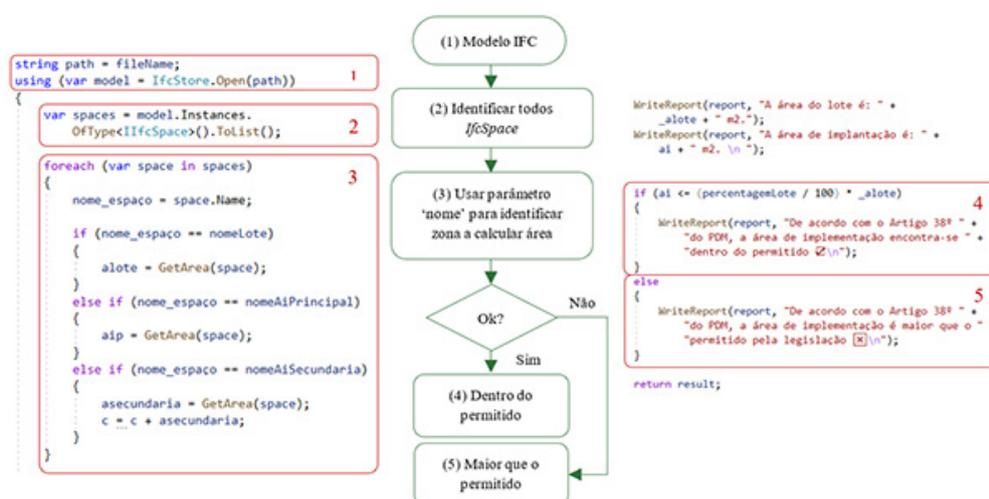


Figura 7
Excerto de código relativo à cláusula n.º 1 do artigo 38.º do PDM de Vila Nova de Gaia.

Como ilustrado no algoritmo da Figura 7, em primeiro é carregado o modelo IFC e criada uma lista com todos os elementos *IfcSpace* contidos no modelo. Para cada um desses elementos é utilizado o parâmetro do nome como forma de identificação da zona em questão. Após estarem identificados os espaços do lote e das áreas de implantação principal e secundária, as suas áreas são calculadas através do método *GetArea*. Depois de realizar alguns arredondamentos e cálculos adicionais para garantir a coerência dos resultados, estes valores são utilizados para verificar se a área existente no modelo cumpre com o disposto no n.º 1 do artigo 38.º do regulamento. No final da verificação de todos os artigos programados, o sistema exporta os resultados obtidos para um relatório que agrupa todas as decisões e informações pertinentes para a tomada de decisão. Este relatório pode ser aberto posteriormente, permitindo

a visualização de todos os valores e resultados compilados de forma organizada e fora do ambiente de programação utilizado.

4.3. Implementação da interface gráfica

Adicionalmente, foi também desenvolvida uma interface gráfica de modo a complementar a verificação apresentada na secção anterior, vinculada à ferramenta de modelação Revit®, da Autodesk®, que possibilita a escrita de *plugins* através da linguagem C#. Esta interface contribui para a deteção de irregularidades de forma visual e possibilita que o utilizador possa interagir mais facilmente com o modelo. Foram considerados relevantes três tipos de informações a ponto de serem executados: (1) representação de diferentes áreas, (2) identificação de alturas e (3) distâncias entre elementos. A Figura 8 mostra a representação da distância entre elementos, no âmbito do artigo 43.º do PDM em análise.



Figura 8
Representação gráfica da distância entre elementos.

Neste caso é identificada a distância entre a fachada principal e a fachada oposta, que ficaram realçadas na interface. Os elementos não essenciais para a verificação em questão sofrerem a aplicação de um filtro de transparência, para facilitar a visualização dos elementos condicionantes da verificação. No final do processo, o utilizador é notificado com uma caixa de diálogo que contém informações importantes para a compreensão do grafismo e do resultado da verificação. Os restantes exemplos, quer relativos à implementação não gráfica ou da interface gráfica, podem ser vistos de forma mais abrangente e detalhada através da análise da dissertação de mestrado já mencionada [17].

