U.PORTO

MESTRADO INTEGRADO

ARQUITETURA

Análise e crítica à introdução da verificação e do licenciamento automático no projeto de arquitetura Caminho para a digitalização do projeto

Alexandre Calhau de Pinho

M

2026

U.PORTO

Alexandre Calhau. Análise e crítica à introdução da verificação e do licenciamento automático no projeto de arquitetura

Análise e crítica à introdução da verificação e do licenciamento automático no projeto de arquitetura
Caminho para a digitalização do projeto
Alexandre Calhau de Pinho

FACULDADE DE ARQUITETURA

M.FAUP **2026**

Análise e crítica à introdução da verificação e do licenciamento automático no projeto de arquitetura

Caminho para a digitalização do projeto

Alexandre Calhau de Pinho

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura

Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto

Orientação

Prof. Dr. Carlos Nuno Lacerda Lopes

Co-orientação

Prof. Fábio Miguel Oliveira Santos

Porto

2026

A prova pública de defesa de Dissertação realizou-se a 2 de novembro de 2026, sendo a mesa de júris composta pelo presidente de júri, Professor Doutor José Pedro Ovelheiro Marques Sousa, pelo arguente de prova, Professor Doutor Miguel Ângelo Dias Azenha e pelo orientador de dissertação, Professor Doutor Carlos Nuno Lacerda Lopes.

Foi atribuída a classificação de vinte valores.

Notas

A presente dissertação segue o novo acordo ortográfico, com exceção das citações diretas. As citações presentes no texto, assim como aquelas incluídas nas notas de rodapé, foram traduzidas livremente pelo autor. As imagens foram, também pelo autor, recortadas e/ou redimensionadas consoante a necessidade. A Inteligência Artificial foi utilizada exclusivamente como ferramenta de apoio à revisão e correção do texto. Nenhum texto ou conteúdo apresentado foi gerado automaticamente por Inteligência Artificial. Apesar de haver algumas alterações no índice em relação ao apresentado no plano de trabalho, manteve-se a mesma génese de conteúdos e temas.

O desenvolvimento desta dissertação decorre durante a revogação do RGEU e a entrada em vigor do Simplex Urbanístico e do Código de Construção. No momento da entrega, leis e exemplos dados poderão não estar mais de acordo com a atual legislação portuguesa. A última verificação dos regulamentos em vigor foi em 28/09/2026.

À minha mãe

Sumário

Dicionário de siglas e acrónimos 8

Resumo 10

Abstract 11

Introdução 0 12

Metodologia 13

Capítulo 1 Licenciamento automático: bases, apresentação e estado da arte 14

1.1 O BIM: porta de entrada para a automatização 14
1.1.1 O modelo IFC 26
1.2 A IA 28
1.3 Estado da Arte 30

Capítulo 2 O que muda no exercício da arquitetura? 46

2.1 A lei escrita em código 46
2.2 Ferramenta de verificação. 56
2.3 O que muda no processo de projeto? 70

Capítulo 3 Para lá da ferramenta de verificação 78

3.1 O processo de licenciamento em Portugal. O que muda? 78
3.2 Ensino e Formação 92
3.3 Trabalho Colaborativo. Novos métodos de trabalho no setor AEC 94
3.4 Repositório e Mapas 96

Considerações Finais 98

Anexos 102
Artigos Regulamentares Portugueses 102
Figuras de outros autores 113

Apêndices 114
Entrevistas 114
Síntese comparativa das entrevistas 148

Índice de Imagens 150

Referências Bibliográficas e Webgrafia 154

Dicionário de siglas e acrónimos

AEC – Setor da Arquitetura, Engenharia e Construção

AMC – Automated Model Checker

BIM – Building Information Modelling

CAD – Computer Aided Design

CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

COP – Code of Practice

DXF - Drawing eXchange Format

DWG – Drawing

GSA – General Services Administration

IA – Inteligência Artificial

IFC – Industry Foundation Classes

IFC+SG – Industry Foundation Classes for Singapore

IGES – Initial Graphics Exchange Specification

IMPIC – Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção

IPD – Integrated Project Delivery

ISO – International Organization for Standardization

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LOD – Level of Development

LPV – Linguagem de Programação Visual

MC MVP – Model Checker Minimum Viable Product

MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing

PDF – Portable Document Format

PDM – Plano Diretor Municipal

PEB – Plano de Execução BIM

PIP – Pedido de Informação Prévia

PLN – Processamento de Linguagem Natural

RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RJUE – Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RTF – Rich Text Format

SCIE – Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios

SMC – Solibri Model Checker

VCCL – Visual Code Compliance Language

XML – Extensible Markup Language

Resumo

A presente dissertação propõe-se a analisar e criticar a possível introdução do licenciamento automático em Portugal. Ao compreender as dificuldades atuais no processo de licenciamento no país, um mecanismo de verificação e aprovação automático apresenta-se como uma solução possível a adotar.

A partir da análise de artigos, estudos e trabalhos desenvolvidos no setor AEC, fica comprovado que é possível mecanizar certos processos. Neste contexto, a dissertação articula os diferentes contributos existentes e estabelece um enquadramento que permita compreender o que poderá ser automatizado no processo de licenciamento. Propõem-se, então, orientações à criação e adoção destes sistemas, para que o exercício da arquitetura não seja prejudicado por automatismos desmedidos e simplificações objetivas.

Introduzimos o texto respondendo a uma pergunta: Porque é que surge o licenciamento automático? Depois de lançado o problema, estruturamos em três capítulos as bases para aplicar este novo método de trabalho. No primeiro apresentamos o Estado da Arte, tanto das ferramentas que permitem a implementação destes mecanismos, como dos avanços no campo da automatização dos processos de verificação. A partir daqui dividimos o estudo em duas dimensões complementares. O próprio momento da verificação automática, que implica diretamente no processo criativo do arquiteto, desenvolvido no segundo capítulo, e o contínuo processo de licenciamento, que envolve a coordenação entre todos os intervenientes de projeto, desenvolvido no terceiro capítulo.

Acrescentam-se ainda as entrevistas realizadas a diferentes elementos, envolvidos de alguma forma ao campo da arquitetura, que revelam o estado atual do país na questão do licenciamento e suportam a análise e as questões desenvolvidas ao longo da dissertação.

Abstract

This dissertation aims to critically examine the potential introduction of automated licensing in Portugal. Given the current challenges within the country's licensing process, an automated verification and approval mechanism emerges as a possible solution.

From analysis of articles, studies, and projects within the AEC sector, it’s demonstrated the feasibility of automating certain processes. In this context, the dissertation synthesizes existing contributions and establishes a framework for understanding which aspects of the licensing process can be automated. Guidelines are then proposed for the creation and adoption of these systems, ensuring that architectural practice is not compromised by excessive automation or oversimplified on purely objective approaches.

The text begins by addressing the question: Why is automated licensing emerging? Having established the issue, the study outlines the foundations for implementing this new working method across three chapters. The first chapter presents the state of the art, regarding both the tools enabling these mechanisms and advancements in the field of automated verification processes. The study is then divided into two complementary dimensions: the automated verification phase itself—which directly impacts the architect's creative process and is discussed in the second chapter—and the progressive licensing process, involving coordination among all project stakeholders, which is addressed in the third chapter.

Additionally, the dissertation incorporates interviews with various professionals connected to the field of architecture. These insights reveal the country's current situation regarding licensing and support the analysis and issues explored throughout the work.

INTRODUÇÃO 0

Enquadramento do tema e Pertinências

O licenciamento automático surge no contexto mais amplo da digitalização dos processos administrativos, da normalização legislativa e da crescente introdução de sistemas computacionais na produção e validação dos projetos das áreas AEC. A sua implementação responde a uma lógica de eficiência, rapidez e redução de subjetividade nos processos de licenciamento urbanístico, tradicionalmente marcados por morosidade, interpretações divergentes das normas e dependência excessiva do juízo humano. No campo da arquitetura, esta automatização levanta questões relativas à tradução da norma em linguagem computacional e ao papel do arquiteto enquanto mediador entre intenção projetual e enquadramento legal. Em Portugal, o tema tem sido estudado no campo da engenharia, mas qual é a nossa palavra enquanto arquitetos? O licenciamento automático não é apenas um instrumento técnico-administrativo, mas um dispositivo que consegue condicionar práticas, decisões projetuais e modelos de responsabilidade profissional. A pertinência desta investigação reside na necessidade de uma análise crítica dos novos processos de licenciamento automático enquanto fenómeno emergente que afetam diretamente o exercício da arquitetura. Embora apresentado como uma solução objetiva e neutra, este sistema levanta questões fundamentais sobre a redução do projeto a parâmetros mensuráveis, a rigidez normativa e o risco de empobrecimento do processo criativo. Ao mesmo tempo, o licenciamento automático pode constituir uma ferramenta útil, desde que compreendido, dominado e utilizado de forma consciente pelos arquitetos. Esta dissertação propõe-se, assim, a contribuir para um entendimento informado e crítico do sistema, para perceber de que modo a automatização da verificação regulamentar pode transformar o processo de projeto em arquitetura e quais devem ser os seus limites perante a interpretação, a exceção e a decisão do arquiteto, com especial atenção ao contexto português. Este texto assume-se como um manifesto dirigido tanto aos responsáveis pelo desenvolvimento destas ferramentas como aos seus futuros utilizadores. Pretende-se reforçar a garantias de que, quando estas soluções forem implementadas, os arquitetos não sejam prejudicados pela falta de conhecimento sobre a sua utilização nem vejam limitada a sua liberdade criativa durante o processo de projeto.

Metodologia

A presente dissertação pretende compreender de que forma os processos de verificação e licenciamento automático poderão ser aplicados no projeto de arquitetura, identificando as suas capacidades, limitações e condições de implementação. Para tal, recolheu-se o máximo de material relativo aos temas, nomeadamente produção teórica e matéria que exemplifica as premissas propostas. O material selecionado a entrar na dissertação procura responder aos problemas levantados.

Para perceber o que possibilita os processos automáticos, analisou-se as principais ferramentas de modelação inteligente atuais a partir do uso das próprias, como da leitura de manuais de utilização. Ao tratar-se de um campo ainda em desenvolvimento e sem aplicação generalizada no contexto mundial, através do estado da arte, destacou-se os exemplos mais consolidados no mercado e descreveu-se em que ponto se encontram estas tecnologias e que caminhos foram explorados para a sua concretização.

Identificando as lacunas destes sistemas e os temas não explorados, principalmente no campo da arquitetura, os dois capítulos seguintes dividem o processo em duas dimensões: a verificação e o licenciamento, ambas analisadas na perspetiva da sua possível automatização e aplicação ao contexto português. A pesquisa centra-se na diferenciação do tipo de regras, nas várias formas em que podemos codificar essas regras, como montar as ferramentas de verificação, que mudanças devem acontecer nos processos de trabalho e como é que as relações entre *stakeholders* podem melhorar a qualidade do projeto. O método de pesquisa, tratamento da informação e escrita para estes pontos seguiu o mesmo modelo: a análise de referências teórico-práticas, desde estudos a casos provados, acrescentando por fim contínuos alertas: as perspetivas do autor para que o papel do arquiteto não seja prejudicado em qualquer etapa.

Os regulamentos nacionais e as entrevistas realizadas serviram como suporte para a análise destes sistemas no contexto nacional. A recolha de diferentes perspetivas de intervenientes de várias áreas permitiu identificar dificuldades existentes, necessidades específicas e possíveis consequências da automatização. O material recolhido foi analisado, confrontado e selecionado de acordo com os temas levantados na dissertação.

A escolha das imagens incidiu principalmente sobre os sistemas e plataformas disponíveis no mercado. Os esquemas foram produzidos para representar processos, relações e conceitos que não possuem uma expressão visual direta.

CAPÍTULO 1

Licenciamento automático: bases, apresentação e estado da arte

O que torna possível o licenciamento automático? Neste primeiro capítulo apresenta-se o BIM, o IFC e a IA, ferramentas de modelação inteligente que permitem criar mecanismos automáticos. São igualmente analisadas algumas das ferramentas disponíveis no mercado, capazes de responder já a determinadas exigências.

1.1 O BIM: porta de entrada para a automatização

A linha é uma linha. Nos programas CAD *(Computer Aided Design)*, o desenho é elaborado numa base bidimensional. Plantas, cortes, alçados e axonometrias são desenhadas todas no mesmo plano. A linha é diferenciada pela sua espessura, cor, formato, sobreposição e atributos. Alguns atributos não são visíveis diretamente ou compreendidos *a priori*. Para percebermos o significado da linha, necessitamos de uma legenda. O *Building Information Modeling* tem o espaço tridimensional como área de trabalho. Ainda é possível desenhar a linha, mas o modelo tem de ser representado por elementos paramétricos tridimensionais inteligentes.

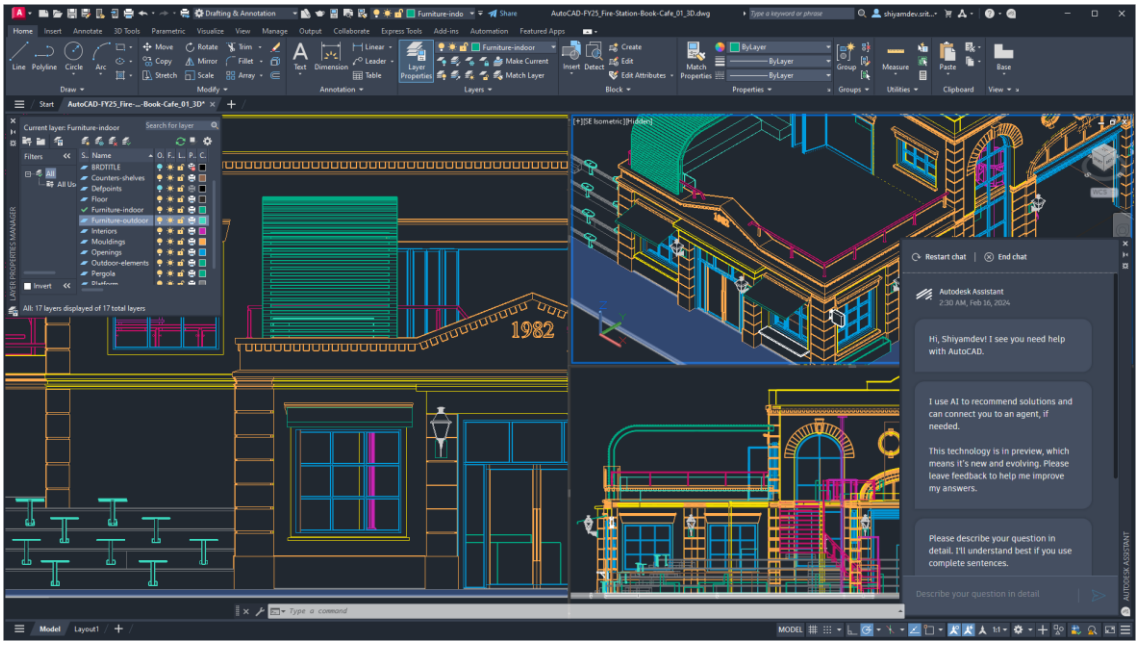


Figura 1. Área de trabalho do Autodesk AutoCAD 2026. Apesar de ser possível fazer representações 3D, o AutoCAD não carrega informação inteligente.

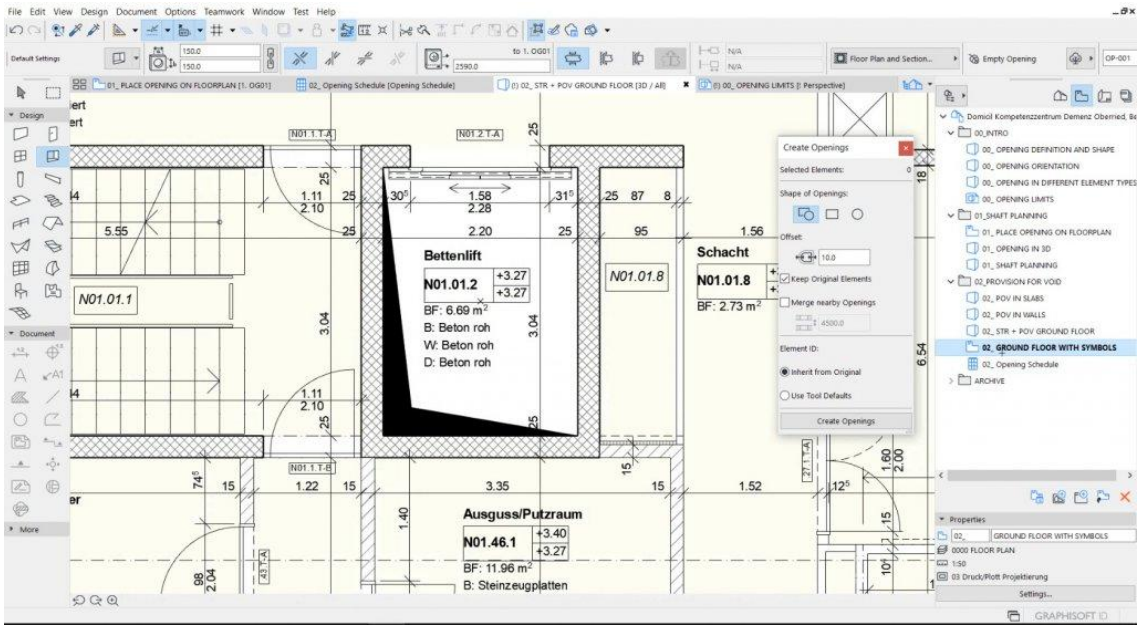


Figura 2. Área de trabalho do Archicad 29.

O elemento paramétrico. Nos modelos BIM, a linha que representava tudo, de acordo com as características que lhe eram atribuídas, passa a ser apenas uma linha. Os elementos de construção específicos, como as paredes, as lajes, as vigas, etc. possuem a sua própria representação digital inteligente em formato de objeto paramétrico. Cada objeto incluí dados que descrevem o seu comportamento. Esses dados incluem: dimensões, materiais, estrutura, dados acústicos, dados energéticos, custos, encaixe com outros objetos, etc. Para além do objeto, as suas relações também são paramétricas. As regras paramétricas para objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas num modelo de construção ou quando são feitas alterações em objetos associados [1]. A forma como cada elemento se encaixa com outros elementos vai de acordo com a ordem de prioridades estabelecidas, sejam de tipo de objeto, de materialidade, de dependência ou de ordem de construção. A lógica imposta pelo sistema está, normalmente, de acordo com os processos construtivos. Peças como portas e janelas estão sempre agregadas a uma parede, elementos estruturais antepõem-se a acabamentos, etc. Mas nem todos os objetos conseguem-se conectar a outro objeto. Em alguns sistemas, paredes podem se conectar a paredes, tetos e lajes, mas um limite de parede não consegue se conectar a escadas ou a um armário. Os sistemas restringem o uso de certos elementos em determinadas situações para excluir tais relações. Por outro lado, proibi-las pode forçar os utilizadores a recorrer a soluções alternativas em certas circunstâncias especiais. No modelo paramétrico, em vez de definir uma instância de um elemento de construção, como uma parede ou porta, o projetista define uma família de modelo ou classe de elemento; um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instâncias de elementos podem ser geradas, variáveis de acordo com seu contexto. Os objetos são definidos usando parâmetros que envolvem distâncias, ângulos e regras como anexado a, paralelo a, a distância de, etc. Essas relações permitem que cada instância de uma classe de elemento varie de acordo com suas próprias configurações de parâmetros e relações contextuais [1]. Alternativamente, as regras podem ser definidas como requisitos que o projeto deve satisfazer, permitindo que o projetista faça alterações enquanto as regras verificam e atualizam os detalhes para manter o elemento de projeto válido e alertando o utilizador caso essas definições não sejam atendidas. Esta ação é a base do funcionamento dos sistemas de verificação automática.

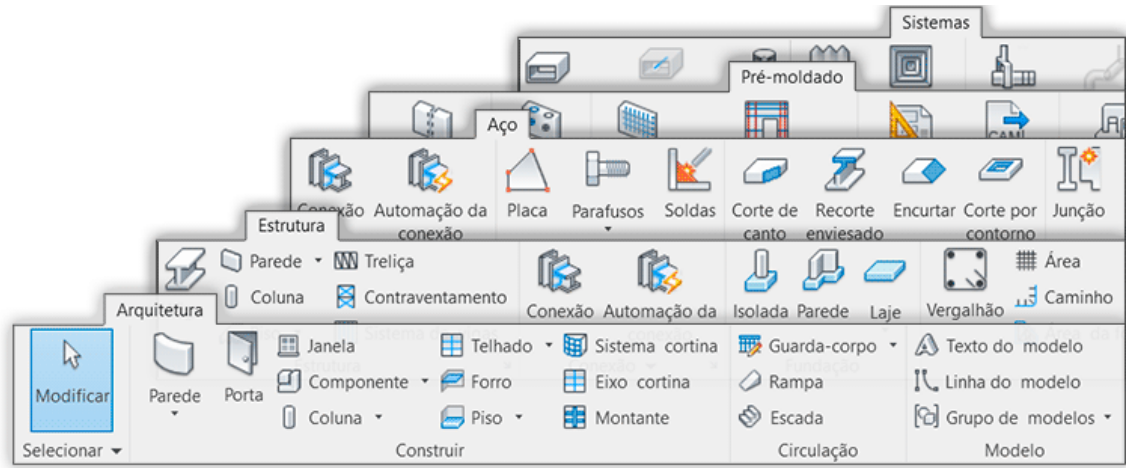


Figura 3. Ferramentas do Revit

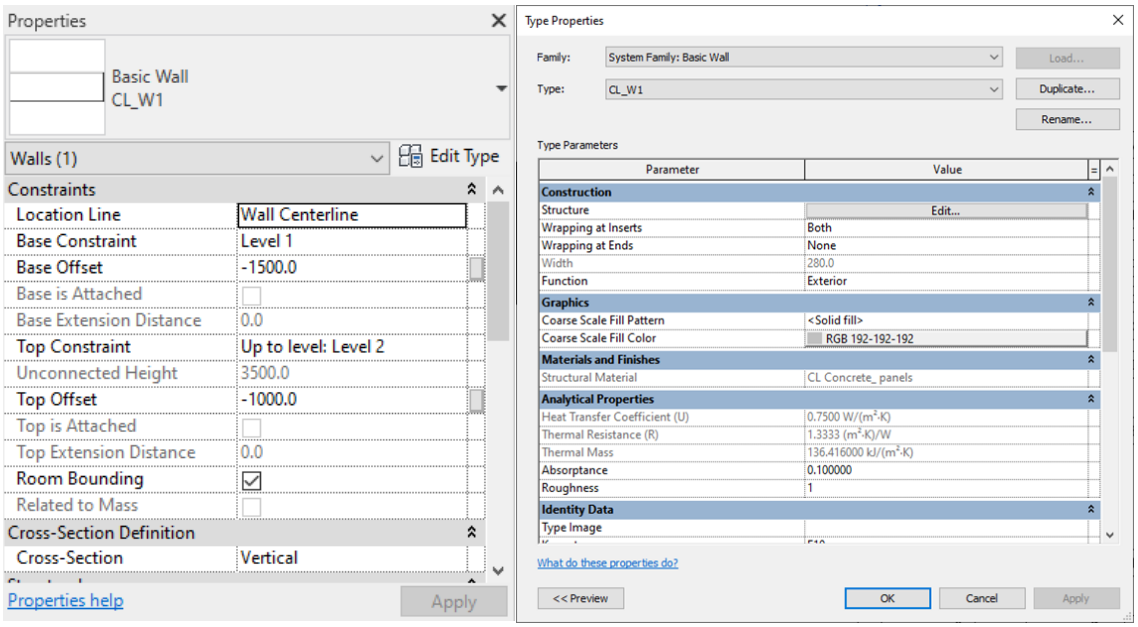


Figura 4. Tabelas de propriedades do elemento “parede” no Revit 2023. Nestas tabelas é possível atribuir altura, plano de referência, constrangimentos, espessura, estrutura, materialidade, propriedades analíticas, função e linha de controlo.

Vistas. Embora um modelo de um edifício contenha o layout geométrico completo de uma edificação e seus sistemas — e os objetos possuam propriedades e, potencialmente, especificações —, os desenhos continuarão sendo necessários, como relatórios extraídos do modelo, por algum tempo no futuro. Os processos contratuais e a cultura de trabalho existentes, embora estejam a mudar, ainda são centrados em desenhos, sejam eles em papel ou eletrónicos [1]. A maioria dos modelos BIM não inclui toda a informação necessária no 3D ou nos atributos dos objetos. Muita dessa informação em falta é apresentada em secções, que podem ser retiradas do modelo 3D e detalhadas manualmente. Mesmo com o salto para o 3D, os desenhos continuarão a desempenhar um papel fundamental no processo de projeto e não podem ser substituídos. Como folhas de processo para anotações, experiências e resolução de problemas, desenhar manualmente é a forma de expressão mais natural do arquiteto.

Informação. Os elementos são carregados de informação durante todo o processo, de forma automática e manual. Em qualquer etapa do projeto, a tecnologia BIM consegue extrair uma lista precisa de quantidades de áreas e materiais, lançando estimativas de custos mais precoces. À medida que o projeto avança, maior detalhe aproxima-nos do custo real da obra. A maioria das ferramentas de projeto BIM permitem ainda que os utilizadores acrescentem secções desenhadas em 2D nos modelos em 3D, mantendo a capacidade de produzir desenhos completos. Contudo, objetos desenhados em 2D não são automaticamente incluídos em listas de materiais, análises e outras aplicações habilitadas para BIM. Recomenda-se aos utilizadores que desenvolvam os seus objetos paramétricos personalizados e bibliotecas de objetos corporativos para maior controlo de qualidade e maior detalhamento do próprio modelo inteligente. A contínua coleta e catalogação de *data*, sejam informações ou projetos, facilita o acesso a referências, soluções e conhecimentos previamente desenvolvidos. Este é o maior salto que o BIM faz, não a nível de 3D, mas a nível de informação que carrega.

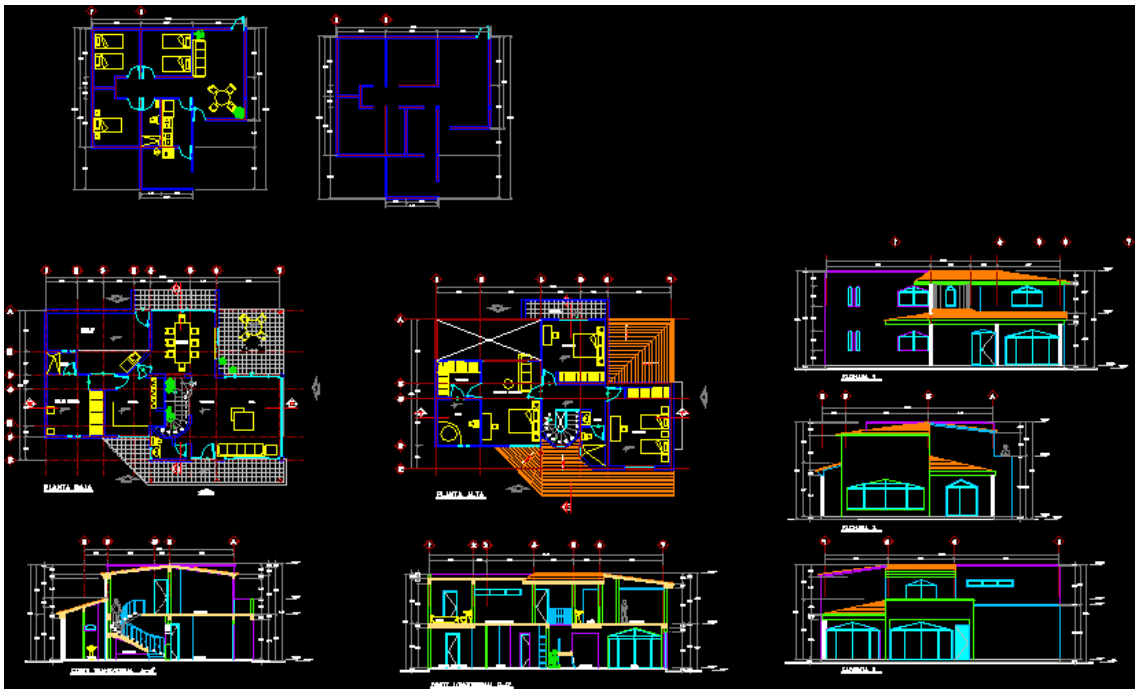


Figura 5. Projeto de uma casa no AutoCAD. O AutoCAD funciona a partir de linhas que não comportam informação paramétrica. Ou seja, cada desenho é independente, sendo necessário atualizar manualmente cada representação sempre que ocorre uma alteração no projeto.

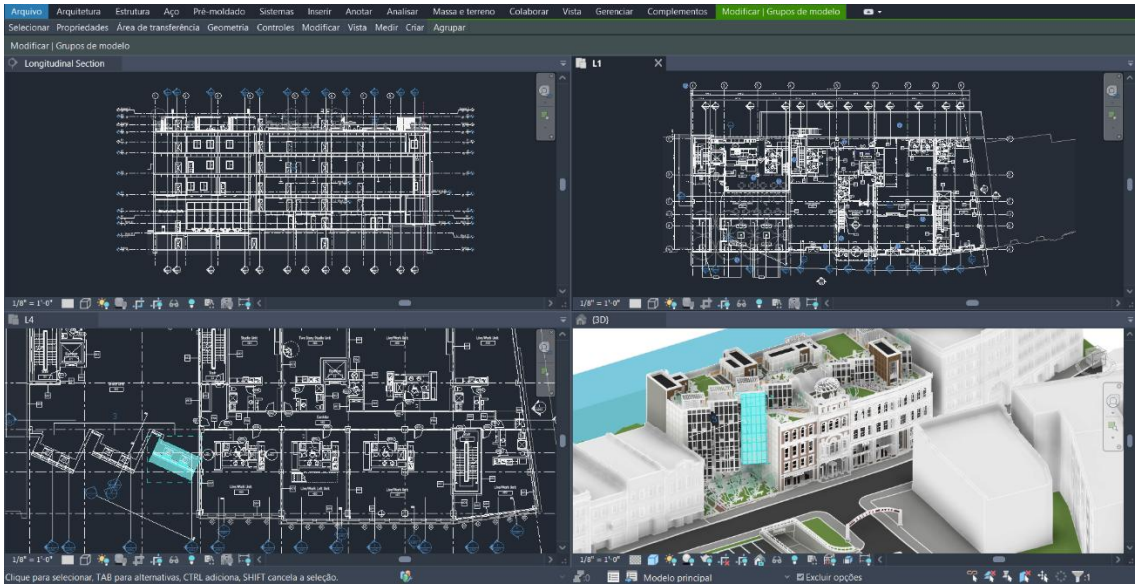


Figura 6. Projeto de um edifício no Revit 2025. Uma parede da fachada foi selecionada. Como ela é visível na planta do canto inferior esquerdo e no modelo 3D no canto inferior direito, ela está marcada a azul claro. Como não é visível no corte e na planta dos quadros superiores, não vemos a marcação.

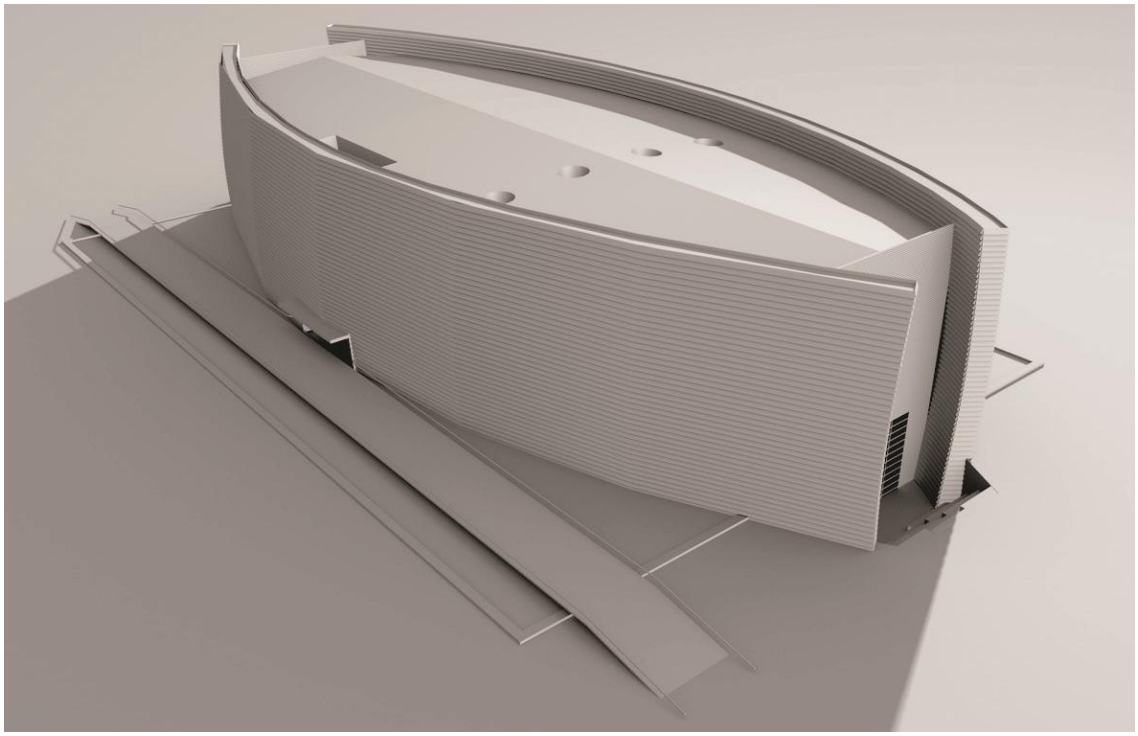


Figura 7. Render do Centro Multimeios de Espinho, CNLL. A imagem estática do modelo 3D não nos fornece nenhum dado construtivo, é preciso manuseá-lo, poder seccioná-lo, ver o seu interior para obter os dados.

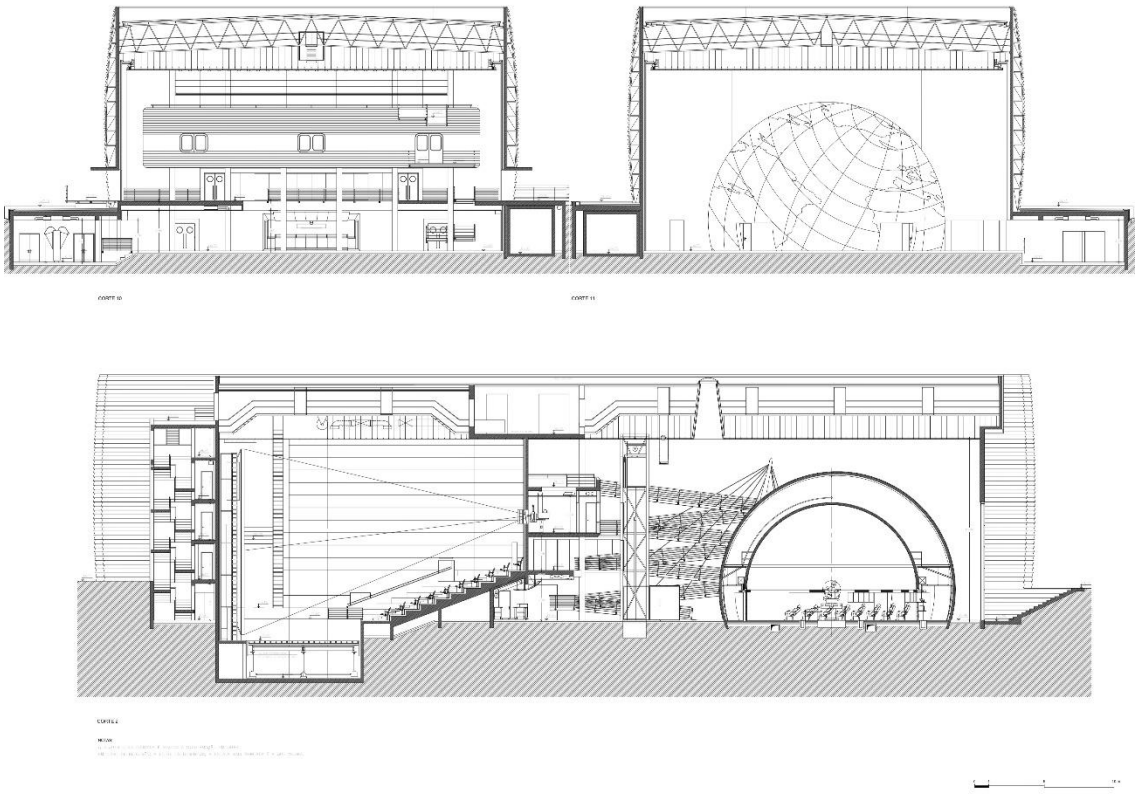


Figura 8. Secções do Centro Multimeios de Espinho, CNLL. O desenho 2D revela toda a informação à primeira vista, não esquecendo que são necessários todos os desenhos do conjunto para perceber a relação no todo.

Grupos, Famílias e Layers. A construção de um modelo completo requer os mais variados elementos e infraestruturas. Para não perder o controlo e conseguir trabalhar de forma mais organizada, cada elemento é atribuído a um grupo, família ou *layer*. Isto possibilita a visualização de desenhos e esquemas diferentes a partir de um único modelo. O mecanismo destes grupos é a base para criar bancos de dados para identificar e agrupar peças.

***Plug-ins* e *add-ons*.** Existem vários programas no mercado, mas mesmo os mais utilizados não suportam todas as capacidades de representação que a nossa criatividade demanda. Os *plug-ins* permitem integrar no BIM elementos complexos desenvolvidos noutros programas, como também realizar cálculos e análises que não estejam disponíveis no programa base. Já os *add-ons* comportam-se da mesma maneira como um plug-in, porém as peças são diretamente trabalhadas na plataforma BIM, sendo o *add-on* normalmente produzido pela mesma empresa do software. Todas estas ferramentas melhoram a qualidade e a precisão da construção, poupam custos e tempo de trabalho.

Partilha de modelo. Todo o projeto deve ser desenvolvido num modelo único. Cada elemento paramétrico é capaz de armazenar todo o tipo de informação que lhe corresponde e apresentar apenas aquela que é desejada no momento. Alguns sistemas permitem a colaboração entre intervenientes no mesmo modelo ao mesmo tempo. Num ficheiro criado por um proprietário, ele coordena quem pode e o que pode modelar. Os vários projetistas criam e editam num único ficheiro, conseguindo ver o trabalho desenvolvido pelos colaboradores ao vivo. Em princípio, um projetista não consegue editar o trabalho feito por outro e todas as alterações seguem-se de um pedido de autorização ao coordenador para que o seu desenho ou o do colega seja alterado e guardado. Este princípio BIM é um dos vários que permite uma melhor coordenação e planificação do projeto.

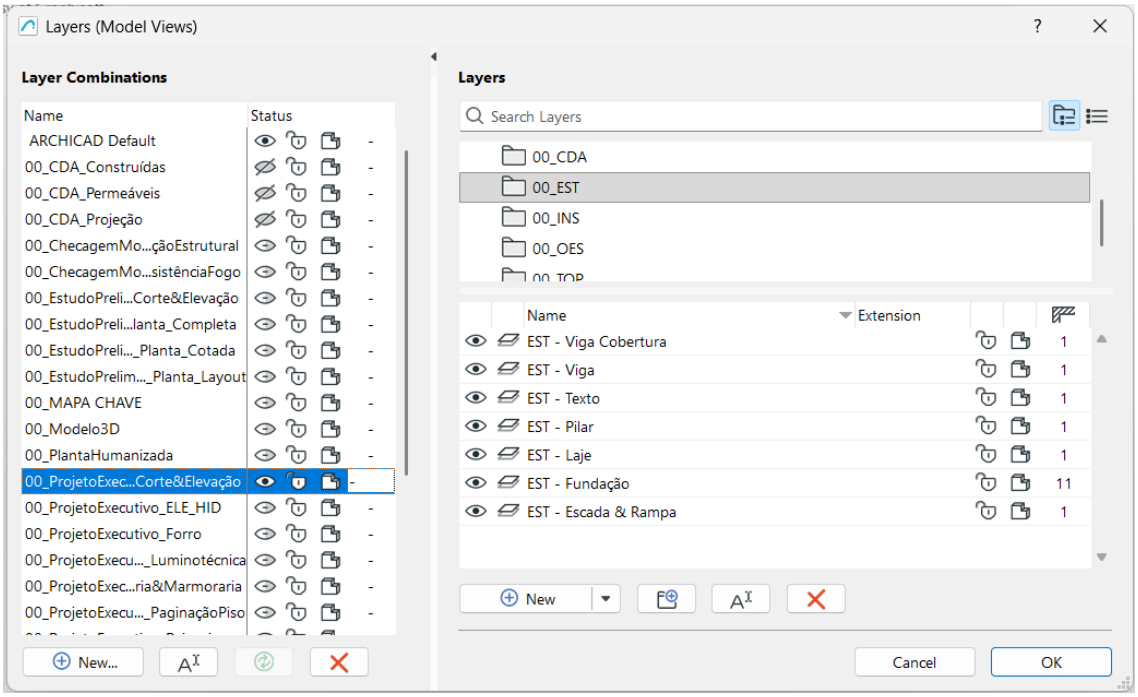


Figura 9. Tabela de *layers* do Archicad 29. Nos softwares BIM é possível criar *layers* e conjuntos de *layers* para controlar o que fica visível em cada fase de projeto e para cada especialidade.

Interoperabilidade. Nenhum programa consegue dar total suporte a todas as tarefas associadas ao projeto. É comum que o escritório de arquitetura não use os mesmos programas que o escritório de engenharia ou que outro departamento ligado ao projeto. Tradicionalmente, a troca de dados era em formatos DXF e IGES, que transferem apenas geometria. A partir do final da década de 1980, foram desenvolvidos modelos de dados para dar suporte às trocas de objetos em diferentes setores, liderados pelo esforço de padronização internacional ISO-STEP. Os padrões de modelos de dados são desenvolvidos tanto pela organização ISO, como por iniciativas lideradas pela indústria, utilizando a mesma tecnologia, especificamente a linguagem de modelação de dados EXPRESS [1].[1] Porém, agora, a troca de dados entre dois programas pode ser realizada por formatos proprietários ou públicos de troca de dados baseados em formatos XML, GIS, etc [2].[2]

Tempo de trabalho. O BIM permite uma modelação mais rápida e menos errónea em comparação aos sistemas CAD. O desenvolvimento de um modelo esquemático antes da geração de um modelo detalhado do edifício permite uma avaliação mais cuidadosa do projeto proposto, para determinar se ele atende aos requisitos do cliente. A avaliação precoce de alternativas de projeto usando ferramentas de análise/simulação aumenta a qualidade geral do edifício e as tomadas de decisão [1]. Por outro lado, tentar criar um modelo que cumpra totalmente a metodologia BIM requer muita prática, o que demora o seu tempo.

[1] O EXPRESS possui múltiplas implementações, incluindo um formato de arquivo de texto compacto, implementações em SQL e em bancos de dados orientados a objetos, além de implementações em XML. Todas estão em uso. Aqui, "objeto" refere-se a um conceito da linguagem de programação mais amplo do que simplesmente representar objetos físicos. Assim, objetos podem ser usados para representar objetos conceituais ou abstratos.

[2] A descrição completa dos formatos de troca de dados pode ser consultada nos Anexos na figura 48.

