



Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

***Modelação Tridimensional da Zona Histórica de  
Leiria em Ambiente SIG3D***

**Andreia Sofia Valério de Almeida**

Leiria, setembro de 2016





Dissertação

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

***Modelação Tridimensional da Zona Histórica de  
Leiria em Ambiente SIG3D***

**Andreia Sofia Valério de Almeida**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Dr.<sup>a</sup> Luísa Gonçalves Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação da Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Falcão, Professora do Instituto Superior Técnico.

Leiria, setembro de 2016



# Agradecimentos

---

A presente dissertação deu-se por concluída graças a quem, directa ou indirectamente, tornou possível a chegada deste momento. É a todos eles que deixo uma palavra de gratidão.

Em primeiro lugar agradeço à professora Luísa Gonçalves, professora do Instituto Politécnico de Leiria, e à professora Ana Paula Falcão, professora do Instituto Superior Técnico, pela orientação, acompanhamento e dedicação demonstrada ao longo desta etapa. Foi um privilégio trabalhar com ambas.

O meu sincero obrigado à Sónia pela ajuda prestada com as ferramentas informáticas utilizadas na dissertação. Em particular com a linguagem de programação, sem ela tudo seria mais complicado, foi uma importante ajuda.

Agradeço também à Câmara Municipal de Leiria, em particular à Arq.<sup>a</sup> Vitória Mendes e ao Hugo Samuel pelo fornecimento de toda a informação necessária para a realização do trabalho, sem apresentarem qualquer entrave.

À minha família e amigos pelo apreço que sempre mostraram ao longo da minha vida académica.

Ao meu namorado, pela paciência, ajuda, motivação e compreensão incondicionais demonstradas ao longo destes anos. E por sempre acreditar que eu seria capaz.

E como os últimos são sempre os primeiros, agradeço aos meus pais e ao meu irmão por todo o carinho, apoio e incentivo sempre presente ao longo do meu percurso académico, sem a vossa ajuda seria impossível.

A todos, muito obrigada!



## Resumo

---

A modelação de cidades com recurso a ferramentas SIG3D têm crescido na última década e o seu sucesso prende-se com o facto de aliar à representação tridimensional dos objectos urbanos o acesso inequívoco à informação, num suporte claro de apoio à tomada de decisão nas atividades de planeamento urbano.

Neste dissertação é apresentado o modelo SIG3D, desenvolvido para o Centro Histórico de Leiria (CHL) e identificadas algumas das suas potencialidades: i) como ferramenta de apoio para os serviços da Câmara Municipal de Leiria, permitindo o registo da informação como as patologias e estado de conservação do edificado; ii) no desenvolvimento turístico com a apresentação em ambiente virtual do percurso intitulado “Leiria Ruas e Ruelas”, onde são dados a conhecer os edifícios emblemáticos do período em que o escritor Eça de Queirós viveu em Leiria e que serviu de palco ao romance Crime do Padre Amaro.

A abordagem metodológica integra numa primeira fase: a construção de um modelo digital de terreno; a incorporação das diversas informações nos edifícios do CHL com o apoio de ferramentas SIG e a sua modelação tridimensional com o auxílio de ferramentas BIM. Numa segunda fase, importou-se a informação para o CityEngine onde, com o auxílio de regras paramétricas e códigos de programação, foram extrudidos os edifícios, as suas coberturas e restantes elementos decorativos, tendo em conta o número de pisos e pendentes e modelado o percurso em estudo. Por fim, às fachadas dos edifícios aplicaram-se texturas que, neste caso, consistem na projeção das fotos ortorretificadas, com o objetivo de maximizar a veracidade do modelo.

A realização do projeto contou com a parceria da Câmara Municipal de Leiria que, disponibilizou todo o material necessário para a sua realização.

*Palavras-chave: BIM, Modelação Tridimensional, SIG, SIG3D*



# Abstract

---

Modeling of cities with the use of 3D-GIS tools have been growing in the last decade and its success has to do with the fact of associate to the tridimensional representation of the urban objects the unmistakable access to information on a clear support decision making in urban planning activities.

In this paper is presented the 3D GIS model developed for Leiria History Center (CHL) and identified some of its potentials: i) as support tool for the Municipality of Leiria services allowing the information registration such as pathologies and the built conservation status; ii) in touristic development with the presentation in virtual environment of the entitled course "Leiria Streets and Alleys" which are given to know the emblematic buildings of the period that the Eça de Queirós writer lived in Leiria and which staged the novel Crime do Padre Amaro.

The methodological approach includes a first stage: the construction of a Digital Terrain Model; the incorporation of the various information in the CHL buildings with the support of GIS tools and their three-dimensional modeling with the help of BIM tools. In the second phase, was imported the information for CityEngine where with the aid of rules and parametric programming codes were extracted the buildings their coatings and other decorative elements taking into account the number of floors and patterned pending and the route under consideration. Finally the facades of buildings textures that were applied in this case consist in the projection of the orthorectified images in order to obtain a path that approximates reality.

The realization of the project was a partnership with the Municipality of Leiria that provided all the material necessary for its realization.

*Keywords: BIM, three-dimensional modeling, GIS, 3D GIS*



# Índice

---

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS E SIGLAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1. Considerações Iniciais	3
1.2. Objetivos	5
1.3. Estrutura da dissertação	6
<b>2. ESTADO DA ARTE</b>	<b>9</b>
2.1. Enquadramento Histórico	9
2.2. Modelos SIG3D	11
2.2.1. Gramáticas de Forma	12
2.3. Interoperabilidade	14
2.6.1. <i>Industry Foundation Classes (IFC)</i>	17
2.6.2. <i>City Geography Markup Language (CityGML)</i>	20
2.4. Aplicação dos SIG3D	21
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>25</b>
3.2. Recolha de dados	28
3.3. Dados Históricos	29
3.4. Identificação da Patologias não Estruturais dos edifícios	30
3.5. Criação da base de dados	36
3.6. Modelação do Terreno	37
3.7. Modelação Tridimensional dos Edifícios	39

3.7.1.	Modelação em BIM	40
3.7.2.	Modelação SIG3D	51
<b>3.8.</b>	<b>Integração dos SIG com as ferramentas BIM</b>	<b>58</b>
<b>3.8.</b>	<b>Plataforma “Open Source”</b>	<b>63</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS</b>	<b>67</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>73</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>79</b>

## Lista de acrónimos e siglas

---

- AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
- AEC/FM – *Architecture, Engineering and Construction / Facility Management*
- AIA – *American Institute of Architects*
- BIM – *Building Information Model*
- CAD – *Computer Aided Design*
- CGA – *Conformal Geometric Algebra*
- CIM – *City Information Models*
- CityGML – *City Geography Markup Language*
- ESRI – *Environmental Systems Research Institute*
- GML 3 – *Geography Markup Language 3*
- IAI – *International Alliance for Interoperability*
- IDM – *Information Delivery Manual*
- IFC – *Industry Foundation Classes*
- IFD – *Information Framework for Dictionary*
- IG – Informação Geográfica
- LOD – *Level of Detail* - Níveis de Detalhe
- MDT – Modelo digital do terreno
- NBIMS – *National Building Information Model Standard*
- NIBS – *National Institute of Buildings Sciences*
- OGC – *Open Geospatial Consortium*
- PTPC – Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção
- RV – Realidade Virtual
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- XML – *Extensible Markup Language*