5. Conclusão

Através da programação de um conjunto representativo de regras urbanísticas, foi possível conceber uma prova de conceito de um sistema de verificação regulamentar de projetos apresentados em formato BIM para efeitos de licenciamento urbanístico, o que mostra que a sua automatização é viável e uma realidade incontornável para

o futuro do setor da AEC em Portugal. Com a realização deste estudo, foi possível concluir que em Portugal ainda há um longo percurso a percorrer para implementar o licenciamento digital com base em modelos BIM, mas que o mesmo é viável tecnicamente e existe conhecimento e vontade para o fazer. Além disso, relativamente aos requisitos de modelação, há também o desafio de capacitar os requerentes para preparar os seus modelos e garantir que a informação neles contida esteja orientada para as análises pretendidas. Por fim, o estudo da regulamentação portuguesa mostrou ainda que a digitalização pode acontecer mais facilmente se algumas subjetividades forem eliminadas ou reduzidas.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FCT / MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) no âmbito da Unidade de I&D Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Engenharia Estrutural (ISISE), sob a referência UIDB / 04029/2020. Adicionalmente, agradece-se o apoio dado pelo programa *European Master in Building Information Modelling* (BIM A+).

Referências

- [1] ESCO, Digitalisation in the Construction Sector, 2021. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547/attachments/1/translations/en/renditions/native>.
- [2] F. Noardo, D. Guler, J. Fauth, G. Malacarne, S. Mastrolembro, Unveiling the actual progress of Digital Building Permit: getting awareness through a critical state of the art review (2021). <https://doi.org/10.20944/preprints202110.0392.v1>.
- [3] M.F. Antwi-Afari, H. Li, E.A. Pärn, D.J. Edwards, Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review, *Autom. Constr.* (2018) 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.010>.
- [4] Y.H. Chiang, M. Anson, J. Raftery, The construction sector in the asian economies, 2004. <https://doi.org/10.4324/9780203493953>.
- [5] R. Klooster, J. Van Deth, L. Van Berlo, S. Meijer, Introducing a BIM-based process for building permits in Estonia (Final Report) (2019).
- [6] Future, Technical report for contract SRSS/C2019/024 – Introducing a Building Information Model (BIM)-based process for building permits in Estonia, (2019). <https://eehitus.ee/wp-content/uploads/2019/11/2019-07-19-BIM-based-building-permits-Technical-Report.pdf>.
- [7] K. Ullah, C. Raitviir, I. Lill, E. Witt, BIM adoption in the AEC/FM industry – The case for issuing building permits, *Int. J. Strateg. Prop. Manag.* 26 (2020) 400-413. <https://doi.org/10.3846/ijspm.2020.13676>.

- [8] M. Weise, T. Liebich, J. Wix, Integrating use case definitions for IFC developments, *EWork Ebus. Archit. Eng. Constr.* (2008) 637-645. <https://doi.org/10.1201/9780203883327.ch71>.
- [9] P. Virkamäki, J. Masjagutova, Challenges and experiences to implement digital building application and permission in Finland IFC, *BIM-Based Build. Permit Process Autom. Semin.* (2020).
- [10] J.B. Pedro, F. Meijer, H. Visscher, Comparison of building permit procedures in European Union countries, *Proc. RICS Constr. Prop. Conf.* (2011).
- [11] RJUE – Regime Jurídico de Urbanização e de Edificação, Decreto-Lei 136/2014 9 Setembro. (2014).
- [12] J.B. Pedro, F. Meijer, H. Visscher, Sistema regulamentar da construção de edifícios: Caracterização da situação portuguesa e comparação internacional, (2012) 1-3.
- [13] A. A. Costa, M. Azenha, J. P. Martins, R. Pinho, L. Riberirinho, M. Campos, I. Rodrigues, R. C. Reis, *BIM nas Autarquias*, Inst. Super. Técnico. (2020) 24.
- [14] J.P. Martins, *Licenciamento Automático de Projectos – Uma Solução para um Problema De Cooperação?*, *Forum Int. Technol. da Construção.* (2009) 1-10.
- [15] N.O. Nawari, *Building Information Modelling: Automated Code Checking and Compliance Processes*, in: *Build. Inf. Model.*, 1st Editio, Taylor & Francis, 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781351200998>.
- [16] N.O. Nawari, *A Generalized Adaptive Framework (GAF) for automating code compliance checking*, *Buildings*. 9 (2019). <https://doi.org/10.3390/buildings9040086>.
- [17] M. Santos, *Metodologias BIM para verificação regulamentar em contexto de licenciamento municipal: proposta, implementação e aplicação*, Univ. do Minho. (2021).
- [18] S. Lockley, C. Benghi, M. Černý, *Xbim.Essentials: a library for interoperable building information applications*, *J. Open Source Softw.* 2 (2017) 473. <https://doi.org/10.21105/joss.00473>.