Software. A aquisição de um pacote de software envolve as funcionalidades atuais assim como as suas atualizações. Também é esperado que exista um sistema de suporte ao utilizador. O suporte é entendido como as instruções facultadas pelo fornecedor acerca das ferramentas do sistema, exemplos visuais simples das funções das ferramentas, tutoriais de utilização do software e os serviços online de ajuda ao utilizador.[3] As principais marcas no mercado são: Autodesk Revit® Architecture e Structure, Bentley Architecture, Graphisoft Archicad®, VectorWorks, Tekla Structures, Structureworks. Estas marcas não desenvolvem programas direcionados apenas aos arquitetos, mas a toda a estrutura envolvente à construção. No caso da Autodesk, possuem softwares como: o Revit, direcionado para modelação BIM; o AutoCAD, amplamente conhecido no design CAD; o Forma, potenciado por IA para pré-modelação e simulação em contexto real; o Autodesk Docs, para coordenação de documentação na nuvem; o ReCap, capaz de digitalizar laser scans de construções reais em modelos 3D; o 3ds Max, software de animação para alto detalhe e mundo imersivo; e o Navisworks, programa de revisão de projeto, coordenação e agregação de modelos, deteção de conflitos e simulação 4D e 5D. Noutro lado, a Bentley Systems apresenta programas dedicados a cada área de atuação.[4] Contudo, no caso da Bentley, alguns programas foram desenvolvidos por terceiros, o que implica que os arquivos tenham de ser convertidos de um programa para outro, por incompatibilidade de software. Também possui um *plug-in* de modelação paramétrica, para geometrias e superfícies curvas complexas, incluindo Bezier e NURBS. O Archicad suporta uma variedade de interfaces diretas, como o Maxon para modelação e animação de superfícies curvas, o ArchiFM para gerenciamento de instalações e o SketchUp.[5] Ademais, possui interfaces com um conjunto de ferramentas para análise energética e de sustentabilidade.[6]

Resumindo, o BIM é um modelo digital, espacial, mensurável, abrangente, acessível a todos os intervenientes, moldável e durável [1]. Só é BIM se cumprir todos os requisitos assinalados. Como são os softwares mais sofisticados e usados para modelação inteligente, serão os mais fáceis para implementar os novos mecanismos automáticos.

[3] Nas páginas online, os principais métodos de auxílio são os fóruns de entreajuda, as listas de perguntas frequentes e a possibilidade de contacto direto com os desenvolvedores do software.
[4] Bentley Architecture; Bentley Strucutral; Bentley Building Mechanical Systems; Bentley Building Electrical Systems; Bentley Facilities; Bentley PowerCivil; Bentley Generative Components; Bentley ProjectWise.
[5] O Archicad destaca-se, entre vários aspetos, em ser o único sistema amplamente comercializado e integrado no setor AEC que executa em Apple Macintosh.
[6] gbXML, Ecotect, Energy, ARCHiPHISIK e RIUSKA.

1.1.1 O modelo IFC

Para atingir a interoperabilidade entre equipas é preferível combinar programas que forneçam funcionalidades que vão além do que uma única empresa de software oferece do que migrar todos os intervenientes para uma única plataforma. Por conseguinte, evita soluções proprietárias que deem o monopólio a uma só plataforma de software. Neste cenário, a troca de informações passa primordialmente por softwares que usam padrões de código aberto, disponíveis publicamente. Assim é possível criar modelos IFC (Industry Foundation Classes). Estes modelos, baseados em linguagem EXPRESS, carregam consigo grande parte da informação atribuída no programa inicial para o novo programa, sendo comum a perda de alguma dessa informação por incompatibilidade entre sistemas. Todos os objetos no EXPRESS são chamados de *entities* (entidades). As entidades base definem objetos comuns como paredes, pisos, elementos estruturais. Como o IFC é definido como um modelo de dados extensível e orientado a objetos, é possível especializar as entidades base em subentidades. Assim, quaisquer objetos usados no projeto são alocados a uma árvore de subentidades. Por exemplo, uma entidade de parede possui um rastro na árvore parecido a:

$$\text{IfcRoot} \rightarrow \text{IfcObjectDefinition} \rightarrow \text{IfcProduct} \rightarrow \text{IfcElement} \rightarrow \text{IfcBuildingElement} \rightarrow \text{IfcWall}$$

Cada nível da árvore introduz diferentes atributos e relações à entidade de parede. IfcRoot atribui um ID Global e outras informações de identificação. IfcObjectDefinition coloca a parede como parte de uma montagem mais agregada e identifica os componentes da parede, se estes estiverem definidos. IfcProduct define a localização da parede e sua forma. IfcElement carrega a relação deste elemento com outros, como relações de delimitação de parede e espaços (incluindo espaço exterior) que a parede separa. Também carrega quaisquer aberturas dentro da parede e, opcionalmente, o seu preenchimento por portas ou janelas. Muitos desses atributos e relações são opcionais, permitindo que os implementadores excluam algumas das informações das suas rotinas de exportação [1]. Todos os objetos, quando traduzidos para um modelo IFC, são definidos em geometria, relações e propriedades associadas. O IFC consegue representar as geometrias por: extrusões; sólidos definidos por um conjunto fechado e conectado de faces (B-Reps); e formas definidas por uma árvore de operações de união e interseção (Geometria Sólida Construtiva). O IFC omite formas construídas com superfícies multicurvas, como B-splines e NURBS. Nestes casos, um objeto com estas superfícies será traduzido com superfícies ausentes ou erros. A geometria IFC foi projetada para suportar a troca de modelos

paramétricos simples entre sistemas, como sistemas de paredes. O IFC tende em agrupar as propriedades em conjuntos estruturados de informação, para caracterizar diferentes aspetos dos elementos presentes num modelo digital. Estes conjuntos permitem organizar e associar dados relativos às características, ao desempenho, ao comportamento e ao contexto dos objetos representados, promovendo uma descrição mais abrangente para além da sua geometria. A troca de dados procede da seguinte forma: A plataforma de origem possui um tradutor para extrair os dados do modelo e atribuir-lhes as classes de entidade IFC apropriada. Estes dados são guardados num arquivo que pode ser lido por outra plataforma de modelação. Aqui a tradução procede de forma inversa, interpretando as instâncias dos objetos IFC e gravando esses objetos na estrutura de dados da plataforma. Cada ferramenta BIM possui as suas próprias estruturas de dados proprietárias, o que faz com que a leitura do modelo IFC ocorra de forma diferente. Por consequência, muita informação útil é perdida pelo caminho. O padrão do modelo de dados IFC está em constante evolução. Uma nova versão é lançada a cada dois anos [1]. Estas atualizações surgem como resposta a problemas não resolvidos ou a incapacidades atuais do padrão. As novas extensões são testadas por vários elementos do setor AEC e quando aprovadas, a nova versão é documentada e distribuída pelas empresas de software BIM, para estas desenvolverem os seus tradutores.

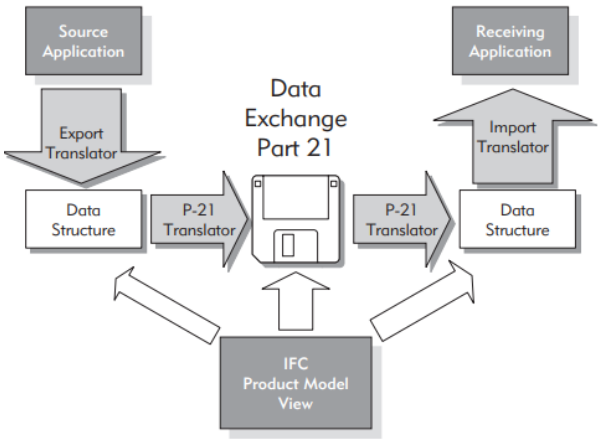


Figura 10. Processo de transferência de modelo BIM entre plataformas em formato IFC.

1.2 A IA

Projetar a partir de ferramentas IA. Nos últimos anos têm surgido várias plataformas IA preparadas para modelar edifícios.[7] A modelação pode ser feita através de texto escrito ou de desenho 3D simples. Para softwares privados, completam-se caixas de texto com a informação requerida, que ganha forma tridimensional, ou com simples ferramentas de desenho criam-se volumes aos quais são atribuídos propriedades e informação. Elas têm a facilidade de criar pisos, fogos-modelo, fachadas e ajustar-se de forma mais otimizada ao terreno. São ótimas ferramentas para fases conceptuais e estudos volumétricos. Porém, a maioria ainda é bastante limitada nas suas capacidades. Como suportam poucas funções e regras, são bastantes restritivas na modelação, ao ignorar certas regras que não estão incorporadas, quer pela máquina não as conseguir ler, quer por falta de rigor na conceção do software. Aquelas que não permitem uma modelação personalizada, restringem-nos a poucas soluções. Enquanto os bancos de dados são escassos, a sua capacidade "criativa" é baixa. Portanto, são ferramentas úteis para testes, mas não servem como produto final. Ainda se tira maior proveito dos sistemas em que é possível exportar o modelo gerado para um software BIM através de IFC ou de outro formato. Outro método para modelar é escrevendo *prompts*. No contexto da computação, e mais especificamente no contexto da IA, o *prompt* refere-se a um comando ou mensagem, normalmente numa interface baseada em texto e escritos em linguagem natural, que funciona como uma entrada para executar um comando. Os *prompts* podem seguir formatos diferentes, dependendo do objetivo. *Prompts* Direcionados fornecem instruções específicas e rigorosas ao modelo de IA, sem margem para interpretações. *Prompts* de Contexto Aberto permitem maior liberdade ao modelo, incentivando o desenvolvimento de ideias mais criativas e abrangentes. *Prompts* Interativos envolvem o modelo num diálogo contínuo. Este formato constrói a resposta passo a passo e é o mais recomendado para aprendizagem e esclarecimento de dúvidas. *Prompts* Condicionais estabelecem regras e cenários e são fundamentais para criar automações e organizar dados não estruturados. *Prompts* de Complementação pedem à IA para continuar uma frase ou raciocínio mantendo os contextos já iniciados pelo utilizador. Como cada plataforma IA funciona de maneira diferente, dependente dos seus *bots*, é preciso testar várias vezes até que se atinja uma resposta aceitável ao exigido. Também existem softwares IA de apoio aos softwares BIM. O BIMLOGIQ da Autodesk auxilia a automatizar tarefas a partir de *prompts* [3].

[7] A maioria destas plataformas são focadas em tipos de edifícios específicos, como edifícios habitacionais, pavilhões ou parques de estacionamento.

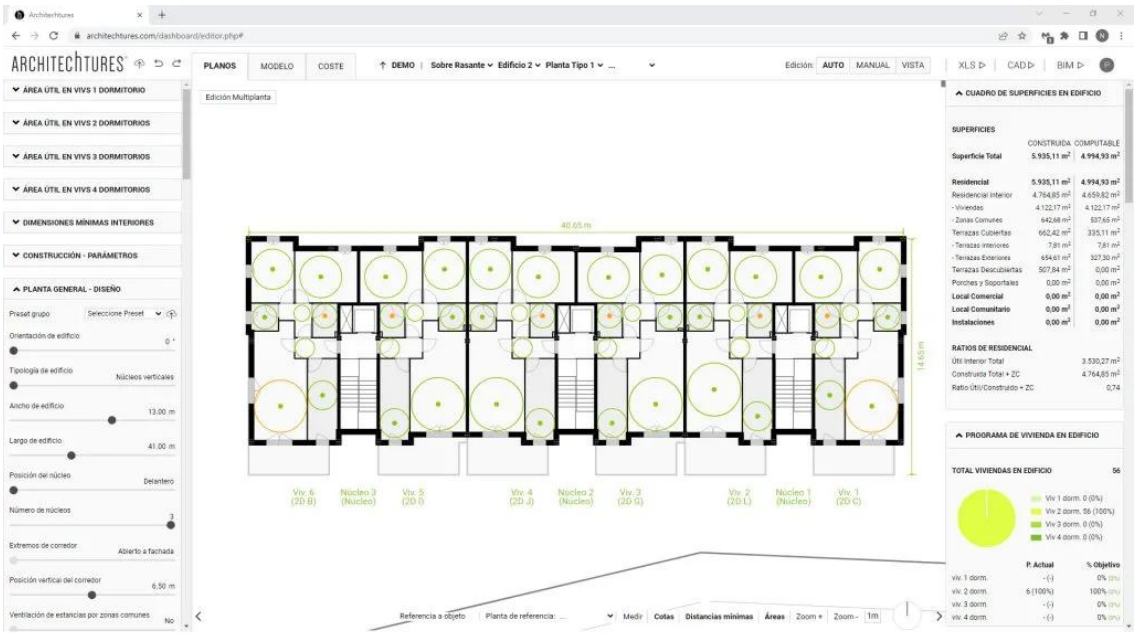


Figura 11. Área de trabalho do Architechtures. Este sistema de IA generativa está programado para ajudar a projetar edifícios habitacionais. A ferramenta integra diferentes tipologias e regras de projeto através de parâmetros de entrada e saída personalizáveis. A estimativa de custos é ajustável, integra indicadores e padrões específicos para cada entidade. É possível associar modelos de análise de viabilidade, avaliando a rentabilidade do projeto. A plataforma permite desenvolver e comparar múltiplas variantes até alcançar a solução considerada mais adequada. A versão final pode ser exportada em formato IFC, para posterior desenvolvimento e aprofundamento do projeto nos softwares BIM [4].

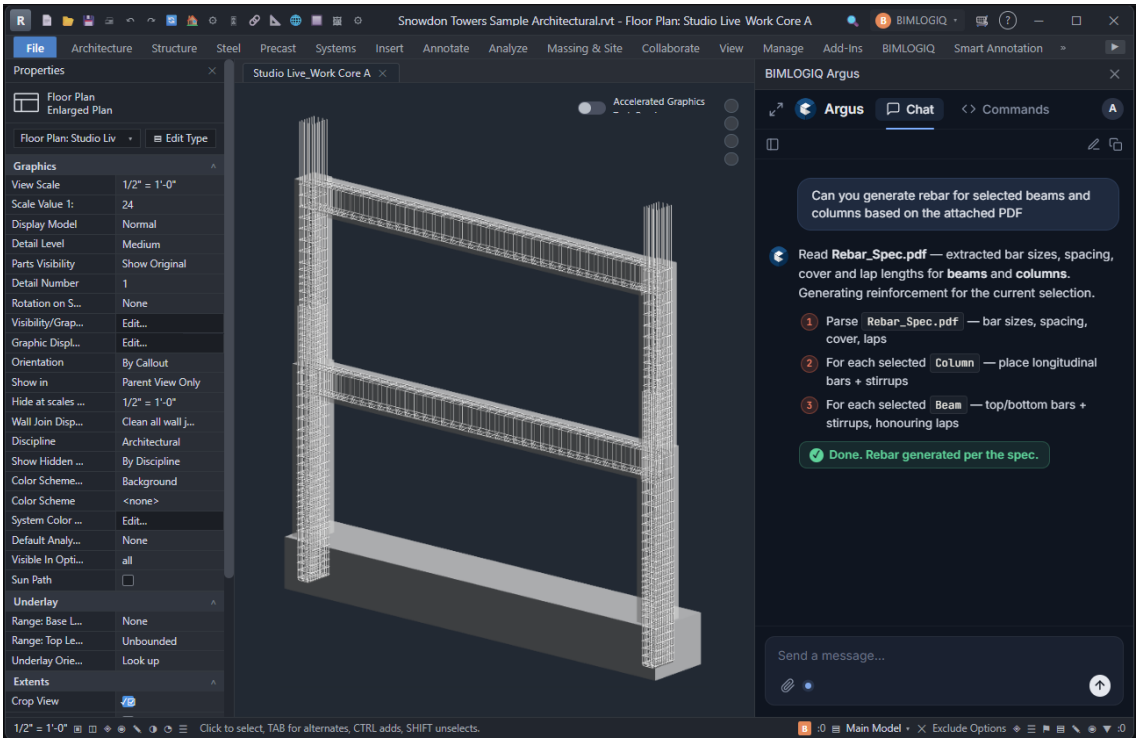


Figura 12. Área de trabalho do Argus, da BIMLOGIQ. O Argus lê qualquer tipo de linguagem — linguagem natural, PDFs, *spreadsheets*, documentos na *cloud* e scripts do Dynamo — e, em seguida, realiza a tarefa diretamente no Revit.

1.3 Estado da Arte

Os primeiros esforços noutros países/locais e plataformas no mercado. CORENET. O COnstruction and Real Estate NETwork foi o primeiro esforço de verificação de códigos de construção, iniciado em 1995 pelo Ministério do Desenvolvimento Nacional da Singapura [5]. A introdução do CORENET foi promovida pelo governo de Singapura e acompanhada por legislação apropriada. Como consequência, as construtoras foram obrigadas a adotar o sistema pois, de outra forma, não obteriam uma licença de construção. De ter em atenção que a estrutura política, económica e demográfica peculiar deste país facilita a introdução do sistema neste formato. Tal abordagem dificilmente prevalecerá da mesma forma noutro país. A versão mais atual do sistema é o CORENET X. Funciona como portal de submissão e *checker* automático dos modelos BIM, interligando dois grupos: a indústria coordenada em BIM (arquitetos, engenheiros, técnicos, projetistas, etc.) e as agências reguladoras (URA, BCA, NEA, LTA, PUB, NPARKS, SCDF).[8] A transformação da indústria promove a coordenação do design e do trabalho, a digitalização do setor da construção e a fabricação *offsite*. A transformação das agências promove a colaboração, a acessibilidade a informação centralizada e aumenta a produtividade. O processo de verificação passa por 4 passos. Num primeiro momento as equipas de projeto fazem uma avaliação conjunta antes da submissão do modelo BIM. O modelo é avaliado por um *checker* automático para identificar potenciais problemas. Após corrigido, as equipas de projeto submetem o projeto em conjunto. De seguida, as agências avaliam a submissão em conjunto e por fim, emitem uma resposta conjunta às equipas. A submissão é feita em formato BIM aberto, IFC+SG e o modelo também tem de ter georreferenciação, para que outros modelos possam ser conectados. O objetivo aquando o lançamento do CORENET era uma verificação totalmente automática, mas devido à exigência da construção e resposta ao sistema, o processo foi interrompido. A partir da versão CORENET X, a nova abordagem passou a privilegiar avaliações mais simples. O CORENET X Automated Model Checker (AMC) é a ferramenta *rules-based* para avaliação do modelo BIM. A ferramenta segue 3 etapas. O IFC Schema Check garante que a estrutura está completa e funcional em formato IFC, o Quality Check examina a integridade da *data* BIM e o Regulatory Compliance Check destaca as discordâncias do modelo com os requisitos da cada agência.

[8] URA – Urban Redevelopment Authority; BCA – Building and Construction Authority; NEA – National Environment Agency; LTA – Land Transport Authority; PUB – Public Utilities Board; NPARKS – National Parks Board; SCDF – Singapore Civil Defence Force

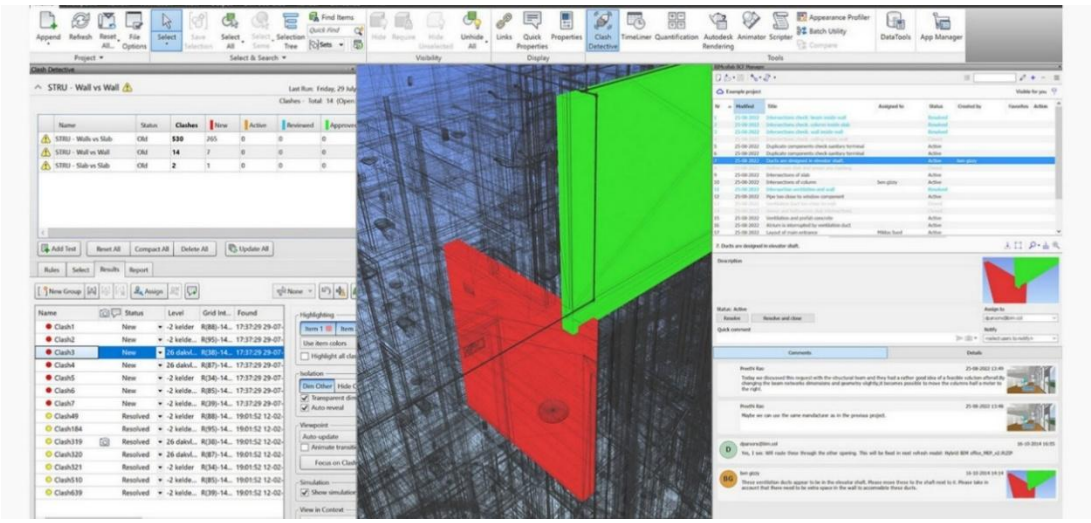


Figura 13. Plug-in BCF Manager no Naviswork. Este plug-in permite criar, editar, filtrar, comentar e consultar *issues* diretamente no software BIM. A ferramenta também identifica confrontos entre elementos (representado na imagem) e apresenta os requisitos pedidos pelo projeto. Dessa forma, o modelador garante que o modelo contém as informações necessárias, o que reduzirá o número de problemas encontrados em etapas avançadas do projeto.

O Model Checker Minimum Viable Product (MC MVP) é a mais recente versão do MC e avalia regras selecionadas (simples e de carácter geométrico) para cada agência. Com o tempo, regras mais complexas serão adicionadas. De momento, o MVP tem a capacidade de avaliar se: a denominação dos pisos e divisões segue as convenções típicas; existem confrontos (*clashes*) entre objetos, em especial elementos estruturais; os parâmetros estão bem atribuídos a cada objeto; as coordenadas estão corretas. Apesar da plataforma de submissão ter o seu próprio *model checker*, o CORENET X possui parcerias com outras desenvolvedoras de softwares BIM. A partir do Archicad é possível fazer a verificação do modelo. Basta começar o projeto com o IFC+SG Template ou até mesmo importar o ficheiro Classifications & Properties juntamente com o IFC+SG Export Translator para projetos em curso ou acabados. De seguida é só classificar os elementos e propriedades e usar o add-on Archicad IFC+SG Validator para avaliar o projeto. Para concluir o processo, exporta-se o modelo em formato IFC. Antes do CORENET X e do AMC, os projetos eram avaliados pelo CORENET e-PlanCheck. O principal componente do sistema de verificação de normas era a biblioteca FORNAX, desenvolvida e mantida por uma empresa privada [6].[9] De modo a definir e verificar as propriedades de cada entidade, o FORNAX Schema continha os objetos que estendiam as informações IFC necessárias para a avaliação. Ao usar os objetos FORNAX, não era preciso desenvolver algoritmos para recuperar a *data* IFC, visto que uma regra escrita em linguagem natural podia ser interpretada em métodos de linguagem de programação [5].

SMARTcodes. Esta plataforma fornece métodos de tradução de regras de linguagem escritas para código de computador a partir de um dicionário de termos de domínio específico. Com o SMARTcodes Builder, o utilizador identifica as ideias-chave, organiza a lógica de comandos e escreve a nova frase com os termos do dicionário [7]. Também permite acessar aos dados do modelo IFC e gerar relatórios em html, pdf, rtf, xls e xml. Os resultados são apresentados em tabelas, indicando se o modelo de construção viola ou não as regras de conformidade e em imagens gráficas sobre os elementos que não cumprem os regulamentos [5].

[9] O FORNAXt é uma biblioteca de objetos C++ que deriva novos dados e gera visualizações estendidas de dados IFC. Os objetos FORNAX carregam regras para autoavaliação, proporcionando boa modularidade baseada em objetos.

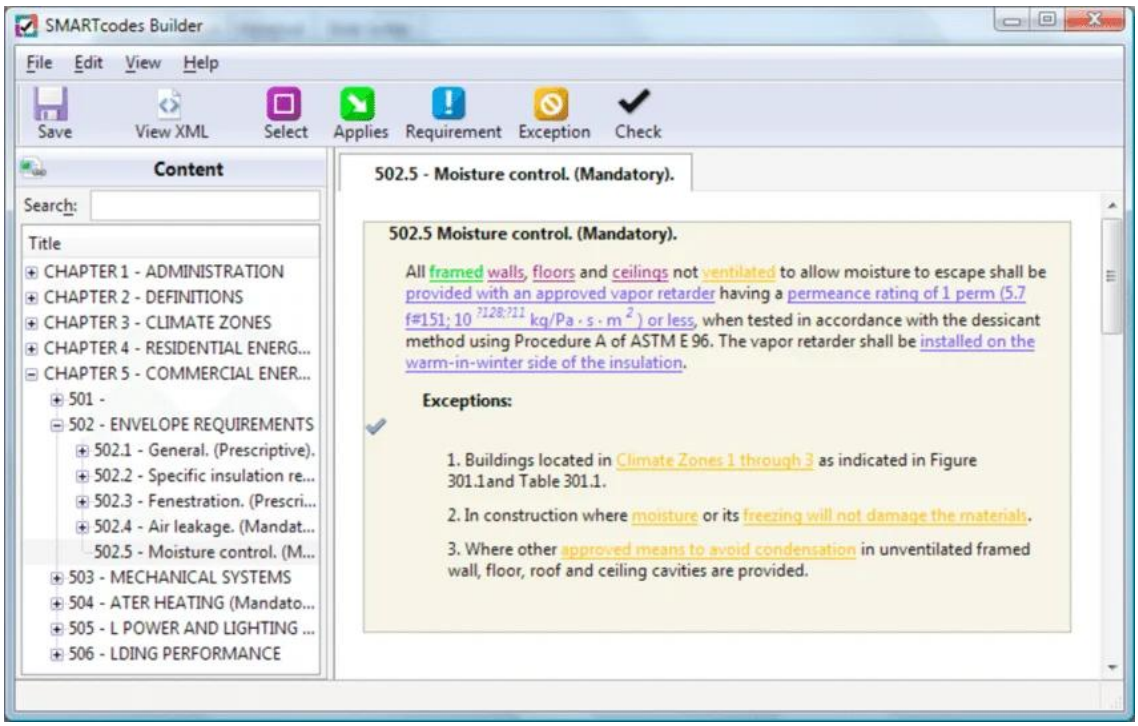


Figura 14. Área de trabalho do SMARTcodes Builder. Em cada frase, o utilizador identifica os elementos a serem verificados (*select e applies*), os requisitos a cumprir (*requirement*) e as exceções (*exception*).

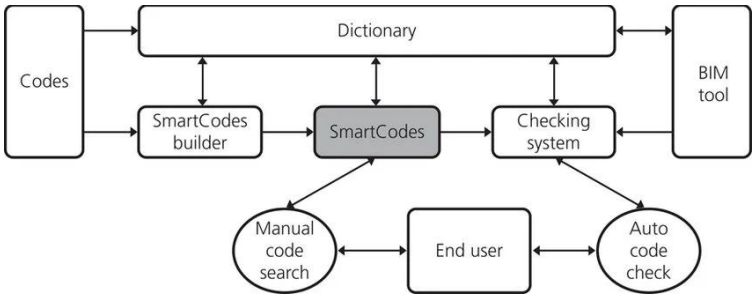


Figura 15. Estrutura de sistema de verificação de modelos baseada no SMARTcodes.

Solibri Model Checker (SMC). No ano 2000, a empresa de software Solibri lançou o Solibri Model Checker. Baseado em Java, é uma ferramenta de validação de modelos digitais em formato IFC. No Rule Manager, o SMC fornece uma biblioteca de regras e diretrizes, a partir das quais o utilizador escolhe e constrói o seu processo de revisão.[10] Além das regras básicas, o gerenciador fornece principalmente regras orientadas à geometria. O relatório é textual e gráfico e pode ser visualizado em formato pdf, xml e xls ou então na própria aplicação. O SMC também consegue indicar a gravidade das violações de regras em 3 níveis: crítico, moderado ou baixo. A interface de programação não é de acesso público, por isso, o desenvolvimento de novas regras ou conjuntos de regras só é possível em cooperação com a própria Solibri.

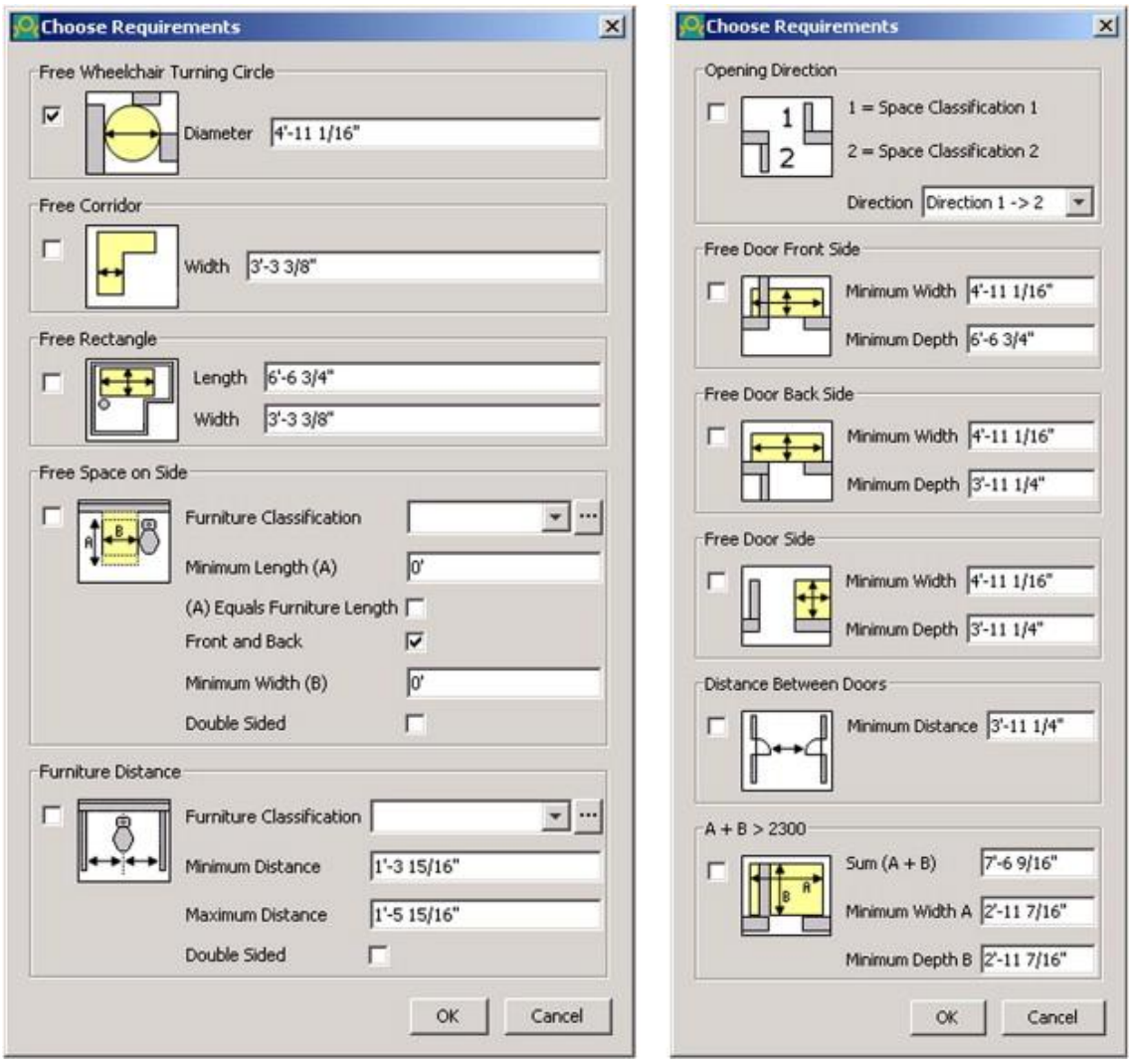


Figura 16. Tabela de criação de parâmetros para acessibilidades no SMC.

[10] Algumas das regras que a plataforma lê são: acessibilidade de acordo com o código ISO; rotas de fuga a incêndios; sobreposição de formas, nomenclatura, etc.

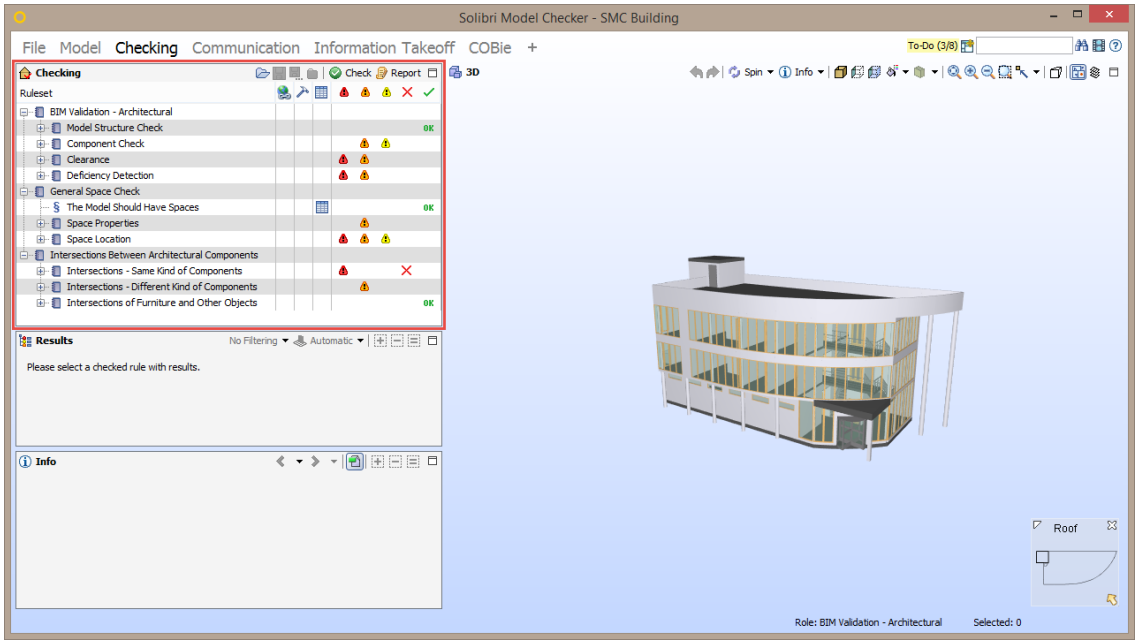


Figura 17. Área de trabalho do SMC.

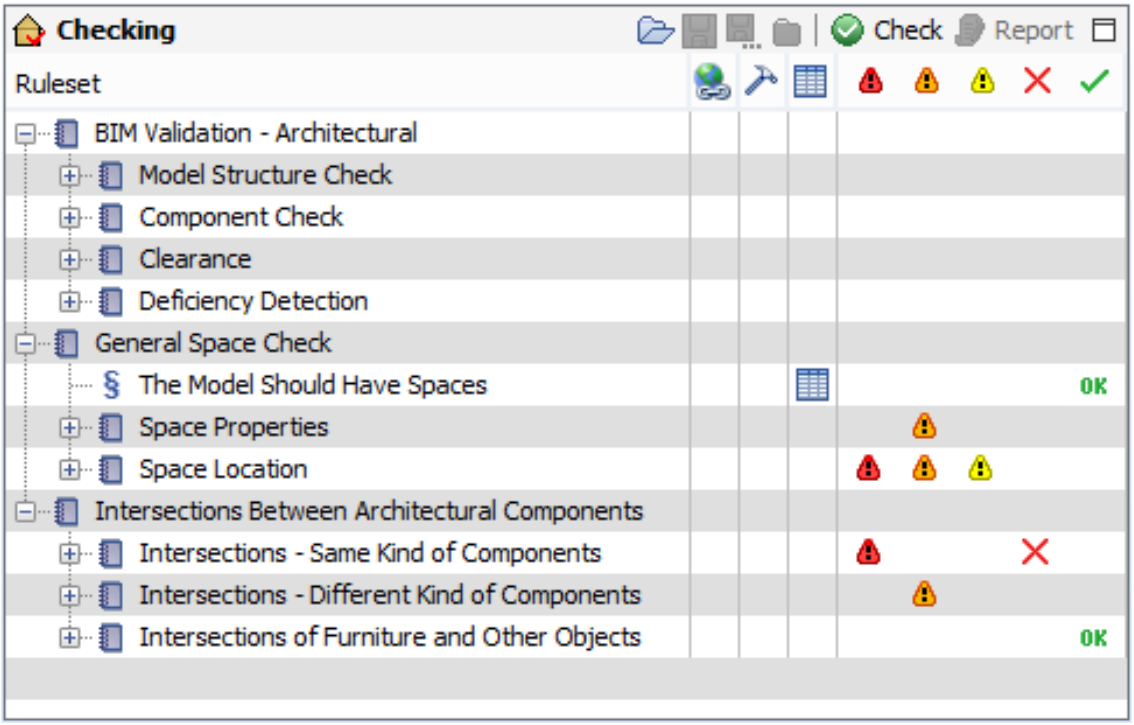


Figura 18. Tabela de regras avaliadas pelo SMC. Os sinais de perigo definem a gravidade do incumprimento da regra.

LicA. Desenvolvido por Poças Martins para a sua tese de doutoramento, o LicA (LICenciamento Automático) é uma aplicação que efetua a verificação automática da conformidade de projetos de redes de distribuição predial de água com as disposições do Decreto Regulamentar nº 23/95 [8]. Embora o licenciamento automático seja desejavelmente aplicável a todo o projeto, Poças Martins restringiu o LicA a um domínio específico de modo a mostrar que é possível utilizar modelos BIM de âmbito reduzido de forma a satisfazer as necessidades individuais do utilizador. Pretendia assim mostrar que o licenciamento automático não é um fim em si mesmo. Antes, é um exemplo dos benefícios imediatos que um utilizador obtém ao adotar voluntariamente este tipo de tecnologias [8]. A base de dados do LicA, desenvolvida em SQL, inclui um conjunto de tabelas com todos os objetos necessários para representar a rede predial e as rotinas de cálculo hidráulico e de verificação regulamentar. Os resultados são compilados em tabelas para processamento posterior [8]. A base de dados e a interface gráfica são duas aplicações distintas e independentes ainda que complementares. Esta abordagem foi tomada para prevenir problemas de interoperabilidade e desfasagens na atualização das aplicações. À data, o modelo IFC não era considerado standard, então o autor criou um formato mais pequeno e compacto, capaz de responder às exigências específicas do caso. Na escolha de não seguir um formato internacional, o autor sugere que os desenvolvedores criem os seus formatos focados apenas nos domínios que precisam [8]. Numa fase posterior, fez-se a análise de compatibilidade entre as bases de dados do LicA e do modelo IFC. Descobriu-se que nem todos os elementos possuíam correspondência a um elemento IFC, porém, como é possível acrescentar propriedades (no quadro de “PropertySets”) às entidades, o modelo IFC foi aprovado como formato admissível. O resultado da verificação é apresentado a partir de um código de cores.

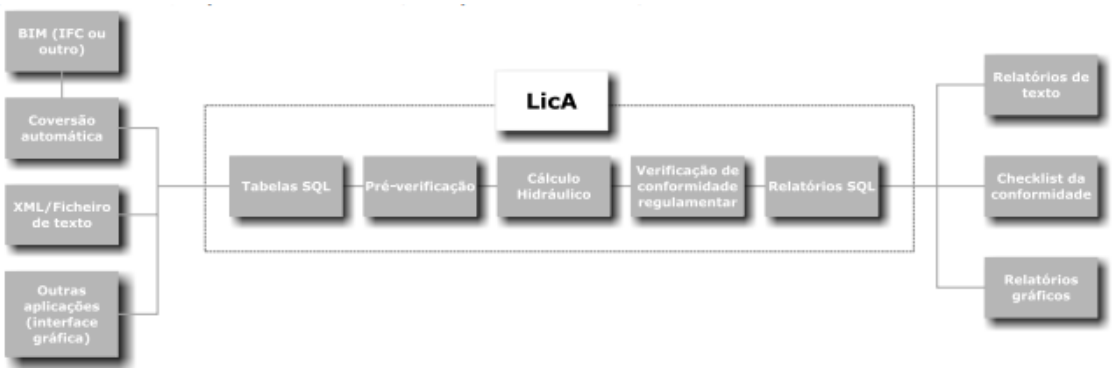


Figura 19. Representação esquemática geral da aplicação LicA.

Nos Estados Unidos, a **General Services Administration (GSA)** faz a verificação de algumas normas, entre elas o cálculo das áreas úteis e totais de um edifício em relação ao seu programa. Para isso, é necessário que o modelo cumpra certos requisitos, como: todos os móveis e espaços devem estar corretamente denominados de acordo com o programa e os limites 3D de todos os espaços devem ser definidos por superfícies delimitadoras entre si, criando um volume fechado. Caso o programa BIM não consiga fazer o cálculo, esse será feito manualmente pelo arquiteto e corrigido sempre que ocorram alterações. Convém ser feita uma revisão pelo arquiteto antes de submeter o projeto à revisão pelo órgão licenciador. Com a introdução das IFC surgiram as primeiras pesquisas sobre o uso deste esquema para verificação de códigos de construção. Começaram por desenvolver simulações sobre rotas de fugas em situações de emergência e percursos de acessibilidade para mobilidade reduzida [5]. Para fazer a verificação dos percursos de fuga, identificou-se todas as regras relacionadas com circulação e traduziu-se para regras paramétricas. As regras de circulação são parametrizadas em quatro pontos: espaço inicial, espaço intermediário, condições do espaço de destino e condições de transição. Cada espaço possuí um nome e também um nível de segurança (público, restrito ou seguro). As condições de transição podem representar o nível de segurança, a distância a ser percorrida a pé, a acessibilidade vertical, etc. Estas são especificadas numa tabela paramétrica SMC. Uma regra de circulação definida pela combinação desses parâmetros torna-se processável por computador para verificação automática usando um plug-in SMC desenvolvido pela Georgia Tech [5]. Não só os espaços e as suas características são importantes, como também é necessário a identificação das paredes, portas, escadas, rampas, elevadores e limites entre espaços adjacentes sem divisórias para o SMC conseguir criar um mapa de circulação por todo o modelo. Dois grafos são definidos: um grafo tipológico que determina os caminhos possíveis e um grafo métrico que representa as distâncias dos trajetos humanos entre dois espaços. No relatório, as rotas que não cumprem as regras ficam destacadas em texto e imagem. Na imagem, os espaços e a linha de rota ficam a vermelho. Em texto, é identificada a rota, o nome dos espaços e a lei violada [5].

Revit e Archicad. O software Revit apenas consegue identificar as características dos elementos isoladamente. Ele verifica se: o parâmetro existe no modelo; o parâmetro está preenchido; o valor corresponde a uma lista definida e quais os valores do parâmetro. Já o software Archicad permite codificar regras baseadas na sua geometria e nas relações entre elementos.

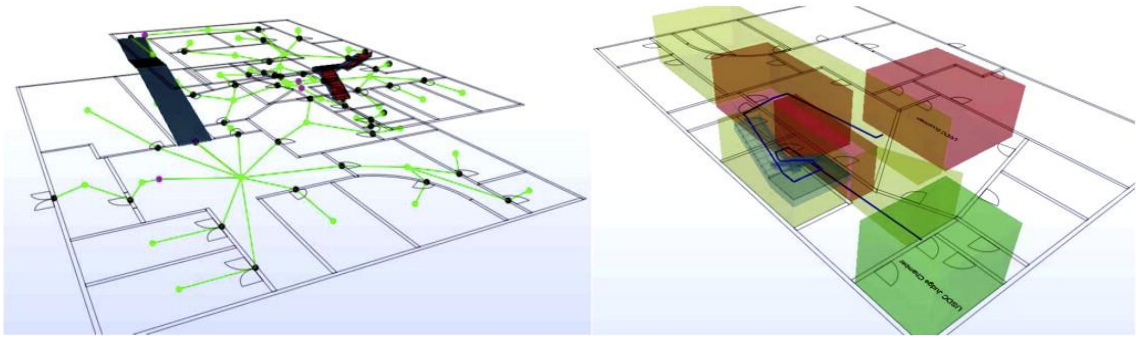


Figura 20. Relatório de viabilidade das rotas de fuga, SMC.