## Lista de figuras

---

Figura 1 – Funcionalidade do SIG. Fonte: Adaptado de (Pinto, 2009).....	5
Figura 2 – Evolução das técnicas de desenho (Caires, 2012). .....	9
Figura 3 – Cronologia das metodologias utilizadas (Caires, 2012). .....	10
Figura 4 – Construção de um modelo SIG3D no CityEngine (Wiki). .....	12
Figura 5 – Cronologia da evolução IFC (Sá, 2014). .....	18
Figura 6 – Pirâmide com os três conceitos básicos do OPEN BIM, adaptado de BuildingSMART. ....	19
Figura 7 – Níveis de Detalhe, LOD (Chen, 2011). .....	21
Figura 8 – Metodologia utilizada na construção do modelo. ....	26
Figura 9 – Percurso "Leiria: Ruas e Ruelas" e identificação dos edifícios relativos ao Eça de Queirós.....	28
Figura 10 – Edifícios que retratam a vivência do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria.....	30
Figura 11 – Nível de Degradação tendo em conta os Descritores Gerais.....	32
Figura 12 – Cálculo das ponderações.....	33
Figura 13 – Regras de determinação do estado de degradação.....	34
Figura 14 – Compilação de algumas anomalias existentes nos edifícios.....	35
Figura 15 – Base de dados em SIG para os edifícios do percurso. ....	37
Figura 16 – a) MDT em formato TIN; b) MDT em formato raster. ....	38
Figura 17 – Modelação do terreno. ....	38
Figura 18 – Edifícios com diferentes LOD's ao longo do percurso. ....	40
Figura 19 – Definição do pé-direito do edifício do Ateneu. ....	41
Figura 20 – Modelação das paredes e da laje inferior da Casa do Eça. ....	45
Figura 21 – Exemplificação da aplicação de um objeto, neste caso porta, no edifício. ....	46
.....	
Figura 22 – Modelação das janelas e paredes da Casa do Eça.....	47
Figura 23 – Representação das cantarias modeladas do Edifício do Ateneu.....	47
Figura 24 – Representação da modelação das escadas na Casa do Eça.....	48
Figura 25 – Representação da modelação do telhado da Casa do Eça.....	50
Figura 26 – Demonstração comparativa entre os edifícios existentes e a respetiva modelação.....	51

Figura 27 – MDT e respetivos edifícios existentes na zona histórica de Leiria. ....	52
Figura 28 – Interface de programação. ....	53
Figura 29 – Volumetria dos polígonos e coberturas do percurso em estudo. ....	55
Figura 30 – Conversão dos modelos dinâmicos em modelos estáticos. ....	56
Figura 31 – Edifício com projeção fotografia retificada. ....	57
Figura 32 – Modelação tridimensional do percurso “Leiria: Ruas e Ruelas”.....	57
Figura 33 – Integração dos diferentes modelos necessários para a construção do modelo SIG3D.....	58
Figura 34 – Conversão do formato. skp para Collada (.dae). ....	59
Figura 35 – Interoperabilidade entre programas. ....	60
Figura 36 – Integração dos edifícios modelados em BIM no modelo. ....	60
Figura 37 – Alteração dos atributos. ....	61
Figura 38 – Representação da informação associada ao edifício selecionado.....	62
Figura 39 – Escala dos níveis de degradação.....	62
Figura 40 – Mapa temático para o roteiro em estudo.....	63
Figura 41 – Importação do modelo para o visualizador CityEngine WebScene. ....	64
Figura 42 – Modelo SIG3D do percurso "Leiria: Ruas e Ruelas". ....	64
Figura 43 – Camada referente ao ND dos edifícios. ....	65
Figura 44 – a) Edifícios colocados devidamente sobre o MDT; b) Inconformidade existente entre os Edifícios e o MDT. ....	68
Figura 45 – Inconformidade existente entre a cartografia e o edifício real. ....	68
Figura 46 – Edifício “Berlenga" durante o levantamento e a restauração do mesmo. ....	70

## Lista de tabelas

---

Tabela 1 – Características das paredes dos 4 edifícios modelados. ....	43
Tabela 2 – Características e texturas das lajes 4 edifícios. ....	44
Tabela 3 – Propriedades das escadas aplicadas nos edifícios. ....	48
Tabela 4 – Características das coberturas dos 4 edifícios. ....	49



# 1. Introdução

---

## 1.1. Considerações Iniciais

---

A sociedade em geral valoriza cada vez mais a identificação de soluções que mitiguem os problemas do abandono e degradação que, um pouco por todo o país, vão surgindo nos centros históricos das nossas cidades. Esta realidade está invariavelmente ligada à herança deixada de geração para geração e sobretudo ao fenómeno urbano. Para além do legado geracional, existe o fenómeno de expansão da população, para a periferia destes núcleos, ou até mesmo para zonas suburbanas, com a construção de novas áreas residenciais modernas (Raimundo, 2012). A mitigação e prevenção deste fenómeno passa pela compilação de informação atualizada (histórica, geográfica, económica, entre outros), em conjunto com o uso de gestão de plataformas tecnológicas e de visualização de informação, como o *Building Information Model* (BIM) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estes podem contribuir decisivamente na tomada de decisões sustentáveis de planeamento e ordenamento do território.

Segundo Isikdag *et al*, (2009) os BIM são “*uma representação digital das características físicas e funcionais de um único edifício. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre um edifício formando uma base confiável para decisões, durante o seu ciclo de vida, desde a sua conceção até ao fim do seu ciclo de vida*”. Inicialmente, estes consistiam num processo computacional que permitia a partilha e a gestão da informação durante o ciclo de vida de um determinado edifício, hoje em dia, são aplicados em diversas funções, como nas tarefas de gestão e planeamento urbano, na visualização e gestão da informação tridimensional. De referir, ainda que de acordo com o AIA (*American Institute of Architects*) o BIM é “um modelo baseado em tecnologia ligada a uma base de dados de informação do projeto”.

Os Sistemas de Informação Geográfica surgiram com o objetivo de combinar diversos tipos de informação com a respetiva visualização espacial, com uma particular aplicação na modelação geográfica de fenómenos (Matos, 2001). As valências dos SIG variam de acordo com o contexto do trabalho e com os objetivos, mas são

inevitavelmente uma mais valia em áreas tão diversas como o planeamento urbano, engenharia e o turismo (Xin, 2010).

Segundo Sicherman *et al*, (1981) os SIG são um “conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada”. Em 1986, Burrough definiu-os como um “conjunto poderoso de ferramentas para recolhimento, armazenamento, transformação e visualização de dados espaciais do mundo real”. Para Cowen, (1988), são um “sistema de apoio à decisão envolvendo integração de informação georreferenciada num ambiente de resolução de problemas”.

Os SIG apresentam um conjunto de funções de análise espacial que suportam a análise e integração de dados. Deste modo, é possível escolher a quantidade, o tipo de informação e a ordem em que a informação é visível em qualquer momento da sobreposição do mapeamento, permitindo exibir e analisar a informação em diferentes camadas e encontrar inter-relações, impossíveis de observar nos mapas fixos (Curto, 2011).

Em 2011, a ESRI definiu os SIG como um sistema de *hardware, software*, dados geográficos e pessoas projetado para capturar de forma eficaz e eficiente, armazenar, atualizar, editar, manipular, analisar e disponibilizar todas as informações geograficamente referenciadas (Figura 1). E mencionou também que um bom SIG tem de ter a capacidade de processar dados geográficos a partir de uma variedade de fontes de informação e integrá-lo num mapa. Sendo que, a informação georreferenciada, ou informação geográfica apresentam um papel fulcral, uma vez que estas condicionam as diversas potencialidades dos SIG.