Os vários métodos de codificação da lei. Lógica. Existem muitas maneiras para que o computador consiga interpretar as leis e transformá-las em linguagem computacional, mas a maioria dos estudos de verificação de regras concentra-se apenas na representação linguística da sintaxe e gramática das regras [9]. Na prática, o conhecimento especializado é frequentemente necessário para interpretar o significado ou a semântica das regras: a intenção, as suposições implícitas, o conhecimento geral sobre os temas e as dependências com outras regras [9]. Na Lógica, a interpretação é crucial para transformar as regras, que muitas vezes são ambíguas, em definições mais precisas, removendo assim a ambiguidade e esclarecendo os conceitos ou princípios de verificação. Durante o processo de interpretação, são descobertas suposições ou expectativas implícitas que ajudam a completar a compreensão do que precisa ser verificado. Geralmente, começa-se por converter as regras mais simples para demonstrar que a abordagem funciona e só depois se avança para as restantes. No entanto, esta estratégia pode levar à subestimação da dificuldade de implementar regras mais complexas, como aconteceu com a equipa responsável pelo CORENET [9, 10].

Visual Code Compliance Language (VCCL). Uma linguagem visual pode ser definida como uma "linguagem formal com sintaxe e semântica visual", o que significa que ela representa um sistema de regras usando elementos visuais ao invés de textuais. Um exemplo de software que funciona como Linguagem de Programação Visual (LPV) é o Grasshopper, plug-in para o Rhinoceros. O utilizador é capaz de ver, inspecionar e modificar cada etapa do código de processamento. O sistema usa *nodes*, módulos simples com funções específicas, que facilitam a sua manipulação, mesmo para quem tem poucos conhecimentos sobre programação. Borrmann et al. colaboraram com os desenvolvedores do software Nemetschek na criação do plug-in CodeBuilder, onde o próprio utilizador consegue construir os algoritmos de verificação. A maioria dos "nós" são capazes de exibir resultados intermediários durante o processo. Assim, os elementos que cumprem, ou não, as normas podem ser destacadas diretamente na visualização da geometria [6].

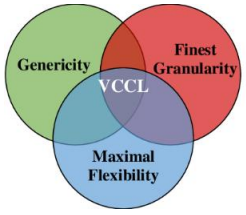


Figura 21. Esquema dos princípios do VCCL. A *genericity* é a propriedade que define todos os elementos da forma mais genérica possível. A *finest granularity* possibilita a decomposição dos elementos até à sua forma mais simples. Estas duas características proporcionam maximal *flexibility* ao utilizador.

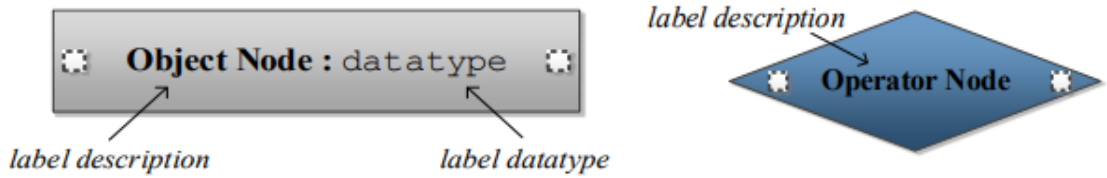


Figura 22. *Object node* e *Operator node*. Todos os elementos do nível semântico são representados como *nodes* (nós). Estes "nós" devem ser simples, específicos e inequívocos. Para a descrição de operações entre "nós" de objetos, o VCCL utiliza um "nó" operador. Os "nós" de objetos são conectados como *inputs* às portas de entrada do "nó" operador. Nas portas de saída, são lançados os *outputs* resultantes da operação.

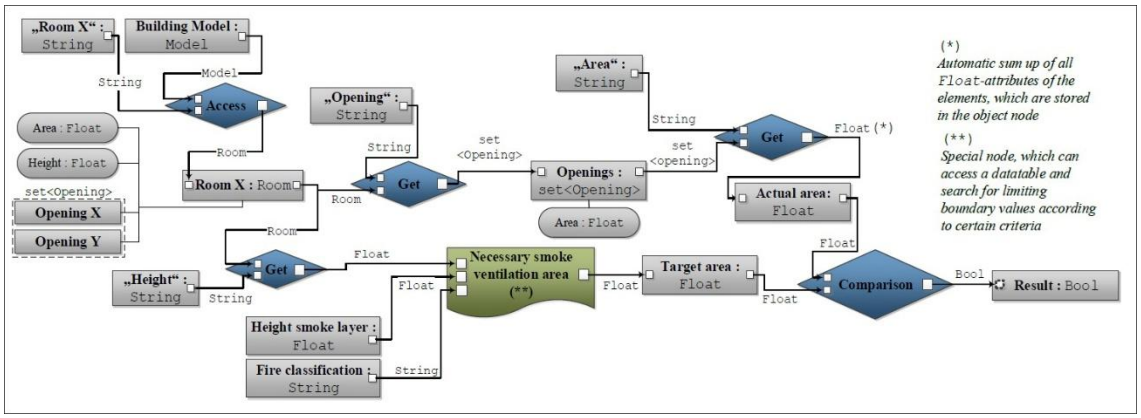


Figura 23. Exemplo de verificação de conformidade semiautomática de norma alemã contra incêndios.

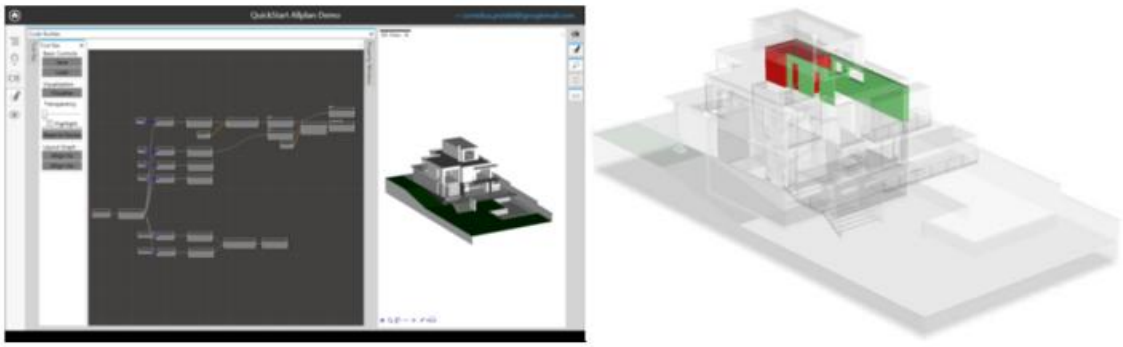


Figura 24. Área de trabalho do plugin CodeBuilder no bim+ (à esquerda) e resultado de uma verificação (à direita): identificação automática de quais elementos construtivos contêm uma abertura e pertencem a um determinado ambiente.

IA e o Processamento de Linguagem Natural. Tanto a IA como os humanos conseguem criar algoritmos. Por um lado, nós conseguimos explicar o nosso processo de construção e execução de cada algoritmo. Por outro, existem vários exercícios que são demasiado difíceis de codificar a partir de simples instruções e conjuntos de instruções. Uma solução para estes problemas é criar e treinar *bots*. Para cada exercício, é facultada à máquina todo o material que um humano necessita para o resolver. Passo a passo, os *bots* tentam resolver o problema, sendo continuamente testados. Os que obtém os resultados mais próximos do procurado são usados como referências na criação dos *bots* seguintes, até atingirmos um que seja totalmente apto para a realização da tarefa. Quanto mais aprimorado for o *bot* (ou a IA), melhor serão os resultados. O Processamento de Linguagem Natural (PLN) é um ramo da IA que permite que os computadores compreendam e comuniquem em linguagem humana. O PLN potenciou a IA generativa fazendo-a entender as nossas solicitações.[11] Ao usar a mesma linguagem natural com que comunicamos com outros seres humanos, torna-se mais fácil para qualquer pessoa criar algo ou obter respostas às perguntas colocadas. As ferramentas de PLN conseguem: automatizar tarefas repetitivas, classificar automaticamente, extrair informações fundamentais, resumir conteúdos, identificar padrões e até sentimentos e gerar conteúdo, sejam imagens ou textos em linguagens semelhantes à nossa, tudo isto num curto espaço de tempo. O PLN refina a busca ao entender a intenção por trás das pesquisas dos utilizadores, fornecendo resultados mais precisos e contextualmente relevantes. Em vez de depender apenas da correspondência de palavras-chave, os mecanismos de busca alimentados por PLN analisam o significado de palavras (sintaxe) e frases (semântica) num todo, tornando mais fácil encontrar informações mesmo quando as consultas são vagas ou complexas. Ao compreender a nossa linguagem, está mais próxima de interpretar qualidades subjetivas. Existem diversas abordagens para o PLN aprender, mas quase todas usam os algoritmos de *machine learning* e de *deep learning*.[12] Para que as máquinas consigam processar a mensagem, o texto é transformado e reconvertido (pré-processamento de texto), de modo a ficar limpo, padronizado e pronto para ser interpretado de maneira eficaz.[13] A análise de dependências examina as relações gramaticais entre as palavras para

[11] A IA generativa é a tecnologia focada em criar conteúdos novos e originais, com base em padrões aprendidos a partir de grandes volumes de dados pré-existentes.

[12] Os algoritmos de *machine learning* são procedimentos matemáticos que aprendem a reconhecer padrões em dados para fazer previsões ou decisões automáticas sem regras fixas de programação. O deep learning é um subgrupo do machine learning baseado em redes neurais artificiais com múltiplas camadas.

[13] Cada palavra é reconvertida numa representação numérica ou vetor e a máquina analisa a estrutura.

entender a estrutura frásica, enquanto a análise de sentimentos determina o tom emocional do texto, avaliando se é positivo, negativo ou neutro. A partir disto, os dados processados são usados para treinar modelos de *machine learning*, que aprendem padrões e relações dentro dos dados. Durante o treinamento, o modelo ajusta os seus parâmetros para minimizar erros e melhorar o seu desempenho. Uma vez treinado, o modelo é usado para fazer previsões ou gerar saídas em novos dados não vistos. A eficácia da modelagem do PLN é refinada continuamente por meio de avaliações e ajustes para melhorar a precisão e relevância em aplicações reais [11].

As "Normas" BIM. As Normas BIM são uma série de princípios e requisitos para a gestão da informação em projetos de construção. Estas normativas têm como objetivo padronizar e otimizar a gestão da informação ao longo do ciclo de vida dos ativos construídos, desde o projeto até à operação. Como ainda não existem normas nacionais, as melhores referências normativas existentes são as que resultam das normas internacionais ISO e as normas da Singapura. CT 197, COBIM, Singapore BIM Guide e Omniclass são algumas das principais [12].

Dificuldades e metas conquistadas. Pelas características apresentadas e entrevistas realizadas[14], são poucos os escritórios que atingem as capacidades máximas dos programas BIM. A formação para o uso destes programas ainda é escassa. Muitos profissionais ainda resistem aos fluxos de trabalho digitais devido à falta de familiaridade e às preocupações com os altos custos de software, infraestrutura e treinamento, o que dificulta a implementação para empresas locais com orçamentos limitados. Além disso, a ausência de fortes incentivos governamentais e medidas regulatórias retarda ainda mais a adoção, já que há pouca pressão externa para que as empresas modernizem as suas práticas de gestão da informação [13]. A empresa de consultoria McKinsey desenvolveu um estudo sobre a inovação na indústria da construção.[15] Neste estudo, a ineficiência da indústria e dos processos construtivos é atribuída aos elevados preços e à incapacidade de cumprimento de prazos e custos previstos [14]. Devido à diversidade dos requisitos de entrega de dados em formato digital, constantes nos regulamentos municipais, a burocracia, a falta de uniformização e normalização dificulta muitas vezes o trabalho às equipas de projeto que se têm de relacionar com os diferentes municípios [2]. A verificação da conformidade com a lei é quase na totalidade um processo manual, trabalhoso, dispendioso e propenso a erros, embora o recurso a ferramentas informáticas seja cada vez mais comum como forma de apoio [8]. Houve inúmeras tentativas nas últimas três décadas para automatizar o processo, mas o progresso tem sido lento. A fragmentação e a natureza diversa da indústria, a complexa rede de interessados, a competitividade, a quebra de produtividade e a motivação para adotar novas tecnologias certamente contribuíram para a mudança [2, 15]. A elaboração de um projeto a ser construído requer um alto nível de rigor e disciplina na concretização dos desenhos. Para que os modelos digitais sejam utilizados para a verificação automática de normas, a precisão do desenho tem de aumentar significativamente. A maioria dos entrevistados desejam um mecanismo semiautomático de licenciamento que sirva para todos os projetos.[16] Para isso, requer-se que o sistema siga os códigos de construção das entidades reguladoras de nível nacional, regional e/ou municipal e interprete diferentes programas e tipologias. Atualmente, os sistemas de verificação são capazes de interpretar apenas um número reduzido de regras, geralmente associadas a parâmetros objetivos e facilmente quantificáveis. A utilização de IA nestes processos ainda é relativamente reduzida, existindo uma forte dependência de métodos de programação tradicionais, aptidão mais comum de engenheiros e técnicos.

[14] As Entrevistas podem ser consultadas no Apêndice.
[15] *Imagine Constructions Digital Future*
[16] As Entrevistas podem ser consultadas no Apêndice.

Grande parte destes sistemas estão em fase de testes, ou não estão associados a qualquer tipo de processo de licenciamento. CORENET X é a exceção. O Solibri tem o maior número de utilizadores, pois suporta uma ampla gama de verificação de regras. Contudo, é complicado fazer uma avaliação completa ao modelo. As regras acabam por ser avaliadas uma a uma, por questões de tamanho de ficheiros, capacidade computacional e adaptação das regras paramétricas aos regulamentos a serem seguidos.[17] À exceção da Singapura, poucos escritórios usam estes sistemas de verificação em processos legais, visto a sua obrigatoriedade não existir. Estas ferramentas são usadas mais em contexto interno ao escritório, durante as primeiras fases de projeto. Os principais problemas enfrentados na implementação do método são os requisitos de estrutura do modelo e a própria modelação 3D. O layout dos espaços, a modelação com os elementos paramétricos corretos e a modelação de espaços complexos são os pontos onde os arquitetos têm mais dificuldades em cumprir. De momento, as revisões focam-se mais em fases de projeto conceptual, onde ainda não se incluem materiais, cor, encaixes e detalhes. Mesmo nos programas que avaliam modelos mais desenvolvidos e áreas mais complexas, nenhum verifica todas as especialidades do projeto. A maioria dos modelos de edifícios não possui o detalhamento interno ao nível tridimensional, sendo este representado apenas nas secções bidimensionais. Nos casos em que esse detalhe é modelado tridimensionalmente, é comum existirem erros de modelação. Mas quando as metas são atingidas as vantagens são expressivas. A verificação automatizada tem-se mostrado eficiente, na medida em que reduz o tempo de verificação e análise dos projetos e ainda contribui no aumento da precisão dos resultados [16].

[17] A plataforma acaba por ser mais utilizada para deteção de conflitos, validação de programas espaciais e verificação de estrutura e integridade de modelos.

Capítulo 2

O que muda no exercício da arquitetura?

O licenciamento automático desdobra-se em dois momentos, a verificação automática do projeto e o processo de licenciamento. Neste capítulo focamo-nos na verificação do projeto, o ponto mais sensível ao arquiteto. Lança-se a crítica ao sistema pelo que é e se pode tornar. O que tem de mudar (em Portugal) para implementar este método de verificação? Este sistema põe em causa o exercício da arquitetura? Como podemos salvaguardar o serviço do arquiteto?

2.1 A lei escrita em código

Quem codifica a lei e em que moldes? O que tem de mudar na lei? Em princípio, os órgãos administrativos nacionais e regionais/municipais estarão responsáveis por esta tarefa. Técnicos especializados em programação e BIM criarão os algoritmos para a verificação automática de acordo com as leis nacionais e possivelmente municipais. Este processo deve ser alvo de debate e controlo por parte de arquitetos e engenheiros externos aos serviços administrativos. Para isso propõe-se a criação de Comissões de Controlo Contínuo. Para que o campo da interpretação da lei não seja restringido a critérios quantitativos simples, espera-se que os arquitetos apresentem todas as suas dúvidas e questões sobre como a ferramenta irá avaliar cada regra. Equipas contratadas deverão avaliar e testar o sistema de verificação em vários cenários, procurando perceber como o sistema funciona, o quão restritivo é e se existem meios de contorno ao próprio. A inação dos arquitetos nos primeiros momentos do processo de implementação do sistema irá atrasar a identificação e correção de problemas, comprometendo o licenciamento de projetos. Outro desafio é identificar resultados falsos. Falsos positivos não são necessariamente revistos e, portanto, permitem que violações de regras sejam ignoradas. Falsos negativos podem-se multiplicar, quando comprometem outras regras, e criar ruído nos resultados finais, podendo até chumbar o projeto.

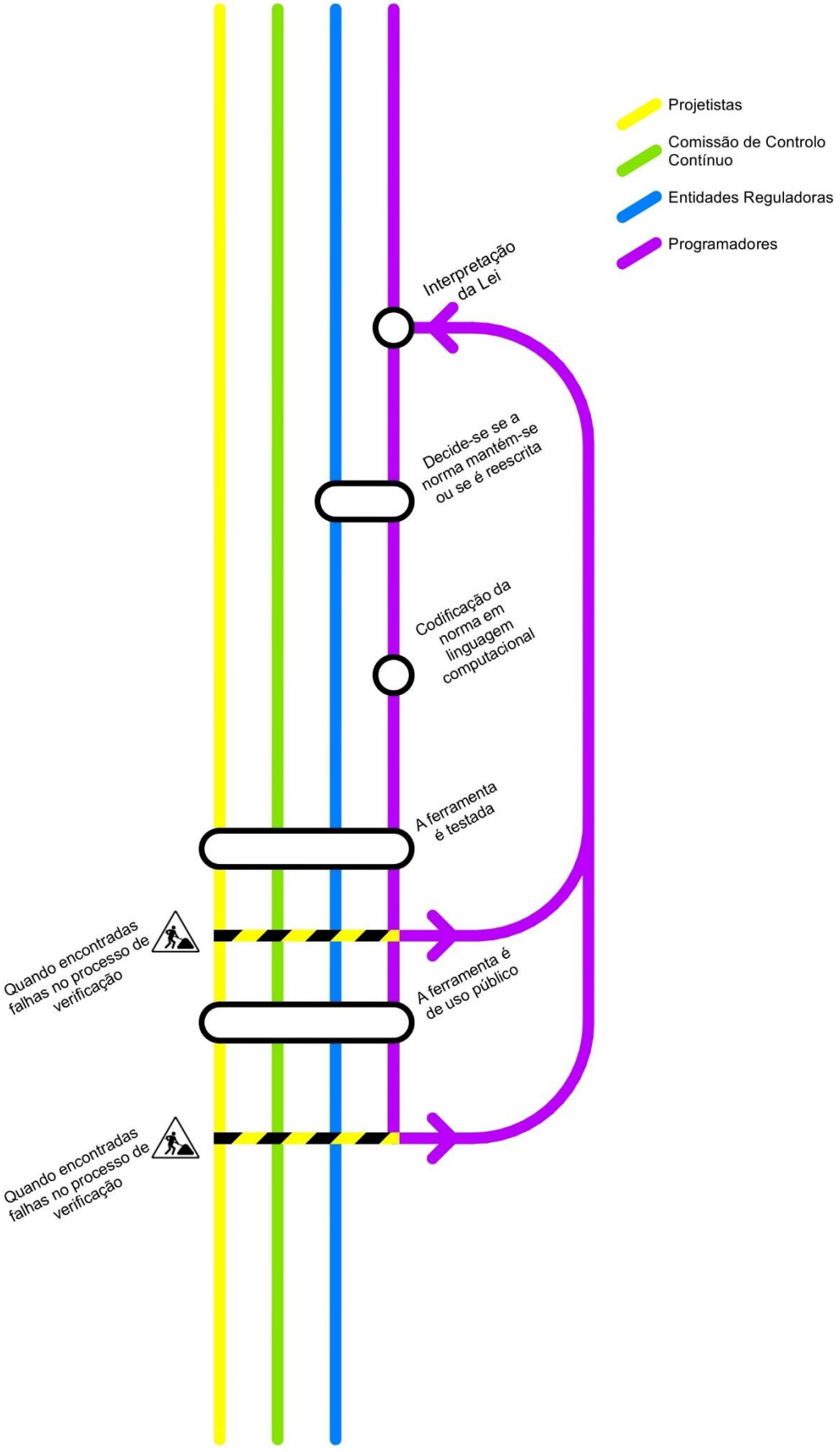


Figura 25. Esquema da construção da ferramenta de verificação.

O primeiro passo para criarmos um sistema de verificação automática é traduzir as regras para uma linguagem interpretável por máquina. A linguagem humana é complexa, abstrata, subjetiva, abrangente e interpretável de diversas formas. O desafio é padronizar e capacitar o computador a compreender essas regras. Diversas investigações demonstraram que esta etapa é uma grande fonte de erros devido a inconsistências, informações contraditórias, falsas ou inexistentes no modelo do edifício. Portanto, a avaliação direta no modelo final não é recomendada, mas sim a preparação das informações necessárias em layers ou em fases de projeto, por exemplo [6].[18] Hoje, a verificação humana é indispensável. Portanto, é essencial perceber se este mecanismo será totalmente automático, parcialmente automático ou apenas uma ferramenta de apoio para facilitar o processo de desenho ao nível de conformidade com a lei. Atualmente, poucas regras são verificadas, fruto do trabalho realizado nos últimos anos, principalmente por engenheiros. Essas regras são simples e de domínio geométrico, ou seja, facilmente calculado pelos programas de desenho e verificação. Sousa Santos classifica na sua dissertação de mestrado quais artigos e cláusulas do PDM de Vila Nova de Gaia eram codificáveis ou não [17]. Até à data, regras que abordam domínios abrangentes e questões abstratas não são inseridas nos processos de codificação da lei. Até que ponto se justifica automatizar? A legislação deve ser mais precisa e menos contraditória, contudo, deseja-se que o sistema não imponha um desenho rígido em contexto criativo. A codificação rígida gera, por um lado, ferramentas muito caras para escrever e depurar, além de serem inflexíveis a alterações, e por outro, uma quebra na liberdade de desenho.[19] Existem imensas leis, desde as nacionais às municipais, portanto o processo de digitalização será moroso. Coloca-se então em causa se todas as leis serão verificadas automaticamente ou até que nível faz sentido fazer esta transição.

[18] Recomenda-se que se sigam os LOD e que as informações estejam presentes todas no mesmo modelo.
[19] Este tema é desenvolvido no capítulo 2.2.

Exemplos de classes de regras. Eastman et al. considerou útil distinguir as regras em 4 classes [9]. Elas servirão como referência na nossa investigação. **Classe 1** – Regras que exigem um único dado explícito ou um pequeno número deles. São exemplos: os atributos obrigatórios das entidades para a verificação; a nomenclatura de acordo com o estipulado; ou verificações simples como o Artigo 50º do RGEU [18].[20][21] Normalmente, as ferramentas utilizadas neste nível são IFC, e todas as linguagens conseguem interpretar. Outro exemplo é o Artigo 34º do SCIE [19].[22][23] Para processar esta regra, são procuradas as entidades (parede e seus componentes, portas e janelas) e suas relações. A propriedade de resistência ao fogo é obtida por essas mesmas relações.

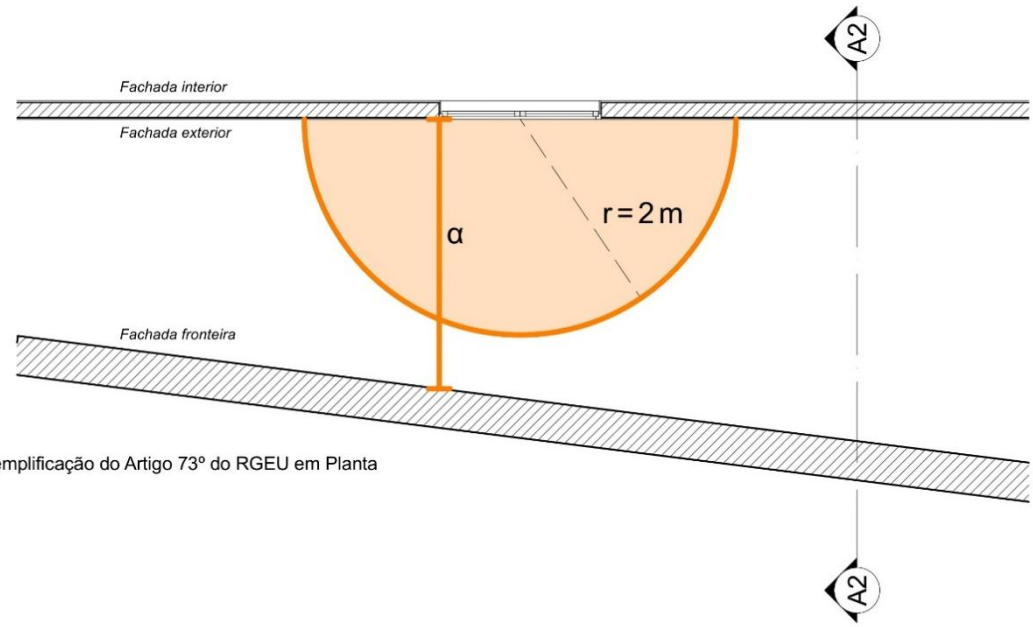
Classe 2 - Regras que exigem valores de atributos derivados simples. Neste nível, a verificação de regras exige relações que não estão explícitas no modelo BIM. Por isso, o sistema tem de as deduzir a partir dos dados e das relações já existentes. Este processo pode envolver cálculos geométricos, como determinar a distância entre dois pontos ou verificar se um ponto se encontra dentro de um polígono. Atualmente, muitas ferramentas compatíveis com o IFC conseguem gerar geometrias simples para realizar estes cálculos, sem recorrer a um modelador 3D mais avançado. O Artigo 73º do RGEU[24] é uma lei com várias sub-regras que precisam ser testadas independentemente: uma regra para verificar se a distância do plano da janela ao limite fronteiro é inferior a metade da altura desse limite a contar do piso dessa janela, se a distância do plano da janela ao limite fronteiro é no mínimo de 3 metros e se existe algum obstáculo à iluminação a menos de 2 metros. O computador terá que: identificar cada janela; identificar os limites fronteiros circundantes mais próximos; calcular a distância mais curta entre o plano da janela e o plano limite; verificar se essa distância é maior que 3 metros; calcular a altura do limite fronteiro a partir do nível do piso da janela até ao seu topo; verificar se a menor distância entre o plano da janela e o plano limite não é inferior a metade da altura calculada; verificar se existe algum obstáculo exterior num raio de 2 metros do eixo vertical da janela.

[20] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[21] O Regulamento Geral das Edificações Urbanas é o diploma legal que define as regras técnicas de construção, salubridade, segurança e dimensionamento de edifícios em Portugal. Entretanto passa pelo processo de revogação (2026), para dar lugar ao futuro Código da Construção. Durante a produção desta dissertação, o Código da Construção está a ser desenvolvido pelo Governo em articulação com entidades como o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e o IMPIC, com o objetivo de simplificar, atualizar e substituir as regras técnicas e de licenciamento dispersas.
[22] O Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios é o conjunto de regras técnicas e operacionais para prevenir fogos, proteger pessoas e bens, e facilitar a evacuação e o socorro.
[23] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[24] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.

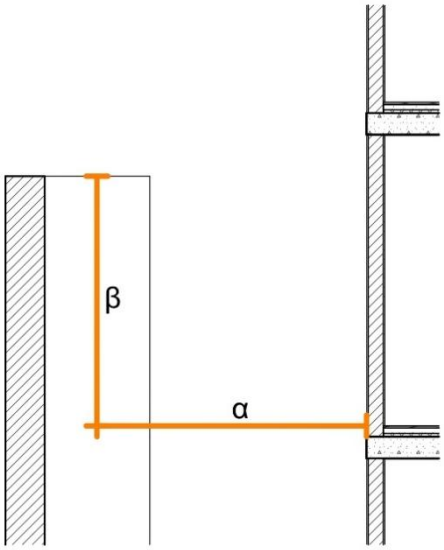
Classe 3 – Regras que exigem estrutura de dados estendidas. Esta classe de regras requer uma estrutura de dados mais avançada, capaz de representar relações semânticas de nível superior entre os elementos do modelo. O uso típico desta classe de regras é na verificação de códigos de construção que envolvem requisitos complexos. A verificação desta classe exige frequentemente um software capaz de realizar operações geométricas, topológicas e espaciais avançadas, podendo recorrer a bibliotecas de modelação sólida para efetuar cálculos complexos e analisar as relações espaciais entre os elementos do modelo. Em alguns casos, também é necessário utilizar grafos topológicos e algoritmos, como o do caminho mais curto.[25] O Artigo 64º do SCIE[26] diz respeito às características das vias verticais para segurança contra incêndios. Esta lei exige a introdução de novos conceitos como: Poço vertical, correspondente à caixa de escadas para percurso de fuga contínuo, também usado na verificação de outros requisitos de segurança contra incêndios, como a resistência ao fogo e a pressurização do poço; Descarga, correspondente às saídas com acesso direto ao nível do solo e ao exterior do edifício; e Separação da zona de descarga entre os pisos superiores e a cave, quando esta é modelada como um único espaço dividido por elementos, como guardas ou barreiras.

Classe 4 – Regras que exigem uma "prova de solução". Esta classe de regras é um conjunto de normas que não exigem estritamente conformidade ou não conformidade, mas sim a apresentação de causas para os quais a solução cumpra os requisitos estabelecidos. As regras geralmente concentram-se mais em como o modelo de construção comprova a conformidade do que simplesmente atende a critérios prescritos. O Artigo 24º do RGEU[27] não exige características objetivas das paredes. Para cada caso, a resposta varia, dependendo do programa, lugar, envolvente, conhecimento e criatividade do arquiteto. A aplicação desta classe está mais interessada na solução, que pode ter várias respostas aceitáveis. Enquanto humanos, conseguimos interpretar caso a caso. Já um computador precisa de diretrizes para distinguir o modelo de qualquer número de configurações possíveis. Para a máquina conseguir avaliar estas regras uma base de dados é continuamente munida com exemplos (conhecimento), tal como o *machine learning*.

[25] O sistema FORNAX, que servia de base ao CORENET ePlanCheck, representa um dos exemplos mais completos desta abordagem.
[26] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[27] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.



Exemplificação do Artigo 73º do RGEU em Planta



Exemplificação do Artigo 73º do RGEU em Corte (Secção A2)

$$\beta/2 <= \alpha$$

$$\alpha > 3m$$

Figura 26. Exemplificação de verificação do Artigo 73º do RGEU. A laranja estão representadas as medidas e áreas a serem respeitadas. Modelo desenhado no Archicad 29.

Deve-se codificar todas as regras? Deverá a ferramenta ser construída para interpretar e verificar regras de todas as classes, mesmo aquelas que são mais abstratas? As regras de Classe 1 e 2 são facilmente codificadas. Já as de Classe 3 e 4 exigem um maior trabalho na codificação. Aquelas que são de teor geométrico são sempre possíveis. Já as de caráter qualitativo poderão ter o apoio de um assistente IA, mas conta-se com a participação humana. O Artigo 15º e 16º do RGEU[28] são um bom exemplo de regras que continuam a ser avaliadas manualmente. As melhores normas na arte de construir e os seus modos de aplicação são conceitos que, por dependerem da experiência e do conhecimento humano, exigem a análise de diferentes soluções construtivas e a compreensão dos contextos em que cada uma se revela mais adequada. No panorama nacional, Gualberto et al. classificam as regras do RGEU em 4 níveis: as que não podem ser analisadas pelo modelo; as que são verificáveis de maneira automatizada; as que são parcialmente verificáveis de maneira automatizada; e as que não são verificáveis de maneira automatizada [20].[29] O Artigo 4º do Decreto-Lei n.º 10/2024[30] prevê as dependências da realização de operações urbanísticas e não pode ser verificada pelo modelo, pois é de natureza administrativa. O Artigo 28º do RGEU[31] é passível a ser verificado automaticamente, pois a regra é objetiva, escrita de maneira clara e de fácil tradução para o software de verificação. Não é possível verificar na íntegra o Artigo 30º do RGEU[32], contudo, através de uma revisão e reformulação do texto que constitui a base normativa, esta e outras regras poderão ser adaptadas de modo a permitir a sua verificação de forma totalmente automatizada. O Artigo 128º do RGEU[33] é dado como exemplo de uma regra que não é possível ser automatizada. As principais dificuldades prendem-se com a avaliação da solidez da construção e com a necessidade de acompanhar continuamente o seu comportamento ao longo do tempo. Embora os atuais algoritmos de *machine learning* possam contribuir para prever o desempenho e a solidez de um projeto a longo prazo, a verificação realizada sobre o modelo digital não permite avaliar todas as consequências da construção real. Assim, a observação e avaliação humana continuam a ser indispensáveis. Da análise efetuada, concluiu-se que, das 254 regras que compõem o RGEU, apenas 55% das regras foram classificadas como verificáveis de forma automatizada, total ou parcialmente [20].

[28] A descrição completa dos artigos pode ser consultada nos Anexos.
[29] Alguns exemplos poderão ser diferentes, visto que da data da publicação do artigo até à presente data, alguns artigos foram revogados e novos decretos foram lançados.
[30] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[31] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[32] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[33] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.

Importa salientar que a maioria das regras de verificação automática mais simples equiparam-se às Classes 1, 2 e 3, enquanto as regras de maior complexidade ou cuja verificação automática é, à partida, considerada inviável, enquadram-se na Classe 4. Neste ponto, é fundamental garantir que a automatização não conduza à perda de controlo sobre a liberdade criativa do arquiteto. As questões meramente técnicas podem ser automatizadas, mas exige-se especial cautela na aplicação de critérios automáticos a regras que contenham margem para interpretação. Caso a norma seja revogada e essa margem seja eliminada, a regra poderá tornar-se objetiva. Caso contrário, a sua interpretação continua dependente do juízo e da apreciação dos arquitetos. A subjetividade, a flexibilidade e o espaço de exploração não podem ser condicionados por critérios não qualitativos, sob pena da automatização deixar de ser uma ferramenta de apoio e passar a limitar a própria capacidade criativa e de decisão do projetista.

Os melhores usos de cada linguagem. Lógica. A lógica tem sido a principal forma de codificar as regras, porém, exige um alto nível de conhecimento e perícia para as definir, escrever e fazer a sua manutenção. Acrescenta-se o longo trabalho implícito e a difícil generalização da estrutura, devido à utilização de softwares diferentes pelas plataformas BIM. Como é mais comum ser de formato proprietário, é preferível que exista capacidade de manobra e atualização dos sistemas. Funciona bem para avaliar regras de Classe 1 e 2, principalmente se a ferramenta fizer parte da plataforma BIM. Ao pertencer ao mesmo programa, garante a correta identificação de elementos e atributos específicos e faz os cálculos geométricos no próprio software de modelação. Também já existem no mercado softwares capazes de avaliar regras de Classe 3, como por exemplo percursos de fuga, o que evita o trabalho de criar um novo. Trabalhar em VCCL poderá facilitar a criação dos algoritmos de verificação para aqueles que têm pouca experiência em programação.

IA e o Processamento de Linguagem Natural. Teoricamente, a IA funciona bem para avaliar regras de todas as Classes. Na programação tradicional, as regras são criadas de forma individual que, bem construídas, avaliam corretamente os pontos em questão, estando limitadas àquilo que as programamos a fazer. Por a IA não estar delimitada aos parâmetros que nós definimos e ao nosso conhecimento de codificação, terá maior capacidade de avaliação do que os códigos escritos por nós. No caso da IA, é necessário testar cada regra, ajustando e reformulando o comando até obter o resultado pretendido. Como não compreendemos de todo como a IA funciona, é provável que algumas regras demorem bastante tempo a serem concebidas, pois poderá ser difícil perceber o porquê de a ferramenta não relatar aquilo que pretendemos. Assinala-se que é possível estilos diferentes de linguagem funcionarem em consenso na mesma plataforma. Como o PLN consegue interpretar linguagens, contexto e formas de escrita, é de momento a ferramenta mais próxima de conseguir avaliar questões subjetivas e qualitativas. Reforça-se que não se deve confiar totalmente em avaliações cuja lógica e critérios de decisão não sejam transparentes.

Avaliação Humana. A avaliação humana continuará a ser imprescindível, sobretudo nas situações que gerem dúvidas e não consigam ser totalmente traduzidas em regras objetivas, quer pela sua complexidade, quer pela perda de informação. Seremos sempre nós a identificar os erros e lacunas das próprias ferramentas de verificação. Ao contrário das ferramentas automáticas, o Homem possui capacidade de interpretação, podendo compreender o projeto no seu contexto global e considerar fatores que não foram previamente definidos no sistema. A capacidade de avaliar e compreender situações excecionais, subjetivas e qualitativas são algumas das vantagens humanas perante a máquina, que preserva o papel do regulador no processo de análise. A intervenção humana permite analisar a situação de forma crítica, debater e fundamentar uma decisão. Relembra-se que a intervenção do arquiteto funciona como um mecanismo de controlo sobre a própria automatização. A máquina apoia o processo de análise, não substitui a capacidade de julgamento do profissional. A decisão final deve considerar circunstâncias que não foram previstas durante a programação do sistema, evitando que a conformidade com os parâmetros definidos seja confundida com a qualidade ou adequação global do projeto.

2.2 Ferramenta de verificação.

Mecânica da ferramenta. A ferramenta de verificação automática deverá: ler e interpretar as regras/leis, no formato mais vantajoso para cada tipo ou classe de regra; interpretar o modelo ou desenhos, e todas as suas propriedades; validar ou reprovar o modelo/desenho e lançar os resultados em relatórios gráficos ou documentação escrita. O software de avaliação não pode modificar o modelo, apenas classificá-lo como aprovado, reprovado ou inconclusivo para casos em que os dados necessários estão incompletos ou em falta. Por muito mecanizada que seja, a verificação deve ser um processo dinâmico e semiautomático, ou seja, o sistema serve para auxiliar e educar, em termos legislativos, o arquiteto. O SMC segue um método de caixa-preta, onde o utilizador só recebe o resultado, visto que nenhuma etapa do processo é visível. Recomenda-se que a avaliação seja feita num método de caixa-branca. A transparência do processo de avaliação é uma mais valia para a sua compreensão e garantia do funcionamento correto. Para que o utilizador não se esqueça de nada, a plataforma deve assinalar todas as leis ou requisitos a que o projeto tem de responder e quais leis foram ou não cumpridas, apresentando, nos casos de incumprimento, uma justificação clara dos motivos que conduziram à reprovação. À medida que a verificação de regras abrange requisitos mais complexos, deixa de se limitar à condição de retorno verdadeiro/falso e passa a envolver a análise de várias combinações possíveis. Cada combinação pode conduzir a um resultado diferente ou inesperado, aumentando significativamente a complexidade do processo. Torna-se então essencial definir limites claros que restrinjam combinações potencialmente amplas e garantam uma verificação eficiente, não esquecendo que a ferramenta só avalia o que está previsto na lei. Todos os elementos construíveis devem fazer parte do mesmo modelo. Acrescenta-se que a visualização de elementos, estruturas e infraestruturas pode ser escondida temporariamente para facilitar a leitura do modelo. As ferramentas têm de ser alvos de constantes testes e avaliações, de forma a corrigir erros, bem como a adaptar-se a novas situações que inicialmente não conseguiam resolver.

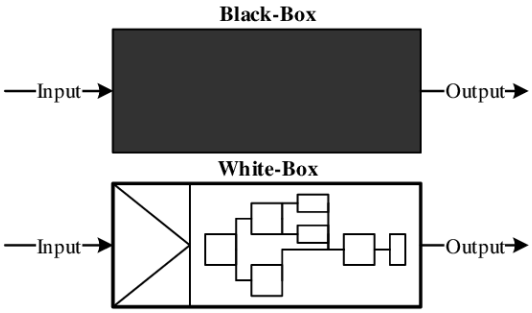


Figura 27. Esquema de um método de caixa-preta e de um método de caixa-branca.

Os maiores desafios na codificação. Abrangência na avaliação. O codificador tem de identificar todos os fatores que interferem direta ou indiretamente na avaliação do projeto. Quando o programa requer avaliar os requisitos energéticos do projeto não basta analisar isoladamente os elementos paramétricos. Também tem de considerar-se a sua disposição, a localização e dimensão dos vãos, a configuração da envolvente, a orientação do edifício, a incidência solar, a circulação das correntes de ar, etc.

Ambiguidade na lei, exceções e subjetividade. A verificação manual de regras é amplamente inconsistente devido ao julgamento humano que preenche as ambiguidades. Às vezes, surgem divergências de pensamento entre projetista e regulador, o que criam impasses. Mesmo assim, os diversos intervenientes no projeto defendem que é essa subjetividade que protege a questão arquitetónica.[34] Algumas regras não são claramente definidas. O Artigo 121º do RGEU[35] dificilmente será verificado pelo computador. Algo tão subjetivo quanto a qualidade estética não pode ser avaliada objetivamente. Se por um lado a opinião humana diverge com facilidade, é quase impossível escrever um código que compreenda o pedido. Num futuro próximo, a IA poderá auxiliar a tarefa. Ao receber constante *data* e exemplos aprovados de problemas semelhantes, estará mais apta para interpretar o que compromete ou não o valor estético. No Artigo 15º do RGEU[36] percebemos que podemos fazer análises: energéticas, hidráulicas, acústicas, climáticas, estruturais. Embora estas análises sejam verificáveis pela ferramenta, são dependentes do método construtivo escolhido, método esse que define a estética e a sua adequação no contexto. A seleção e avaliação do método construtivo é uma capacidade única ao que estuda arquitetura. Sugere-se que se adicione um questionário ao utilizador que pergunte se cada uma destas leis subjetivas são cumpridas e de que forma o são, como via de responsabilização. Mesmo assim, recomenda-se a contínua verificação humana em todas estas matérias. A ambiguidade e o espaço de exploração existem na legislação por várias razões. A existência de margens de interpretação permite adaptar as soluções às características específicas de cada situação e considerar circunstâncias que não podem ser previstas ou reduzidas a parâmetros objetivos. Por este motivo, a automatização não deve procurar eliminar toda a ambiguidade, mas distinguir o que pode ser objetivamente verificado daquilo que exige o conhecimento e a experiência do arquiteto.[37]

[34] O tema é desenvolvido nas Entrevistas, que podem ser consultadas no Apêndice.
[35] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[36] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[37] O tema é desenvolvido nas Entrevistas, que podem ser consultadas no Apêndice.

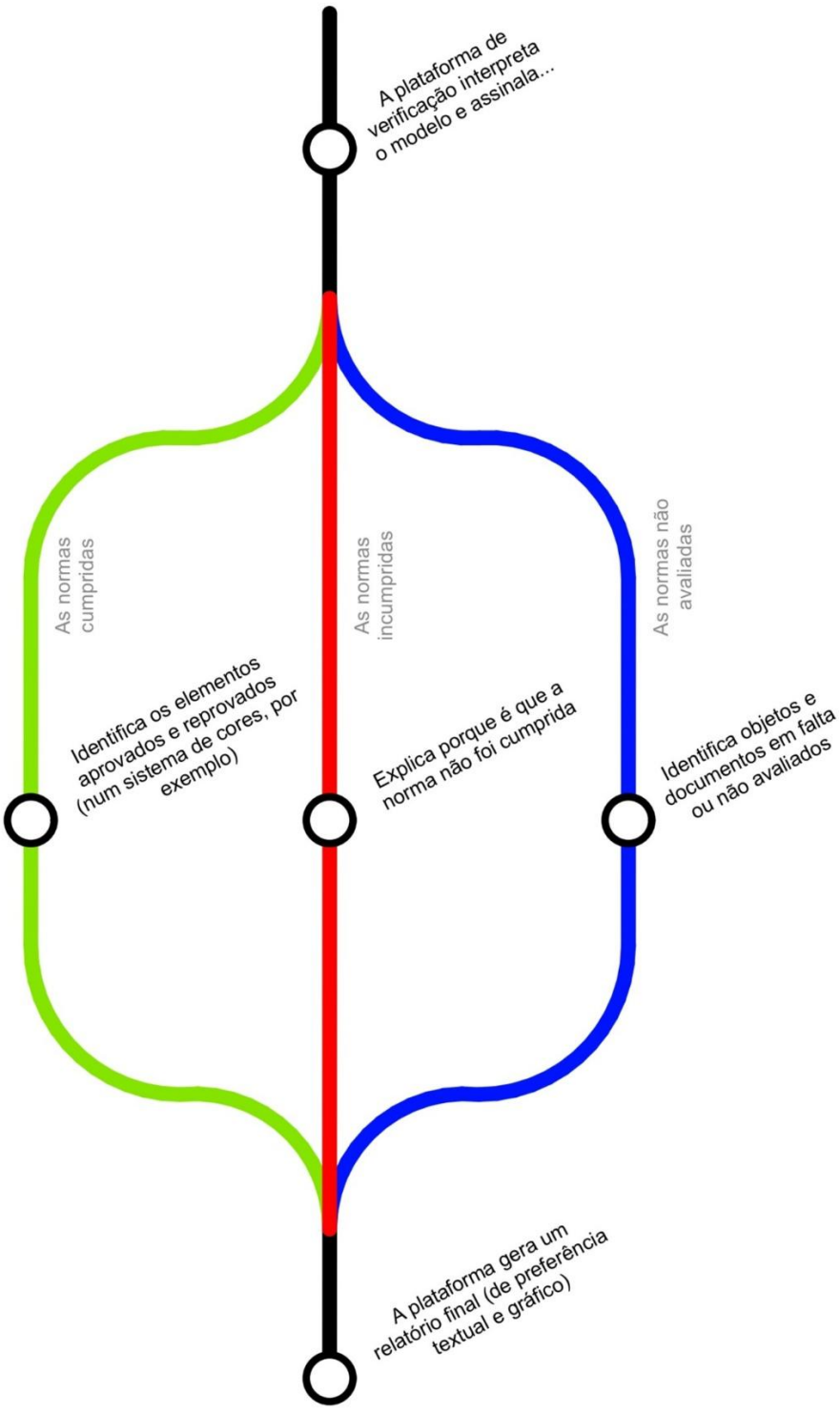


Figura 28. Esquema do funcionamento da ferramenta de verificação.

Especificações. Embora o RGEU estabeleça regras de âmbito nacional, o PDM[38] de cada município define as condições e os parâmetros específicos de construção aplicáveis a cada zona do território municipal. Pelo PDM do Porto, os logradouros estão sujeitos a regras diferentes, dependendo da sua qualificação funcional. O Artigo 28º do PDM[39] (relativo a Áreas de Frente Urbana Contínua de tipo II) exige que pelo menos 30% dos logradouros e o interior de quarteirões sejam permeáveis. Já o Artigo 33º[40] (relativo a Áreas de Blocos Isolados de Implantação Livre) não permite a impermeabilização, com exceção da área de implantação da cave e dos acessos ao edifício [21]. Para que a verificação seja correta e completa, será também necessário codificar as regras estabelecidas pelos PDM. Convém identificar o uso do solo e o sistema urbano em que o projeto se insere, aplicando as respetivas regras. A codificação dos PDM apresenta dificuldades semelhantes às encontradas na transformação dos regulamentos nacionais em regras automatizáveis, mais o trabalho acrescido.

O combate à batota. Num sistema automático, a máquina apenas avalia o projeto segundo os critérios para os quais foi programada, não sendo capaz de interpretar situações que ultrapassem as regras definidas. Esta limitação cria lacunas no sistema, que os utilizadores poderão explorar, obtendo assim vantagens. A denominação errónea dos espaços, o uso incorreto dos elementos paramétricos e a customização de medidas são alguns exemplos onde o projetista poderá contornar a verificação. Quando os arquitetos desejam desenhar grandes vãos, é requerido um devido cuidado para evitar a propagação de chamas. O Artigo 7º do SCIE[41] é uma norma que cria alguns desafios no desenho das fachadas, principalmente quando os vãos são de altura próxima ao pé direito. Como elementos salientes podem contar para a distância de 1,1m, alguns truques podem ser usados para tentar contornar o regulamento. De acordo com o Artigo 68º do RGEU[42], tipologias de habitação maiores requerem instalações sanitárias maiores. A denominação imprecisa dos quartos de modo a não contarem para a tipologia é outro truque possível. Uma estratégia para evitar a batota é obrigar a preencher os espaços com o mobiliário típico de cada divisão (camas, sofás, mesas de jantar, lavatório, ...). Em vários programas BIM como o Archicad é possível alterar manualmente o valor das cotagens. A olho nu é

[38] O Plano Diretor Municipal (PDM) é o principal documento de gestão territorial de cada município. Ele define a estratégia de desenvolvimento local, as regras de ocupação do solo, o que se pode construir e onde, servindo de base para a arquitetura e o licenciamento urbano.
[39] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[40] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[41] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.
[42] A descrição completa do artigo pode ser consultada nos Anexos.

enganador e caso a ferramenta não faça a sua própria medição, o valor passa como aceite. Recomenda-se que os programas BIM não permitam alterar voluntariamente os valores e que a ferramenta verifique por si as cotas. Podem distinguir-se dois tipos de estratégias para contornar o sistema de verificação: por um lado, aquelas em que se exploram as limitações do sistema, mas o projeto final permanece de acordo com o modelo ilegal; e por outro, aquelas em que são introduzidas no sistema informações que aparentam cumprir as regras, enquanto o projeto é, na realidade, desenvolvido de forma diferente. A adaptação das características do modelo apenas para concordância com a lei corresponde a uma ou mais violações que serão penalizadas de acordo com previstos legais. Nestes casos, o combate é feito pela fiscalização[43]. A ferramenta não deve analisar cada parâmetro de forma isolada, mas interpretar os diferentes elementos em função das regras e do projeto como um todo. É preferível que a ferramenta compreenda o projeto e verifique a sua conformidade com a legislação, em vez de procurar interpretar a legislação de forma a determinar se o projeto consegue enquadrar-se nos parâmetros definidos. A conceção da ferramenta deverá considerar as possíveis formas de contornar o sistema e estabelecer mecanismos capazes de as detetar.

[43] Tema abordado no capítulo 3.1.



Figura 29. Edifício na Rua da Igreja de Paranhos, Porto. Cada vão é delimitado por elementos de construção para que a profundidade da varanda somada ao espaço entre vãos seja de pelo menos 1,1m.

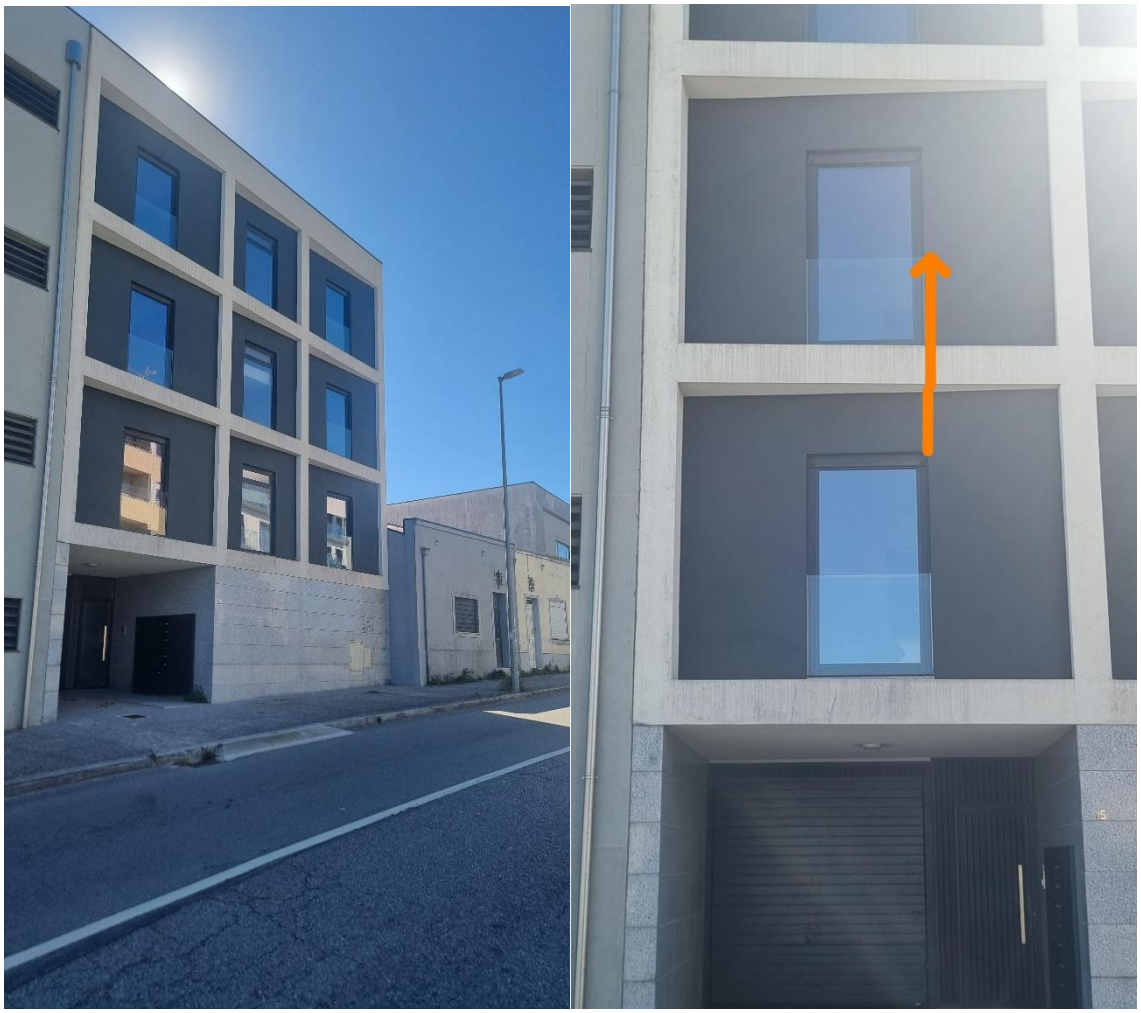


Figura 30. Edifício na Rua Coronel Almeida Valente, Porto. Neste exemplo é utilizado um vidro corta-fogo com a classe de resistência necessária. Por isso, a sua altura é contabilizada no cálculo. A aplicação de vãos fixos com as classes de resistência necessárias é uma solução aceite. Contudo, sem fiscalização, não é possível garantir que a solução prevista no modelo seja efetivamente executada em obra, nomeadamente que os vãos permaneçam fixos ou que cumpram os requisitos de segurança. O mesmo acontece quando se projeta a varanda ou pala e ela não cumpre os requisitos de segurança ou nem sequer é construída.



Figura 31. Exemplo de Fogo-modelo. Pela atribuição de divisões dada no software BIM (Archicad), o fogo aparenta ter apenas dois quartos, correspondendo a uma tipologia T2.

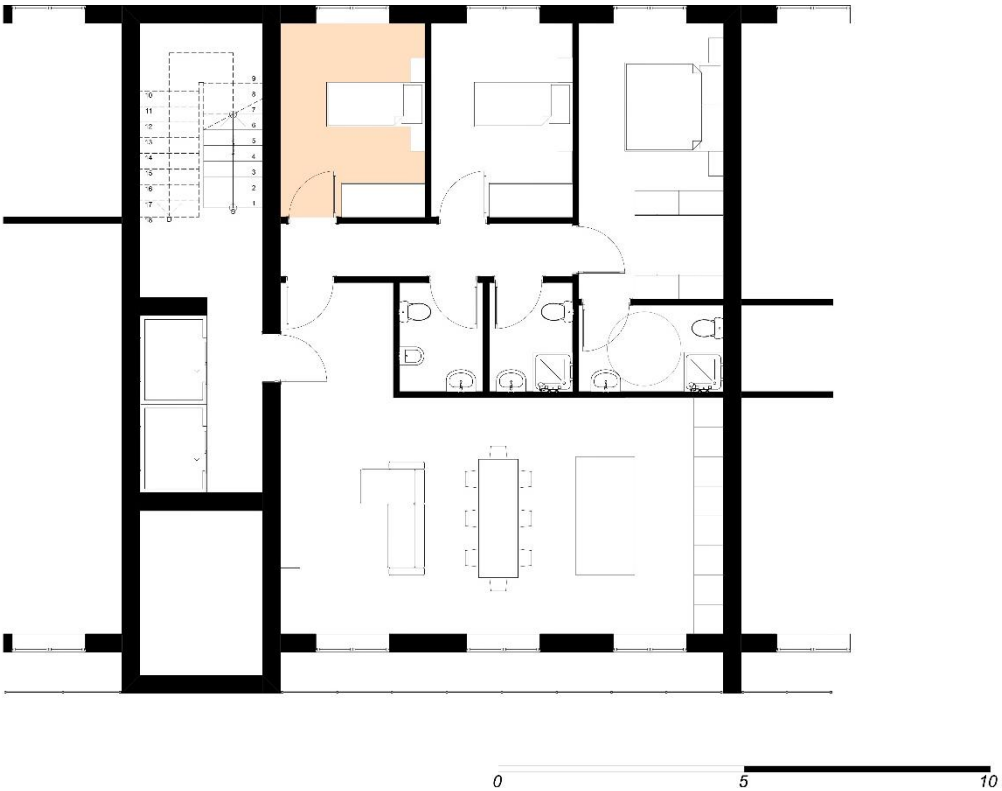


Figura 32. Exemplo de Fogo-modelo. Porém, ao adicionar mobília, a divisão denominada "cozinha" corresponde afinal a um quarto, alterando a tipologia para T3. Este truque permitia as casas de banho serem mais pequenas, que, na realidade, não cumprem o Artigo 68º do RGEU.

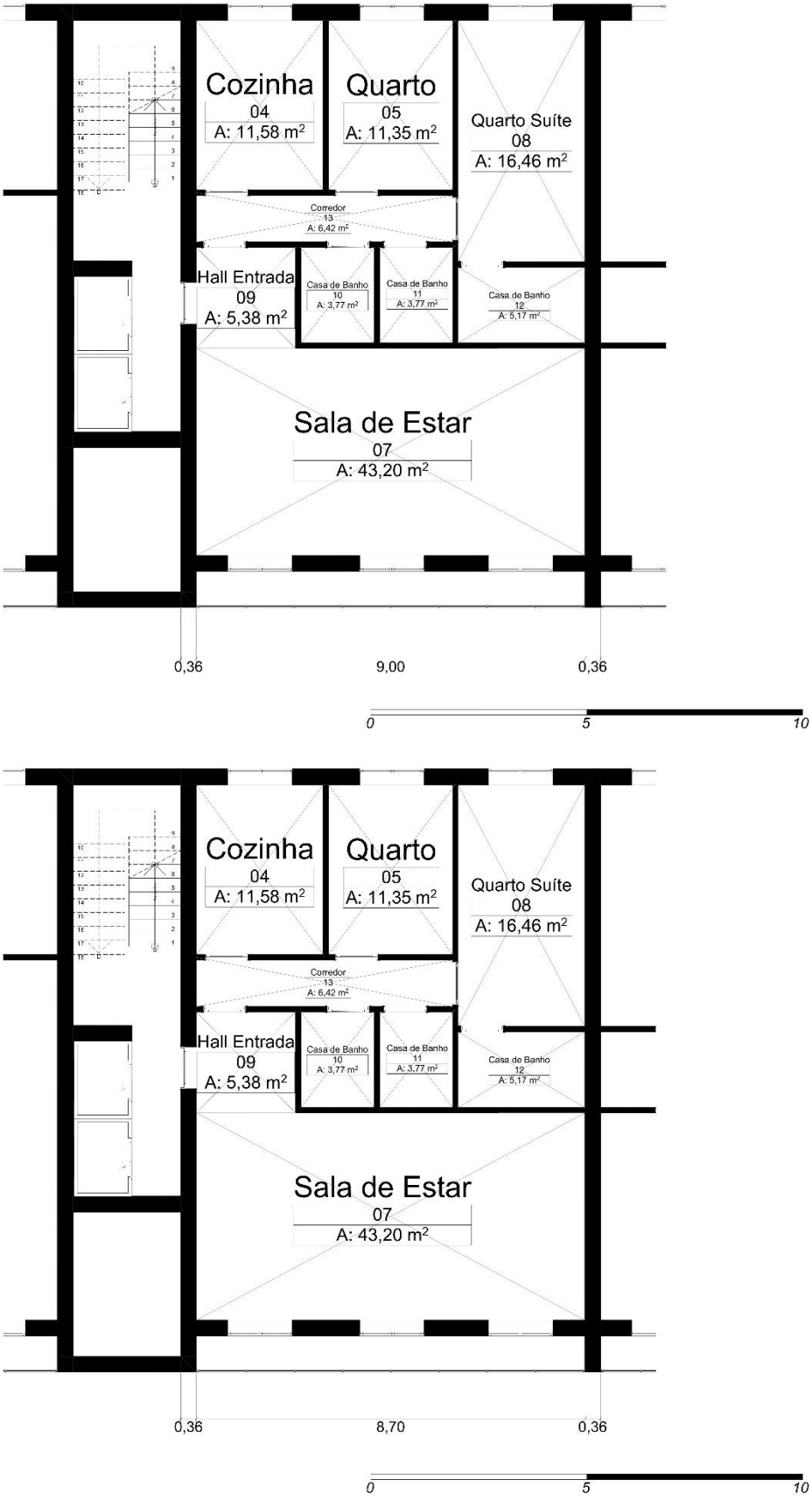


Figura 33. Exemplo de Fogo-modelo. O comprimento interno da Sala de Estar é de 9 metros. Porém, como o Archicad permite alterar o valor, aparentemente o comprimento é de 8,7 metros. A escala e a área marcada confirmam o valor de 9 metros.

Classificações e Glossário. A produção e construção de uma obra geram uma enorme quantidade de dados que precisam ser armazenados, recuperados, comunicados e utilizados por todas as partes envolvidas. Um maior grau de harmonização e detalhamento é obrigatório. Com o crescente comércio internacional e diversificação dos serviços entre locais distantes, os princípios nacionais e internacionais tornam-se aceites para a organização da informação [22]. Existem alguns sistemas padrão de organização que podem ser adotados. Desde listas mestre para organizar resultados, pedidos, produtos e atividades de construções (MasterFormat) ou bibliotecas de materiais, estruturas e informação (Uniclass). O UniFormat organiza informação da construção a partir de peças físicas e é usada principalmente para estimativas de custo e o OmniClass atribui classificações e propriedades aos modelos BIM e até fornece uma estrutura de classificação para bancos de *data*. O OmniClass é um padrão aberto e extensível disponível para toda a indústria AEC e está preparado para troca de informações entre os participantes no desenvolvimento do sistema [22].[44] A CORENET X disponibiliza um glossário que orienta o projetista na classificação dos diferentes objetos BIM e infraestruturas. Cada agência define os dados necessários de acordo com as suas necessidades, sendo estes requisitos especificados para cada fase do projeto. O sistema estabelece como a informação deve ser apresentada e quais práticas não são permitidas na escrita ou modelação. Parte dos dados é gerada automaticamente durante a modelação, como por exemplo, para cada viga é definida por comprimento, largura, altura e espessura, parâmetros determinados durante o desenho do projeto. Posteriormente, é necessário informar o modelo sobre o método de fabricação, o grau do material, pontos de reforço e descrever o formato das vigas complexas ou irregulares [23]. Ao usar os templates e bibliotecas de elementos e objetos IFC+SG numa plataforma em cooperação com a CORENET X, como o Archicad, a maioria desses elementos e objetos já estarão automaticamente classificados, de acordo com a modelação [24]. Propõe-se a elaboração de um glossário com as denominações a serem atribuídas para cada elemento. Propõe-se também organizar a informação do projeto de forma hierárquica, permitindo passar de uma visão geral para uma mais detalhada. Cada elemento terá uma nomenclatura própria, independente e de consenso geral, para uma interpretação direta e clara. Elementos ambíguos, devido a características ou projetos específicos, deverão ter denominações especiais, em princípio de carácter geral que serão avaliados num contexto à parte. A

[44] O *Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit® Managing the "I" in BIM* exibe tabelas de classificação dos diferentes sistemas referidos.

nomenclatura, de preferência, será atribuída de forma automática, caso exista informação suficiente para tal. No cenário da atribuição ser manual, recomenda-se que o projetista selecione a nomenclatura ao invés de escrevê-la. Ao ter de selecionar, fica restrito às opções existentes, e caso nenhuma se adeque, seleciona uma opção "personalizada" para aí sim descrevê-la com maior precisão. Assim dissipam-se as dúvidas entre que terminologia será a correta. Exemplo: Um elemento de "Parede" poderia ser descrito em milhares de formas, como "parede", "pa", "ParInt", "parext", "par1", etc. O programa também tem de notificar quando as denominações não são aceites.

Compatibilidade entre plataformas. É mais fácil trabalhar em plataformas compatíveis entre si. Porém, não existe justificação para obrigar todas as equipas de projeto a utilizar o mesmo software de trabalho, quando existe a possibilidade de exportar o modelo num formato aberto, neste caso em IFC, formato esse que permite ser lido e manipulado de forma livre pela generalidade das ferramentas BIM atuais [14].

A verificação será realizada numa plataforma específica, no software BIM ou em ambas? Ambas as abordagens são possíveis. A primeira opção é mais vantajosa para os avaliadores, não necessitando assim de dominar todas as plataformas disponíveis no mercado, bastando apenas a plataforma de avaliação. A segunda opção é mais vantajosa para os projetistas, pois conseguem obter instantaneamente correções e relatórios dentro do mesmo ambiente de trabalho, evitando exportações e perdas de informação. Enquanto a primeira opção é dedicada a avaliações pós projeto, a segunda opção facilita a verificação e correção durante o processo de trabalho. Na verdade, o melhor cenário seria a existência de ambas as opções. Não só se obtinha a confirmação por duas vias, como cada lado confirmava na sua plataforma de preferência. A verificação por duas plataformas diferentes ajuda a identificar erros na codificação quando os resultados são diferentes e ajuda a perceber qual linguagem funciona melhor na interpretação de cada regra.

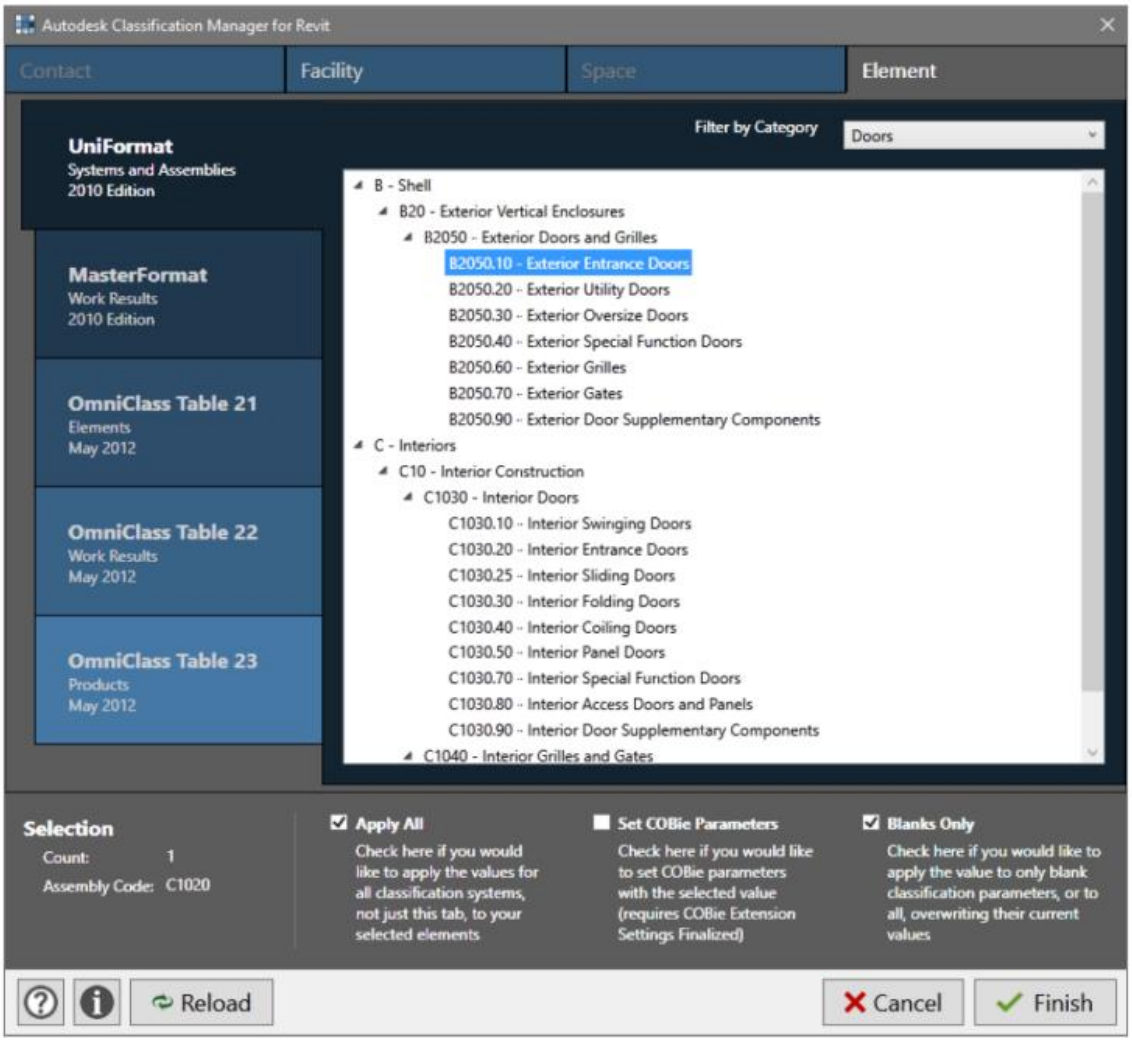


Figura 34. O Autodesk Classification Manager for Revit é um suplemento que permite organizar e gerir dados de classificação em vários modelos Revit, independentemente do sistema de classificação utilizado [22].

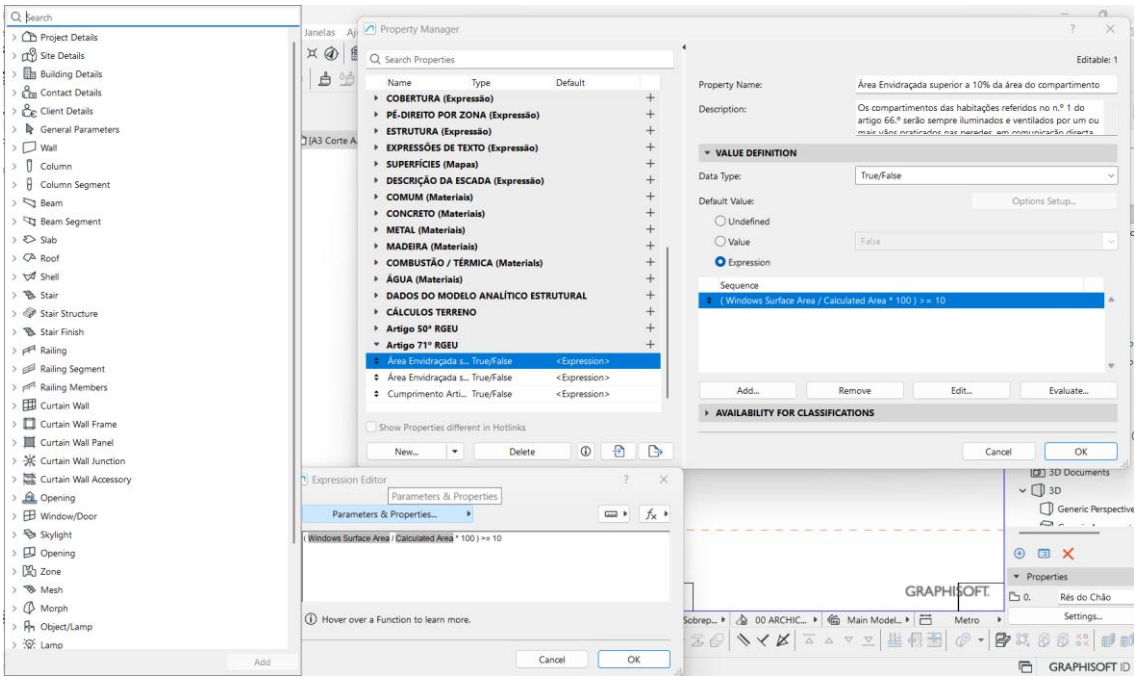


Figura 35. Painel de criação de regras de verificação do Archicad.

2.3 O que muda no processo de projeto?

O ensino da digitalização. É importante os alunos perceberem como o desenho manual ajuda-os no processo de projeto, mas também começarem a utilizar as ferramentas digitais ainda em contexto académico. Não nos referimos só aos programas CAD ou 3D, mas mais importante aos programas de metodologia BIM. Enquanto o desenho a lápis, o CAD e até os programas 3D são apresentados e praticados em contexto de sala de aula, Poças Martins defende que o BIM pode entrar no método de trabalho e de entrega dos trabalhos académicos.[45] Substituir um ambiente CAD 2D ou 3D por um sistema BIM envolve muito mais do que adquirir software e treinamento. O uso eficaz do BIM exige mudanças em quase todos os aspetos de uma empresa. Deixamos a seguir algumas recomendações do *BIM Handbook*. Aconselha-se a: fazer um plano de adoção do BIM que abranja todos os aspetos da empresa e como as mudanças propostas irão impactar; criar uma equipa interna de coordenadores para implementação do plano, com estimativas de custos a curto e longo prazo, tempo de aprendizagem e de consolidação; começar a usar o sistema BIM em projetos menores (talvez já concluídos) em paralelo com a tecnologia existente e produzir documentos tradicionais a partir do modelo do edifício. Isso ajudará a revelar onde existem deficiências nos objetos do edifício, nas conexões, na análise e informação extraída, etc; usar os resultados iniciais para educar e orientar a adoção contínua do software e o treinamento adicional da equipa; ampliar o uso do BIM para novos projetos (gradualmente maiores) e começar a trabalhar com membros externos das equipas de projeto em novas abordagens colaborativas que permitam a integração precoce e o compartilhamento de conhecimento usando o modelo do edifício; replanear periodicamente o processo de implementação do BIM para refletir os benefícios e problemas observados até o momento e definir novas metas de desempenho, tempo e custo [1].

O que é que muda na prática da arquitetura? Os modelos para serem verificados precisam de classificações e propriedades específicas, de acordo com cada elemento paramétrico. Os arquitetos e outros profissionais que definem os modelos de construção que serão usados para verificação de regras deverão prepará-los de forma a que esses modelos forneçam as informações necessárias nos formatos acordados [5]. A verificação automática exige a troca de ficheiros e documentos entre equipas. De modo a não perder o controlo da informação trocada, deve-se estipular nomenclaturas para todo o tipo de

[45] A Entrevista ao Eng. Poças Martins pode ser consultada no Apêndice.

documentação, desde o nome do ficheiro até às páginas e conteúdos internos do mesmo. Identificação de conteúdos, autores, datas, fases e versões são alguns dados essenciais. O BIM e a verificação automática podem potenciar o projeto conceitual, a partir de rápidos feedbacks. Decisões fulcrais podem ser tomadas bastante cedo, conduzindo-nos a um caminho mais adequado, mas tendo em atenção que se introduzida demasiado cedo, poderão condicionar a exploração projetual. Prevê-se o maior uso das ferramentas de verificação em momentos intermediários, de modo a perceber atempadamente eventuais irregularidades antes de o projeto avançar. Alerta-se que a consulta excessiva das verificações condicionará o processo de projeto, ao criar padrões de decisão, limitando a exploração de soluções. Mesmo nas fases iniciais, onde vários arquitetos usam ferramentas unicamente CAD ou 3D para desenvolvimento de esboços rápidos, as plataformas BIM podem surgir como alternativa. Não só todo o processo é desenvolvido no mesmo modelo de dados, como evita-se a perda de informação entre exportações de modelos de uma plataforma para outra. Para apoiar a fase conceitual, a modelação do terreno e das edificações próximas é importante e até certo ponto necessária. Com a envolvente, conseguimos analisar o comportamento do vento, a eficiência energética do próprio edifício, etc. Com a maquete do terreno, a análise das áreas permeáveis e impermeáveis, altimetrias e escavações é mais precisa. Espera-se então que o arquiteto desenvolva um modelo com a envolvente suficiente para uma verificação mais profunda. Este trabalho poderá ser feito totalmente pelos arquitetos, caso a caso, ou então haverá a hipótese de importar para qualquer plataforma BIM uma maquete da parcela onde o arquiteto esteja a trabalhar.[46]

LOD. Denominado de Level of Development, é uma referência que permite aos profissionais da indústria de AEC especificar e articular, com alto nível de clareza, o conteúdo e a confiabilidade de modelos BIM em diversas etapas do processo de projeto. Diferentes objetos e recursos têm diferentes LODs durante as fases de um projeto. Quanto maior o LOD, informações mais detalhadas são esperadas dentro do modelo. O LOD é dividido em seis níveis atualmente. LOD 100 para projetos conceituais: Nesta etapa, o modelo representa a forma e o tamanho básicos dos elementos, sem informações detalhadas. É utilizado para transmitir a intenção geral do projeto. LOD 200 para projetos esquemáticos: O modelo incorpora quantidades, tamanhos, formas e localizações aproximados dos elementos. Auxilia na análise de relações espaciais e de conceitos iniciais de projeto. LOD 300 para projetos detalhados: Nesta fase, o modelo inclui

[46] Tema abordado no capítulo 3.4.

informações geométricas, tamanhos e formas específicos, bem como componentes detalhados dos objetos. É utilizado para a produção de documentos de construção e para a coordenação entre diferentes disciplinas. LOD 350 para documentação de construção: O modelo inclui montagens detalhadas e informações em nível de fabricação ou construção. É utilizado para gerar documentos de construção e desenhos de detalhamento para fabricação. LOD 400 para fabricação e montagem: Este nível envolve a criação de modelos detalhados com montagens e conexões específicas, adequados para fins de fabricação e montagem. LOD 500 para *as-built* ou gestão de instalações: Por fim, o modelo inclui informações sobre os elementos instalados e operacionais da edificação, refletindo as condições reais para manutenção e gestão de instalações [9, 12, 25]. Para já, a verificação de regras funciona melhor em níveis de LOD mais baixos, mas o objetivo é conseguir avaliar os modelos mais desenvolvidos. Este método de trabalho não só tabela as capacidades das ferramentas de verificação, como os procedimentos projetuais.

O que é que o arquiteto tem que desenhar? As pré-existências, demolições e limitações. Em muitos locais encontramos ruínas, fachadas, estruturas e outras condições legalmente protegidas. Ao modelar, convém identificar estes elementos como pré-existências intocáveis e a ferramenta tem de compreender que estes elementos não estão sujeitos às mesmas condições que a nova construção. Na entrega do modelo final será obrigatório gerar um desenho só com o lote de intervenção, envolvente e pré-existências salvaguardadas, de modo a controlar se algum elemento foi esquecido ou se foi incorretamente incluído. O modelo final também terá de incluir elementos representativos das peças a serem demolidas e gerar um desenho exclusivo dessas peças. Apesar de não serem construção nova, convém que todas as pré-existências (incluindo demolições) tenham o máximo de detalhe, por questões de controlo.

Nível de detalhe. Como referido no capítulo 1.3, os modelos carecem normalmente do nível de detalhe necessário para o licenciamento pelo código de construção. É proposto para este e outros aspetos que certas secções e grupos de elementos sejam desenvolvidos à parte. A partir de duplicações do modelo base, estas peças são trabalhadas de forma a que toda a informação necessária esteja disponível e visível. O modelo base após duplicado fica bloqueado a alterações, estando a nova informação sobreposta. Desta forma, garante-se a integridade do modelo original e facilita-se a análise dos dados necessários para os tipos específicos de avaliação. Exigir que toda a informação necessária esteja diretamente presente no modelo BIM, para além de ser mais moroso, implica um esforço significativo de introdução de dados por parte do projetista,

aumentando a probabilidade de erros e inconsistências. Em alternativa, a ferramenta ao ser capaz de interpretar o modelo tal como é habitualmente construído pelo projetista e extrair a informação necessária a partir dos dados já existentes reduz essa necessidade, mas torna a implementação das regras muito mais complexa. Por exemplo, o cálculo de uma área ou de um volume exige identificar os espaços que a compõem e determinar os elementos que os delimitam, sejam paredes, lajes ou vãos. No Archicad, a ferramenta "Zone" faz a leitura do espaço, ou seja, o utilizador apenas tem de selecionar na área pretendida e nomeá-la de acordo com a nomenclatura permitida. Caso esta ferramenta não existisse, o utilizador teria de selecionar todos os limites e obstáculos, facilitando erros e trapaças. Assim, mesmo recorrendo à informação derivada, continua a ser necessário que o projetista introduza um conjunto mínimo de dados de forma consistente com as regras utilizadas pelo sistema (neste caso, basta nomear a área ou volume).

Após a aprovação prévia do projeto pela organização administrativa deve ser lançada uma lista de todos os documentos necessários e desenhos e modelos que têm de ser feitos. Todas as exceções ou detalhes considerados necessários que não estão na lista têm de ser identificados, justificados, comunicados e desenhados pelas equipas de projeto. A construção e o pós-construção da obra serão sempre fiscalizadas por membros das autoridades reguladoras. O desenvolvimento da construção de acordo com os desenhos e modelos não requisitados pelos órgãos reguladores que não foram comunicados será considerado litigância de má-fé. Apenas será aceite uma versão final do modelo. Ficheiros e documentos terão nomes únicos e não poderão existir cópias ou várias versões de um mesmo desenho/modelo. Para máximo proveito deste processo, o modelo BIM deve garantir, como elemento singular: requisitos estruturais; condicionamento ambiental, saneamento; resistência ao fogo; distribuição de energia elétrica ou outras fontes de energia; comunicações e outras funções básicas [1]. Como elemento integrado, deve apresentar: modelação das condições existentes; análise de impacto na envolvente; análise espacial; análise de acessibilidade; análise de segurança; análise de iluminação; análise energética; estimativa de custos; coordenação de projeto; orçamentação; controlo de custos; planeamento da construção; gestão de ativos; etc [26].

Desenho de apresentação e desenho validado. Esperando um modelo mais detalhado e completo, requer-se que a comunicação visual se mantenha, ou seja, para além do modelo servir como banco de dados, ele deve ser visualizado com clareza e capaz de transmitir a sua ideia arquitetónica. Os modelos tridimensionais são mais comunicativos e informativos para leigos do que os desenhos técnicos. Os próprios modelos validados

poderão servir para marketing e comunicação, mas a produção de modelos e desenhos extra para estes fins não serão alvos de jurisdição, como não serão aceites como modelos oficiais.

Os maiores desafios na produção do modelo. Fornecedores. Nem todos os elementos são desenhados pelo arquiteto, então como são inseridos no projeto elementos externos? Exemplo: na maioria dos casos, os caixilhos não são desenhados pelos arquitetos, mas por uma marca especializada. A marca possuí um modelo 3D ou BIM do caixilho? Se sim, é compatível com o programa BIM ou de verificação? O programa deve ser capaz de ler as propriedades do objeto externo. Caso a empresa fornecedora do caixilho não possua qualquer tipo de modelo que possa ser sujeito à verificação automática, em contrapartida é recomendado que o arquiteto desenhe um caixilho semelhante e que adicione todas as características do produto nos parâmetros correspondentes.

Os elementos paramétricos de modelação rígida. O elemento escada em softwares como Archicad e Revit é de modelação complexa e rígida. Para cumprirem os requisitos legais como forma, número e dimensões de degraus de acordo com cada piso, são bastantes restritivos no seu desenho. Em Portugal, a liberdade de desenho da escada é reduzida em grande escala, perdendo muitas vezes o sentido escultórico. Por um lado, facilita a verificação pela ferramenta e garante condições de segurança, por outro limita a criatividade do arquiteto. No caso de um objeto que se parece com um conjunto de degraus de escada com espaçamento adequado, mas definido como pequenas lajes, não será interpretado como uma escada? Caso seja convertido num objeto de “escada” com as propriedades de escada, a verificação de regras é mais rigorosa. Justifica-se modificar o elemento apenas para servir a verificação? Ou as plataformas de modelação e verificação deverão dar maior liberdade de desenho ao arquiteto, atribuindo maiores responsabilidades em contrapartida? O desenho da estrutura no Revit segue um problema semelhante. Caso os pilares, vigas e lajes não estejam corretamente posicionados, o programa não os aceita. O foco em cumprir a legislação retira a capacidade exploratória destes programas nos esquemas complexos. Estas plataformas são usadas como espaços de trabalho tanto como para telas finais. O arquiteto precisa de liberdade para desenvolver o projeto que pretende, desde que no fim respeite sempre os critérios estabelecidos.

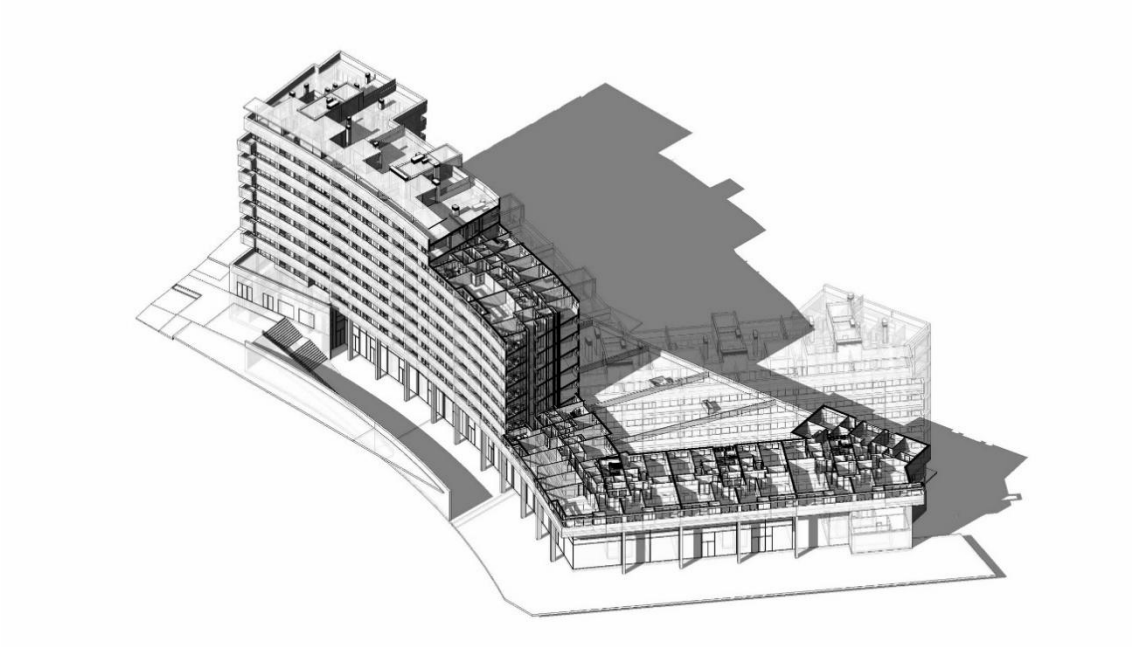


Figura 36. Modelo BIM da VL8 Housing, CNLL. O modelo é construído com elementos paramétricos 3D em vistas bidimensionais, assim como é possível seccionar o modelo transversalmente ou longitudinalmente e obter desenhos 2D.