**Figura 1** – Funcionalidade do SIG. Fonte: Adaptado de (Pinto, 2009).

Atualmente há um interesse crescente na integração das ferramentas BIM em ambiente SIG, originando uma nova geração de ferramentas como os modelos SIG3D (Gil, 2013). Na génese, os modelos SIG3D resultam da adição de dados e informação a modelos digitais tridimensionais de objetos: em meio urbano são frequentemente designados por City Information Models (CIM) ou *3D city models* mas a sua aplicação estende-se para lá do espaço urbano. Estes modelos estão em expansão em áreas tão diversas como o planeamento urbano e ambiental, a arquitetura e a construção.

## 1.2. Objetivos

---

O objetivo primordial desta dissertação consiste na criação de um modelo tridimensional em ambiente de sistemas de informação geográfica para a zona histórica da cidade de Leiria, que permitirá não só armazenar a informação relativa ao estado de conservação do edificado, bem como realizar um percurso virtual ao longo da rota “Leiria Ruas e Ruelas” e pelos edifícios associados à passagem do escritor Eça de Queirós pela cidade.

A concretização deste objetivo decorreu da realização das seguintes tarefas:

1) Construção de um modelo SIG3D para a área de estudo, com recurso a ferramentas SIG 2D e 3D e BIM;

2) Associação da informação referente às patologias não estruturais nos edifícios.

O modelo possui diferentes níveis de detalhe: os edifícios ligados à passagem do escritor pela cidade foram modelados com auxílio a ferramentas BIM, recorrendo ao *software* ArchiCAD, o que permitiu a representação detalhada do exterior e do interior dos edifícios; os restantes edifícios pertencentes ao percurso foram modelados com recurso ao *software* CityEngine de acordo com o nível de detalhe pretendido, tendo em conta a importância dos edifícios no roteiro. Neste modelo foram ainda incorporadas as informações existentes relativas às características e patologias não estruturais dos edifícios existentes no percurso.

O resultado final deste trabalho é um modelo SIG3D, que permite aos utilizadores consultarem as informações associadas a cada edifício de forma concisa e eficaz.

### 1.3. Estrutura da dissertação

---

A dissertação é composta por 5 capítulos. O presente capítulo é referente à Introdução, onde são tecidas algumas considerações sobre a oportunidade do tema, indicados os objetivos e apresentada a estrutura da dissertação.

O capítulo 2 é referente ao estado de arte e neste é apresentado o enquadramento histórico, define-se o conceito de Modelos SIG3D e a interoperabilidade existente entre estes e os modelos BIM e, por fim, apresentam-se exemplos de aplicações dos modelos SIG3D.

No capítulo 3, é descrita a metodologia utilizada para a construção do modelo SIG3D. Na execução do modelo é de salientar a modelação digital, esta subentende a modelação do terreno e dos edifícios, recorrendo a gramáticas de forma.

No capítulo 4 identifica-se o caso de estudo e todas as fases necessárias para a construção do modelo SIG3D para a zona histórica de Leiria. É abordada a recolha de toda a informação necessária (como a cartografia à escala 1:10 000, as plantas dos edifícios, as fotografias ortorretificadas, o ortofotomapa, a informação histórica) e a

identificação das patologias não estruturais referentes a cada edifício do percurso. Posteriormente são identificadas as etapas necessárias à construção do modelo digital do terreno e à modelação tridimensional dos edifícios. Por fim, apresenta-se o processo de modelação SIG3D do percurso em estudo e criação do roteiro virtual da zona histórica de Leiria com recurso ao programa CityEngine e a regras de parametrização.

No capítulo 5 são referidas as principais conclusões retiradas e as perspetivas futuras de trabalhos a realizar.



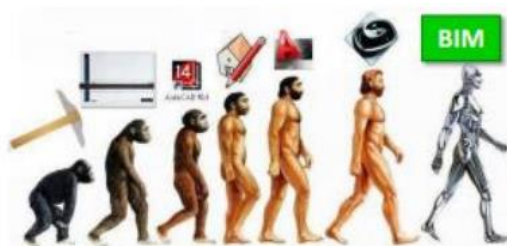
## 2. Estado da Arte

---

### 2.1. Enquadramento Histórico

---

Desde os tempos mais remotos até à atualidade houve uma evolução significativa nas técnicas de desenho e nas regras e meios de representação. Até 1980 o processo mais correntemente utilizado era o desenho à mão. Com o aparecimento e evolução dos computadores desenvolveram-se novas tecnologias como as ferramentas de desenho assistido por computador, *Computer Aided Design* (CAD), para modelação bidimensional e tridimensional, ainda utilizadas nos dias de hoje. A utilização das ferramentas CAD veio alterar metodologias de trabalho, pois a partir da década de 80 estas ferramentas foram generalizadas e a sociedade aderiu a esta realidade e a execução de projetos passou-se a realizar com recurso a computadores utilizando este tipo de tecnologias. O projeto assistido por computador permite um maior rigor na elaboração dos desenhos e respetivos projetos em causa, facilita as correções, atualizações, armazenamento da informação, entre outros (Caires, 2012). A necessidade de criar um modelo representativo dos processos de construção levou a que se tivesse uma perceção de que seria importante abandonar a simples representação de elementos através de técnicas tradicionais CAD e que seria vantajoso representar-se uma modelação orientada por objetos. É neste contexto que surgem os *Building Information Model* (BIM) (Figura 2).

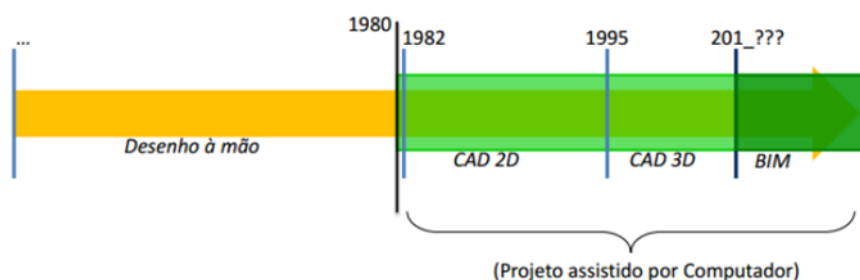


**Figura 2** – Evolução das técnicas de desenho (Caires, 2012).

O BIM é um conjunto de processos e tecnologias que incorporam toda a informação referente ao edificado, o que permite a criação de um modelo visual 3D e

facilita a visualização final do projeto em estudo (Ferreira, 2011). Além disso, o BIM é também uma metodologia de partilha da informação e de comunicação entre os diversos intervenientes durante todas as fases do processo. Embora o BIM ofereça um novo paradigma na conceção e construção, em Portugal a arquitetura urbana ainda está enraizada em métodos de desenho e ilustração, eventualmente apoiados por informações tecnológicas de CAD, modelação 3D e visualização.

A seguinte imagem demonstra a evolução da tecnologia utilizada nas atividades de projeto e construção civil (Figura 3).



**Figura 3** – Cronologia das metodologias utilizadas (Caires, 2012).

Paralelamente à evolução dos sistemas CAD ocorreu a dos SIG, sendo estes utilizados como ferramenta de análise de dados geográficos, cuja ligação a bases de dados alfanuméricos permitia a espacialização bidimensional dos fenómenos urbanas muito reduzidas (Coppock *et al*, 1991). O incremento da utilização dos SIG na gestão da informação ocorreu na década de 90 e, recentemente, surgiram os mapas digitais a 3D (Galego, 2014; Elwannas, 2011). Os mapas digitais 3D são atualmente utilizados como instrumento eficiente de gestão da informação pública e de tomada de decisões. Os SIG ao integrarem dados alfanuméricos e dados geográficos permitem o uso contextualizado dos dados e a realização de análises qualitativas e quantitativas, num sistema altamente eficaz para tomada de decisões (Almeida *et al*, 2015).