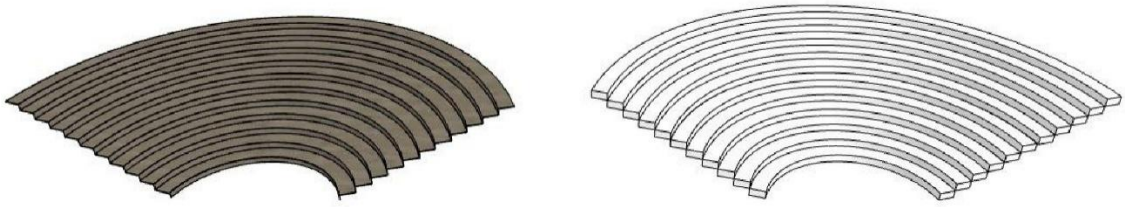


Figura 37. Dois modelos 3D de escadas. O modelo da esquerda foi concebido pelo elemento "escada", enquanto o modelo da direita foi concebido pelo elemento "laje". Esta configuração, comum em anfiteatros ou espaços de estar exteriores, apresenta uma elevada complexidade de modelação quando utilizado o elemento "escada", sendo, por isso, frequente a utilização de ferramentas mais simples, como a "laje". Para uma representação exclusivamente visual, ambas as soluções obtêm um resultado equivalente. Contudo, para efeitos de avaliação automática, a utilização do elemento específico escada é obrigatória para que o sistema reconheça corretamente o elemento. Esta limitação levanta a questão de saber até que ponto a avaliação automática deve depender da classificação dos elementos no modelo ou se poderá recorrer a outros critérios, nomeadamente à geometria, às relações espaciais e às características do objeto, permitindo reconhecer uma escada independentemente da ferramenta utilizada na sua modelação.

O perigo de desenhar segundo a máquina. Tendo um software BIM ou até uma plataforma IA e um sistema de verificação legal, parece que se torna bastante fácil projetar. Basta saber como usar cada elemento paramétrico e testar o modelo até ser validado. Não é verdade. Este método requer que o projetista esteja sempre a testar o modelo, pois não conhece a lei nem domina os métodos construtivos comuns. A ferramenta é apenas de validação, não de criação. Uma obra exige estrutura, infraestrutura, revestimentos, acabamentos, pormenores e escultura. Ser desenhador ou modelador não chega para fazer arquitetura. O arquiteto não é aquele que desenha o projeto, é o que o pensa. O desenho é apenas a forma escolhida para expressar a ideia, visto que é uma linguagem visual interpretada por qualquer pessoa. O arquiteto antes de aprender a usar os elementos paramétricos tem de aprender a função de cada um. Tem de fazer experiências, ver o que funciona ou não, e porquê. Tem de aprender História, Teoria, Geografia, e tantas outras áreas. Estudar várias obras e cada obra é uma experiência nova. Ele conhece a lei não porque é a lei, mas porque existe um motivo para ela existir. A lei exige conforto, segurança, sustentabilidade, utilidade. São as regras que todos usamos, porque funcionam e garantem o mínimo de qualidade. Portanto são reguladas. Ainda existe outro cenário. O arquiteto que sabe modelar, mas não compreende a lei. Este terá maior facilidade em operar na plataforma, mas continuará a trabalhar o modelo na tentativa e erro, de modo a cumprir os requisitos. Os ajustes no modelo apenas para satisfazer a máquina resultarão num projeto desprovido de pensamento crítico e numa falsa resposta ao cliente. No relatório final, a explicação de porque a lei não foi cumprida é uma boa forma de ensinar o arquiteto. Outro ponto a observar é que o sistema só indica se as regras foram satisfeitas, e não se o projeto é bom. Responder à máquina não é responder ao cliente, não é fazer projeto. Simetria, harmonia, contrastes, sensações, esquemas de cores, materialidade são alguns dos pontos que permanecerão como julgamento humano.

Tolerância de modelação. Será permitido entregar um modelo que não cumpra na totalidade os requisitos pedidos, seja no formato BIM ou na capacidade de verificação automática? Haverão regras incontornáveis que terão sempre de ser respeitadas. Exceções e especialidades poderão ser avaliadas de outras formas. Devido à dificuldade em implementar os métodos BIM e o licenciamento automático, prevê-se que nos próximos anos serão apenas exigidos modelos e verificações simples. É preciso um tempo de provação, para que se perceba que percentagens é que os escritórios conseguem cumprir de toda a legislação a que estão sujeitos; a partir daí estipulam-se requisitos mínimos. Por mais automático que seja, espera-se que o arquiteto tenha sempre a possibilidade de

contestar os resultados obtidos. Caso considere que certos parâmetros não foram bem avaliados, uma avaliação humana poderá ocorrer.

Guias de uso das ferramentas de verificação. Desenvolvido pelas entidades envolvidas na conceção e regulação, o Guia deve ser visto como um documento de apoio à implementação de boas práticas de utilização das ferramentas de verificação, sendo continuamente adaptado e revisto. Caso as Câmaras Municipais desenvolvam os seus próprios verificadores, totalmente independentes ou focados apenas na leitura do PDM, recomenda-se o desenvolvimento dos seus guias de uso da ferramenta. A Ordem e as entidades responsáveis pelas ferramentas de verificação devem estar abertas a feedback sobre o funcionamento do sistema e do processo de licenciamento. Tal como o suporte fornecido para os softwares BIM, o guia especificará o que é necessário escrever/desenhar/modelar para cada regra ser avaliada, nomeadamente os elementos, parâmetros e relações. Alguns dos principais desafios foram abordados anteriormente, mas cada regra apresentará adversidades próprias, o que reforça a vantagem de desenvolver um manual dinâmico sobre as normas. Espera-se que o guia explane os melhores momentos para usar as ferramentas de verificação, sejam eles momentos intermediários de processo como conclusões de fases. Também deverá disponibilizar orientações e boas práticas que ajudem o projetista a reduzir o tempo despendido em determinadas tarefas, evitando simultaneamente que o projeto fique excessivamente complexo ou sobrecarregado com informação desnecessária. Antes de submeter o modelo à verificação de regras, é importante o utilizador continuar a verificá-lo por si, procurando erros ou informações incompletas. A total fiabilidade no sistema cria dependências e diminui o senso crítico do projetista. Aprender a legislação durante o processo de desenho poderá dar novas perspetivas sobre a lei e abrir mais debates.

Capítulo 3

Para lá da ferramenta de verificação

No último capítulo desenvolvemos o processo de licenciamento do projeto. O ramo da arquitetura não é independente e necessita que outros setores acompanhem o progresso da automação. O que precisa de mudar no lado externo da arquitetura?

3.1 O processo de licenciamento em Portugal. O que muda?

As fases de projeto e de licenciamento em Portugal. Um projeto de arquitetura desenvolve-se por várias fases e o processo baseia-se num diálogo contínuo entre o cliente e o projetista, de forma a garantir que o projeto responde às suas necessidades e expetativas. O Programa Base ou Preliminar define os principais objetivos do projeto, as opções estéticas e os limites orçamentais. Inicia-se o desenho no Estudo Prévio com o desenvolvimento do conceito do projeto. Os Projetos de Especialidades podem começar a ser desenvolvidos ainda nesta fase. Segue-se o Anteprojeto, onde o arquiteto avança no desenho conforme o estabelecido na fase anterior, ao mesmo tempo preparando o projeto para aprovação pela respetiva Câmara Municipal bem como das demais entidades envolvidas no licenciamento do mesmo. Em simultâneo ou posteriormente ao licenciamento do projeto de arquitetura proceder-se-á à entrega dos restantes projetos de especialidades legalmente exigidos para aprovação. Após aprovado, o arquiteto prepara o Projeto de Execução apresentado sob a forma de desenhos e textos onde se detalham todos os trabalhos necessários para a execução da obra de fácil interpretação por parte dos diversos intervenientes. Em paralelo inicia-se o processo de medições e orçamentos onde se discriminam as quantidades de materiais necessários e os respetivos métodos de execução, de modo a aferir-se o valor da obra [27]. Por norma, é feito um Pedido de

Informação Prévia (PIP), de modo a obter informações sobre a viabilidade de realizar determinada operação urbanística, nomeadamente: construção, reconstrução, ampliação, alteração, demolição, urbanização, loteamento ou trabalhos de remodelação de terrenos. Na resposta favorável, e consoante o grau de detalhe que o projeto de arquitetura entregue tem, a câmara indica se a obra pretendida fica sujeita à submissão de uma comunicação prévia ou a um licenciamento. Em alguns casos, obras precedidas de informação prévia favorável poderão estar isentas de controlo prévio. Se o projeto de arquitetura estiver suficientemente detalhado e não forem necessárias alterações, é possível avançar diretamente para a comunicação prévia e entregar de imediato os projetos de especialidades, permitindo ao proprietário poupar tempo [28, 29]. Caso contrário, é necessário passar pelo processo de licenciamento camarário. No primeiro momento, é submetido apenas o projeto de arquitetura. Após aprovação, dão-se 6 meses para se submeter as diversas especialidades de engenharia. Embora possa-se optar por entregar todos os projetos em simultâneo – Arquitetura e Especialidades – como forma de tentar ganhar tempo na apreciação do projeto, corre-se o risco de a câmara requisitar alguma alteração ao projeto de Arquitetura, acrescentando custos desnecessários ao cliente na revisão de todos os outros projetos de especialidades. Ou seja, o procedimento faseado é tendencialmente mais moroso, mas com menos riscos de alterações e trabalho extra para os engenheiros e técnicos. Já a entrega conjunta poupa tempo caso o projeto não seja reprovado por pelo menos uma das especialidades [30]. Após tudo estar aprovado, inicia-se o Projeto de Execução. Esta fase é essencial para definir com detalhe a obra e garantir que o resultado final corresponde ao pretendido. Os principais problemas do atual sistema de licenciamento são a própria morosidade do processo e a entrega incompleta da documentação. A falta de técnicos suficientes para a carga de processos, a correção de projetos e os prazos que não são cumpridos criam entraves que prolongam o licenciamento em semanas ou meses.[47] Procura-se então criar um sistema mais rápido, menos volátil e mais preciso. Serão apresentados alguns exemplos e estudos que poderão contribuir para o desenvolvimento deste sistema.

[47] O tema é desenvolvido nas Entrevistas, que podem ser consultadas no Apêndice.

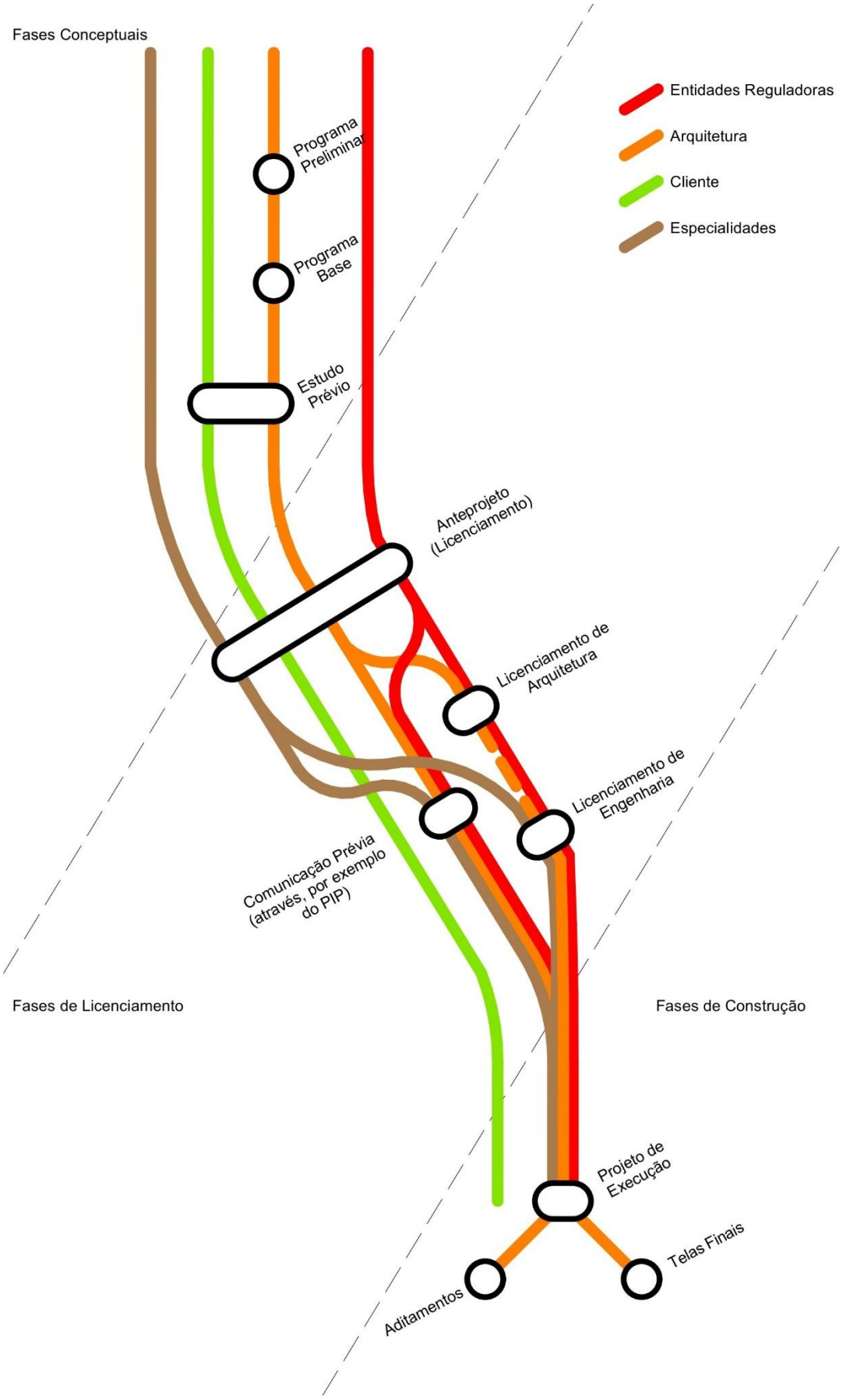


Figura 38. Fases de projeto e processo de licenciamento em Portugal (atualmente).

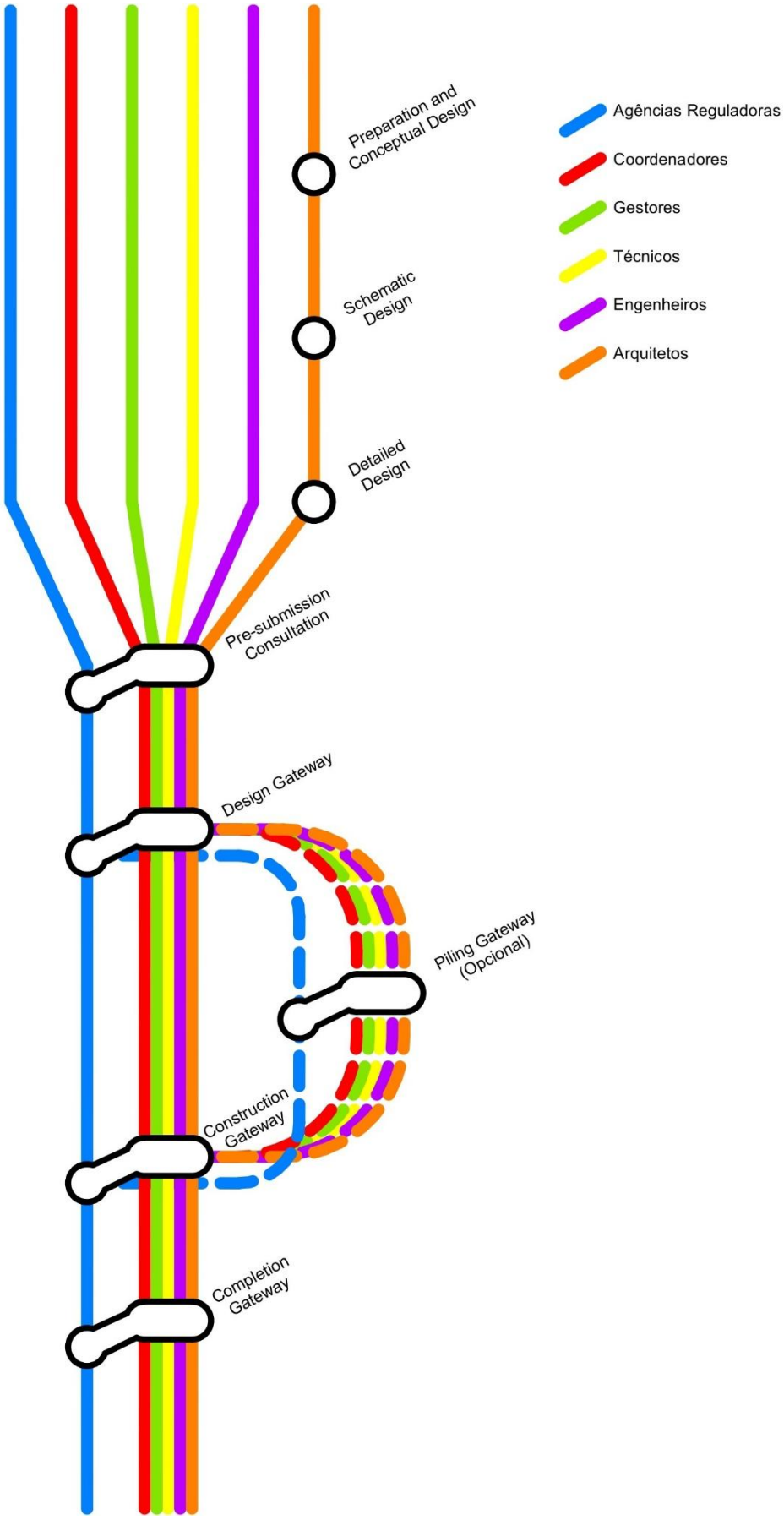


Figura 39. Fases de projeto e processo de licenciamento na Singapura (atualmente).

Análise das fases de projeto na Singapura. As primeiras fases de projeto na Singapura apresentam algumas semelhanças com o contexto português. O projeto inicia-se de forma mais conceitual e esquemática com o *Preparation and Conceptual Design*, o *Schematic Design* e o *Detailed Design*. Durante estas fases o arquiteto trabalha maioritariamente de forma autónoma. É após aprovação do *Detailed Design* pelo cliente que se inicia uma fase de trabalho colaborativo entre os diferentes intervenientes no projeto, incluindo técnicos, engenheiros, gestores e coordenadores. As submissões são conjuntas para cada fase de projeto e após avaliação das agências reguladoras, recebem uma resposta positiva ou negativa com os pareces reprovados. A partir deste momento, o processo encontra-se dividido em diferentes *Gateways*. No *Design Gateway* avalia-se o esquema geral do projeto, os requisitos críticos e obrigatórios. No *Piling Gateway* analisa-se as fundações. No *Construction Gateway* avalia-se o projeto completo com todos os pormenores detalhados. Por fim, o *Completion Gateway* são as atualizações dos desenhos de acordo com as alterações realizadas durante a execução da obra. A grande vantagem deste processo é a coordenação na produção e verificação do projeto entre os intervenientes. Numa fase inicial, a implementação deste processo poderá tornar o seu desenvolvimento mais moroso. Contudo, a longo prazo, permitirá reduzir a ocorrência de erros, aumentar a completude da informação e contribuir para um processo mais eficiente e célere. As submissões são feitas no Submission Portal em formato IFC+SG. Um coordenador de projeto orienta a entrega no portal de submissão. Adiciona membros, atribui tarefas, responsabilidades, marca reuniões e cria o plano de submissão. Cada membro publica os ficheiros da sua competência num modelo coordenado. Por fim, faz-se o pagamento e a submissão. O design e funcionamento do site atendem às necessidades dos utilizadores, sendo constantes as atualizações. O Submission Portal User Manual explica passo a passo como navegar no portal, desde criar um novo projeto, adicionar membros do projeto, fazer submissões para avaliação regulamentar, fazer pagamentos e submeter o projeto final. Para submeter em formato IFC+SG, o utilizador deve: estudar os requisitos regulamentares do IFC+SG para cada gateway; certificar-se que possuí todas as ferramentas IFC+SG descarregadas; ler os manuais de boas práticas de submissão de modelos, de georreferenciação, de gestão de ficheiros e dos serviços MEP; rever os ficheiros exportados num IFC Viewer; confirmar se os modelos podem ser agregados; e confirmar se as componentes possuem as designações corretas. O Code of Practice (COP) serve para auxiliar as submissões no portal. Contém procedimentos recomendados e boas práticas para identificar problemas comuns no uso de BIM. Também contém templates técnicos e recursos para os modelos IFC+SG. O COP não substitui os regulamentos das agências.

Os regulamentos determinam as regras a serem aplicadas nos projetos e o COP explica como representar a informação no momento de submissão. A plataforma permite testar o sistema de submissão de projetos pelo Training Environment e ensina o novo processo de regulamento de trabalhos em construção (RABW) pelo Industry Training. Para projetos de pequena escala, como casas e estruturas simples (paragens de autocarros, pavilhões, etc), o processo de aprovação foi simplificado e é regulado pelo Direct Submission Process. A disponibilização de guias, a simplificação do processo e a plataforma de treino tornam a plataforma mais acessível aos seus utilizadores.

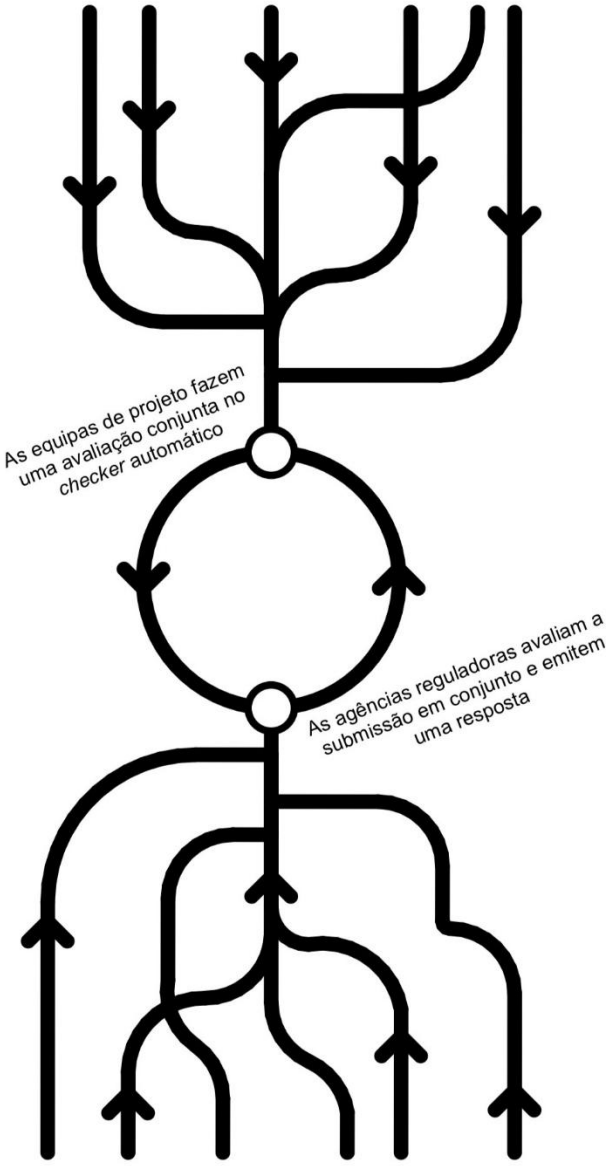


Figura 40. Processo de avaliação de projeto na Singapura (atualmente).

Uniformização dos procedimentos e plataformas de entrega. Quando a criar a plataforma de submissão de projetos existem duas possibilidades: uma única plataforma nacional ou plataformas exclusivas a regiões ou municípios. De acordo com as entrevistas realizadas, a preferência vai para a plataforma única. No caso da segunda opção, requer-se que a apresentação e o funcionamento de cada plataforma sejam semelhantes entre si, pois facilita a compreensão e uso das diferentes plataformas para os escritórios que trabalham com diversas Câmaras. Os entrevistados também sugerem que ambas as hipóteses são possíveis, caso as plataformas estejam interligadas entre si.[48] O Submission Portal do CORENET X poderá servir como exemplo, assim como outras plataformas e práticas internacionais que estejam devidamente comprovadas. Em Portugal duas das plataformas mais avançadas neste processo são a NOPAPER e a E-PAPER. Num momento onde estão a começar a ser integradas várias plataformas de simplificação de procedimentos no sistema de informação do RJUE[49] [14, 31] torna-se mais fácil iniciar já a padronização dos procedimentos de entrega para as diversas entidades. Ainda mais, forma-se a oportunidade perfeita para aproximar mais os processos entre autarquias, administração geral e outras entidades reguladoras. A plataforma deve assinalar toda a documentação necessária e só permitir o pedido de licenciamento quando ela estiver completa. Os ficheiros têm de seguir um padrão estipulado. Tanto para a plataforma externa de verificação como para a plataforma de trabalho BIM, a interface deve seguir estes parâmetros: Consistência dos menus em todas as funcionalidades do sistema, seguindo as convenções padrão; transparência nos processos de verificação; organização modular de diferentes tipos de funcionalidade e ajuda online, fornecendo instruções em tempo real e explicações de linha de comando sobre operações e entradas [1]. Embora problemas na interface de trabalho possam parecer pequenos, um mau layout gráfico resulta em tempos de aprendizagem mais longos, mais erros e, muitas vezes, no não aproveitamento total da funcionalidade integrada ao sistema. As plataformas podem assumir as seguintes áreas para deposição de ficheiros: “em curso”, “em validação”, “arquivo” e “em vigor”.

[48] As Entrevistas podem ser consultadas no Apêndice.

[49] O Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação é a principal lei em Portugal para os processos de licenciamento, comunicação prévia e controlo das operações urbanísticas. Este regime explica como os cidadãos e as empresas devem pedir autorizações às câmaras municipais.



Figura 41. Exemplo de sistema de partilha de informação a implementar em plataforma colaborativa, Guia de Contratação BIM.

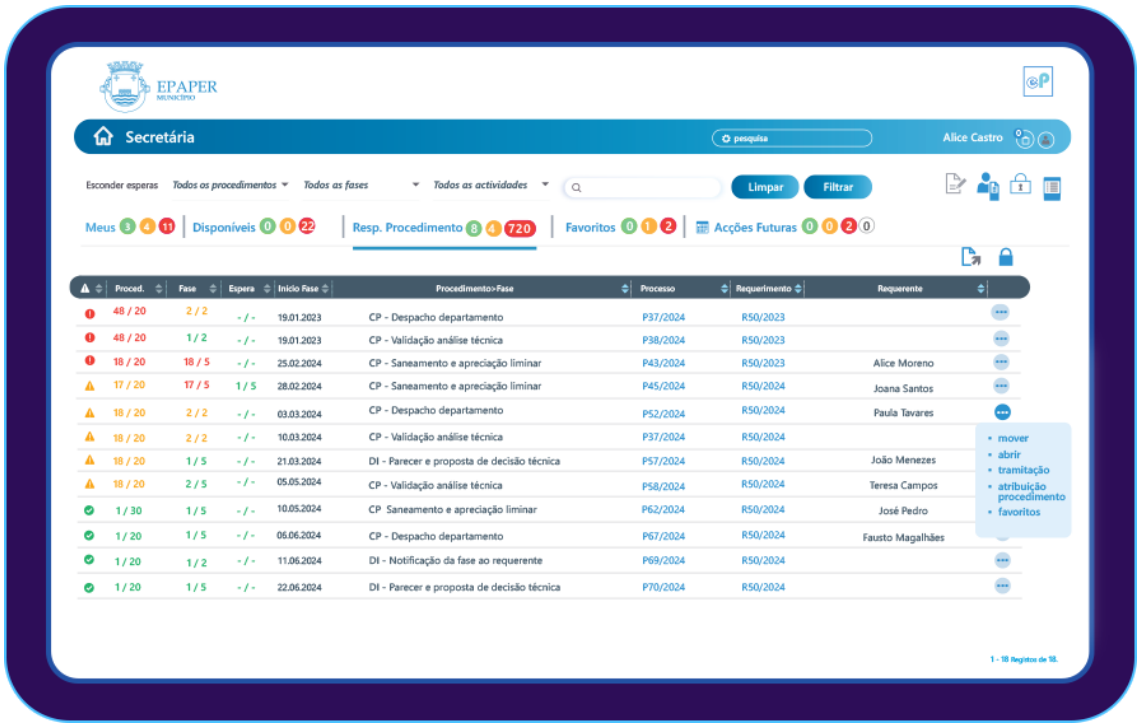


Figura 42. Painel de gestão documental do ePaper. O sistema permite o controlo e a responsabilização, individual e coletiva, dos prazos, a criação de documentação dinâmica através da leitura e escrita automática na base de dados da aplicação e uma visão global e intuitiva dos procedimentos em tramitação [32].

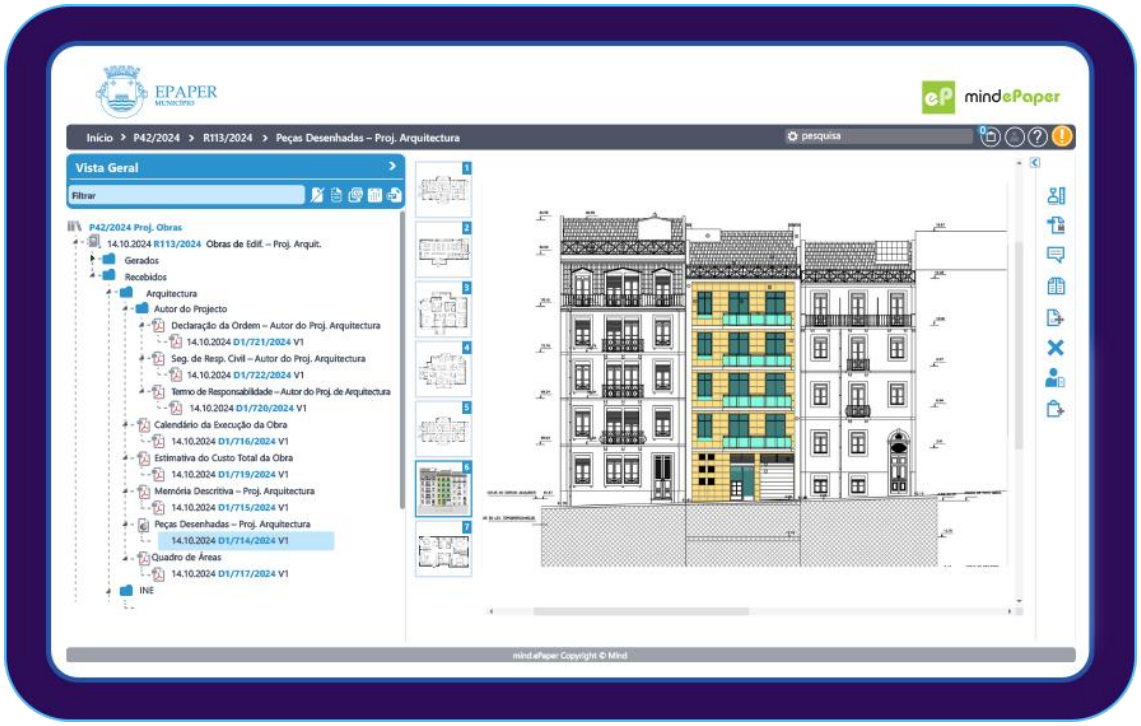


Figura 43. Dossiê Digital do ePaper. Este painel serve para comparar e analisar a documentação através do módulo MindViewer [32].



Figura 44. Processo de Saneamento Liminar do ePaper. A IA valida o processo antes da submissão, detetando erros e omissões e indica o que deve ser corrigido. A documentação do processo é submetida de forma completa e coerente, após validação prévia. Apenas são submetidos processos completos, sem erros e com as taxas pagas, promovendo maior transparência e responsabilização [32].



Figura 45. Painel de submissão de processos urbanísticos do NOPAPER. Num primeiro momento seleciona-se o procedimento aplicável à pretensão e de seguida é indicado toda a documentação necessária para cada tipo de pedido.

Emissão de comprovativos. Todos os desenhos para aprovação ou aprovados devem ser entregues numa única plataforma geral do município ou nacional e, caso necessário, nas plataformas externas às administrações públicas (sejam elas de domínio patrimonial, florestal, ...). Recomenda-se que exista sempre uma página de submissão e uma página de levantamento na plataforma de entrega. Apenas os desenhos e documentos que estão na página de submissão são aceites e avaliados. Após a recessão e averiguação dos documentos pelo agente regulador, cada um deles receberá um selo/comprovativo de validação. Este selo estará visível nos documentos digitais e impressos. No momento de construção, apenas estes documentos aprovados poderão ser utilizados e é proibido a troca de documentação direta entre arquitetos/engenheiros/técnicos e construtores, de modo a evitar batota. Todas as correções aos documentos e desenhos produzidos durante a construção devem passar obrigatoriamente pela plataforma de submissão. Só assim serão aceites como aditamentos.

Funções das entidades administrativas. Os entrevistados destacam que para além da componente de avaliação projetual, os processos de saneamento causam imensos entraves no licenciamento de projetos. Os processos, ferramentas e atribuições no seio administrativo precisão de reformas urgentes.[50] Mesmo se o licenciamento passar a ser um processo automático, os agentes camarários continuam a ter de: fazer revisões ao PDM e a outros planos municipais; revisão ao próprio sistema de submissão e verificação; um controlo prévio ao projeto antes de ser iniciada a construção; fiscalizações durante e após a construção da obra; a recolha, tratamento e salvaguarda dos documentos e modelos da obra. Pretende-se automatizar as tarefas repetitivas e burocráticas, libertando os técnicos para se dedicarem à análise crítica dos projetos. É igualmente necessário reforçar as câmaras municipais através do financiamento e contratação de técnicos e fiscais, colmatando a atual escassez de recursos humanos. Uma vez simplificado e automatizado o processo de licenciamento, e estando asseguradas as condições e os meios necessários ao seu cumprimento, o incumprimento dos prazos legalmente estabelecidos resultará na responsabilização e penalização da entidade responsável.

[50] As Entrevistas podem ser consultadas no Apêndice.

Fiscalização. Mesmo marcando quais documentos estão validados, nada garante que após descarregados eles sejam utilizados ou que as soluções neles previstas sejam cumpridas. A importância de manter os processos de fiscalização de construção é defendida na sondagem feita aos entrevistados.[51] Fazer visitas recorrentes durante e após a construção permite conferir se são usados os documentos oficializados e se a obra está de acordo com o planeado. A não utilização dos documentos validados e a não concordância entre projeto e obra estará sujeita às penalizações previstas na legislação aplicável. A fiscalização será realizada por técnicos aliados à entidade contratante, à entidade reguladora ou a nenhuma delas, mas sempre independente às equipas de projeto.

Qualificação de Candidatos e Avaliação de Propostas. Ainda são poucos os escritórios que aderiram ao BIM. Vai demorar algum tempo até acostumarem-se e dominarem as ferramentas. A estratégia que alguns vão tomar para acompanharem os requisitos legais é a especialização de certos elementos da equipa para a modelação BIM. Ou seja, a maioria da equipa mantém o formato e as ferramentas de trabalho enquanto aprende e faz a transição, ficando os outros elementos responsáveis pela conversão dos desenhos CAD ou 3D para BIM. Como ainda estamos num momento de transição para a obrigatoriedade do BIM, estes escritórios não deverão ser prejudicados por ainda não terem aderido ao método, mas incentivados a mudar o quanto antes. O Guia de Contratação BIM [26] sugere que se avalie a experiência BIM dos candidatos e a qualidade BIM requerida pela Entidade Contratante. Percebe-se esta visão no sentido de garantir uma implementação correta da metodologia BIM, de garantir a confiança, a qualidade e o compromisso no processo e de facilitar o trabalho entre as partes. Porém, os critérios de contratação serem determinados pela capacidade de utilização de uma ferramenta é de um peso enorme. São esperados critérios mínimos a cumprir, claro, mas a decisão final ser dependente de número de recursos humanos e domínio de software irá dificultar a vida dos escritórios mais pequenos. A escolha de candidatos no processo de contratação deverá dar sempre maior relevo ao projeto e não seguir um método de qualificação que avalie primeiro o candidato, senão favorecerá sempre os escritórios com mais recursos. Um projeto bom e bem desenvolvido, tanto a nível arquitetónico como digital, pressupõe que os projetistas também sejam bons, experientes e profissionais. A avaliação humana continuará a ser importante para o desempate de projetos em concursos. Num concurso, os mecanismos automáticos serão capazes de posicionar melhor e mais depressa os projetos num ranking

[51] As Entrevistas podem ser consultadas no Apêndice.

com base no programa, no nível de intervenção caso se aplique, nos materiais e nos custos previstos. Contudo, a maturidade da proposta a nível digital não pode sobrepor-se à qualidade arquitetónica. Ideia, programa, pertinência, concordância e novidade são alguns alicerces de um bom projeto, alicerces que não devem ser superados por mero detalhamento digital. Um dos grandes objetivos da verificação de regras é facilitar a avaliação burocrática e das regras geométricas mais simples e repetitivas, mas não cortar o espaço para a criatividade. Caso as escolas, a Ordem e as empresas formadoras se esforcem no ensino e prática do método BIM e os vários escritórios imponham-no, a maturidade BIM das propostas será alcançada e não ponto de discussão e dúvida na escolha por parte dos júris. O BIM é usado como exemplo nos fatores a considerar na avaliação de propostas, pois tornar-se-á obrigatório em Portugal. A mesma lógica de implementação por parte dos concorrentes e avaliação por parte dos contratantes incide sobre todos os outros aspetos obrigatórios. À medida que as regras mais simples são automatizadas, as autoridades reguladoras terão mais tempo e mais espaço para focarem-se nas regras ou questões mais difíceis de definir e automatizar.

Responsabilidades. Todas as partes que participam na modelação têm de possuir a sua propriedade intelectual protegida. O autor de cada peça ou parte do projeto tem de estar identificado e de alguma maneira visível para cada utilizador da plataforma de verificação e submissão. Ainda mais, é sugerida uma maior responsabilização aos projetistas, por parte de cada elemento dos vários setores ligados à construção.[52] É sugerido a implementação de um Plano de Execução BIM (PEB), que descreva a forma como cada membro produzirá os serviços da sua responsabilidade e indique os moldes nos quais a informação será integrada e disponibilizada para os restantes membros [2, 26]. A Entidade Contratante pode reivindicar o direito de usar a informação gerada durante a conceção e construção do empreendimento apenas para a renovação/manutenção do empreendimento, permitindo ao responsável pela criação da informação reter a sua propriedade. De modo a garantir a autoria de projeto, a Entidade Contratante não pode deter os direitos de propriedade em exclusivo, assim como é apenas reconhecido como obra todos os documentos e modelos submetidos e aceites sobre o contrato celebrado. Num processo mais automático com menor supervisão, a responsabilidade dos projetistas sobre a obra será maior.

[52] O tema é desenvolvido nas Entrevistas, que podem ser consultadas no Apêndice.

3.2 Ensino e Formação

Não são só os arquitetos que estão envolvidos no processo de licenciamento automático. Os desenhos desenvolvidos por engenheiros e técnicos, desde estruturas a sistemas prediais, convém serem alvos de verificação automática. Como destacado anteriormente, as ferramentas e processos de verificação automática foram inicialmente produzidas e testadas por engenheiros em seus projetos de estruturas e infraestruturas. Torna-se mais vantajoso que todos os intervenientes estejam em pé de igualdade.

Digitalização das Câmaras Municipais. Deve-se sensibilizar as Câmaras a formarem os seus técnicos no uso de softwares de modelação inteligente e das plataformas de verificação. Os modelos inteligentes melhoram a transparência e eficiência das empreitadas de obras públicas. Em países como o Reino Unido, a Finlândia, a Dinamarca e a Alemanha a metodologia BIM foi amplamente implementada graças às iniciativas governamentais. A estipulação de metas e a obrigatoriedade da adoção BIM para projetos do setor público fez com que a maioria dos escritórios passassem a modelar em BIM [14]. Em Portugal foram organizadas diversas iniciativas de disseminação e apoio à implementação BIM, entre as quais se destaca a criação da Comissão Técnica de Normalização BIM, a CT 197 [14].

Digitalização dos Fabricantes e outros setores. Nem tudo é desenhado pelo arquiteto. Torna-se mais produtivo seguir medidas standard e com o tempo, o mercado da construção especializou certas áreas. É comum o arquiteto desenvolver um modelo esquemático da estrutura e esta ser corrigida pelo engenheiro de estruturas e pelos técnicos de fundações e prevenção sísmica. Estas alterações realizam-se na mesma plataforma BIM, usando as mesmas ferramentas de modelação do arquiteto. O mesmo não acontece com os caixilhos, por exemplo, concebidos apenas pelos fabricantes especializados em plataformas à parte, maioritariamente CAD. Ainda são poucos os fabricantes que desenvolvem modelos 3D dos seus caixilhos, quanto mais modelos BIM. Por muito que ainda exista um modelo 3D, este não é passível de ser verificado legalmente, pois não carrega informação consigo. Recomenda-se, então, que os fabricantes de peças complexas como caixilhos e portas adirem ao método BIM. A inserção de um modelo desenhado pelo fornecedor e carregado de informação no projeto é uma mais valia em três aspetos. Visivelmente, fica mais próximo da realidade, o que dá uma melhor perceção do seu aspeto como parte e todo; fortalece o controlo sobre como a peça é instalada; e por fim, permite fazer a avaliação automática. Deste modo, a escolha da peça é feita com mais certezas. Enquanto esta hipótese não estiver em vigor, recomenda-se que o próprio

arquiteto desenhe um modelo semelhante ao caixilho escolhido e que insira a referência da peça e os dados necessários para a verificação poder decorrer. Entretanto, os detalhes de construção das peças fornecidas por outros ainda são lidos por desenhos 2D, mas espera-se que com uma réplica digital da peça consigamos atingir um maior detalhamento do modelo.

3.3 Trabalho Colaborativo. Novos métodos de trabalho no setor AEC

O trabalho realizado em conjunto com os vários setores permite desde cedo identificar erros e estimar prazos. Reduz os tempos de resposta e aumenta as taxas de resolução de problemas [13]. Em Portugal, após a aprovação do projeto de arquitetura decorrem no máximo 6 meses para aprovação do projeto de engenharias. Este desfasamento poupa trabalho aos engenheiros, visto que se desenvolvessem o projeto em conjunto e o licenciamento de arquitetura não fosse validado, teriam de corrigir ambos projetos. Convém, então, estipular um momento em que o projeto de arquitetura esteja suficientemente consolidado para que as especialidades entrem em cena. Tem-se revelado vantajoso todas as equipas de projeto, desde as dedicadas à conceção até às especializadas na construção iniciarem o projeto em conjunto [26]. Os próprios engenheiros podem precocemente definir restrições. Alguns métodos como o Integrated Project Delivery (IPD) juntam todos os intervenientes no projeto de construção desde o início. A abordagem IPD permite um acordo multilateral, com riscos compartilhados e objetivos conjuntos, integrando pessoas, sistemas, estruturas e práticas em um processo colaborativo, aproveitando o talento e as contribuições de todos os participantes com o objetivo de otimizar os resultados do projeto e maximizar a eficiência ao longo das fases de projeto e construção [13]. Mas, para o formato ser bem-sucedido é necessária uma comunicação constante e a gestão e compartilhamento de informação. Tal como o processo de verificação e submissão para as entidades administrativas, torna-se útil criar um processo semelhante entre as equipas de projeto. Análise de conflitos, pedidos de informação, comentários e pedidos de alteração e aprovação preparam as equipas para as entregas oficiais e contribuem para um modelo mais desenvolvido. Estipular desde cedo as plataformas e ferramentas a serem utilizadas evita exportações e recomeços desnecessários. Softwares como o Archicad e o Revit possuem ferramentas de trabalho colaborativo, Teamwork e Construction Cloud respetivamente. A modelação do projeto no mesmo ficheiro por todos os intervenientes facilita a deteção de erros, deteção de conflitos, etc.[53] Outra forma de integrar os modelos passa por plataformas dedicadas à colaboração e gestão de *data* BIM, como por exemplo o BIMCollab ou a Archidata. Além disso, o advento tecnológico de ambientes baseados em *cloud* e ferramentas de videoconferência permite que as equipas de projeto trabalhem de forma eficiente sem a necessidade de proximidade física [13]. Quanta mais informação for depositada e trocada, melhor. As plataformas de verificação e submissão devem permitir a criação de

[53] Como referido no capítulo 1.1.

ocorrências com a possibilidade de preenchimento do máximo de campos possíveis, desde: título, descrição, disciplina associada, atributos, tipo de comunicação (solicitação de alteração, conflito, comentário, problema, solicitação de aprovação, solicitação de informação, etc.), área (edifício), prazo, prioridade, local de discussão (reunião, comunicação online, etc.), status de aprovação, visibilidade, responsável pela aprovação, comentários, notificação e anexos [13]. Lacerda et. al. desenvolveram um complexo de indústria farmacêutica em Ruanda utilizando estes métodos de comunicação e trabalho à distância em plataformas centralizadas. Os resultados demonstraram maior deteção e resolução de problemas e melhores tempos de resposta face aos métodos de trabalho anteriormente predominantes. Contudo, a experiência focou-se apenas numa fase de projeto e ainda não se consegue determinar todas as variantes entre diferentes contextos de construção [13].

3.4 Repositório e Mapas

A gestão das várias versões, atualizações e documentos/ficheiros de um projeto é complexo, principalmente quando os stakeholders utilizam plataformas não compatíveis. Isto complica-se quando um órgão administrativo tem de lidar com diferentes empresas que trabalham com diferentes programas. A submissão de projetos completos, segundo um modelo de dados de código aberto, como o IFC, facilita a criação de um repositório para as câmaras municipais. A partir deste repositório, é possível criar mapas do território onde cada projeto esteja representado digitalmente de acordo com o nível detalhamento estipulado. Estes mapas serão bastantes úteis nas fases iniciais de projeto, tanto para os arquitetos como para as câmaras. Com um modelo tridimensional da envolvente do local de obra, o arquiteto consegue perceber o enquadramento do seu modelo com as construções próximas com maior rigor. Ideal para conceções volumétricas, permite uma análise precoce de comportamento térmico, correntes de vento, ruído, custos e quantidades de material. Também permite avaliar se o edifício cumpre elementos da legislação, como limite de cérceas, impacto ambiental, áreas impermeáveis, áreas de espaço público e distâncias entre vizinhos. Assim, as câmaras têm maior facilidade em aprovar ou reprovar projetos numa fase prévia. Um modelo de construção atualizado com todas as alterações realizadas durante a obra fornece uma fonte precisa de informações sobre os espaços e sistemas construídos, além de ser um ponto de partida útil para a gestão e operação do edifício. É importante relembrar que surgem novas versões e atualizações para todas as plataformas com bastante regularidade. Os arquivos mais antigos eventualmente tornar-se-ão obsoletos, e estar sempre a renovar o modelo de acordo com os novos métodos de software não é justificável. Torna-se necessário garantir formas de preservar modelos, desde elementos esquemáticos e/ou modelos apenas de visualização para uma solução mais prática. Propõe-se também aos desenvolvedores destas plataformas que mantenham disponível ou criem leitores de arquivos, para consulta dos modelos originais mais antigos.

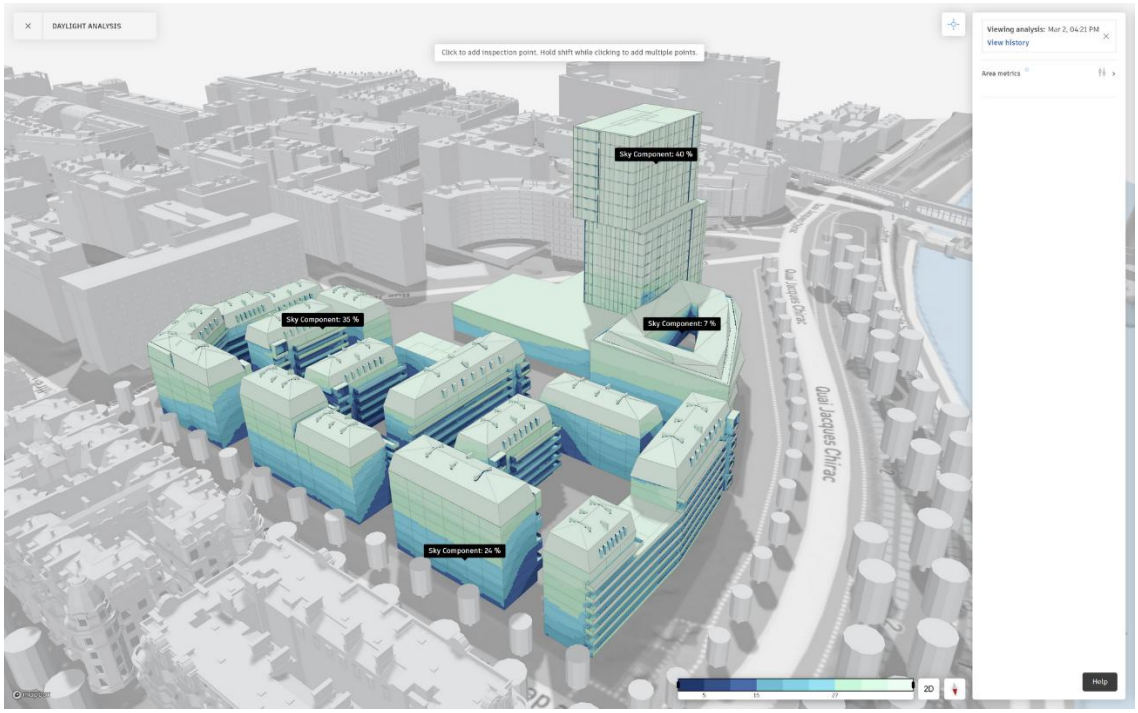


Figura 46. Área de trabalho da plataforma FORMA SITE DESIGN, Autodesk. A plataforma trabalha com informação geográfica e contextual, considerando elementos existentes no local, como edifícios envolventes, topografia, orientação solar, condições climáticas e características urbanas.



Figura 47. Área de trabalho da plataforma FORMA SITE DESIGN, Autodesk. Na imagem estão representados diferentes estudos sobre exposição solar e ventos.

Considerações Finais

O que se aprendeu, o que foi demonstrado, o que permaneceu inconclusivo e quais são as principais consequências para o exercício da arquitetura.

A problemática. O atual processo de licenciamento caracteriza-se pela sua morosidade e complexidade, suportado por mecanismos de submissão de projetos que não respondem às necessidades dos diferentes intervenientes e avaliações inconsistentes totalmente dependentes de juízo humano. A maior parte do país ainda não aderiu às ferramentas de modelação inteligente e o domínio das metodologias de trabalho sobre estas é escasso. Para combater estas dificuldades, para além de ter que se aderir aos métodos de modelação inteligente, será necessário traduzir os requisitos legais em regras verificáveis, criar ferramentas capazes de interpretar e verificar os modelos segundo os regulamentos e desenvolver plataformas adequadas à submissão de projetos. A ausência de informação nos modelos, a fragmentação de procedimentos e das regras, a burocracia e a falta de investimento na área são os entraves e ao mesmo tempo os motivos para repensar os processos de trabalho em Portugal.

Um novo paradigma. Os casos internacionais analisados constituem um ponto de partida para repensar o processo de licenciamento em Portugal. As capacidades de verificação identificadas demonstram que é possível automatizar o processo em larga escala, desde que a informação esteja devidamente estruturada e as regras sejam traduzidas em critérios verificáveis. Os benefícios potenciais para o setor provavelmente serão maiores se o sistema for capaz de atender a muitas regras dentro de problemas específicos do domínio ou melhores práticas [9]. Acrescentam-se os cuidados com a excessiva automatização. Por um lado, as questões que envolvam interpretação, contexto, exceções ou decisões de projeto continuarão dependentes da análise humana. Por outro lado, deve-se manter o controlo dessas ferramentas de modo a evitar utilizações abusivas ou aproveitamento das fragilidades do sistema. Recorde-se que a verificação apenas avalia se o projeto cumpre os

regulamentos. O processo de licenciamento implica uma automatização mais abrangente do próprio processo de decisão, aprovação e trabalho. Este novo cenário implica mudanças nos atuais processos e plataformas de trabalho, passando de procedimentos fragmentados e maioritariamente manuais para um sistema mais integrado, uniforme e simples. Para além da verificação regulamentar, esta transformação abre caminho à criação de outros mecanismos de apoio ao projeto. Existe uma vontade crescente de mudança, mas a concretização deste novo paradigma depende de investimento, desenvolvimento tecnológico, formação e recursos especializados.

Tempo. Embora estes processos possam acelerar o licenciamento, o desenvolvimento das ferramentas de verificação é moroso, pois exige um elevado grau de rigor, uma vez que têm que produzir resultados corretos e fiáveis. Antes mesmo do uso das ferramentas de verificação, o arquiteto tem de dominar as ferramentas de modelação inteligente, o que tomará o seu tempo.

Custos. A construção e implementação dos sistemas de verificação exigem antes de mais a imposição dos métodos de trabalho sobre forma de modelos digitais carregados de informação inteligente. A isto acrescem-se os custos de aprendizagem dos métodos de trabalho inteligente, a subscrição das plataformas de modelação inteligente, os custos da produção e manutenção das ferramentas e os custos de aprendizagem das ferramentas de verificação e submissão.

Novas questões. Apesar das conclusões obtidas, algumas questões ficam por responder. Importa determinar em que momentos do processo de projeto ocorrerá a verificação automática. A sua utilização será definida para etapas específicas ou adaptada a cada projeto? Mantém-se também a dúvida sobre a capacidade de adoção destes sistemas e até que ponto a verificação automática poderá condicionar a prática da arquitetura?

Alertas. Reforça-se o alerta a não estabelecer dependências excessivas em relação às ferramentas automáticas. O arquiteto deverá ter uma postura crítica permanente perante os novos processos automáticos, procurando garantir a qualidade arquitetónica em primeiro lugar. A interpretação, o debate, o questionamento e o desafiar são atributos próprios do arquiteto. Neste sentido, a tecnologia tem de ser entendida como um instrumento de apoio à decisão e não como um substituto da responsabilidade e do conhecimento do arquiteto. A manutenção deste equilíbrio salvaguarda a autonomia e relevância da profissão, garantindo que a evolução tecnológica contribui para a sua transformação sem comprometer a sua dimensão crítica, criativa e inovadora.

Limitações. O trabalho apresentado apresenta várias limitações, fruto da reduzida matéria existente sobre o tema. Sendo uma área em evolução constante, em poucos anos, o cenário da modelação poderá mudar profundamente. Com a entrada da IA, os métodos de modelação atuais poderão tornar-se obsoletos e deixar de existir um parâmetro obrigatório. Salienta-se que o BIM e a IA interessam pela sua capacidade de guardar e partilhar informação. Desde que o modelo possua a *data* necessária, será admissível para verificação. A natureza recente do tema traduz-se também na carência de casos de estudo concretos. Apesar de existirem alguns estudos internacionais, as provas de verificação automática focam-se em regras simples e abordam camadas superficiais, e o único caso de um modelo desenvolvido para verificação e licenciamento é o CORENET, na Singapura. Mesmo assim, trata-se de um programa construído e aperfeiçoado ao longo de várias décadas e os objetivos iniciais ainda não foram cumpridos, o que evidencia a complexidade e o tempo necessário à implementação deste tipo de sistemas. A escassez de resultados concretos limita, por isso, a possibilidade de avaliar com segurança os seus impactos futuros, tornando inevitável alguma dependência em projeções e hipóteses sobre questões como a influência no processo criativo. Por fim, embora as entrevistas realizadas tenham contribuído para complementar a investigação com diferentes perspetivas profissionais, o número reduzido de participantes não permite considerar a amostra representativa de cada um dos setores analisados. Os seus resultados devem, portanto, ser entendidos como contributos exploratórios para a compreensão do tema, e não como uma representação exaustiva das posições existentes.

Indicações. Ainda é cedo para percebermos se estas ferramentas tornarão o licenciamento mais rápido ou não. É certo que decorrerão menos erros durante todo o processo de desenho e construção, porém acresce o tempo de aprendizagem do sistema, modelação e retificação do projeto segundo a linguagem estipulada. A melhor forma de avaliar o funcionamento do sistema é colocá-lo à prova. Recomenda-se a realização de experiências que incidam sobre a legislação portuguesa e testem os vários métodos de codificação. Registar os tempos comuns para a realização de tarefas genéricas ainda nos modelos atuais e compará-los mais tarde com os tempos de realização das mesmas tarefas já com o licenciamento automático em curso. Do mesmo modo, deverão comparar os resultados obtidos, para analisar os impactos do uso da verificação automática em cada fase do projeto. Para investigações futuras, considera-se pertinente privilegiar o estudo de casos reais, acompanhando sistemas de verificação e licenciamento automático já implementados e avaliando os seus resultados enquanto produtos efetivamente

utilizados. A análise de casos concretos permitirá confrontar as proposições teóricas com a sua aplicação prática, identificando limitações, dificuldades e impactos no processo de projeto que dificilmente seriam aferidos através de estudos conceituais. Algumas experiências decorrerão até que as equipas encontrem um método de trabalho mais eficiente. Por muito que a passagem para o método BIM seja obrigatória e o processo de licenciamento torne-se em parte automático, cada equipa deve manter a sua identidade de trabalho. O objetivo principal destes sistemas é a facilitação e a aceleração do processo de licenciamento. Contudo, a produtividade das equipas de projeto não pode ser perturbada. O bom funcionamento das ferramentas de verificação de leis abre as portas à verificação de outros aspetos, como a qualidade do modelo de construção e ao cumprimento dos requisitos do cliente. Existem padrões em muitas estruturas e cláusulas de regras, mesmo que apresentem variações de detalhes. A extração desses padrões geralmente ocorre na etapa de interpretação da regra, onde os codificadores analisam-na e descobrem suposições ocultas, dependências, ambiguidades e exceções para definir os requisitos exatos dessa regra adequados para o desenvolvimento do software. A reutilização desses padrões melhora a abrangência da gama de regras que podem ser implementadas. Por sua vez, reduzirá o custo dos esforços de implementação e contribuirá para a estrutura lógica na qual as regras podem ser baseadas [9]. O licenciamento automático poderá ser o impulso certo para um desenvolvimento de projeto mais próximo do potencial do BIM, facilitando a construção, o controlo, a manutenção e a organização da obra e do território a curto e longo prazo.

Pertinência. Muito ficou por determinar, sobretudo num contexto em que o desenvolvimento tecnológico evolui significativamente e em pouco tempo. Esta constante evolução confere ao trabalho uma natureza temporária, mas não diminui a sua pertinência. Pelo contrário, a atualidade do tema e a necessidade de antecipar os impactos da automatização justificam a sua análise. A investigação assume um caráter introdutório e exploratório, identificando os principais temas e questões que envolvem estes processos, bem como estabelece um ponto de partida para futuras investigações. Mais do que oferecer soluções definitivas, pretende-se assinalar aquilo que poderá ser aprofundado e acautelado para que o desenvolvimento destas ferramentas não comprometa o papel, a autonomia e a dimensão crítica do arquiteto.

Anexos

Artigos Regulamentares Portugueses

Em anexo apresenta-se a transcrição completa dos artigos regulamentares portugueses referidos no corpo de texto.

Artigo 15º, RGEU

Todas as edificações, seja qual for a sua natureza, deverão ser construídas com perfeita observância das melhores normas da arte de construir e com todos os requisitos necessários para que lhes fiquem asseguradas, de modo duradouro, as condições de segurança, salubridade e estética mais adequadas à sua utilização e às funções educativas que devem exercer.

Artigo 16º, RGEU

A qualidade, a natureza e o modo de aplicação dos materiais utilizados na construção das edificações deverão ser de molde que satisfaçam às condições estabelecidas no artigo anterior e às especificações oficiais aplicáveis.

Artigo 24º, RGEU

Na construção das paredes de edificações de carácter permanente utilizar-se-ão materiais adequados à natureza, importância, carácter, destino e localização dessas edificações, os quais devem oferecer, em todos os casos, suficientes condições de segurança e durabilidade.

Artigo 28º, RGEU

Nas edificações construídas com estruturas independentes de betão armado ou metálicas, as espessuras das paredes de simples preenchimento das malhas verticais das estruturas, quando de alvenaria de pedra ou de tijolo, poderão ser reduzidas até aos valores mínimos de cada grupo fixados no artigo 25.º, desde que o menor vão livre da parede entre os elementos horizontais ou verticais da estrutura não exceda 3m,50.

Artigo 30º, RGEU

Todas as paredes em elevação, quando não sejam construídas com material preparado para ficar à vista, serão guarnecidas, tanto interior como exteriormente, com revestimentos

apropriados, de natureza, qualidade e espessura tais que, pela sua resistência à acção do tempo, garantam a manutenção das condições iniciais de salubridade e bom aspecto da edificação. § 1.º Os revestimentos exteriores serão impermeáveis sempre que as paredes estejam expostas à acção frequente de ventos chuvosos. § 2.º O revestimento exterior das paredes das mansardas ou das janelas de trapeira será de material impermeável, com reduzida condutibilidade calorífera e resistente à acção dos agentes atmosféricos e ao fogo.

Artigo 50º, RGEU

1. Nas edificações para habitação colectiva, quando a altura do último piso destinado a habitação exceder 11,5 m, é obrigatória a instalação de ascensores.

A altura referida é medida a partir da cota mais baixa do arranque dos degraus ou rampas de acesso do interior do edifício.

2. Os ascensores, no mínimo de dois, serão dimensionados de acordo com o número de habitantes e com a capacidade mínima correspondente a quatro pessoas e deverão servir todos os pisos de acesso aos fogos.

3. Nas edificações para habitação colectiva com mais de três pisos e em que a altura do último piso, destinado à habitação, medida nos termos do n.º 1 deste artigo, for inferior a 11,5 m deve prever-se espaço para futura instalação no mínimo de um ascensor.

Artigo 68º, RGEU

1 - Nas habitações T (índice 0), T (índice 1) e T (índice 2), a área mínima para instalações sanitárias é de 3,5 m2, sendo o equipamento mínimo definido no n.º 5.

2. Nas habitações T(índice 3) e T(índice 4), a área mínima para instalações sanitárias é de 4,5 m2, subdividida em dois espaços com acesso independente.

3 - Nas instalações sanitárias subdivididas há como equipamento mínimo uma banheira ou duche e um lavatório, num dos espaços; uma bacia de retrete e um lavatório, no outro.

4. Nas habitações T(índice 5) ou com mais de seis compartimentos, a área mínima para instalações sanitárias é de 6 m2, desdobrada em dois espaços com acesso independente.

5 - Nas instalações sanitárias obrigatórias há como equipamento mínimo uma banheira ou duche, uma bacia de retrete e um lavatório.

Artigo 73º, RGEU

As janelas dos compartimentos das habitações deverão ser sempre dispostas de forma que o seu afastamento de qualquer muro ou fachada fronteiros, medido perpendicularmente ao plano da janela e atendendo ao disposto no artigo 75.º, não seja inferior a metade da altura desse muro ou fachada acima do nível do pavimento do compartimento, com o mínimo de 3 metros. Além disso não deverá haver a um e outro lado do eixo vertical da janela qualquer obstáculo à iluminação a distância inferior a 2 metros, devendo garantir-se, em toda esta largura, o afastamento mínimo de 3 metros acima fixado.

Artigo 121º, RGEU

As construções em zonas urbanas ou rurais, seja qual for a sua natureza e o fim a que se destinem, deverão ser delineadas, executadas e mantidas de forma que contribuam para dignificação e valorização estética do conjunto em que venham a integrar-se. Não poderão erigir-se quaisquer construções susceptíveis de comprometerem, pela localização, aparência ou proporções, o aspecto das povoações ou dos conjuntos arquitectónicos, edifícios e locais de reconhecido interesse histórico ou artístico ou de prejudicar a beleza das paisagens.

Artigo 128º, RGEU

As edificações serão delineadas e construídas de forma a ficar sempre assegurada a sua solidez, e serão permanentemente mantidas em estado de não poderem constituir perigo para a segurança pública e dos seus ocupantes ou para a dos prédios vizinhos.

Artigo 4º, Decreto Lei nº10/2024

Licença e comunicação prévia

1 - A realização de operações urbanísticas depende, nos termos e com as exceções constantes da presente secção, de:

a) Licença;

b) Comunicação prévia.

2 - Estão sujeitas a licença:

a) As operações de loteamento em área não abrangida por:

i) Plano de pormenor publicado após 7 de março de 1993, que contenha desenho urbano e que preveja a divisão em lotes, o número máximo de fogos e a implantação e programação de obras de urbanização e edificação; ou

ii) Unidade de execução que preveja o polígono de base para a implantação de edificações, a área de construção, a divisão em lotes, o número máximo de fogos e a implantação e programação de obras de urbanização e edificação;

b) As obras de urbanização e os trabalhos de remodelação de terrenos em área não abrangida por:

i) Plano de pormenor publicado após 7 de março de 1993 e que preveja a implantação e programação de obras de urbanização e edificação; ou

ii) Operação de loteamento; ou

iii) Unidade de execução que preveja a implantação e programação de obras de urbanização e edificação;

c) As obras de construção, de alteração ou de ampliação em área não abrangida por:

i) Plano de pormenor; ou

ii) Operação de loteamento; ou

iii) Unidade de execução que preveja as parcelas, os alinhamentos, o polígono de base para implantação das edificações, a altura total das edificações ou a altura das fachadas, o número máximo de fogos e a área de construção e respetivos usos;

d) [...]

e) Obras de reconstrução das quais resulte um aumento da altura da fachada;

f) [...]

g) [...]

h) As obras de construção, ampliação ou demolição de imóveis em áreas sujeitas a servidão administrativa ou restrição de utilidade pública, sem prejuízo do disposto em legislação especial;

i) [...]

j) (Revogada.)

3 - [...]

4 - [...]

a) (Revogada.)

b) As operações de loteamento em zona abrangida por:

i) Plano de pormenor publicado após 7 de março de 1993, que contenha desenho urbano e que preveja a divisão em lotes, o número máximo de fogos e a implantação e a programação de obras de urbanização e edificação; ou

ii) Unidade de execução que preveja o polígono de base para a implantação de edificações, a área de construção, a divisão em lotes, o número máximo de fogos e a implantação e programação de obras de urbanização e edificação;

c) As obras de urbanização e os trabalhos de remodelação de terrenos em área abrangida por:

i) Plano de pormenor publicado após 7 de março de 1993 que preveja a implantação e programação de obras de urbanização e edificação; ou

ii) Operação de loteamento; ou

iii) Unidade de execução que preveja a implantação e programação de obras de urbanização e edificação;

d) As obras de construção, de alteração ou de ampliação em área abrangida por:

i) Plano de pormenor; ou

ii) Operação de loteamento; ou

iii) Unidade de execução que preveja as parcelas, os alinhamentos, o polígono de base para implantação das edificações, a altura total das edificações ou a altura das fachadas, o número máximo de fogos e a área de construção e respetivos usos;

e) As obras de construção, de alteração exterior ou de ampliação em zona urbana consolidada que respeitem os planos municipais ou intermunicipais e das quais não resulte edificação com cércea superior à altura mais frequente das fachadas da frente edificada do lado do arruamento onde se integra a nova edificação, no troço de rua compreendido entre as duas transversais mais próximas, para um e para outro lado;

f) (Revogada.)

g) [...]

h) [...]

i) (Revogada.)

j) [Anterior alínea e).]

k) As alterações da utilização dos edifícios ou suas frações, ou de alguma informação constante de título de utilização que já tenha sido emitido, quando não sejam precedidas de operações urbanísticas sujeitas a controlo prévio.

5 - A utilização dos edifícios ou suas frações autónomas na sequência de realização de operação urbanística sujeita a controlo prévio não carece de qualquer ato permissivo, ficando apenas sujeita ao disposto no artigo 62.º-A.

6 - Nas operações urbanísticas sujeitas a comunicação prévia o interessado não pode optar pelo licenciamento.

7 - Nas operações urbanísticas sujeitas a licenciamento ou a comunicação prévia que necessitem de licença para ocupação da via pública, o requerente pode optar por englobar o pedido de ocupação da via pública no pedido de licenciamento da operação urbanística ou na comunicação prévia, sem necessidade de qualquer formalidade adicional.

8 - Nos casos previstos no número anterior a permissão para a ocupação da via pública é englobada no título aplicável à operação urbanística.

9 - Considera-se que o plano de pormenor e a unidade de execução dispõem de programação das obras de urbanização e edificação quando a sua delimitação contemple:

a) Obras de urbanização a executar e ligações às infraestruturas gerais; e

b) Áreas de cedência destinadas à implantação de espaços verdes, equipamentos de utilização coletiva e infraestruturas viárias; e

c) Identificação dos custos com as obras de urbanização; e

d) Calendarização das obras de urbanização e das obras de edificação.

10 - Nos edifícios em propriedade horizontal que se encontrem abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 39/2008, de 7 de março, na sua redação atual, consideram-se abrangidas pela licença ou comunicação prévia de construção as obras de criação e remodelação de

infraestruturas destinadas a servir as edificações, não carecendo, para o efeito, de licença ou comunicação prévia relativa a obras de urbanização.

Artigo 28º, PDM do Porto

Logradouro e Interior dos quarteirões

1. Os logradouros e interior dos quarteirões devem ser permeáveis, sendo ocupados por coberto vegetal, admitindo-se a criação de espaços de circulação, e de estadia, e/ou um anexo com o máximo de 10 m2, desde que não comprometa a existência de um índice de permeabilidade de 0,3 da área da parcela.

2. Admite-se a divisão de um quarteirão quando se considerar que, pela sua significativa dimensão e desejável alteração dos usos e ocupação existentes no seu interior, a mesma contribui para a qualificação urbanística e ambiental dessa zona da cidade, ou para a melhoria das condições de circulação viária.

3. Na situação do número anterior, cumulativamente com as disposições constantes desta secção, devem verificar-se as seguintes regras:

a) O novo arruamento que divide o quarteirão existente deve ter um traçado que permita estabelecer a ligação rodoviária entre dois arruamentos já existentes e o seu perfil deve ser ajustado aos perfis destes arruamentos, admitindo-se, excecionalmente, soluções mistas (rodoviária e pedonal) de atravessamento de quarteirões, desde que seja esta a única solução viável face a condições biofísicas do local, comprovada através de estudo urbanístico municipal;

b) A cércea dos edifícios a implantar à face do novo arruamento deve garantir uma correta articulação com as cérceas das frentes urbanas em que se apoia o novo arruamento.

Artigo 33º, PDM do Porto

Logradouros

Os logradouros destinam-se a ser ocupados por coberto vegetal permeável, não se admitindo a sua impermeabilização, com exceção da área de implantação da cave e dos acessos ao edifício.

Artigo 7º, SCIE

Paredes exteriores tradicionais

1 - Os troços de elementos de fachada de construção tradicional, compreendidos entre vãos situados em pisos sucessivos da mesma prumada, pertencentes a compartimentos corta-fogo distintos, devem ter uma altura igual ou superior a 1,1 m.

2 - Se entre esses vãos sobrepostos existirem elementos salientes, nomeadamente palas, galerias corridas, varandas ou bacias de sacada, prolongados mais de 1 m para cada um dos lados desses vãos, ou que sejam delimitados lateralmente por elementos de construção, o valor de 1,1 m corresponde à distância entre vãos sobrepostos, somada com a do balanço desses elementos, desde que estes garantam a classe de resistência ao fogo padrão EI 60.

3 - Nas zonas das fachadas em que existam diedros de abertura inferior a 135º, deve ser estabelecida de cada lado da aresta do diedro uma faixa vertical, garantindo a classe de resistência ao fogo padrão indicada a seguir, de acordo com a altura do edifício:

a) Altura não superior a 28 m - EI 30;

b) Altura superior a 28 m - EI 60.

4 - A largura das faixas referidas no número anterior não deve ser inferior à indicada a seguir, em função do ângulo de abertura do diedro:

a) Ângulo de abertura não superior a 100º - 1,5 m;

b) Ângulo de abertura superior a 100º e não superior a 135º - 1 m.

5 - As larguras das faixas referidas no número anterior devem ter valores duplos dos indicados, sempre que pelo menos uma das fachadas estiver afeta à utilização-tipo xii.

6 - No caso de diedros entre corpos do edifício com alturas diferentes, a faixa estabelecida no corpo mais elevado deve ser prolongada por toda a sua altura, com um máximo exigível de 8 m acima da cobertura do corpo mais baixo.

7 - O disposto nos n.os 3 a 6 não se aplica nas zonas de fachadas avançadas ou recuadas, no mínimo de 1 m, do seu plano geral, nem nas zonas das fachadas pertencentes ao mesmo compartimento corta-fogo.

8 - As paredes exteriores em confronto de edifícios distintos, ou as paredes exteriores em confronto de compartimentos corta-fogo distintos no mesmo edifício, devem:

a) Garantir, no mínimo, a classe de resistência ao fogo padrão EI 60 ou REI 60 e os vãos nelas praticados devem ser guarnecidos por elementos fixos E 30 ou de fecho automático

E 30 C, sempre que a distância entre os edifícios, com exceção dos afetos à utilização-tipo xii, for inferior à indicada no quadro ii abaixo:

QUADRO II

Condições de protecção de vãos de fachadas em confronto

b) Quando um dos edifícios possuir espaços afectos à utilização-tipo XII sem comunicações interiores comuns com outra utilização-tipo, pelo menos um dos edifícios deve respeitar as condições específicas da utilização-tipo XII, constantes do artigo 300.º

9 - Nos edifícios com mais de um piso em elevação, a classe de reacção ao fogo dos revestimentos exteriores aplicados directamente sobre as fachadas, dos elementos transparentes das janelas e de outros vãos, da caixilharia e dos estores ou persianas exteriores, deve ser, de acordo com a altura do edifício, igual ou superior à indicada no quadro III abaixo:

QUADRO III

Reacção ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores

10 - O disposto no quadro iii não se aplica a edifícios de habitação unifamiliar isolados, nos quais a classe de reação ao fogo dos revestimentos exteriores aplicados diretamente sobre as fachadas, dos elementos transparentes das janelas e de outros vãos, da caixilharia e dos estores ou persianas exteriores, deve ser, no mínimo, da classe E.

11 - Nos edifícios com mais de um piso em elevação, a classe de reacção ao fogo dos elementos de revestimento descontínuos, fixados mecanicamente ao suporte e afastados das fachadas deixando uma caixa de ar, deve respeitar os valores indicados no quadro IV abaixo:

QUADRO IV

Reacção ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa de ar

12 - Nos edifícios com mais de um piso em elevação, a classe de reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante (etics) e do produto de isolamento térmico que integra esses sistemas deve ser, pelo menos, a indicada no quadro v abaixo:

QUADRO V

Reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante «etics» e o produto de isolamento térmico

13 - Os sistemas de revestimentos exteriores não tradicionais devem, salvo em casos devidamente justificados, ser objeto de especificações técnicas de projeto, exigidas pela ANEPC, eventualmente apoiadas por documentos técnicos de aplicação emitidos pelo LNEC, ou por entidade reconhecida pela ANEPC.

14 - As fachadas cortina com marcação CE baseadas em norma europeia devem ser objeto de especificações técnicas de projeto, exigidas pela ANEPC, eventualmente apoiadas por documentos técnicos de aplicação emitidos pelo LNEC, ou por entidade reconhecida pela ANEPC.

15 - Nas fachadas cortina com marcação CE baseada em norma europeia, os requisitos impostos nos n.os 1 e 2 podem ser atingidos pela utilização de elementos interiores de construção referidos no n.º 2 do artigo 8.º, respeitando-se, ainda, a distância limite especificada no n.º 3 do artigo 8.º

16 - As especificações de projeto referidas nos n.os 13 e 14 devem incluir disposições construtivas complementares que minimizem a propagação vertical e horizontal do incêndio através dos seus elementos constituintes, as quais constam de Nota Técnica aprovada por despacho do presidente da ANEPC.

Artigo 34º, SCIE

Resistência ao fogo de portas

A classe de resistência ao fogo padrão, EI ou E, das portas que, nos vãos abertos, isolam os compartimentos corta-fogo, deve ter um escalão de tempo igual a metade da parede em que se inserem, excepto nos casos particulares referidos no presente regulamento.

Artigo 64º, SCIE

Número e características das vias

1 - O número de vias verticais de evacuação dos edifícios deve ser o imposto pela limitação das distâncias a percorrer nos seus pisos e pelas disposições específicas do presente regulamento.

2 - Os edifícios com uma altura superior a 28 m, em relação ao plano de referência, devem possuir pelo menos duas vias verticais de evacuação.

3 - Sempre que sejam exigíveis duas ou mais vias verticais de evacuação que sirvam os mesmos pisos de um edifício, os vãos de acesso às escadas ou às respectivas câmaras corta-fogo, caso existam, devem estar a uma distância mínima de 10 m, ligados por comunicação horizontal comum.

4 - As vias verticais de evacuação devem, sempre que possível, ser contínuas ao longo da sua altura até ao piso ao nível do plano de referência mais próximo dos pisos que servem.

5 - Quando, excepcionalmente, o desenvolvimento de uma via não for contínuo, os percursos horizontais de ligação devem ter traçado simples e claro, comprimento inferior a 10 m e garantir o mesmo grau de isolamento e protecção que a via vertical.

6 - Com a excepção prevista no número seguinte, as vias que sirvam pisos situados abaixo do piso do plano de referência não devem comunicar directamente com as que sirvam os pisos acima desse plano.

7 - O disposto no número anterior é dispensado nas utilizações-tipo classificadas nas 1.ª ou 2.ª categorias de risco, que ocupem um número de pisos não superior a três.

8 - As vias verticais de evacuação devem ser protegidas nas condições do artigo 26.º e dispor de meios de controlo de fumo nos termos do presente regulamento.

9 - A protecção exigida no número anterior pode ser dispensada nas vias situadas em edifícios de pequena altura, apenas com um piso abaixo do plano de referência e desde que não constituam a única via vertical de evacuação de locais de risco B, D, E ou F.

10 - As comunicações entre vias protegidas e locais de risco C, quando permitidas nos termos do artigo 11.º do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, devem ser estabelecidas através de câmaras corta-fogo.

11 - Com excepção das vias que servem exclusivamente espaços afectos à utilização-tipo I, a largura útil em qualquer ponto das vias verticais de evacuação não deve ser inferior à correspondente a 1 UP por cada 70 utilizadores, ou fracção, com um mínimo de 2 UP em edifícios cuja altura seja superior a 28 m.

12 - O número de utilizadores a considerar para o dimensionamento da largura útil das vias de evacuação verticais é, em cada nível, o correspondente à maior soma dos efectivos em dois pisos consecutivos por ela servidos nesse nível.

13 - No caso de pisos com acesso a mais de uma via, o número de ocupantes a evacuar por cada uma delas deve ser calculado segundo o critério estabelecido no n.º 5 do artigo 61.º

Figuras de outros autores

Em anexo apresentam-se figuras e tabelas de outros autores referidos no corpo de texto.

Table 3-1 Common exchange formats in AEC applications.

Image (raster) formats	
JPG, GIF, TIF, BMP, PIC, PNG, RAW, TGA, RLE	Raster formats vary in terms of compactness, number of possible colors per pixel, some compress with some data loss.
2D Vector formats	
DXF, DWG, AI, CGM, EMF, IGS, WMF, DGN	Vector formats vary regarding compactness, line widths and pattern control, color, layering and types of curves supported.
3D Surface and Shape formats	
3DS, WRL, STL, IGS, SAT, DXF, DWG, OBJ, DGN, PDF(3D), XGL, DWF, U3D, IPT, PTS	3D surface and shape formats vary according to the types of surfaces and edges represented, whether they represent surfaces and/or solids, any material properties of the shape (color, image bitmap, texture map) or viewpoint information.
3D Object Exchange formats	
STP, EXP, CIS/2	Product data model formats represent geometry according to the 2D or 3D types represented. They also carry object properties and relations between objects.
Game formats	
RWQ, X, GOF, FACT	Game file formats vary according to the types of surfaces, whether they carry hierarchical structure, types of material properties, texture and bump map parameters, animation and skinning.
GIS formats	
SHP, SHX, DBF, DEM, NED	Geographical information system formats
XML formats	
AecXML, Obix, AEX, bcXML, AGCxml	XML schemas developed for the exchange of building data. They vary according to the information exchanged and the workflows supported.

Figura 48. Tabela dos formatos mais comuns de troca de dados no setor AEC, pelo *BIM Handbook*.

Apêndices

Entrevistas

De modo a obter pontos de vista diferentes, foram realizadas uma série de entrevistas com profissionais e especialistas de várias áreas de modo a perceber as suas perspetivas sobre os desafios, oportunidades e implicações do licenciamento automático.

Entrevista a ativo da administração pública.

A escolha de um elemento ligado à administração pública teve como principal objetivo compreender o processo de licenciamento a partir da perspetiva das entidades responsáveis pela sua análise e tramitação. A entrevista inquiriu as principais dificuldades enfrentadas pelos serviços municipais, nomeadamente no que diz respeito à análise e verificação dos projetos, à interpretação da legislação, à articulação entre diferentes intervenientes e à gestão dos processos. Procurou-se também compreender quais etapas exigem maior intervenção dos técnicos e quais os procedimentos que poderão apresentar potencial de simplificação ou automatização. O seguinte texto representa a entrevista ao Dr. Tiago Correia, vice-presidente da Câmara Municipal de São João da Madeira, realizada no dia 31 de agosto de 2026. Os intervenientes foram:

Alexandre Calhau de Pinho

Tiago Raúl Almeida Correia

Alexandre Calhau: Eu gostaria de saber em primeiro lugar quantos arquitetos, técnicos e urbanistas trabalham de momento na Câmara.

Vice Pres. Tiago Correia: Cerca de 14 pessoas. 7 arquitetos, sendo dois com cargos de chefia e outros 7 engenheiros civis.

Alexandre Calhau: Que ferramentas digitais são usadas por estes elementos?

Vice Pres. Tiago Correia: CAD, neste momento só CAD.

Alexandre Calhau: É dada alguma formação aos arquitetos?

Vice Pres. Tiago Correia: Sim, eles já sabem utilizar as ferramentas e quando existe a hipótese de algum tipo de formação, eles propõem e nós validamos. As formações

costumam ser acerca de plataformas digitais, softwares de desenho (só CAD) e sobre alterações à lei ou a procedimentos legais.

Alexandre Calhau: Quais são os principais problemas atuais no processo de licenciamento?

Vice Pres. Tiago Correia: É o tempo, é o maior constrangimento. Nós temos um problema de contratação de recursos humanos, e isso é geral no país. Todos os tipos de obras entram no mesmo serviço e de momento estamos a tentar agilizar os procedimentos de distribuição de trabalho aqui na Câmara. Sobretudo o tempo e a burocracia da legislação, pois quanto mais coisas forem precisas aferir, pior é. É preciso que os arquitetos saibam o que é necessário submeter.

Alexandre Calhau: A Câmara possuí algum projeto a decorrer de momento acerca de licenciamento automático? Se não, é um assunto que já entrou em debate?

Vice Pres. Tiago Correia: De momento não temos nenhum projeto, mas já entrou em debate.

Alexandre Calhau: Quantos projetos de arquitetura recebem em média por semana, mês ou ano?

Vice Pres. Tiago Correia: Nós temos neste momento 374 fogos em processo de licenciamento e 325 em construção, tudo para habitação. A nível industrial não tenho os números comigo, mas são residuais.

Alexandre Calhau: Em média, quantos projetos são reprovados e quais são os motivos mais comuns?

Vice Pres. Tiago Correia: Muito poucos, pois acompanhamos o processo de projeto de forma muito insistente, mesmo a parte política. O acompanhamento é muito estrito durante todo o licenciamento. Quando o projeto não tem viabilidade, nós notificamos logo.

Alexandre Calhau: Eu iria perguntar se quando reprovado, o arquiteto possuía a chance de discutir o projeto com o técnico camarário, mas já percebi que sim.

Vice Pres. Tiago Correia: É um trabalho contínuo.

Alexandre Calhau: Quais são as tarefas que ocupam mais tempo no processo de licenciamento?

Vice Pres. Tiago Correia: A análise do projeto e a falta da submissão de todos os documentos pedidos. Os técnicos que avaliam o projeto são os mesmos que tratam da receção da documentação e perdem demasiado tempo na espera e procura por esses documentos. É preciso reformular o serviço e só permitir que o projeto seja submetido com toda a documentação necessária.

Alexandre Calhau: Após aprovado o projeto, como é que é feita a fiscalização por parte da Câmara à execução da obra?

Vice Pres. Tiago Correia: Neste momento não temos fiscalização. Os técnicos que aprovam vão acompanhando, mas não temos um fiscal na rua. Entretanto alguém pode fazer uma denúncia, a vamos ao terreno. A carreira de fiscal é complexa, porque ganham pouco e têm uma responsabilidade muita grande. Nas empreitadas municipais normalmente contrata-se fiscalização externa, mas é muito difícil nas empreitadas particulares.

Alexandre Calhau: Acredita que o licenciamento automático facilitaria o trabalho camarário?

Vice Pres. Tiago Correia: Sem dúvida nenhuma. Se o licenciamento automático analisar 70 a 80 por cento do projeto é o ideal.

Alexandre Calhau: Por onde começariam a implementação? Quais são as questões mais urgentes a resolver?

Vice Pres. Tiago Correia: A avaliação profunda. No PIP já é feita uma triagem do que se pode ou não fazer e o PDM é claro nos aspetos iniciais do projeto. Aqui na Câmara estamos a trabalhar para que os investidores saibam o que podem fazer e onde podem realizar a obra. Nós queremos ter uma boa relação com os investidores e dar-lhes uma ferramenta que lhes explique de forma concisa e imediata o que podem fazer. Deste modo, agilizamos os processos inicias. Os passos iniciais estão a ser bem trabalhados e temos boas soluções. Já a avaliação interna é muito complexa e demorada, e necessita de novas formas de trabalho. Também é preciso maior rigor na entrega correta dos documentos. A plataforma de submissão deveria indeferir logo liminarmente se houvesse alguma coisa que não correspondesse, e explicar em que é que não corresponde.

Alexandre Calhau: Como é que a ferramenta de verificação deverá funcionar?

Vice Pres. Tiago Correia: Tem de explicar porque é que não aprova por princípio de transparência. O sistema comunica ao técnico o que é que não está conforme e que correções têm de ser feitas. Os nossos técnicos têm de estar próximos dos clientes e trabalhar diretamente com eles, tem de existir uma proximidade entre a Câmara e o Construtor. Fora isso, o campo da arquitetura é mais sensível. Do ponto de vista técnico, a avaliação pode ser automática. Do ponto de vista do desenho é preciso a análise humana. Entra a questão do belo, saber se é bonito ou não, a questão da criatividade, são sempre temas subjetivos.

Alexandre Calhau: Que tipo de questões fará o licenciamento não ser totalmente automático?

Vice Pres. Tiago Correia: Não concordo em nada com a totalidade da automação, dependendo do que estamos a falar. Se falarmos de um pavilhão industrial a questão da arquitetura não é a prioridade, desde que siga os cânones dos pavilhões comuns e cumpra os seus requisitos. Do ponto de vista da habitação, sejam moradias ou prédios é preciso o olho humano. A arquitetura não é só técnica, não é só montar o puzzle, é também o conceito estético. E nós temos de salvaguardar a decisão humana. Mesmo em questões parametrizadas e na congruência entre edifícios do mesmo estilo, cada arquiteto é um arquiteto. Tem de haver alguma subjetividade no ramo da arquitetura, não deve haver nada pré-definido. Tem de haver este critério discricionário, para que os técnicos e os arquitetos saibam enquadrar no espaço. Atentados urbanísticos há muitos no nosso país e a arquitetura pode ajudar a evitar isso. Ou seja, tem de haver sempre este grau de subjetividade, e a prova de avaliação pelo arquiteto.

Alexandre Calhau: Que dificuldades anteveem na implementação do licenciamento automático?