A integração da modelação dos edifícios em BIM no seu contexto geográfico tridimensional, em ambiente SIG3D facilita a compreensão e análise do espaço interior.

## 2.2. Modelos SIG3D

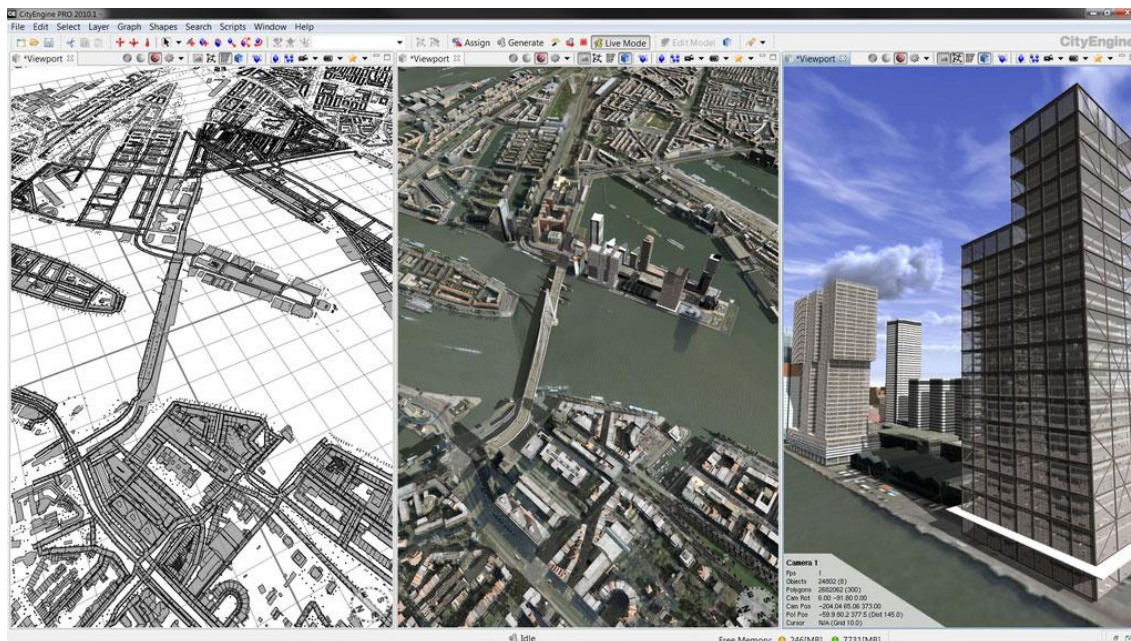
---

Os modelos SIG3D são representações tridimensionais de informação geográfica, associando as capacidades de integração e análise espacial de dados georreferenciada em ambiente tradicional de SIG, todo o potencial da visualização tridimensional. (Pereira, 2013). Tal como os modelos BIM os modelos SIG3D são paramétricos, apesar de serem diferentes na sua conceção. Ambos funcionam com base no armazenamento e gestão de dados, os modelos BIM mais centrados no edifício e os modelos SIG3D mais preocupados com a sua inserção no contexto geográfico. É importante que os dados de diferente informação utilizados sejam coerentes, consistentes e atualizados e deste modo, é necessária a recolha e análise constante de informação, o que torna estas tarefas muito trabalhosas.

Um método possível para a construção dos modelos tridimensionais, em ambiente SIG3D, são as gramáticas de forma, ou seja, regras de programação que automatizam a construção dos modelos com base nos valores dos atributos da informação geográfica, gerando ambientes urbanos tão realistas quanto possível de uma forma rápida e eficaz (Ruas, 2013) (Figura 4). Recorrendo ao formato *Industry Foundation Classes* (IFC), formato que permite a interoperabilidade entre diferentes programas, é possível incorporar nos SIG 3D um modelo tridimensional criado em ferramentas BIM (Ruas, 2013).

*“Os verdadeiros SIG 3D devem permitir uma representação realista da terceira dimensão, uma movimentação livre do utilizador pelo ambiente 3D, funções normais de um sistema de informação geográfica como análise espacial, sobreposições e funções de análise de superfícies 3D”*

**[Brooks e Whalley, 2005]**



**Figura 4** – Construção de um modelo SIG3D no CityEngine (Wiki).

O SIG3D permite aos utilizadores visualizar, compilar informações de planeamento urbano em modo 3D, para avaliar e simular os planos de construção. Nos últimos anos tem-se verificado um aumento exponencial na utilização de modelos SIG3D, e das suas aplicações, como na simulação de propagação do ruído e mapeamento (Czerwinski *et al*, 2007), planeamento urbano (Köninger e Bartel, 1998; Knapp e Coors, 2008), gestão de desastres (Zlatanova e Holweg, 2004; Kolbe *et al*, 2008), entre outras, o que demonstra as diversas potencialidades desta poderosa ferramenta.

### 2.2.1. Gramáticas de Forma

A primeira publicação formal sobre as gramáticas de forma remonta a 1972 por Stiny e Gips. As gramáticas de forma consistem na aplicação de um conjunto de regras que são aplicadas consecutivamente a uma forma inicial, com o objetivo de construir um modelo 3D.

Parish *et. al.*, 2001 aplicaram as noções de gramáticas de forma a polígonos 2D para extrusão no espaço 3D e posteriormente atribuíram-lhes texturas. Esta abordagem

demonstrou como uma cidade pode ser modelada rapidamente, não sendo necessário modelar cada edifício em separado.

A gramática de forma é paramétrica, uma vez que pode ser parametrizada. A definição de regras para representação de geometrias, designado por modelação generativa, permite automatizar o processo de construção de modelos 3D.

Segundo Monteiro *et al*, (2009), os elementos essenciais de uma gramática de forma, devem ser definidos nesta ordem:

- a) **Vocabulário de formas** – Conjunto finito de formas primitivas que podem ser bidimensionais ou tridimensionais;
- b) **Relações espaciais** – Conjunto de combinações espaciais desejadas entre as formas primitivas do vocabulário;
- c) **Regras** – A partir das relações espaciais, são definidas regras de transformação do tipo A B (ao encontrar A, substitua por B). Estas regras podem ser classificadas em três grupos: adição, substituição e subtração;
- d) **Forma inicial** – Para iniciar a aplicação das regras, deve-se selecionar uma forma inicial, pertencente ao vocabulário de formas.

As gramáticas de forma podem, ainda, ser classificadas de analíticas ou originais, (Santos, 2009):

- **Gramáticas de forma analíticas:** Descrevem e analisam estilos históricos ou linguagens de projetos de arquitetura existentes, como a gramática para a Villa de Palladio desenvolvida por Stiny e Mitchell em 1978;
- **Gramáticas de forma originais:** Centram-se na criação de novos estilos de projetos, pois estes sistemas generativos são muito eficientes na transposição de intenções arquitetónicas. Duarte (2007) desenvolveu uma gramática de forma analítica para as Casas da Malagueira, da autoria do arquiteto Siza Vieira, conseguindo transpor para o computador as sofisticadas regras de composição criadas pelo autor.

O verdadeiro avanço destas gramáticas ocorreu em 2003 quando Wonka *et al*, introduziram o conceito de divisão de gramáticas, em que estas podem dividir-se nos seus componentes (faces, arestas ou vértices). Eles desenvolveram um novo método de modelação de edifícios, que consistiu na combinação das gramáticas divididas com as

gramáticas de forma (Wonka *et al*, 2003). O culminar deste trabalho resultou o programa CityEngine, lançado comercialmente em 2008. Este programa utiliza a vantagem da divisão e das gramáticas de forma para realizar a modelação processual da arquitetura 3D para polígonos 2D.

## 2.3. Interoperabilidade

---

Uma das maiores problemáticas na indústria Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na execução de um projeto/obra prende-se com as dificuldades comunicativas entre todos os elementos associados à realização da mesma. Inevitavelmente, um arquiteto e um engenheiro civil, a título de exemplo, têm diferentes perceções e preocupações no desenvolvimento de determinado projeto. O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação ao longo das diferentes fases do ciclo de vida de um edifício, nomeadamente entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, bem como na capacidade de várias aplicações trabalharem conjuntamente, materializando-se na existência de um modelo digital multidimensional (Silva, 2013).

Segundo Dean (2010) o sucesso das ferramentas BIM está inerente à interoperabilidade, que consiste na capacidade que os modelos apresentam na troca de informações entre si e na possibilidade de retirar do modelo toda a informação necessária. Assim é fundamental que todas as informações contidas no modelo BIM estejam interligadas por relações paramétricas, o que significa que as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo, evitando a propagação de erros e dinamizando os processos de atualização (Silva, 2013).

A falta de interoperabilidade leva a custos para a indústria. Segundo um relatório do McGraw Hill SmartMarket (2007), em média, cerca de 3,1% dos custos de projeto estão associados a custos de não interoperabilidade.

(“A falta de capacidade de trocar dados entre sistemas representa um dos fatores que mais contribui para a falta de produtividade e para o não cumprimento dos planos de trabalhos e dos orçamentos, com os custos de (não) interoperabilidade a poderem

atingir valores superiores aos 15 mil milhões de dólares anuais de acordo com um estudo.”)

### **In Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities**

#### **Industry**

Ferreira (2011) indica que sem a interoperabilidade de *software* verifica-se:

- Aumento de despesas para a indústria da construção e para o proprietário na formação e requalificação profissional em várias plataformas;
- Aumento do desperdício de tempo, materiais, energia e dinheiro;
- Declínio da produtividade com reintrodução de dados, várias versões e verificação de documentos, bem como fluxo de trabalho;
- Perda de acessibilidade aos ficheiros no futuro;
- A indústria de *software* não vai alcançar um desenvolvimento robusto de análise e simulação de ferramentas e interfaces necessárias para responder à rápida mudança da indústria.

A transferência de informação geométrica, edifícios em BIM, para o espaço geográfico é uma problemática existente, uma vez que, ainda existe algumas deficiências na interoperabilidade entre estes sistemas. Deste modo, é necessário a existência de um modelo que permita que a troca de informação seja compreendida pelos diversos programas existentes no mercado (Ferreira, 2011).

De acordo com Eastman *et al*, (2008), foram distinguidos três tipos de aplicativos BIM:

- Ferramentas – aplicação com finalidade de produzir um resultado específico. Normalmente é uma aplicação independente, e o seu resultado são documentos produzidos como relatórios e desenhos, todavia é possível exportar os resultados para outras ferramentas;
- Plataformas – são *softwares*, normalmente, para projeto, que geram informação para múltiplos utilizadores. Produzem um modelo de dados inicial que armazena estas informações na plataforma. A grande maioria das plataformas BIM também incorporam funcionalidades de ferramentas, como a produção de desenhos.

- Ambientes – gestão de um ou mais fluxos de informação que integram as aplicações (ferramentas e plataformas).

Destes três tipos de aplicativos é de salientar que os mais relevantes são os dois primeiros. A transferência de dados mais usual ocorre entre plataformas e ferramentas BIM em que a informação é transferida de forma direta de um aplicativo para o outro através de um ficheiro de interface, como o Industry Foundation Classes (IFC). Além da interoperabilidade entre plataforma e ferramenta, tem-se também a interoperabilidade de plataforma-plataforma que consiste na transferência de informação entre dois *softwares* distintos, como por exemplo do ArchiCAD para o Revit e ainda a interoperabilidade de ferramenta-ferramenta esta permite que um documento criado numa ferramenta de cálculo de quantidades possa ser utilizado e alterado por uma ferramenta de cálculo de custos.

Para Eastman *et al*, (2008) existem quatro maneiras diferentes para a troca de dados entre programas, sendo essas, a ligação direta, o formato de arquivo de troca de proprietário, formatos de arquivo de trocas de domínio público e formatos de troca de dados baseados em XML (*Extensible Markup Language*). Para estes autores os dois principais modelos de troca de dados de domínio público do produto da construção civil são:

- **CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2)** – é um formato desenvolvido para ser usado em projetos de estruturas em aço e na fabricação;
- **Industry Foundation Classes (IFC)** – é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o BIM. O IFC é um formato para ser usado no planeamento do edifício, no projeto, na construção e gerenciamento.

O modelo mais utilizado é o IFC, que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos. Mesmo assim, o que se observa na prática, de acordo com Kiviniemi *et al*, (2008), é que o uso de padrões IFC atende a requisitos para certas tarefas, deixando, contudo, que muitas outras tarefas não sejam suportadas por este formato.

Segundo Almeida (2015) existem uma série de normas e formatos com potencial e interesse a serem evoluídos, contudo irá demorar alguns anos até se concretize para as diferentes plataformas a nível mundial. Atualmente o IFC é um formato utilizado a nível mundial e recentemente tornou-se um padrão ISO (16739: 2013).

### 2.6.1. *Industry Foundation Classes (IFC)*

---

Para promover a comunicação entre diferentes ferramentas e plataformas BIM é necessária a utilização de uma linguagem comum, de modo a permitir a interoperabilidade entre as mesmas. Esta linguagem comum está em formato aberto e em constante evolução, designado por *Industry Foundation Classes*, IFC.

O IFC é um formato de arquivo baseado em objetos, que define a forma como a informação do modelo (geometria, cálculo, quantidades, preços, entre outros) deve ser fornecida/armazenada durante todas as fases do ciclo de vida de projetos BIM (Ferraz *et al.*, 2012).

Este formato aberto começou a ser desenvolvido em 1994 pela *International Alliance for Interoperability*, IAI, presentemente designada por *buildingSMART Alliance* (Ruschel *et al.*, 2009). Em 1997 surge a primeira versão “IFC 1.0” e com a sua publicação 26 empresas reconhecidas mundialmente (ex., Autodesk, Bentley, etc) mostram interesse em implementar esta funcionalidade nas suas ferramentas (Sá, 2014). Com o decorrer dos anos foram-se apresentando novas versões do IFC, como se verifica na cronologia da figura 5. O lançamento do IFC2x em 2000 foi um marco histórico na medida em que a partir desse momento o núcleo da especificação IFC permanece inalterado e cada lançamento adiciona capacidades à especificação anterior (Pinho, 2013).

A atualização IFC mais recente ocorre em 2013 com a versão IFC 4. Esta versão tem ao dispor dos utilizadores novas funcionalidades como, quantidades padronizadas para medições, análises estruturais e detalhe, análise energéticas, entre outras. Contudo, atualmente a maioria das ferramentas BIM continuam a operar com o IFC 2x3 TC1, devido ao reduzido campo de aplicação do IFC 4, pois são poucos os *softwares* que o suportam (Sá, 2014).