Vice Pres. Tiago Correia: É uma mudança completa de paradigma. Porém, será mais fácil mudar neste caso do que quando era tudo entregue e feito em papel e passou a ser em digital. A mudança vai ser mais procedimental. O fator determinante é a obrigatoriedade do BIM até 2030, pois acredito que é um investimento muito grande e não sei como é que as Câmaras vão se preparar. Para as Câmaras imagino que abram financiamentos, pois as licenças são caríssimas. Eu concordo com a mudança, mas o país tem de acompanhar a própria mudança com formações e financiamento, e ajudar os escritórios de arquitetura e engenharia no máximo possível. Os grandes escritórios têm plenas capacidades para as mudanças, mas os pequenos gabinetes não, e se não houver apoios eles deixam de

conseguir competir. Envolve todo o tipo de custos, nas ferramentas, plataformas, formações.

Alexandre Calhau: Se estivesse no lugar de decisores nesta matéria, quais os principais cuidados que teria?

Vice Pres. Tiago Correia: Arranjar um envelope financeiro. É essencial criar fundos para potenciar a digitalização e depois a automação. A construção em Portugal tem de ser transformada, e para isso acontecer a construção tem de ser célere. Simplificar primeiro e depois digitalizar, não ao contrário, porque senão estamos a criar burocracia digital e isso é um problema. Outra coisa que eu acho importante era dar mais autonomia aos arquitetos e engenheiros. Os arquitetos da Câmara não são mais ou menos competentes que os outros arquitetos, portanto os técnicos camarários não têm de ser chamados para avaliar todas as questões. Agora, se não cumprirem, as penalizações têm de ser duras, porque isto é um sistema de responsabilização. Nós estamos com um problema na habitação e isto vinha resolver.

Alexandre Calhau: Será necessária uma plataforma de submissão de projetos. Espera que essa plataforma seja única no país ou cada município terá a sua própria plataforma?

Vice Pres. Tiago Correia: A plataforma de entrada pode ser única, mas depois deverá existir algo mais intermédio, talvez mesmo uma plataforma própria de cada município.

Alexandre Calhau: A Câmara conseguiria construir a sua própria plataforma?

Vice Pres. Tiago Correia: Sim, sim. Teria que ser feito à medida de cada um, e eventualmente contrataria elementos para a construção da plataforma.

Alexandre Calhau: Quanto do repositório arquitetónico e urbanístico da Câmara está em formato digital?

Vice Pres. Tiago Correia: A partir de 2017 está tudo em formato digital. E o que é que estamos a fazer? À medida que precisamos de documentação anterior a 2017, digitalizamos. Mas é tudo em formato CAD.

Alexandre Calhau: Qual é a sua opinião atual sobre o que poderá ser o licenciamento automático? Acredita que poderá acontecer nos próximos anos ou é um salto muito grande?

Vice Pres. Tiago Correia: É um salto, o licenciamento automático é muito difícil, mas poderá ser o pretexto para simplificar e facilitar os processos, mas só com os mecanismos

de financiamento. As maiores câmaras do país têm capacidades e recursos para isso, mas nós não. As câmaras pequenas têm sempre dificuldades, pois têm de discutir aonde é que devem investir, quais são as prioridades. Temos a balança sempre presente. Portanto para a implementação tem de existir um apoio global.

Entrevista a ativo da indústria da construção.

A escolha de um elemento ligado à indústria da construção teve como objetivo compreender a perspetiva de quem desenvolve e acompanha projetos de arquitetura e engenharia e identificar as dificuldades que surgem na preparação, submissão e acompanhamento dos processos junto das entidades reguladoras. Procurou-se, em particular, identificar os principais constrangimentos encontrados durante os processos de licenciamento, nomeadamente a interpretação e aplicação da legislação, a preparação da documentação, as tarefas repetitivas ou procedimentos suscetíveis de simplificação, a comunicação com os municípios e as sucessivas alterações ou correções solicitadas aos projetos. O seguinte texto representa a entrevista ao Arq. José Ribeiro, arquiteto da Mota-Engil, realizada no dia 1 de setembro de 2026. Os intervenientes foram:

Alexandre Calhau de Pinho

José António Ribeiro

Alexandre Calhau: A minha dissertação é uma apresentação do lado mais teórico do licenciamento automático e como é que ele poderia ser aplicado no contexto português. Uma visão mais do lado do arquiteto, visto que já existem teses e trabalhos do lado da engenharia, alguns em Portugal, que revelam como é que as ferramentas podem funcionar.

Arq. José Ribeiro: Não vai ser fácil. Primeiro porque não há cadastro, é o que me parece, não há um cadastro fidedigno do território, e eu acho que isso é o princípio de tudo. Quando tu estás a criar informação geográfica ou a dar restrições no território para construir, nós confrontamo-nos sempre com problemas. Por exemplo, seja em que lugar for, para alguém que compra um terreno e que tem zona urbana e zona não edificante é preciso pegar no terreno georreferenciado e enviar para a câmara, para o topógrafo da câmara georreferenciar os limites e depois enviar para o cliente para ele conseguir gerir o que se pode fazer ou não. Muitas vezes, esta informação não se consegue obter diretamente dos mapas, e era importante que eu conseguisse obter de um instrumento as ditas plantas topográficas, mas que na realidade não servem para nada. Ainda estamos longe de chegar à georreferenciação. Já há muitos a querer fazê-lo agora, isso é uma parte, é mais o instrumento rigoroso para o projeto. O licenciamento em si, ou vai ser, também se especula sobre isso, apenas uma verificação de um volume máximo de implantação dentro do espaço e há um *model checker* ou vai-se fazer uma tentativa de verificação de algumas

regras construtivas: medidas mínimas de corredores, as acessibilidades, etc. Se conseguirmos, para já, uma uniformização de requerimentos da entrega, número de peças que são exigidas, a mesma representação ou nomenclatura, a mesma codificação, vamos chamar standards, *templates* como chamamos agora, já era muito bom, porque aqui nas redondezas, a Câmara do Porto tem uma plataforma, a de Gaia tem outra, na de Penafiel tem outra. Depois há um problema de maturidade dos técnicos administrativos da Câmara, que fazem aquilo que se chama o saneamento liminar. Neste momento, tu metes um projeto e podes estar meses e meses à espera do licenciamento, porque se tiveres um objeto projetado numa área de influência de um monumento, a Câmara, ao receber o meu pedido de licenciamento tem que enviar, através de uma plataforma interna que eles têm de intercomunicação entre serviços, para o património da CCDR do Porto. Mas, se a intervenção for feita, mesmo no monumento, não é uma área de influência num monumento, mas no monumento, e já tem que ir para outra entidade diferente, que faz a gestão do património. E o que muitas vezes acontece são erros, sejam de processo enviados para os departamentos errados ou processos enviados com documentação em falta. Ao fim de 30 dias tem que se pronunciar, são obrigados a pronunciar-se, e no último dia dos 30 avisam que ocorreu um erro no processo e então prolongam-se mais 30 dias. Depois há problemas de ligação, intercomunicação entre serviços. É muita burocracia e falta de agilidade, porque é difícil perceber para onde e como é que se enviam os processos. É preciso celeridade com os processos que são analisados. Cada vez mais os prazos são mais curtos, mas são muitas vezes exíguos para responder às questões, então um técnico na câmara resolve da melhor maneira que é, a partir do momento em que ele manda o processo para trás, para pedir um esclarecimento, ele ganha tempo. O prazo para, e eles usam estes mecanismos. Isto é uma parte. Depois também há pontos de vista diferentes. A Ordem dos Arquitetos tem um, um técnico superior de uma câmara tem outro, os organismos que andam à volta terão outro, e o governo devia juntar isto tudo e fazer um bolo. E quem sofre é o requerente e os donos da obra. Mas acho que nos últimos 10 anos tem havido uma melhoria contínua de tentar informatizar, standardizar e criar uma solução sem papel, que já é muito bom. Mas ainda há câmaras que querem que o projeto de arquitetura vá em PDF, há câmaras que querem que ele vá em DWFX, há câmaras que me exigem ainda que se entregue a versão em DWG da implantação. Isto devia ser uma plataforma única, porque um técnico oficial de contas do Porto mete as contas de uma empresa no Portal das Finanças e um do Algarve mete no mesmo sítio. E os documentos que têm que meter são os mesmos. Se a plataforma for única, apresenta todos os documentos comuns, os seguros e toda a informação exigida e toda a gente pode

consultar. Já não faz sentido preencher o mesmo documento vezes e vezes sem conta porque estou a comunicar com uma entidade diferente.

Alexandre Calhau: Acabou por me responder a algumas questões, mas mais para a frente posso repeti-las para elaborar um pouco mais. Eu ia perguntar em primeiro lugar quais eram os principais problemas do licenciamento, das questões da burocracia e de trabalhar com as Câmaras?

Arq. José Ribeiro: Por exemplo, eu acho que o Simplex vem trazer uma agilidade grande e rapidez entre o ponto da entrega do processo e o início da obra, mas é um problema para um jovem que teoricamente desconhece o processo, por isso é que continua a haver o licenciamento. Acho que na fase madura, o Simplex vem mostrar que funciona, embora tenha que ter alguns ajustes, porque há algumas omissões aos esclarecimentos que os próprios técnicos da câmara têm. O que é que isso tem de bom ou de mal? Por exemplo, quando eu tenho um termo de responsabilidade de um engenheiro que na obra está a executar o betão, eu deposito uma cópia no sistema da câmara. Na fase de execução da obra se houver algum ajuste a ser feito e que a gente não reparou, porque não se consegue coordenar tudo logo desde o início, faz-se a correção à nossa responsabilidade, porque senão os projetos não entravam nas câmaras nem dois anos depois do arranque do processo. E acho que tem que haver alguma ligeireza, neste tipo de rigor. Se formos à lei, depois do depósito dele (documento de execução do betão), eu tenho que andar sempre a fazer atualizações. Agora posso fazer a atualização, crio o documento oficial, deposito-o na obra, e quando alguma fiscalização da Câmara quiser ir lá ver, consulta-o. Ou então, dentro desta nova plataforma em que me exigem depositar, eu vou fazendo uma espécie de um arquivo atualizado na Câmara, onde tenho sempre o desenho novo, para que no final da obra, a documentação que está na obra e a que está na Câmara seja igual.

Alexandre Calhau: Em média, quantos projetos entram em processo de licenciamento por ano aqui na Mota-Engil?

Arq. José Ribeiro: Nós não somos um gabinete de projetos. Nós somos uma empresa de construção. Temos uma área imobiliária que meterá dois, três grandes projetos por ano. Às vezes também fazemos licenciamentos, o departamento de arquitetura de uma empreiteira. Mas por norma, os grandes projetos, mesmo os da empresa, são entregues fora. Mas eu diria que três, quatro projetos grandes, porque os nossos projetos são de grande dimensão. Mas a obra pura e dura da arquitetura que nós fazemos, a maior parte são feitas por terceiros. São donos de obra que esses sim, ou gestores de

empreendimentos, imobiliários, investidores, que produzem o projeto. Aqui, o arquiteto, muitas das vezes, não é o arquiteto do gabinete de projeto, é o arquiteto que está na frente de obra. E nestes nossos projetos em estaleiro, têm 3, 4, 5, às vezes 10 arquitetos na equipa.

Alexandre Calhau: A verificação automática já entrou, de alguma forma, nos projetos aqui desenvolvidos? Ou seja, se estas novas ferramentas que começam a existir no mercado, que permitem verificar, por exemplo, certas regras geométricas são usadas?

Arq. José Ribeiro: Não.

Alexandre Calhau: Já experimentaram alguma coisa?

Arq. José Ribeiro: De regras geométricas, de verificação regulamentar, não. Temos como plataforma estabelecida, o Revit. Temos o Revit muito bem desenvolvido e muito bem organizado, mais para a nossa área, focada no projeto de execução e na execução da obra. Normalmente o que nós fazemos é, ao recebermos projetos com modelos, a gestão da execução e a extração de quantidades para a faturação. Muitas das vezes, introduzimos parâmetros dentro dos modelos, que nos permitem automaticamente, através de um software que nós desenvolvemos, chamado BIMViewer, acompanhar a execução da obra.

Alexandre Calhau: A IA já entrou no escritório?

Arq. José Ribeiro: Sim.

Alexandre Calhau: E em que moldes?

Arq. José Ribeiro: Em vários. Na criação, por exemplo, destes automatismos dentro do Revit. Nós temos uma série de Dynamos criados. Na programação, que nós fazemos de *plug-ins* para dentro do Revit. E vai até ao acompanhamento de reuniões, e à gestão das reuniões automáticas. Ou nas simulações, nos *renders*, que também vamos fazendo. Nas diversas áreas em que ela está mais ou menos implementada, nós vamos estando atentos e implementamos, sim. Temo-la instalada automaticamente dentro do Teams.

Alexandre Calhau: De um modo mais abrangente, quais são os aspetos mais fáceis a serem reprovados quando o projeto vai a licenciamento?

Arq. José Ribeiro: Por exemplo, eu acho que devia haver uma versão externa da plataforma de licenciamento em que eu conseguisse, quando estou a fazer a implementação, ou a submissão do processo, eu pudesse fazer essa verificação antes. Devia haver uma versão interna e uma versão externa dessa plataforma para eu pré-*checkar* o meu projeto. Mas há

muitas verificações que eu não sei muito bem como vão *checkar* porque não são só da arquitetura. Acho que vai ser um tema muito difícil. Mas, por exemplo, o processo que entra neste momento para a verificação da segurança contra os incêndios é submetido e pode ser uma entidade de qualquer parte do país a fazer análise. Já não é obrigatório ser uma verificação regional. Posso ter os técnicos da minha região ocupados e haver um técnico noutra zona que pode olhar para aquilo com calma e fazer a análise do processo.

Alexandre Calhau: Já deu algumas respostas, mas o que mudaria no processo de licenciamento atual?

Arq. José Ribeiro: Acho que deveria haver uma uniformização e uma simplificação. Os *templates* deviam de ter apenas uma verificação e nós quase que numa assinatura digital dentro da plataforma barrear tudo.

Alexandre Calhau: Usam modelo IFC nos vossos projetos?

Arq. José Ribeiro: Sim.

Alexandre Calhau: E quais são os principais problemas do IFC?

Arq. José Ribeiro: O problema maior é a falta de informação quando criamos o IFC. Infelizmente, ou felizmente, porque tem que haver liberdade de escolha, cada gabinete de arquitetura e de engenharia trabalha com plataformas diferentes. Depois, nós temos que migrar para dentro dos modelos BIM, normalmente modelos híbridos, e passamos alguma dificuldade para extrair informação deles ou de os usar integrados com as nossas plataformas. Eu acredito que o IFC deveria ser uma plataforma muito mais bem desenvolvida e mais inclusiva de informação para que todos depois pudessem lá beber a informação que os diversos softwares usam.

Alexandre Calhau: A seu ver, como é que estas ferramentas de verificação deveriam funcionar?

Arq. José Ribeiro: A única coisa que acontece é que teoricamente um técnico da Câmara não tem sequer que olhar para o interior do edifício. É responsabilidade do arquiteto a compartimentação interior. Agora, por exemplo, uma das condicionantes que os PDMs têm é que cada PDM é feito por um técnico externo em diálogo com técnicos internos, e em que cada gabinete de planeamento que faz um modelo têm uma filosofia por trás diferente. Por exemplo, o Porto tem um regulamento em que define áreas máximas de implementação e mínimas de impermeabilização. Mas do outro lado do rio, em Gaia, não tem índice de

impermeabilização. O PDM do Porto não tem reserva agrícola, mas os PDMs dos vários municípios do interior já possuem. Como é que um modelo pode ser verificado? Ou vamos ter uma plataforma única que não verifica isso, ou vamos ter que standardizar os PDMs, e ambas soluções criam N problemas. Não sei qual vai ser o caminho, porque tentar criar um debate nacional sobre os PDMs parece-me irreal, mesmo que fosse uma regionalização dos PDMs.

Alexandre Calhau: Já abordada anteriormente, pergunto sobre a uniformização das plataformas de submissão de projetos. Acredita que deveria ser uma única no país ou cada município deveria desenvolver a sua própria plataforma?

Arq. José Ribeiro: A plataforma deveria ser geral, única e com os mesmos requisitos em todos os aspetos, porque a linguagem da arquitetura e da engenharia também deve ser única. Pilar é pilar, viga é viga, porta é porta, alçado é alçado. Agora, parece-me que caminhamos para uma versão muito genérica de verificação automática e, por trás, estará um técnico a fazer a avaliação a algumas questões que o município tenha de particular.

Alexandre Calhau: Existem os regulamentos nacionais, mas cada Câmara tem o seu PDM.

Arq. José Ribeiro: Claro. Uma verificação automática para cada PDM, para cada detalhe, acho que não.

Alexandre Calhau: Para que a verificação de regras funcione, o modelo terá de respeitar um método de representação específico. Quais serão as principais mudanças no processo de modelação e até trabalho?

Arq. José Ribeiro: O que nós fazemos agora, muitas vezes em 2D, é entregar uma peça editável em que possa ser inserida a informação em falta e ver se faz um match com a informação exigida ou fornecida. E é bastante fácil automatizar isso. Existem alguns mecanismos que ajudam aqui e ali no processo de projeto. Mas a uniformização era a prioridade, para que as regras que me pedem, independentemente do município, sejam as mesmas.

Alexandre Calhau: Que dificuldades antevê na implementação do licenciamento automático?

Arq. José Ribeiro: O processo devia começar pela standardização, uniformização e simplificação. São os três chavões. Exigirem várias vezes o mesmo documento não faz sentido. Depois de começamos por aqui, a maturidade destas plataformas também ainda

não é transversal ao território, e vai ser um problema. Não faz sentido nenhum, ainda em Portugal, dizer que se vai exigir modelos BIM em 2030. Quando o que temos agora, mesmo nos grandes gabinetes, saem projetos com muito má qualidade e descoordenados, porque o nível de complexidade é muito grande, mas o 2D ainda é, se calhar, a cota de 85% ou 90% dos projetistas portugueses. A partir daí, ou isto arranca numa fase em que o 2D é possível, através do DWFX ou de outra forma, e depois entram os modelos, ou se começa, como em Singapura, a exigir modelos apenas nas obras públicas, mas mesmo nas obras públicas é complicado. Muitos dos arquitetos que têm gabinetes de arquitetura, se a Mota-Engil os quiser contratar para fazer um projeto e exigir-lhes que têm que fazer um modelo em Revit, muitos deles dizem que não fazem, ou vão contratar um *outsourcing*. Contratam alguém que domina os programas.

Alexandre Calhau: Com a introdução deste sistema de licenciamento automático, o que é que acha que mudaria no contacto com os vários setores da AEC?

Arq. José Ribeiro: Eu acho que facilitaria tudo. Permitia organização documental. Logo isso, é uma grande vantagem. Por exemplo, agora temos um modelo BIM, e dentro desse modelo temos folhas. Fazemos extração delas para sair as peças desenhadas de um projeto. O modelo, no minuto seguinte a essa extração, continua a ser usado para trabalho. E é preciso fazer um backup, uma fotografia daquele momento, para que quando eu quiser voltar atrás, por exemplo, a um aditamento, eu saber exatamente o ponto e o estado em que o município viu o meu trabalho. A gestão documental que as câmaras têm, que exigem já os processos metidos nas gavetas deles, com essas submissões, que depois deixam que o arquiteto consiga acedê-las, mesmo que seja só em versão digital, e ter essa fotografia processual da comunicação interna de técnicos, já é muito bom. E muitas não têm nada, têm zero. A gente chega lá, olha para um portal que não tem nada. E depois acho que é aprender com as boas práticas. Ver quais são os municípios que estão a funcionar melhor, nem que seja por inquérito, e tirar as boas práticas. Ou começar com um município piloto, que esteja tecnologicamente aberto a estas plataformas, com projetos piloto. Chamar grandes gabinetes de arquitetura e de engenharia, que têm grande produção e têm automatismos internos, pegar numa câmara de um município grande, onde entram muitos projetos por ano, e fazerem projetos piloto. Quais são os entraves? Como é que funcionou? O que é que isto trouxe? Melhorias? E a partir daí, criar a plataforma, implementá-la e fazê-la proliferar pelos municípios. Se for feito de forma independente, um faz de uma maneira, outro faz de outra, é o caos, não sai nada. Também acho que isto devia ser uma plataforma

sempre em evolução, devia estar sempre a ser atualizada. E que funcionasse. Que depois não estivesse sempre offline, que bloqueasse a meio da submissão de processos.

Alexandre Calhau: Num valor mais percentual, quantos de vossos fornecedores ou equipas de colaboração usam ferramentas de modelação inteligente?

Arq. José Ribeiro: Eu diria que já é uma grande, porque nós exigimos. Nós é que já estamos a fazer o contrário. Nós já só queremos trabalhar com quem tem a plataforma. Quando começamos um projeto e definimos os requisitos BIM, nós vamos atrás dos projetistas que têm BIM implementado. E isso é que é um alerta, que os gabinetes de arquitetura e de engenharia têm que ter, que os promotores imobiliários já têm o BIM Execution Plan preparado em fase de arranque de projeto e que já têm consultores BIM em fase de arranque de projeto. Estou-me a lembrar de um projeto, que se calhar é o que tem maior maturidade BIM em Portugal, a Sede da Fidelidade em Lisboa. Tem no gabinete de projeto um gestor BIM, que fez exigências BIM desde o primeiro dia ao empreiteiro. Entregou-nos o modelo com o relatório dos problemas que ainda tinha, e que nós estamos a implementá-lo na obra, e vamos entregá-lo ao gestor do Facility Management no fim, para ele gerir o edifício. Agora, é um exemplo, ainda é muito pouco.

Alexandre Calhau: Normalmente as câmaras recebem os projetos em formato CAD, mas se recebessem em formatos de modelação inteligente, teriam a capacidade de gerar um repositório tridimensional, algo que pudesse também depois ser extraído por outros, que estão a atuar no mesmo município. O que é que acha que as câmaras deveriam conseguir fornecer a mais?

Arq. José Ribeiro: Isso é algo que era muito interessante acontecer, porque por exemplo, nós neste momento temos que publicitar a obra. Temos que meter um aviso a dizer “este projeto foi submetido”. Se o projeto ao ser submetido fosse logo automaticamente colocado em modelo 3D, numa plataforma X da câmara, alguém dele via, podia consultar o site e já sabia o que é que se estava a propor fazer. Em vez de ter que ir meter um requerimento e pedir um agendamento para ir consultar um processo. Devia ser uma solução aberta, de consulta. Acho que sim.

Alexandre Calhau: Acredita que estas implementações de BIM, deste processo de licenciamento automático e até de verificação seriam mais vantajosas?

Arq. José Ribeiro: Sim, claramente. Agora, também acredito que o prazo vai demorar. Eu tenho um exemplo que é prático comigo. Quando eu comecei a carreira, o gabinete de

arquitetura desta empresa era cheio de estiradores. Não tinha um computador CAD. Eu comecei com o meu. Demorou 15 anos para que o último técnico da sala de desenho saísse do estirador para o CAD. O Revit é uma mudança de paradigma novamente. A passagem do 2D, de uma linha ordinária para uma parede composta que tem informação. Essa mudança nos técnicos é um dilema que vai demorar outros 15 anos. E o problema dos 15 anos é: quando é que se começa? Em 2009 começou na Mota-Engil. Mas já passaram esses 15 anos e nós ainda temos cá os técnicos de CAD, que são técnicos muito bons, que pegam num hospital, num hotel, em qualquer tipo de obra e conseguem geri-la, mas não mexem na plataforma. E tem que ter ao lado um arquiteto mais jovem que faz o modelo e é esta mudança geracional que está a acontecer. Eu tenho um jovem que mexe na ferramenta e que não percebe a obra e tenho um técnico de obra que não percebe a ferramenta. E temos que tentar juntá-los. É esta mudança que está a acontecer.

Alexandre Calhau: Que tipo de questões é que faria o licenciamento não ser totalmente automático? Ou seja, que pontos é que acha que a ferramenta não deve ou dificilmente conseguirá verificar?

Arq. José Ribeiro: Não deve, pois existem critérios abstratos e temos a questão arquitetónica. Da forma e da liberdade que é dada ao mesmo tempo.

Alexandre Calhau: E acha que a modelação inteligente mudará antes mesmo de algum tipo de entrada deste licenciamento automático?

Arq. José Ribeiro: Acho que a modulação inteligente vai entrar pela via da IA e já está a entrar para dentro dos softwares. Quase que pode ter modelos comparativos. Muitas vezes diz-se que os arquitetos têm uma linguagem própria. Se a IA conseguisse beber a base de dados do arquiteto e desse sugestões novas era perfeito. Quer queiramos, quer não, os arquitetos têm alguns standards, não estão todos os dias a inventar pormenores de rodapés e a tipificação ou uma ajuda no modelo pela IA não me causa problemas. Já se nota isso nas famílias de alguns gabinetes de arquitetura. Chegam os modelos cá e a gente vê que são empresas que investiram numa organização interna que lhes facilita depois o *output* do projeto. Acho que a IA vai entrar mais rápido nos gabinetes do que nas câmaras. Infelizmente.

Alexandre Calhau: Deverão haver guias de modelação e utilização das ferramentas de verificação?

Arq. José Ribeiro: Acho que para a verificação sim. Para a modelação não. Eu não gosto que o software não me deixe fazer o que eu quero. O software tem de me permitir criar os meus protótipos e as minhas bases de dados de informação, até de projetos anteriores. Eu lembro-me de estar a fazer um projeto com arquiteto Siza em que eu lhe digo "olha, falta este pormenor" e ele disse "vai tirar uma cópia do pormenor da outra obra" e acho isso perfeitamente exequível.

Alexandre Calhau: E para terminar, qual é que é a sua opinião atual sobre o que poderá ser este licenciamento automático?

Arq. José Ribeiro: O meu desejo era que fosse a tal plataforma única, standardizada, mais simples e intuitiva. Que nós conseguíssemos dialogar bem com ela tanto na entrega como na gestão depois de consulta, que começasse de uma forma básica e pudesse ir evoluindo com o tempo, para dar tempo à adaptação. Porque se estivermos sempre à espera da melhor versão é como eu estar à espera de comprar o melhor computador que existe, nunca o compro. Estão sempre a sair versões novas. Deveria haver um debate nacional, para que as várias entidades fossem ouvidas e haver uma empresa profissional por trás a gerir esse processo, que não pode parar nunca. Não há aqui um caderno de encargos a dizer "está aqui a plataforma, está entregue". Isso não existe porque as plataformas têm que estar sempre a ser atualizadas.

Alexandre Calhau: É tudo, muito obrigado.

Arq. José Ribeiro: Obrigado eu.

Entrevista a ativo da investigação em contexto académico

A escolha de um elemento ligado à investigação em contexto académico teve como objetivo compreender os desenvolvimentos científicos e tecnológicos relacionados com os sistemas de verificação e licenciamento automático. Pretendeu-se identificar o estado atual da investigação, as soluções que estão a ser desenvolvidas, as soluções que já estão no mercado e os desafios que ainda condicionam a aplicação destes sistemas ao nível da arquitetura. Ainda se salientou as alterações que poderão ser necessárias no ensino da arquitetura, bem como os principais problemas associados à modelação e aos métodos de trabalho atualmente utilizados em Portugal, nomeadamente ao nível da organização da informação, interoperabilidade e normalização dos modelos BIM. O seguinte texto representa a entrevista ao Eng. João Poças Martins, Professor na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, realizada no dia 3 de setembro de 2026. Os intervenientes foram:

Alexandre Calhau de Pinho

João Poças Martins

Alexandre Calhau: Eu começo por perguntar quais é que são os principais problemas atuais no processo de licenciamento?

Eng. Poças Martins: Se for assim para ser curto, eu diria imprevisibilidade. Portanto, temos um risco grande, a imprevisibilidade gera riscos, essa variabilidade é parte do problema, portanto esse é o primeiro ponto. Segundo ponto, a reduzida transparência. Nós não sabemos exatamente porquê que algumas decisões são tomadas antes de o serem. Terceiro ponto, obviamente, a demora que é conhecida e está estabelecida. E o quarto ponto que eu queria acrescentar aqui também, a fragmentação de regras. A nível municipal temos diferentes realidades, em 300 e tal municípios que temos em Portugal, isso causa problemas para as empresas, claro.

Alexandre Calhau: E há quantos anos estuda este tema do licenciamento automático?

Eng. Poças Martins: Vinte e qualquer coisa. Eu fiz o meu doutoramento sobre este assunto em 2009, foi quando eu terminei o doutoramento, mas naturalmente já estava a trabalhar nisso, mas comecei o doutoramento nesse tema. Portanto, eu ia dizer 20 anos, porque foi mesmo em 2006 que eu comecei a trabalhar com isto.

Alexandre Calhau: E a modulação inteligente, acha que deve ser uma matéria dada em contexto de sala de aula ou é algo que tem que ser da vontade do aluno?

Eng. Poças Martins: Eu em arquitetura sei que há uma tradição de não serem explicadas ou não haver muitas unidades curriculares especificamente sobre o funcionamento. Eu sem dúvida nenhuma diria que é muito importante que os conteúdos BIM sejam incluídos nas aulas. Prioridade, naturalmente, para as abordagens Open BIM, portanto agnósticas relativamente às ferramentas, mas, e esta é parte do choque com a realidade, nós não conseguimos fazer tudo com ferramentas Open BIM. Eu vou dar o meu exemplo, porque eu sou o responsável por várias unidades curriculares na FEUP em que trabalhamos com software. Eu acabo por usar software comercial que tenho de escolher e, portanto, obriga-me a uma escolha. O Open BIM é tranquilo porque não é uma escolha, mas uma ferramenta comercial é sempre uma escolha e a maneira como eu abordo é escolher a ferramenta com a qual vamos trabalhar em determinado projeto, mas preparo tutoriais sobre essa ferramenta. E acho que é uma boa maneira porque são muito aplicados aos trabalhos que vou fazer em aula. Agora, eu não dou aulas sobre modulação de paredes no Archicad ou no Revit, mas tenho um tutorial que os alunos podem seguir fora de aula. Acho que tentamos incluir BIM nos conteúdos anuais, no programa, no plano de aulas. Nós fazemos isso na FEUP em vários pontos, não só numa unidade curricular. Portanto, nós temos unidades curriculares, desde o primeiro ano, como desenho técnico em que já fazemos qualquer coisa com o software. Depois, no terceiro ano, fazemos outra coisa qualquer, aí já mais aplicada a uma cadeira técnica, a tecnologia das construções. Só no primeiro ano do mestrado é que nós temos uma cadeira chamada BIM na Engenharia Civil em que são dados os fundamentos teóricos. Os fundamentos teóricos têm a ver sobretudo com os processos, é a parte mais importante, e uma pessoa não consegue estar a explicar processos de construção e de projeto a estudantes que estão no primeiro ano. Não sabem o que é um projeto, não sabem o que é obra, não sabem o que é uma fiscalização. E, portanto, essa parte mais teórica sobre o BIM, temos de o fazer mais tarde.

Alexandre Calhau: Tendo uma plataforma que faz a verificação, quem é que seria destacado para fazer a codificação? Seriam as próprias câmaras, ou teriam de contratar alguém externo? Ou quem é que seria a melhor solução?

Eng. Poças Martins: Ou seja, há a tal PEPU, a Plataforma Eletrónica para Procedimentos Urbanísticos, e isso é desenvolvido a nível central pelo governo. Para resolver o problema da fragmentação que eu tinha referido, eu acho que faz sentido fazer isto a nível central. E

nem sequer é verosímil que isso seja feito ao nível das câmaras, a não ser que queiramos agravar o problema da fragmentação, porque a maior parte das nossas câmaras do país são minúsculas, e não há hipótese nenhuma de terem capital suficiente para desenvolverem uma plataforma própria para licenciamento automático. Isso é impensável.

Alexandre Calhau: Ainda fará sentido traduzir a legislação em código através dos atuais programas de verificação, ou deverá o foco passar para ferramentas IA?

Eng. Poças Martins: A resposta curta é Inteligência Artificial. A resposta um bocadinho mais justificada é: nós temos dois caminhos possíveis. Uma vamos chamar de *rule-based* e outro de *data-driven*. *Rule-based* é a programação tradicional. Foi aquilo que eu fiz na minha tese de doutoramento. Era o que havia na altura. Se isto, então aquilo. Isso é um software de verificação automática tradicional. Eu vou dar-te uma teoria desenhada por mim, mas é teorizada porque eu trabalhei nessa área, investiguei nessa área. Eu divido esta parte do licenciamento automático em três eras. Uma primeira era pré-open BIM, antes de haver IFC, que é mais ou menos tudo o que acontece até por volta do ano 2000. Não havia IFC e havia muitas aplicações e abordagens pré-BIM. Isto é uma realidade. A segunda era, que começou mais ou menos nessa altura e que está a acabar agora, são as *rule-based*, em que a programação é tradicional, nós definimos as regras, codificamos as regras e obtemos os resultados. Isto tem uma vantagem muito clara que é, os resultados são bastante auditáveis, portanto se o meu projeto é chumbado porque eu não tenho uma válvula num sítio qualquer, o meu software diz-me exatamente isso e eu posso abrir o programa, e de facto não está lá a válvula, muito bem, eu entendo o que lá está escrito. Essas são as vantagens. A desvantagem que nos vai conduzir para a terceira era é que isto é extremamente vulnerável a erros de projeto, quer involuntários, quer voluntários. É um problema adversarial, em que no fundo nós vamos ter agentes que, ou por incompetência, negligência ou malícia, vão introduzir areia no processo e vai chegar ao fim e vamos ter um resultado que não é aquilo que deveria ser. Exemplo. Cércea. Como é que é eu meço a cércea de um edifício? Se eu fosse num sistema *rule-based*, eu ia procurar a cota do elemento mais alto ou a cota mais alta do elemento que se chama cobertura, ia escolher essa definição de cércea e aquele ponto z ia ser comparado com o valor limite que existe no PDM e verificasse se o z do meu projeto é maior do que o z do PDM. Parece muito lógico. Ele dá um resultado. O z é igual ou menor, passa. O z é maior, chumba. Agora, vamos imaginar que eu sou um projetista muito vigarista, ok? Eu quero que o meu projeto passe e dava muito jeito trapacear, pois ganhava ali um espaço muito grande. Eu quero enganar o sistema. O sistema tem de medir a cota mais alta de um elemento de telhado e se estamos

a usar o Open BIM, um elemento de telhado é um IFC Roof. O que eu posso fazer é classificar de forma errada o elemento de cobertura e atribuo-lhe outra coisa qualquer. Por exemplo, IFC Tree, uma árvore. Obviamente, isto não resiste a uma análise visual. Eu olho e não há árvore nenhuma, mas isto derrota um sistema *rule-based*. Este exemplo que eu estou a dar é uma caricatura, mas há muitos outros deste género. Portanto, eu posso vigarizar o meu modelo de uma forma que não é visível, mas que depois traz consequências em termos de avaliação automática. Entra então a terceira era, da inteligência artificial. Nós não percebemos muitas vezes exatamente porque é que a inteligência artificial faz o que faz, porque ela não segue exatamente regras bem definidas, o que é uma desvantagem em termos de explicabilidade do resultado, e do resultado não ser auditável, mas, simultaneamente, como os resultados têm esse lado imprevisível, também é mais difícil eu enganar o sistema. Em primeiro lugar vou dar vários exemplos de edifícios ao meu sistema de inteligência artificial. O sistema de *machine learning* aprende com os exemplos. A certa altura ele vai começar a inferir regras mesmo que eu não as tenha explicado formalmente. Isso torna muito mais difícil enganar o sistema. Um sistema deste género tem a possibilidade de apanhar algumas destas vigarices, como também tem o potencial de falhar. Porque nós não sabemos às vezes o que é que a máquina está a avaliar. Ao dar-lhe cinquenta exemplos é possível que os exemplos que eu tenha dado como aprovados tenham em comum uma coisa que não tem nada a ver com coberturas. Por acaso, todos tinham um vaso à janela. Isso é que era o que eles tinham em comum e eu não reparei nisso, mas o software vai começar a ver que todos os edifícios com o vaso à janela são qualificados como aptos. E temos um resultado que nenhum humano compreende, mas que para a máquina é perfeitamente lógico. Concluindo, inteligência artificial é necessária. Se quiser ser mais completo, seria uma combinação que permita ter a previsibilidade de um sistema *rule-based* com uma verificação suplementar de *machine learning*. Essa seria provavelmente a solução com a qual eu me sentiria mais confortável e nenhuma destas coisas deve ser feita de forma absolutamente automática sem o *human in the loop*. Este é um princípio que a União Europeia tem para os sistemas de inteligência artificial. As máquinas não devem decidir coisas sozinhas e as máquinas não devem substituir os humanos. Podem suplementar o trabalho dos humanos, mas é preciso ter um humano a responsabilizar-se pelo resultado.

Alexandre Calhau: Eu ia perguntar como evitar a batota do sistema, mas acho que já está respondido. A linguagem de classificação das propriedades deveria ser um formato único, ou acredita que devido a softwares diferentes poderia haver aqui alguma abertura?

Eng. Poças Martins: Eu acho que tem que ser BIM aberto e BIM aberto quer dizer IFC. Vou dar um exemplo mais conhecido e mais bem-sucedido que é o de Singapura. Eles já chegaram à conclusão que o IFC é formal, mas é flexível, portanto, o esquema IFC pode ser estendido com propriedades adicionais. E há propriedades adicionais que são necessárias para fazer algumas verificações automáticas. Então na Singapura eles acrescentaram a tal extensão que passou a chamar-se IFC+SG. E esse IFC+SG inclui um conjunto de outros parâmetros que são necessários para as verificações que localmente eles precisam. A minha resposta é formato aberto de IFC com suplemento formal das propriedades que forem exigidas para a verificação automática. Porque a alternativa a essa especificação formal é utilizar os Custom Property Sets do IFC para escrevermos o que nos apetecer. O que é muito flexível, mas depois também é complicado para conseguir garantir alguma qualidade da verificação automática. Era preciso que a entidade responsável após a definição destas regras, que seria central no caso português, certamente, ter de especificar um conjunto de propriedades adicionais quando e se forem necessários. Seria o IFC PT.

Alexandre Calhau: Para atribuir esta nomenclatura de classificação, era preferível termos um guião que nos diz que nome é que devemos usar ou algo mais automático?

Eng. Poças Martins: O automático é mais interessante. Eu tenho a certeza que se alguma coisa deste género avançasse, se isto não fosse definido pelo governo, era definido pelo mercado. O mercado criaria esse tipo de ferramentas e *plug-ins* para o Revit, para o Archicad e tudo mais. É, portanto, preferível. Eu gosto muito do exemplo de Singapura porque é o nosso exemplo melhor documentado e mais antigo. Houve um grande ímpeto quando foi lançada a versão original em 2003 ou perto dessa data, em que iria ser tudo automático, mas já lá vão 20 anos e nada. Estamos em 2026 e eles recuaram tudo. Retiraram a verificação automática, sem anunciar que isso tinha de ser feito, fizeram o CORENET X e foram muito mais cautelosos. Agora fazem algumas verificações, que vão sendo anunciadas, e mantêm os humanos. Os humanos intervêm explicitamente e têm acesso a veto, porque há coisas que de facto dependem de justificação humana. Nós enquanto humanos conseguimos atribuir exceções à regra quando se justifica e em alguns casos ao contrário, porque percebemos que há ali alguma coisa que não está bem e dizemos ao sistema automático. Eu sou a favor de ter o *human in the loop*, poder e dever ser responsabilizado e poder vetar a decisão.

Alexandre Calhau: E que tipo de questões é que fará o licenciamento não ser totalmente automático?

Eng. Poças Martins: Nós temos vários tipos de regulamentos neste momento. Dentro de cada regulamento nós temos vários tipos de provisões que são sujeitas a verificação. Algumas são verificáveis, e não há problema, há outras que não são. Existe um artigo do Eastman em que ele faz uma configuração por classes das questões em que dá ou não para verificar. Ele fala em quatro classes. A classe 1 são aquelas que são explícitas, essas são muito fáceis, que são aquelas que dependem da verificação direta de um parâmetro. Por exemplo, nos pilares, é fácil calcular as dimensões que são exigidas. O que o programa vai procurar é a propriedade onde está inserido esse valor. É direto, é simples. A segunda classe obriga uma extensão, que pode ser, por exemplo, uma distância. Não há nenhum parâmetro no modelo que diga a distância entre pontos, ou seja, isso tem que ser inferido, em que em alguns casos isso obriga alguns cálculos. Depois a terceira classe não me lembro exatamente a diferença, mas sei que a quarta classe obrigava uma prova de solução. Na altura em que isso foi escrito, foi anterior à inteligência artificial, aos LLMs, aos Chatbots, etc. Enquanto uma criança conseguia compreender, a máquina não. Dando o exemplo da altura da utilização tipo na segurança contra incêndios para edifícios. O que é que é a altura da utilização do tipo? Não é a altura do prédio, é uma altura que é medida a partir do local de mais fácil ou de menor distância de acesso, que é basicamente onde é que o carro de bombeiros pode estacionar para conseguir chegar a todos os pisos. Isso obriga alguém a conseguir imaginar, olhando para a planta, onde é que o carro de bombeiros consegue estacionar, de acordo com o desenho do prédio, da via, etc. Essas são mais difíceis, teoricamente. Portanto, há aqui uma gradação desde o possível até o mais difícil. E eu diria que todas estas calham dentro do verosímil. Por mais difícil que seja, eu consigo fazer todas estas automaticamente. Há dois tipos de coisas que eu não consigo fazer automaticamente de forma razoável. Primeira, aquelas que não são objetivas. Há aspetos que não são objetivos, que incluem, no caso das águas, permita-me vir aqui para a área em que eu estou mais confortável de me lembrar das coisas que estão escritas nesse regulamento. No caso das instalações prediais, dizem-nos que o contador deve ficar próximo da entrada e em local de fácil acesso. É este o texto que está na legislação. Boa sorte para explicar isto a uma máquina. Ele até pode saber o que é um contador, mas não sabe se é fácil chegar lá e perto também é subjetivo. E é para estas coisas que o *machine learning* é útil porque pode aprender. Ela não sabe o que é perto, mas junto ali uma comissão de peritos e vão dizendo perto, longe, perto, longe, perto, longe e a máquina a certa altura começa a tomar a mesma decisão que nós. Nós nunca conseguimos fazer uma verificação perentória. Podemos fazer uma verificação provisória, mas não podemos automatizar completamente porque a máquina diz que é longe, mas eu acho que é perto.

A segunda são as situações em que as coisas são fazíveis tecnicamente, mas são inviáveis por serem injustas para o modelador. Mais um exemplo da área das águas. Há uma provisão que é de absoluto bom senso, em que uma instalação hidráulica não pode passar por baixo de elementos da fundação. Isto é fácil, tecnicamente, de fazer essa verificação. Agora, não é justo estarmos a obrigar o projetista de águas e esgotos a fazer um modelo que inclua sapatas só para verificar se o tubo passa por baixo da sapata. Portanto, esta última regra não é uma dificuldade técnica do sistema de modelação, é um problema do processo.

Alexandre Calhau: Que dificuldades antevê na implementação deste tipo de licenciamento?

Eng. Poças Martins: Imensas. Eu dou uma aula só sobre este assunto e vejo sempre três fatores de onde podem vir dificuldades. Um é sobre os regulamentos. Os nossos regulamentos não são feitos para serem verificados por máquinas. Portanto, seria preciso limar as dificuldades associadas aos tais, aos regulamentos que eu disse que eram não verificáveis. Coisas subjetivas era bom acabar com elas. Coisas inviáveis era preciso também acabar com elas, mas olhar para isso dentro de um contexto macro. Portanto, se todas as especialidades tiverem de ser entregues, de repente aquilo que eu disse que era inviável se calhar já não é inviável. O segundo é a tecnologia. Não temos problemas de hardware, mas temos problemas de software. Não temos nenhum software que faça a verificação automática total, é preciso que alguém um faça. Já existe software *rule-based*, como o do Solibri Model Checker. Funciona, é amplo, a minha tese de doutoramento foi desenvolvida com o Solibri, mas é vulnerável a ações propositadas ou não. Portanto, falta o software de IA. Não tenho grandes dúvidas que isso vai avançar agora em grande força, mesmo ainda não estando disponível no mercado. O último fator é o modelo. Há modelos bons e modelos maus, nem toda a gente vai conseguir entregar modelos bons. Temos modelos mal feitos, com propriedades e classificações erradas, mas que eu ainda consigo extrair conteúdos e vamos ter modelos em que, mesmo bons, como o sistema de verificação é muito sensível não vamos conseguir obter uma avaliação correta.