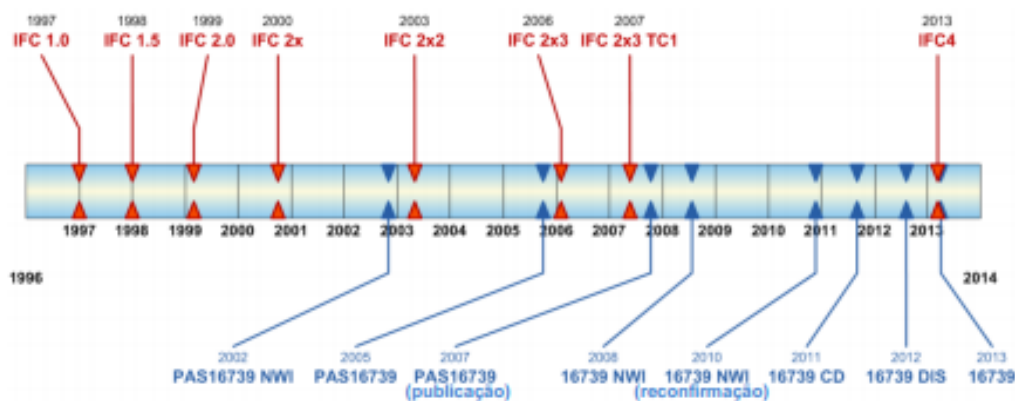


Figura 5 – Cronologia da evolução IFC (Sá, 2014).

O IFC insere-se num conceito *OpenBIM* que corresponde à criação de uma plataforma onde são adicionados todos os modelos BIM relativos às diversas dimensões, em formato IFC, permitindo que o desenvolvimento de um modelo BIM, já existente, seja modificado através de um *software* diferente daquele que o concebeu, e que possa ser novamente exportado para IFC (Sá, 2014).

O modelo de informação IFC é visto como uma das chaves que permite transpor barreiras e deficiências que se opõem ao desenvolvimento das tecnologias na indústria AEC. Este modelo consiste numa biblioteca de objetos e propriedades que podem ser usados para representar projetos de edifícios e informação de suporte para um caso particular. Este formato foi construído através da colaboração conjunta de toda a indústria AEC com fornecedores de *software*, agências governamentais, laboratórios de pesquisa, universidades entre outras entidades que agora contribuem e fazem parte da BuildingSMART (Pinho, 2013).

Os principais objetivos do IFC são (Ferraz *et al*, 2012):

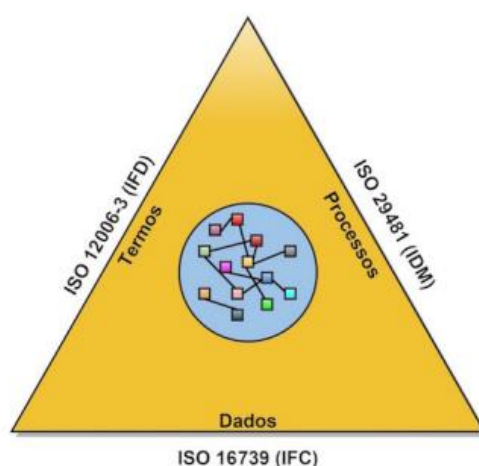
- A coordenação interdisciplinar de modelos de informação de edifícios;
- A troca e partilha de informação entre aplicativos;
- A transmissão e reutilização de informação para dimensionamento e operações a jusante do projeto.

O IFC é uma condição necessária, mas não suficiente para a plena interoperabilidade entre ferramentas BIM. Isto porque, a não ser que as trocas de informação que ocorrem dentro dos fluxos de trabalho do projeto tenham um conteúdo

definido e um nível de trabalho definido, a flexibilidade e a amplitude que a extensão IFC apresenta pode dar lugar à existência de erros (Eastman *et al*, 2010).

Para Fu *et al*, (2006), é um tipo de linguagem que foca na modelagem do produto e processos da indústria da AEC/ FM (*Facility Management*). O IFC é o principal instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de *software* da AEC/ FM.

Ruschel *et al*, (2009) colocam como formato base para ser usado num edifício inteligente, o IFC e agregam-no ao *Information Framework for Dictionary* (IFD) e ao *Information Delivery Manual* (IDM) (Figura 6). Para Haagenrud *et al*, (2007) o IFD consiste no desenvolvimento de uma biblioteca internacional de objetos para a indústria da AEC/FM que é compatível com o IFC e que pode ser utilizado para obter informações mais detalhadas dentro e fora de um projeto de edifício. Com o IFD é possível criar uma identidade própria ao objeto (identidade única) o que facilita a interoperabilidade. O IDM, para Kiviniemi *et al*, (2008), é um padrão que define qual a especificação de uso que um objeto deve ter.



**Figura 6** – Pirâmide com os três conceitos básicos do OPEN BIM, adaptado de BuildingSMART.

Em suma, o IFC segundo Sousa *et al*, (2011), referindo-se a um estudo de Solihin efetuado em 2004, assenta na resolução das questões relacionadas com a interoperabilidade entre sistemas com a utilização do IFC, para se poder proceder à consolidação de processos. Destaca que é necessária a implementação do modelo numa perspetiva mais global, por forma a ter verdadeiros testes. Para tal, salienta o papel

decisivo dos governos, dos grandes clientes e das grandes empresas, em reforçar os esforços com vista ao desenvolvimento do papel dos modelos de informação.

### *2.6.2. City Geography Markup Language (CityGML)*

---

O *City Geography Markup Language*, CityGML, foi desenvolvido em 2008 pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) e constitui num padrão internacional neutro para um modelo de dados e formato que permita o intercâmbio de dados e informações geoespaciais, a representação tridimensional digital de cidades e a manutenção sustentável dos modelos 3D (Amorim, 2015).

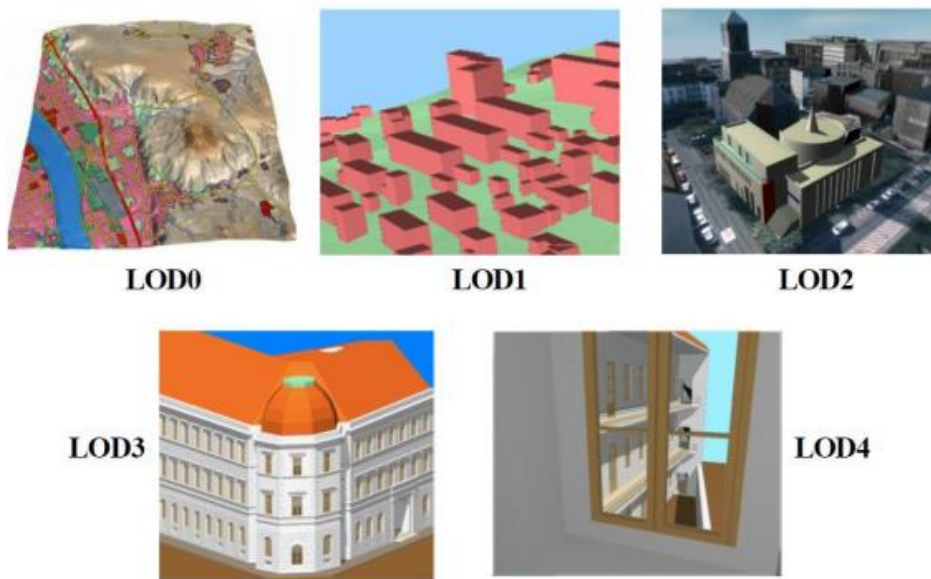
Segundo Amorim (2015), o CityGML representa todos os objetos da cidade, desde o modelo digital do terreno (MDT), aos edifícios, às redes de transporte, ao mobiliário urbano, à vegetação, entre outros elementos. Para isso, a linguagem CityGML define classes e relações para objetos topográficos em cenários de modelos em relação às propriedades topológicas, semânticas e geométricas.

Este padrão foi concebido como um modelo de dados abertos XML que permite o armazenamento e a partilha de dados com o intuito de adquirirem a interoperabilidade entre modelos virtuais urbanos 3D. Este foi implementado como um esquema de aplicação para o *Geography Markup Language 3* (GML3), que é um modelo padrão internacional para a troca de informação espacial, promovido pela OGC e a ISO TC211. Este cobre a normalização da informação referente aos aspetos geométricos, topológicos e semânticos de modelos urbanos tridimensionais, com o objetivo de distinguir edifícios, vegetação, rios, ruas (Chen, 2011; Almeida *et al*, 2015; Rodrigues *et al*, 2009).

Além disso, estes modelos sustentam um sistema de Níveis de Detalhe (*Level-of-Detail* - LOD) e permitem a construção progressiva do modelo, reduzindo a perda de informação necessária para a sua construção. Os LOD's são estruturados tendo em conta 5 níveis de detalhe, em que o LOD0 corresponde ao nível de detalhe com menor informação e o LOD4 ao que apresenta maior informação (figura 7). Foram definidos os seguintes níveis de detalhe correspondente a cada LOD (Chen, 2011):

- LOD0 – Construção do MDT e a este pode associar-se um ortofotomapa;

- LOD1 – Associação da volumetria dos edifícios;
- LOD2 – Implementação das coberturas e colocação de texturas nos edifícios e nos telhados;
- LOD3 – Diferenciação dos modelos arquitetónicos, como paredes e varandas;
- LOD4 – Completação do LOD3, ou seja, inserção de estruturas interiores, como divisões, portas, janelas e escadas.



**Figura 7** – Níveis de Detalhe, LOD (Chen, 2011).

## 2.4. Aplicação dos SIG3D

---

Segundo Bodum *et al*, (2006) os modelos SIG3D estão especialmente direcionados para a visualização, em particular para a semelhança destes modelos com a realidade. Atualmente o número de modelos de cidades 3D está em constante crescimento, tanto por parte dos municípios como pelas diversas organizações. Este facto deve-se às inúmeras potencialidades que estes modelos garantem, tais como tomadas de decisão (Scussel, 2014), planeamento urbano e costeiro, simulação do ruído e de tráfego e no mapeamento (Bentley, 2011; Magarotto *et al*, 2013) e avaliação dos recursos solares (Eicker *et al*, 2013).

Aquando da Copa do Mundo no Brasil os governadores atribuíram às Forças Armadas o papel de Força Contingente para atuarem nas atividades de defesa durante a competição. Nesse sentido, o Exército Brasileiro utilizou os modelos SIG3D nas atividades de segurança e defesa, com o objetivo de permitir uma melhor contextualização aquando das tomadas de decisão, nos diversos níveis operacionais, além de definir o posicionamento ótimo de câmaras de vigilância e a localização de pontos cegos para a segurança de um ponto sensível, para identificar uma determinada rota e por fim, para posicionamento de tropa para observação (Scussel, 2014).

Segundo Bentley (2011), Helsínquia, capital da Finlândia, é pioneira no desenvolvimento dos modelos SIG3D e em 1987 foi construído o primeiro modelo digital 3D. A sua criação teve como objetivo o planeamento urbano, a simulação de ruído e de tráfego e o mapeamento. Os finlandeses estão particularmente rendidos às potencialidades relativas ao planeamento urbano, uma vez que as imagens realistas existentes permitem indicar as alterações a realizar na paisagem da cidade. Além deste potencial, os modelos SIG3D são usados para apoiar a análise espacial 3D, na construção do mapa de proteção do nível do mar e para ajudar no planeamento aquando a construção de infraestruturas (tanto acima como abaixo do solo).

Eicker *et al*, (2013) avaliaram os recursos solares utilizando os modelos SIG3D, este estudo foi efetuado na Alemanha. Inicialmente foi construído um modelo 3D de toda a área em estudo, para isso, realizou-se um varrimento a laser para saber a área do piso térreo e a altura média dos edifícios. De seguida, construíram uma base de dados em que inseriram informações relacionadas com o uso, o tipo e os anos de construção. Como o objetivo era avaliar os recursos solares, os valores referentes às características térmicas foram retirados a partir Classificação Nacional das Tipologias dos Edifícios. Posteriormente simularam-se as exigências de aquecimento para cada edifício. Machete *et al*, (2016) utilizaram estes modelos para analisar a influência do contexto urbano na determinação da exposição solar nas coberturas e alçados. As conclusões destes estudos revelam que os modelos SIG3D são muito precisos para o cálculo dos recursos solares e que toda a população devia ter acesso à visualização do modelo para incentivar a participação pública. Por fim, Eicker *et al*, (2013) afirmam que os modelos SIG3D apresentam um forte potencial para coordenar as estratégias energéticas de toda a cidade.

Também Magarotto *et al*, (2013) desenvolveram um projeto recorrendo aos modelos SIG3D, neste caso o estudo assentou na utilização deste modelo aplicado a zonas costeiras. O projeto consistia no desenvolvimento de uma metodologia em SIG para criar modelos 3D recorrendo a imagens de satélite para a zona costeira da cidade de Recife, Brasil. Para isso, georreferenciaram as imagens de satélite, recolheram toda a informação necessária, sistematizaram a recolha dos dados, inseriram a informação/dados no SIG e por fim representaram os dados em 3D. Estes autores, concluíram que a criação de modelos 3D baseados nos dados recolhidos e com a metodologia utilizada se alcançaram resultados importantes relativamente à construção de edifícios junto à zona costeira. O potencial desta ferramenta pode ser desenvolvido e aplicado no planeamento urbano em área de grandes construções e com inúmeros edifícios.

Segundo Pereira (2013), atualmente os modelos SIG3D, em particular os modelos urbanos, estão vocacionados para a visualização. Para valorizar o turismo em Portugal, e particularmente em Lisboa, o Museu da Cidade de Lisboa contém um modelo 3D virtual que representa como seria a cidade antes do fatídico terramoto de 1755. Este modelo geométrico permite aos utilizadores adquirirem uma melhor perceção de como seria Lisboa antes de ser destruída.



### 3. Metodologia

---

A metodologia desenvolvida na realização do trabalho tem como principais tarefas: a) Identificação das Patologias não Estruturais dos edifícios; b) Criação da base de dados; c) Modelação do terreno; d) Modelação dos Edifícios com recurso a ferramentas de SIG e BIM; e) Integração dos modelos desenvolvidos em ambiente SIG com os modelos desenvolvidos em BIM; f) Disponibilização e visualização da informação com recurso a Plataforma “*Open Source*”.

Para a construção do modelo foi fundamental a recolha de toda a informação necessária para a construção de uma base de dados, como a cartografia do terreno, as fotografias ortorretificadas, as características e as patologias não estruturais dos edifícios.

Para a recolha e tratamento da informação referente às patologias não estruturais de cada edifício, foram utilizadas as Fichas de Caracterização (FC1 – Identificação do Lote, FC 2 – Avaliação das Características das Fachadas, FC 3 – Avaliação das Patologias não Estruturais das Fachadas) desenvolvidas por Raimundo (2012) apresentadas no Anexo 1.