Alexandre Calhau: Por onde é que começaria a implementação destes sistemas? Quais são as urgências a resolver?

Eng. Poças Martins: Temos de agir em várias coisas ao mesmo tempo. Talvez as formações. As empresas em geral não estão preparadas para a realidade do BIM. Muitos ainda fazem uns cursos, ou seguem uns tutoriais, mas não chega. O país é muito desigual,

e tanto os escritórios como as câmaras estão muito atrasados, em aspetos diferentes. Temos de aprender com os erros que os outros cometeram, aprender muito com o caso de Singapura, e ser muito cuidadosos na abordagem que vamos ter. Temos de prometer muito pouco. Manter o processo manual ao lado do automático até que consigamos confiar na máquina e só depois começarmos a adotar aos poucos, regra a regra. Portugal não vai conseguir acertar à primeira, onde todos os outros países falham há 20 anos.

Alexandre Calhau: Como formar os arquitetos a não responderem à máquina, mas ao cliente e ao programa?

Eng. Poças Martins: Eu percebo algumas dificuldades, sobretudo plásticas, e as dificuldades maiores acontecem com a geometria. A geometria e a modulação de geometrias complexas são um fator de grande dificuldade. Nós não temos ainda uma solução brilhante para esculpirmos rapidamente peças. Fazemos paredes, pilares, lajes. As ferramentas que já temos são ótimas e resolvem os problemas quase todos. O problema grande acontece quando temos peças que não têm geometria regular e aí, de facto, as nossas soluções não são extraordinárias. São mais difíceis, pelo menos. Também é preciso comparar com o que era a realidade antes, em que nós fazíamos uma representação geométrica imperfeita da realidade, que depois era resolvida em obra. O encarregado em obra teria de fazer a interpretação da intenção de projeto do arquiteto, normalmente. Nesse aspeto é uma comparação quase injusta, porque estamos a comparar uma tecnologia que é extremamente exigente, mas rigorosa, com uma outra tecnologia milenar do desenho tradicional, pode ser com papel e caneta ou pode ser com AutoCAD, que é muito mais tolerante a imperfeições, a erros, a incerteza. Se quiséssemos ser absolutamente justos nessa comparação das duas coisas, diríamos que também vale modelos de BIM de muito baixo nível de desenvolvimento, que permitam uma geometria apenas aproximada, e em vez de desenharmos um arco com não sei quantos pontos, podíamos desenhar um arco qualquer de uma biblioteca e dizer que aquilo é um nível de desenvolvimento baixinho, e viver com isso. Essa é a parte plástica do problema. Depois temos uma dificuldade muito grande, que muitas vezes os engenheiros e arquitetos gostam menos, que é toda a parte documental do processo, a preparação das peças escritas. As exigências, especificamente as exigências de requisitos BIM, são muito difíceis. Um caderno de encargos que inclua BIM é hoje em dia uma coisa com uma extensão imensa. É muito difícil que um engenheiro e um arquiteto trabalhe com BIM, sem ter uma formação adicional muito forte na área dos processos BIM. Ou seja, que saiba muito sobre a ISO19650, por exemplo. Ou que saiba de BEPs, saiba de EIRs. é uma formação adicional. Nesse sentido, eles têm de responder à

máquina. Não há hipótese nenhuma. Nós não temos nenhuma solução que não seja responder à máquina. O BIM tem exigências suplementares. Não dá para funcionar numa tecnologia não mudando as competências e as práticas de trabalho. É exigente.

Alexandre Calhau: Que outras portas este tipo de automação pode abrir?

Eng. Poças Martins: A modulação, para já, reduz brutalmente o risco, porque a informação está lá toda e é rigorosa. Já não existe o corte que falta, ou do corte A que não bate certo com a planta B. Isso deixa de existir. Essa quantidade de informação e esse rigor da informação que é garantida pelo próprio processo, esse repositório de informação é riquíssimo. E abre-nos muitas portas, nomeadamente na fase de utilização, que tem sido o parente pobre no meio disto tudo. A gestão de edifícios em fase de utilização passa a ser também uma coisa que já é feita com uma base de informação muito mais rica. Em tudo aquilo que seja gestão de edifícios durante a fase de utilização, que normalmente é feito de uma forma muito pouco rigorosa, com pouquíssima informação, ou com desenhos de péssima qualidade, com materiais que não são especificados, com imensas incógnitas porque não há nenhum modelo, não há telas finais rigorosas, essa riqueza de informação abre a porta a uma gestão muito mais eficiente do ciclo de vida. Em segundo, porque é uma área que tem uma valorização profissional e também, já agora, científica cada vez maior, é a parte da sustentabilidade. Temos legislação e objetivos que também não estão na legislação, ligados à sustentabilidade, que, na minha opinião, os agentes da Constituição não estão particularmente cientes das exigências que aí vêm com as novas obrigações de reporte de variáveis de sustentabilidade e o BIM permite-nos ter informação, pelo menos, sobre quais é que são os materiais que estamos a usar e em que quantidades e quais é que são os impactos que esses materiais têm. Informa-nos sobre processos noutras áreas que vamos precisar de atacar com força legal.

Alexandre Calhau: Que mudanças considera prioritárias nas escolas de arquitetura e também acrescento nas de engenharia?

Eng. Poças Martins: Nós introduzimos algumas mudanças no nosso curso, já aqui na FEUP, a partir do momento em que decidimos colocar uma cadeira chamada BIM na Engenharia Civil, no mestrado de Engenharia Civil, numa posição que permite que uma grande parte dos nossos alunos acabam por fazer essa cadeira. Para ter uma ideia, no ano passado, a minha cadeira teve cerca de 85 estudantes. É uma cadeira opcional, mas que quase todos os estudantes acabaram por escolhê-la. E, portanto, deve existir, pelo menos a possibilidade de todos os estudantes aprenderem sobre o processo de BIM. Na minha

opinião, essa cadeira deve aparecer, tal como acontece na FEUP, numa fase relativamente tardia da formação. Não deve acontecer nos primeiros três anos em que as pessoas têm de estar, provavelmente, a estudar outras coisas e não têm ainda de estar muito presos aos aspetos processuais e contratuais. Mas, no fim, será necessário. Essa é a primeira alteração que eu faria em qualquer curso de Engenharia e Arquitetura. Uma cadeira desse género em fase tardia. Para o resto do curso, era interessante haver, logo no início, um contacto qualquer, que pode ser breve, e não tem de ser muito estruturado. Um contacto breve qualquer com tecnologia BIM, que no limite, até possa ter um aspeto lúdico associado. Ou seja, fazer uma cadeira, uma estrutura, um desenho de qualquer coisa. Que faça com que os estudantes saibam que aquilo existe, ganham o conhecimento de que aquilo existe, batizam a tecnologia, e passam a saber quais são as ferramentas com que se trabalha. A partir daqui, entra aquilo em que vocês, em arquitetura em particular, são muito bons, que é o desenrasquem-se. Conseguem a autoaprendizagem. Para não usar a palavra desenrasquem-se, é a autoaprendizagem. Permitir que um estudante escolha qual a ferramenta comercial que faz sentido para si, que teste, que façam as experiências, e que tenha a opção de usar essas ferramentas noutros trabalhos ao longo do curso. Ou seja, se eu sei trabalhar com o Archicad e se sei trabalhar como Revit, eu se calhar, para fazer um trabalho de projeto, vou entregar o modelo BIM em vez de entregar plantas cortes e alçados. Opcional, mas que essa possibilidade exista.

Alexandre Calhau: Deverão haver guias de utilização para este novo contexto?

Eng. Poças Martins: Para as plataformas submissão, no dia em que elas vierem a existir. Mas isso será feito por parte das entidades que as lançarem. Isso é uma inevitabilidade. Vou dar o meu testemunho, porque resultou muito bem. Eu entrei no BIM, sobretudo por via da programação. Era uma coisa que eu gostava de fazer. Gostava muito de programar. Entrei no BIM por aí. Sabia zero. Não sabia modelar. E quando comecei a dar a minha cadeira, a cadeira de BIM na Engenharia Civil, percebi que a maior parte dos meus alunos não sabiam nada e precisavam de algum apoio técnico na parte da modelação e, muito francamente, eu não a sabia dar. Ou, pelo menos, não sabia dar à altura que eles mereciam. E também percebi que dificilmente eu poderia ser muito bom a modelar em BIM quando não faço disso a minha vida. O que é que eu fiz? Criei conteúdos online. Aprendi. Criei os tutoriais. Mas percebi que isso é muitíssimo útil para os estudantes e que me poupa, em última análise, uma quantidade brutal de trabalho, porque os meus tutoriais enquadram-se muito com os objetivos que eu tenho de modelação deles ao longo do ano. Portanto, são aqueles tutoriais curtos que eu acho que os alunos normalmente gostam de

ter. Duram entre 2 minutos, máximo 10 minutos. Como é que eu modelo paredes? Inclinado, sem ser inclinado, com janela e sem janela, com camada e sem camada. Os alunos ouvem aquilo quando lhes apetece, assistem quando precisam e acho que, as universidades, apesar de tudo, e os professores devem ter alguma obrigação de produção de material pedagógico para essa área, o que é sempre uma corda bamba, porque, de repente, estão a fazer coisas para plataformas comerciais e não é essa a obrigação de um professor universitário, mas eu acho que não nos podemos demitir dessa responsabilidade de criar conteúdos pedagógicos para os nossos estudantes, que são conteúdos de modelação, em alguns casos.

Alexandre Calhau: E, para terminar, qual é a sua opinião atual sobre o que é que poderá ser este licenciamento automático?

Eng. Poças Martins: Sobre o que é que pode ser? Eu acho que a ideia geral, que é uma ideia de altíssimo nível que está na nossa legislação, eu acho que é uma excelente ideia, que é haver uma plataforma eletrónica nacional, bem documentada, com regras claras de submissão, o projetista submete, tem uma verificação expedita, semiautomática, recebe o resultado rapidamente, num tempo previsível. Para isto funcionar tem de haver um monte de coisas a funcionar bem. E quando essas coisas funcionarem bem, eu vou poder passar a ter assistentes virtuais de projeto, em que eu estou a trabalhar dentro da plataforma de modulação do meu agrado, e tenho um botãozinho no canto do meu ecrã, que me permite fazer localmente uma verificação antes de submeter, e essa verificação é um assistente de projeto. A parte boa disso é que o feedback que recebo vai evoluir quase naturalmente para ser uma ferramenta, no fundo, um *expert system*, um sistema pericial. É um *expert system* que me dá informação sobre o meu projeto, que às vezes até nem é apenas aquilo que está na legislação. Portanto, a mesma ferramenta que funciona para verificação automática, para efeitos de licenciamento automático, vai funcionar para me dar uma ideia de custos, por exemplo. Ou seja, se fizesse isto, a obra vai custar mais de 10%. Queres continuar? E essa ferramenta para um arquiteto e para um engenheiro também, mas estou a imaginar para um arquiteto, por clara maioria de razão, é uma ferramenta que acho que qualquer pessoa gostaria de ter. Porque percebe imediatamente o impacto de qualquer decisão de projeto. A resposta curta é a resposta óbvia. O que é que é? É um processo transparente, rápido. É um problema que resolve toda a fragmentação. A resposta longa é: isto vai dar origem a um ecossistema de ferramentas de apoio ao projeto que hoje em dia não temos porque temos maus modelos, porque temos processos mal definidos, etc. Temos de aprender com as experiências internacionais. Ou seja, não podemos ser inocentes e isso é

um grande erro eventualmente. Não podemos estar a fazer promessas ao mercado, aos profissionais que depois não vamos ser capazes de cumprir. E nós temos, quer na legislação quer em roteiros que são feitos em vários países e também em Portugal, promessas que não são cumpridas e não são cumpríveis. Nós temos promessas que foram lançadas ao BIM-BR e diz lá que o BIM vai aumentar a produtividade na construção entre 5% e 10%. Em Portugal, acho eu que está lá escrito no documento da estratégia que vamos aumentar a produtividade 20%. 20% de produtividade é uma enormidade. Nós não temos margens de lucro sequer próximas disto. Portanto, essa parte não vai acontecer. Não aconteceu no Reino Unido. No Reino Unido, eles quando fizeram o BIM obrigatório, eles apontaram valores de poupança que não foram atingidos e, portanto, não aconteceu também. Não aumentou a produtividade, não aumentou a poupança. E em Singapura, as conclusões que vamos tendo é, por isso é que eu gosto muito de exemplo de Singapura, porque são muito maduros no que prometem porque já prometeram tudo e não entregaram nada. Eles já não prometem sequer um processo mais rápido. Prometem é sobretudo uma maior fiabilidade no tempo, que é uma coisa importante para um projetista. Se lhes disserem que o processo X vai continuar em vigor durante um ano, ninguém gosta, mas esse tempo é cumprido, não passa de um ano, e isso entra nos cálculos e pelo menos será justo e transparente. Não é um ano para ti e um mês para o vizinho. E não há essa variabilidade que representa muito risco para quem vai investir. Portanto, em Singapura, focam-se sobretudo na previsibilidade dos prazos, mais do que na aceleração. Eu espero que não haja essas falsas expectativas passadas para a comunidade aqui, porque é uma daquelas áreas em que, como o público em geral não percebe exatamente o que é que o BIM faz e o que é que o BIM pode oferecer, é muito fácil prometer coisas que não vão ser entregues. A grande vantagem é que estas coisas já aconteceram há muito tempo para o futuro deles, agora passado. Nós já podemos olhar para os resultados para verificar se a realidade bateu certo com a promessa. Se não bateu, a coisa mais estúpida que podemos fazer é fazer a mesma promessa.

Alexandre Calhau: Muito obrigado.

Eng. Poças Martins: Alexandre, obrigadíssimo pela conversa.

Entrevista a ativo da representação profissional dos arquitetos

A escolha de um elemento ligado à representação profissional dos arquitetos teve como objetivo compreender o papel que estas entidades poderão desempenhar perante a introdução de processos de verificação e licenciamento automático. A sua perspetiva aborda a questão para além das dimensões técnica e operacional, considerando também a defesa das competências, responsabilidades e condições de exercício da profissão. De que forma estas entidades acompanham os processos de transformação e digitalização do licenciamento, qual a sua intervenção na definição ou discussão de novos procedimentos e de que modo poderão participar na implementação de sistemas automatizados. Pretendeu-se ainda perceber quais as principais preocupações relativamente ao impacto destas ferramentas no exercício profissional, nomeadamente no que diz respeito à responsabilidade do arquiteto, à autonomia na tomada de decisão e à necessidade de manter a intervenção humana em situações que não possam ser reduzidas a critérios objetivos. O seguinte texto representa a entrevista ao Arq. Avelino Oliveira, Presidente da Ordem dos Arquitetos, realizada no dia 7 de setembro de 2026. Os intervenientes foram:

Alexandre Calhau de Pinho

Avelino Oliveira

Alexandre Calhau: Eu vou começar por perguntar quais são os principais problemas atuais no processo de licenciamento?

Pres. Avelino Oliveira: As maiores dificuldades são essencialmente duas. Por um lado, o excesso de burocracia, ou seja, nós temos uma legislação muito complexa que não está simplificada, não está compilada, e por outro lado os prazos. Os prazos que existem não são cumpridos pelas entidades licenciadoras, nomeadamente câmaras municipais, mas não só, também pelas entidades externas. Esses são os maiores problemas, o que significa que é quase um paradoxo. Demora mais tempo a aprovar o projeto do que a construí-lo.

Alexandre Calhau: E acredita que a maioria dos escritórios esteja pronta para entregar os projetos de arquitetura em formato BIM até 2030?

Pres. Avelino Oliveira: Sim. Posso explicar um bocadinho melhor, os arquitetos, de todos os agentes, de todos os intervenientes nestas matérias, são aqueles que geralmente estão

mais avançados nas questões tecnológicas e são os que apostam mais em ferramentas de inovação e gostam disso. Portanto, neste momento também é a profissão que não só no BIM, que eu creio também no IA, também já começa a acontecer, são aqueles que estão com ela mais implementado. Agora, se me perguntar-se 100% dos arquitetos, há sempre uma margem que está a funcionar ainda com tecnologia diferente e que vai ter algumas dificuldades, mas eu diria que uma maioria muito extensa, em condições, até porque as exigências do BIM que vão ser feitas não vão ser muito complexas.

Alexandre Calhau: E de que modo a Ordem vai acompanhar, ou acompanharia, a possível implantação de métodos de licenciamento automático?

Pres. Avelino Oliveira: Atenção à palavra licenciamento automático. O licenciamento automático, na minha opinião, não é uma designação correta. Essa história do licenciamento automático é uma conversa politizada. Entrou na linguagem dos políticos de uma forma simplista, porque às vezes o simples é complexo, e entrou de uma forma simplista para explicar às pessoas o que é que estão a fazer. E essa forma simplista é chamar-lhe licenciamento automático, ou chamar-lhe simplex. Nem uma coisa nem outra correspondem à verdade. O que há é uma mudança, em termos de paradigma, ou pelo menos de modelo, que é, o nosso procedimento é baseado num conceito de controlo prévio, ou seja, antes de poder construir, tem que previamente autorizar, que é aquilo que tem vindo mais a acontecer, e trocar esse controlo prévio para aquilo que a gente chama de controlo sucessivo. No atual, para eu estar autorizado a construir, eu tenho um controlo feito pelas entidades antes de construir, e o que se está a tentar fazer é, num conjunto de grandes situações, em que já esteja tudo pré-definido, pelo menos balizado, eu puder começar a construir, tendo o controlo sucessivo. Se quisermos fiscalização claro. É uma mudança de um modelo, para um modelo mais anglo-saxónico, se quiser, um modelo em que a responsabilização é no durante o processo da obra, e não entre pedir a autorização. Portanto, partindo do princípio que Portugal já tem um sistema de gestão territorial robusto, pode ir para um controlo sucessivo. Isto não é licenciamento automático, é a responsabilização dos diferentes stakeholders. Eles já sabem as regras, porque elas estão pré-definidas, mas depois têm que ter essa fiscalização ao longo do tempo, cumprindo essas premissas. Quando me pergunta como é que é vamos acompanhar a implementação destes métodos de licenciamento, é difícil. É difícil porque é uma mudança significativa. Os municípios não estão preparados, os municípios têm mais gente alocada ao controlo prévio do que ao controlo sucessivo, que, como quem diz, têm menos

fiscais. E vai haver uma transformação também nos quadros, nas competências, na forma como se organizam internamente, etc, etc, etc.

Alexandre Calhau: Por onde é que começaria a implementação dessas ferramentas automáticas? Quais são as prioridades para facilitar os processos?

Pres. Avelino Oliveira: Aquilo que facilitaria, claramente, é nós termos um processo de monitorização e transparência aberto. Não temos. Ou seja, se eu quisesse saber da Câmara de Lisboa quantos processos é que tem, como tem, e poder consultá-los, ia ter acesso a essa informação. De uma forma expedita. E neste momento, não temos. Falta uma plataforma única dos procedimentos, uma coisa que o Governo ficou de fazer. E essa plataforma devia ser feita de forma a que eu submeta todos os documentos nela e depois todos aqueles que são os principais interessados possam acompanhar o processo. É uma das ferramentas. A outra é, obviamente, capacitação dos técnicos, quer de quem está no lado das entidades que estão a assegurar a defesa do interesse público, ou seja, quem está nas câmaras, no património, na proteção civil. Estarem mais capacitados, poderem ver os modelos em tecnologia BIM. E por outro, adaptar a legislação, que só deve começar a ser feito, ao longo do processo. Adaptar a legislação a esse novo modelo.

Alexandre Calhau: E possuindo uma ferramenta, seja na plataforma em que modelamos ou uma ferramenta externa, que interprete o nosso modelo e veja se está de acordo com a lei, quem é que seria destacado para fazer este trabalho da codificação da lei? As câmaras, equipas externas, a Ordem?

Pres. Avelino Oliveira: Ora bem, um revisor de projeto, no fundo. Já há algumas ferramentas, espera-se com inteligência artificial, nos próximos dois, três, cinco anos, e esses verificadores, revisores de projetos estejam muito mais avançados que ao que estão agora. Neste momento, já há algumas ferramentas que os arquitetos estão a usar, nomeadamente os agentes de IA. Já os principais gabinetes criaram um agente IA, que são revisores de projetos, nomeadamente peças escritas e outras coisas de legislação. Estão a ser trabalhados. Eles geralmente estão do lado, como é normal nestas coisas, a iniciativa privada está mais adiantada. A iniciativa pública e os revisores automáticos estão nas plataformas das câmaras. Já existem projetos-piloto em algumas câmaras, que são ferramentas que na instrução de procedimento automaticamente já conseguem superar falhas e chamar a atenção para começar a ser desenvolvido. Nós próprios, Ordem, também já estamos a testar algumas coisas. Este é o sinal dos tempos, vai acontecer. O objetivo é sempre o comum, é ser mais rápido, mais eficaz, mais seguro. Se essas ferramentas e a

tecnologia estiver ao nosso serviço, não há problema nenhum. Mas também é preciso acautelar os perigos delas.

Alexandre Calhau: O quão pertinente será organizar reuniões e debates sobre o tema durante e antes a sua implementação, não só sobre o licenciamento, mas destas ferramentas, principalmente as ferramentas de AI, de que não temos tanto controlo?

Pres. Avelino Oliveira: É pertinente debater, mas nós no setor da construção e do projeto, eu diria que estamos em debate constante, nós estamos sempre com iniciativas de reflexão, debate, apresentação das práticas, premiação, com o setor imobiliário, com o setor da construção, com o setor da engenharia, com o setor da arquitetura. Eu diria que quase todas as semanas existem iniciativas que, muito frequentemente, estão a pensar e a discutir essas questões. Não acho que haja uma carência de debate, onde existe carência é na implementação de medidas, e essas são mais difíceis porque tomam tempo, investimento, etc. O conceito do licenciamento simplificado, se quisermos, de um comportamento ético, moral e de respeito profissional, que tenha a responsabilidade partilhada por todos os intervenientes, está cada vez mais presente. Esse sentimento de responsabilidade partilhada é o que se chama de licenciamento automático, porque aquilo é automático, porque as responsabilidades estão bem divididas, toda a gente sabe qual é o papel e o que pode e o que não pode fazer. Se isso já está num processo maduro e consistente para nós enfraquecermos o controlo prévio, ou seja, o controlo das entidades públicas, eu acho que nós ainda não estamos. E é aí que está, a charneira do debate. Aquilo que aconteceu em territórios como o Algarve nos anos 70, após o 25 de abril, ou o crescimento das periferias das áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto, onde falta de planeamento, falta de controlo, a falta de responsabilidade partilhada de todos os agentes e um uso eventualmente excessivo dos níveis de construção, da utilização do solo, do desenho qualificado de cidades, permitiu que se desenvolvessem situações urbanas e pressões urbanísticas que tiveram consequências muito graves para os territórios. Para todos os territórios. As periferias de Lisboa acabaram por afetar depois toda a cidade de Lisboa, com o crescimento acelerado, eventualmente com menos controlo urbanístico. Isso tem consequências na coesão, na mobilidade, na inclusão das pessoas, na qualidade de vida. Basta a gente falar da margem sul para perceber isso. E esse é o desafio principal. O desafio principal é aprendermos com os erros do passado e conseguimos construir cidades sustentáveis e economicamente viáveis, mais bem consolidadas e com qualidade. Esse é o grande desafio de Portugal.

Alexandre Calhau: Na implementação destas ferramentas e nesta mudança do paradigma, quais é que são os principais cuidados que teriam?

Pres. Avelino Oliveira: O exercício da profissão seja feito com a maior qualidade e o maior rigor. Nós estamos num mundo em que nas duas últimas duas ou três décadas as políticas foram montadas em critérios que assentavam na relação custo-benefício. Eventualmente uma excessiva liberalização económica de matérias que deviam estar mais robustamente reguladas. Ou seja, o preço ditava o valor, o custo ditava muitas das principais regras. Nós defendemos que tem de continuar a haver um equilíbrio entre o valor económico, mas também com matérias qualitativas, ou seja, de salvaguarda do interesse público e de qualidade. É importante que a cidade se desenvolva, é, mas é importante que se desenvolva com qualidade, com robustez, com sustentabilidade. Quer dizer que eu não posso construir cidade que nem sequer dure para a minha geração, tenho que deixar uma herança pelo menos de construção que ela seja válida para as gerações seguintes, que possa ser utilizada pelas gerações seguintes a esse princípio estrutural. E para isso é preciso que seja feita com qualidade. Se ela não for feita com qualidade, eu estou a deixar os problemas para a geração seguinte resolver. Elas vão surgir. E muitas vezes essa visão que teve na urgência ou do lucro ou da pressa, ditada pela pressa da execução orçamental, provocou menos cuidado. Essa é a minha preocupação.

Alexandre Calhau: Quais é que seriam as principais ferramentas para o bom funcionamento deste novo método de licenciamento?

Pres. Avelino Oliveira: A plataforma única para nós é fundamental. Porque eu não sei quantos projetos entram no país. Ou seja, eu não tenho uma monitorização do que acontece no país. Depois, nós quereríamos, que todo o processo do projeto tivesse um quadro relatório robusto, uma *checklist*. O que nos falta em Portugal é aquilo que existe em muitos países internacionais, que é um *scope of services*, chamemos de um referencial de serviços. E esse *scope of services* está indexado a um *value for money*, ou seja, a uma quantificação e uma especificação dos nossos serviços e dos custos que lhes estão associados. Essas ferramentas são muito importantes para quando alguém contrata um arquiteto, há uma ou várias entidades que dizem aquele arquiteto, ao oferecer-lhe o serviço, tem uma série de escalonamento de matérias, segundo as quais tem que cumprir perante o destinatário dos serviços, mas também tem que justificar se as cumpriu, ou seja, se está a cumpri-las e como tal, como é que apresentou os custos que lhe estão inerentes para pagar os seus impostos. Ou seja, segundo este quadro, este *scope of services*, eu

cumpri, eu fiz o programa, fiz o meu estudo prévio, ele aprovou, consegui desenvolver isto, depois contei as especialidades, entreguei, apresentei na Câmara e tirei a licença. Portanto, eu cumpri todos estes passos, estas etapas. Se eu não cumpri, eu não estou a prestar um serviço adequado.

Alexandre Calhau: Tendo uma plataforma de submissão de projetos, ela seria única no país ou cada município desenvolveria a sua?

Pres. Avelino Oliveira: Cada município já desenvolve a sua, isso é o que temos. O nosso objetivo é que haja uma única, sim. E que depois essas dos municípios têm que estar interligadas.

Alexandre Calhau: Considera pertinente a criação de guias de modelação ou de orientações que estabeleçam comportamentos a adotar pelos arquitetos?

Pres. Avelino Oliveira: Acho que essas coisas são sempre complicadas. Eu não sei se nós estamos carentes de sistemas de automatismo. Nós agora com a IA temos muitas coisas automáticas. Portanto, o que eu acho é que o que nós estamos carentes é de interligar esses diferentes automatismos. Mas por outro lado, em determinados guias de matérias e de educação, eu acho que isso aí estamos carentes, mesmo dos materiais, de formas de construir, de sistemas que estejam regulados. Nós geralmente usamos as diretrizes construtivas, as determinações técnicas estrangeiras, porque as portuguesas são pouquíssimas. Os nossos sistemas são menos bons, mas somos bons a improvisar.

Alexandre Calhau: E, de modo geral, o que é que também precisa mudar noutros setores do AEC?

Pres. Avelino Oliveira: Há tanta coisa a mudar. Eu diria que o setor que mais me preocupa, que precisa de mudar, é o planeamento e o urbanismo. Ou seja, nós estamos a perder alguma qualidade urbanística. Pelo menos o planeamento, há pouco investimento no planeamento. Muitas vezes não se cozem os projetos ao nível do planeamento. Temos uma crise na habitação. Temos falta de mão de obra, muita falta de mão de obra qualificada. Nós precisamos de um Laboratório Nacional de Engenharia, que se chamasse provavelmente Agência da Construção. Já não tem lógica chamar-se Laboratório Nacional de Engenharia, porque aquilo é Engenharia da Arquitetura e da Construção.

Alexandre Calhau: E por fim, eu perguntaria o que é que poderá e deverá ser este licenciamento automático e todas estas novas ferramentas que poderão automatizar os processos?

Pres. Avelino Oliveira: Deve ser uma coisa que responda às pessoas no tempo em que lhes seja útil. Ela não tem que ser automática, as pessoas não precisam de nada automático. O que precisam é que haja previsibilidade e segurança. O ideal é que isto seja previsível e não uma atividade de risco, que é o que está a ser. Porque o risco custa muito dinheiro. Portanto, a nossa atividade de desenvolvimento, projeto e construção, face à imprevisibilidade, de certa maneira à excessiva burocracia e uma série de outros mecanismos, eleva muito o risco.

Alexandre Calhau: Obrigado pela participação.

Síntese comparativa das entrevistas

Existem convergências na identificação dos problemas atuais do licenciamento, sendo a morosidade e a burocracia os pontos centrais. A falta de técnicos, a documentação incompleta e a dificuldade em cumprir prazos surgem associadas sobretudo à perspetiva da administração pública, enquanto o setor da construção destaca a demora na análise, a falta de cadastro e a segregação entre departamentos. A academia e a representação profissional acrescentam problemas como a fragmentação das regras, a imprevisibilidade, a pouca transparência e a falta de clareza nos procedimentos.

Sobre a implementação de ferramentas como o BIM, surgem algumas divergências mais evidentes. A administração pública considera a adoção dependente de financiamento, contratação pública e apoio aos pequenos escritórios. O setor da construção apresenta uma visão mais restritiva, considerando que mesmo os grandes escritórios enfrentam dificuldades na transição. A academia destaca a desigualdade do país e a dificuldade de acompanhar o ritmo das grandes câmaras e escritórios. Já a representação profissional considera a adoção possível, associando-a à introdução de exigências relativamente simples. As respostas complementam-se ao revelar que a questão não depende apenas da existência da tecnologia: capacidade económica, dimensão das organizações, formação e desigualdade territorial condicionam a velocidade da transição.

A necessidade de financiamento, a uniformização das plataformas, a implementação do BIM, a qualidade insuficiente dos modelos e as desigualdades existentes no país são os maiores entraves à mudança. Ainda mais, cada elemento identifica défices específicos das suas próprias áreas.

Denota-se uma forte concordânica na necessidade de uma solução de âmbito nacional. Três das perspetivas defendem diretamente uma plataforma única, enquanto a administração pública admite uma estrutura geral com níveis intermediários, articulada com plataformas municipais. A divergência não está na necessidade de uniformização, mas na estrutura administrativa do sistema.

A formação é identificada como necessária, mas existe uma perceção comum de que a sua implementação será lenta. Não basta disponibilizar novas ferramentas, é necessário desenvolver competências para que os diferentes intervenientes consigam utilizá-las adequadamente. Acrescentam-se os custos, definidos elevados de forma unânime.

Há uma convergência muito significativa na defesa de maior responsabilidade por parte dos projetistas. A administração pública, o setor da construção e a representação profissional apontam nesse sentido, enquanto a academia reforça que o projetista deverá ter a última palavra mesmo nos processos mais automáticos.

Mais ou menos, todos apoiam uma automatização elevada, mas não total, com a necessidade de preservar a intervenção humana. Os intervenientes consideram o arquiteto imprescindível relativamente às dimensões de subjetividade e criatividade. Esta concordância é particularmente relevante para a investigação, pois demonstra que, apesar das diferentes perspetivas sobre a automatização, existe uma preocupação comum em preservar dimensões do projeto que não são facilmente reduzíveis a verificações automáticas.

Para cada setor, as questões mais urgentes seguem diferentes enfoques. A administração pública aponta diretamente para a adoção do BIM; o setor da construção destaca a necessidade de acompanhar a evolução do mercado; a academia alerta para a necessidade de não criar expectativas superiores ao que é tecnicamente possível e de aprender com experiências anteriores; e a representação profissional chama a atenção para o planeamento e o urbanismo.

Todos reconhecem mais valias na introdução progressiva destes sistemas, tendo como principais objetivos o aumento da transparência, simplificação dos processos e maior celeridade. De forma transversal, as entrevistas revelam fortes convergências na identificação dos problemas e possíveis soluções. As divergências surgem sobretudo nas especificações de cada área.

Índice de Imagens

Figura 1 – Figura de Autodesk, Products, AutoCAD, https://www.autodesk.com/ca-en/products/autocad/overview

Figura 2 – Figura de Graphisoft, Plans and Products, Archicad, https://www.graphisoft.com/pt-pt/plans-and-products/archicad/

Figura 3 – Figura de Luis André, Interface do Revit, https://qualificad.com.br/interface-do-revit/

Figura 4 – Figura de Autodesk Support, 24 de julho de 2022, Ferramentas de interface do usuário, https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/tsarticles/tsarticles/PTB/ts/5vrvSxfWByTqiyYOck5CNl.html

Figura 5 – Figura de autor desconhecido, 4 de dezembro de 2017, Designs CAD, 2 Floors House Project DWG Full Project for AutoCAD, https://designscad.com/downloads/2-floors-house-project-dwg-full-project-autocad/

Figura 6 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 7 – Figura de CNLL, 2009, Multimeios de Espinho, https://cnll.pt/portfolio-item/multimeios/

Figura 8 – Figura de CNLL, 2009, Multimeios de Espinho, https://cnll.pt/portfolio-item/multimeios/

Figura 9 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 10 – Figura de Chuck Eastman et al., 2011, *BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors,* Wiley:Hoboken, NJ, p. 79 / figura 3-3

Figura 11 – Figura de Architechtures, 2026, Product, https://architechtures.com/en

Figura 12 – Figura de BIMLOGIQ, 2026, Argus, https://bimlogiq.com/

Figura 13 – Figura de BIMcollab, BCF Managers, https://www.bimcollab.com/en/products/bimcollab-nexus/bcf-managers/

Figura 14 – Figura de R.A. Niemeijer et al., *Check-mate: automatic constraint checking of IFC models,* p.2 / figura 1

Figura 15 – Figura de Chuck Eastman et al., 2009, *Automatic rule-based checking of building designs*, p. 1026 / figura 14

Figura 16 – Figura de de Chuck Eastman et al., 2009, *Automatic rule-based checking of building designs*, p. 1022 / figura 8

Figura 17 – Figura de Solibri, Clearing Checking Results In Solibri Model Checker, https://www.solibri.com/articles/clearing-checking-results-in-solibri-model-checker

Figura 18 – Figura de Solibri, Clearing Checking Results In Solibri Model Checker, https://www.solibri.com/articles/clearing-checking-results-in-solibri-model-checker

Figura 19 – Figura de Poças Martins et al., 2011, *Licenciamento automático de projectos: um incentivo à adopção de metodologias BIM,* p.4 / figura 1

Figura 20 – Figura de Chuck Eastman et al., 2009, *Automatic rule-based checking of building designs*, p. 1031 / figuras 20 e 21

Figura 21 – Figura de André Borrmann et al., 2015, *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling,* International Association for Automation and Robotics in Construction, p. 4 / figura 5

Figura 22 – Figura de André Borrmann et al., 2015, *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling,* International Association for Automation and Robotics in Construction, p. 5 / figuras 7 e 9

Figura 23 – Figura de André Borrmann et al., 2015, *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling,* International Association for Automation and Robotics in Construction, p. 6 / figura 12

Figura 24 – Figura de André Borrmann et al., 2015, *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling,* International Association for Automation and Robotics in Construction, p. 7 / figura 15

Figura 25 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 26 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 27 – Figura de André Borrmann et al., 2015, *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling,* International Association for Automation and Robotics in Construction, p. 4 / figura 4

Figura 28 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 29 – Fotografia de Pedro Martins com desenho do autor da dissertação

Figura 30 – Fotografia de Pedro Martins com desenho do autor da dissertação

Figura 31 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 32 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 33 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 34 – Figura de Autodesk, *Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit: Managing the "I" in BIM*, p. 20 / figura 11

Figura 35 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 36 – Figura de CNLL, VL8 Housing, https://cnll.pt/portfolio-item/vl8-building/

Figura 37 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 38 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 39 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 40 – Figura desenhada pelo autor da dissertação

Figura 41 – Figura de António Aguiar da Costa et al., 2017, *Guia da Contratação BIM*, Instituto Superior Técnico, p. 24 / figura 4

Figura 42 – Figura de mindePaper, Solução Inteligente de Urbanismo Digital, https://epaper.mind.pt/

Figura 43 – Figura de mindePaper, Solução Inteligente de Urbanismo Digital, https://epaper.mind.pt/

Figura 44 – Figura de mindePaper, Solução Inteligente de Urbanismo Digital, https://epaper.mind.pt/

Figura 45 – Figura de NOPAPER, Processos Digitais, https://nopaper.cm-braganca.pt/#!

Figura 46 – Figura de Autodesk, Products, Forma Site Design, https://www.autodesk.com/pt/products/forma/overview

Figura 47 – Figura de Autodesk, Products, Forma Site Design, https://www.autodesk.com/pt/products/forma/overview

Figura 48 – Figura de Chuck Eastman et al., 2011, *BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors,* Wiley:Hoboken, NJ, p. 69 / figura 3-1

Referências Bibliográficas e Webgrafia

A lista bibliográfica está estipulada segundo a ordem de apresentação e referência no corpo de texto.

1. Eastman, C.M., et al., *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2011, Wiley: Hoboken, NJ.
2. Monteiro, A.G.C. *Avaliação da aplicabilidade do modelo IFC ao licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água*. 2010.
3. IA Hoje. *Os tipos de prompts para a IA Generativa*. Available from: https://inteligenciaartificialhoje.pt/os-tipos-de-prompt-para-a-ia-generativa/?srsltid=AU7gw4XtXR0Z-tBp5MShw0RDzwVvohj2k8ztWg6O4Ei-Fn-G2G77qQzk.
4. Architechtures. *Product AI-Powered Building Design*. Available from: https://architechtures.com/en.
5. Eastman, C., et al., *Automatic rule-based checking of building designs*. Automation in Construction, 2009. **18**(8): p. 1011–1033.
6. Borrmann, A., *Automated Code Compliance Checking Based on a Visual Language and Building Information Modeling*, in *Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2015)*. 2015, International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC). p. 1–8.
7. R.A. Niemeijer, B.d.V.J.B., *Check-Mate: Automatic Constraint Checking of IFC Models*.
8. Martins, J.P. and A. Monteiro, *Licenciamento automático de projectos, um incentivo à adopção de metodologias BIM*. 2011.
9. Solihin, W. and C. Eastman, *Classification of rules for automated BIM rule checking development*. Automation in Construction, 2015. **53**: p. 69–82.
10. Solihin, W., *Lessons learned from experience of code-checking implementation in Singapore*. 2004.
11. Stryker, C. and J. Holdsworth. *O que é processamento de linguagem natural (PLN)?* 2024; Available from: https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/natural-language-processing.
12. Li, Y., *Automated Code-checking of BIM models*. 2015.
13. Santos, F.O. and N.L. Lopes, *The Effectiveness of Collaborative Centralized Information Systems in Project Management: A Pilot Demonstration of a Multifunctional Building in Africa*. Buildings (Basel), 2025. **15**(6): p. 860.
14. Costa, A.A., et al., *BIM NAS AUTARQUIAS Guia Compreensivo para a Implementação do BIM*. Instituto Superior Técnico, 2020.
15. Dimyadi, J. and R. Amor, *Automated Building Code Compliance Checking - Where is it at?* 2013.
16. Rodrigues, J.P.P., *Utilização de modelos BIM para verificação automática de projetos - plano de acessibilidades*. 2015.

17. Santos, M.F.d.S., *Metodologias BIM para verificação regulamentar em contexto de licenciamento municipal: proposta, implementação e aplicação*. 2021.
18. Ministério das Obras Públicas, *Regulamento Geral das Edificações Urbanas - RGEU "Decreto-Lei n.º 38382"*. Diário da República, 1951. **Diário do Governo n.º 166/1951, 1º Suplemento, Série I de 1951-08-07**.
19. Ministério da Administração Interna, *Aprova o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios - SCIE "Portaria n.º 1532/2008"*. Diário da República, 2008. **Diário da República n.º 250/2008, Série I de 2008-12-29**.
20. Gualberto, N., J.P. Couto, and M. Azenha. *Implementação BIM ao nível do licenciamento municipal: verificação automatizada do RGEU*. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia (FEUP).
21. Câmara Municipal do Porto, *Plano Diretor Municipal Regulamento*. Diário da República 2025. **n.º 109/2025, Série II de 2025-06-06**.
22. *Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit® Managing the "I" in BIM*.
23. CORENET X. *IFC+SG Glossary of Identified Components*. Available from: https://info.corenet.gov.sg/ifc-sg/glossary-of-identified-components.
24. Graphisoft. *CORENET X and IFC+SG*. Available from: https://www.graphisoft.com/en-pt/corenet-x-and-ifc-sg/#downloads.
25. Autodesk. *Levels of Development in BIM: Enabling coordination and collaboration*. Available from: https://www.autodesk.com/solutions/bim-levels-of-development.
26. da Costa, A.A., et al., *Guia de Contratação BIM*. 2017: Instituto Superior Técnico.
27. Ordem dos Arquitetos. *Perguntas Frequentes*. Available from: https://www.ordemdosarquitectos.org/arquitetura/trabalhar-com-arquiteto/faq.
28. Oficina de Arquitetura. *Pedido de Informação Prévia*. Available from: https://oficinadearquitectura.pt/pedido-de-informacao-previa/.
29. Oficina de Arquitetura. *Comunicação Prévia*. Available from: https://oficinadearquitectura.pt/comunicacao-previa/.
30. Oficina de Arquitetura. *Licenciamento de Construção*. Available from: https://oficinadearquitectura.pt/licenciamento-de-construcao/.
31. Ministério do Equipamento do Planeamento e da Administração do Território, *Regime jurídico da urbanização e edificação - RJUE "Decreto-Lei n.º 555/99"*. Diário da República, 1999. **Diário da República n.º 291/1999, Série I-A de 1999-12-16**.
32. mindePaper. *Gestão Urbanística Saneamento Online com Inteligência Artificial*. Available from: https://epaper.mind.pt/#gestao-urbanisticagerir-e-tramitar-pedido.

Agradecimentos

Deixo aqui o meu reconhecimento

Ao Prof. Dr. Carlos Nuno Lacerda Lopes pela disponibilidade, confiança e por abrir-me novas portas.

Ao Prof. Fábio Miguel Oliveira Santos pela disponibilidade, força e estímulo.

Ao V. Pres. Tiago Raúl Almeida Correia, Arq. José António Ribeiro, Eng. João Poças Martins e Pres. Avelino Oliveira pela disponibilidade em participar neste trabalho.

À minha mãe por mover o mundo e apoiar-me desde o primeiro segundo.

Ao meu pai pelo exemplo de trabalho.

À minha família pelo carinho e presença.

À Bea pelo amor; por me aturar e acompanhar em todos os momentos.

Ao pessoal do secundário pela perdura e companheirismo nas longas noites.

Ao pessoal da faculdade por tornar esta vida académica mais fácil.

Ao Gabriel por ser guia nas horas vagas, por desafiar e acreditar.

Ao Tiago pelas viagens, sestas e confidências.

Aos que já cá não estão.

E aos que de alguma maneira influenciaram o meu caminho até aqui.