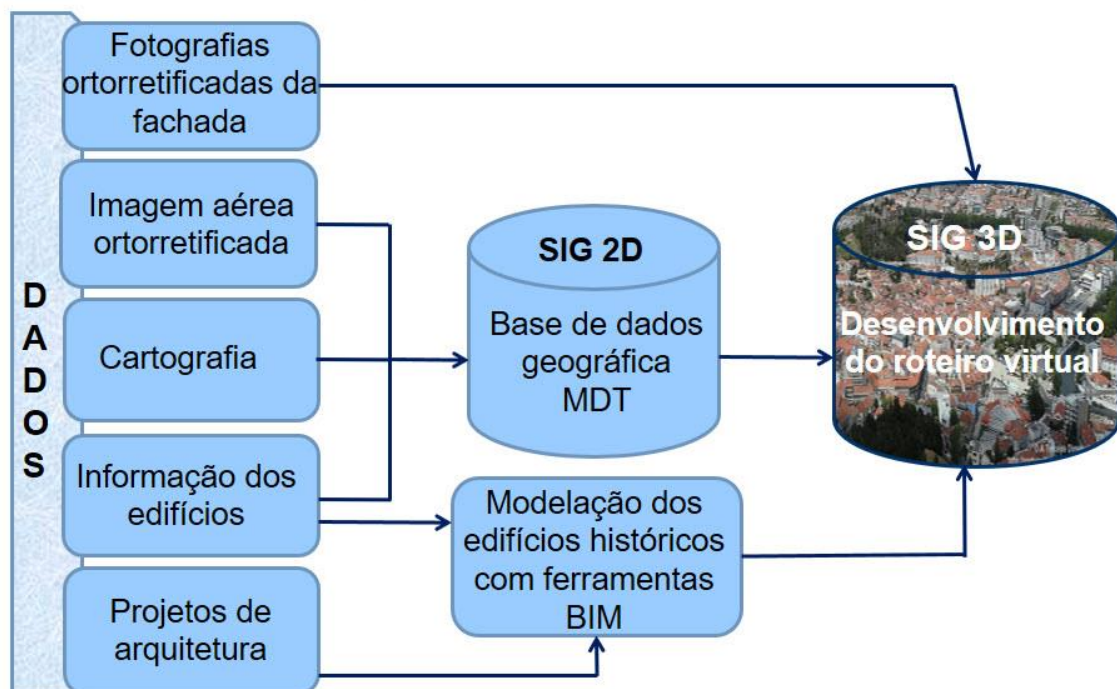
O modelo digital do terreno foi construído a partir das curvas de nível e pontos cotados, extraídos da cartografia, aos quais foi aplicado o processamento para elaboração da rede de triângulos irregulares (TIN) com recurso ao interpolador de *Delauney* e posteriormente, para uma melhor precisão, foi convertido para o formato raster. As células da matriz regular do MDT em formato *raster* apresentam uma resolução espacial de 1 metros em todos os *pixels* da área do mapa.

De seguida, procedeu-se à modelação tridimensional de edifícios com interesse histórico e patrimonial recorrendo às potencialidades do programa ArchiCAD. Inicialmente, definiram-se as características gerais de cada edifício, como a altura do pé-direito e o número de pisos. Posteriormente todos os elementos que compõem o edificado (paredes, laje, cobertura, portas janelas, entre outros) foram modelados como objetos, modificando apenas as características, o tipo de objeto e as texturas, de forma a torna-los o mais reais possível. O nível de detalhe dos edifícios modelados através desta ferramenta BIM corresponde a um LOD 4.

Seguidamente, com recurso à ferramenta CityEngine modelaram-se os restantes edifícios que compõem o núcleo da cidade, em ambiente SIG 3D com um nível de detalhe que corresponde ao LOD 1 e LOD 2. A modelação neste ambiente é efetuada através de regras paramétricas, que tendo em conta o número e a altura de pisos e o número de pendentes da cobertura referente a cada edifício gera as volumetrias dos mesmos. A estes edifícios, consoante a sua importância, foram projetadas as fotografias ortorretificadas das fachadas e adicionou-se toda a informação referente às características e às patologias não estruturais dos mesmos, para que posteriormente essa informação possa ser consultada.

Por fim, com a integração da base de dados, contida nos SIG, com o MDT e com os edifícios modelados tridimensionalmente obtém-se o modelo SIG3D. Este, ao ser colocado na plataforma “*Open Source*” permite aos utilizadores visualizar o modelo através de uma viagem virtual e adquirirem a informação referente aos diversos edifícios.

A figura seguinte demonstra de forma sintetizada a metodologia aplicada.



**Figura 8** – Metodologia utilizada na construção do modelo.

### 3.1. Área de estudo

---

A cidade de Leiria é constituída por um núcleo mais antigo, com um tecido consolidado. Este tecido nasceu junto à base do Castelo de Leiria a partir do qual se desenvolveu o aglomerado urbano existente e onde alguns dos seus edifícios se encontram em estado degradado que à semelhança de outras cidades, se tem transformado em zonas deprimidas, sob o ponto de vista físico, social e económico. O estudo abrange uma área do centro histórico que engloba cerca de 46 quarteirões compostos por 319 Edifícios.

Nesta dissertação é apresentada a construção do modelo SIG3D do Centro histórico de Leiria, a partir do qual foi construído o percurso virtual “Leiria: Ruas e Ruelas” composto por 110 edifícios. A escolha deste percurso deveu-se ao facto de já existir uma rota definida pela Câmara Municipal de Leiria que engloba uma variedade de elementos arquitetónicos e retrata a vivência dos seus habitantes, sendo outrora um percurso rico em comércio, serviços e de locais de lazer para os seus habitantes. A sua implementação em SIG3D permitirá dar visibilidade à rota e à história dos diversos edifícios que a compõem. O edificado presente no percurso em estudo manteve-se inalterado até ao início do século XX, desde então parte dos edifícios existentes estão a ser intervencionados, com o intuito de preservar e atrair turistas ao centro histórico de Leiria. A figura 9 enquadra o percurso em estudo no centro histórico de Leiria.



Figura 9 – Percurso "Leiria: Ruas e Ruelas" e identificação dos edifícios relativos ao Eça de Queirós.

Considerou-se ainda relevante incorporar no modelo SIG3D alguns edifícios importantes existentes no centro histórico, que retratam a vivência do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria. Os edifícios em estudo foram: a Casa do Eça, a Casa dos Hingás, o Solar do Barão de Salgueiro e o Edifício do Ateneu cujos detalhes históricos mais relevantes são apresentados na seção 3.3.

## 3.2. Recolha de dados

---

Para a realização do modelo SIG3D e do roteiro referente à cidade de Leiria foi necessária a recolha de diversos tipos de informação. Os dados geográficos obtidos são provenientes de diferentes fontes nomeadamente:

- Cartografia à escala 1:10 000 fornecida pela Câmara Municipal de Leiria (CML);

- Plantas dos edifícios em estudo, fundamentais para a modelação tridimensional dos edifícios relacionados com a passagem do escritor pela cidade, facultados pelos dos serviços municipalizados de Leiria (Anexo 3);
- Fotografias ortorretificadas, projetadas nos edifícios pertencentes à rota, com uma resolução espacial de 0.012 metros, fornecidas pela CML;
- Ortofotomapa do centro histórico de Leiria, com resolução espacial de 0.5 metros;
- Fichas de Caracterização (Raimundo, 2012) do edificado, compostas por três fichas, em que a primeira é referente à identificação do lote, e as outras duas são relativas à avaliação da degradação das fachadas tendo em conta a sua caracterização e as anomalias (ver capítulo 3.4).
- A informação histórica relativa aos quatro edifícios da passagem do escritor foi fornecida pela Câmara Municipal de Leiria.

A todos os dados geográficos foi atribuído o sistema de coordenadas *Datum 73 Hayford Gauss (IPCC)* garantindo assim a homogeneidade entre eles evitando possíveis divergências de informação.

### 3.3. Dados Históricos

---

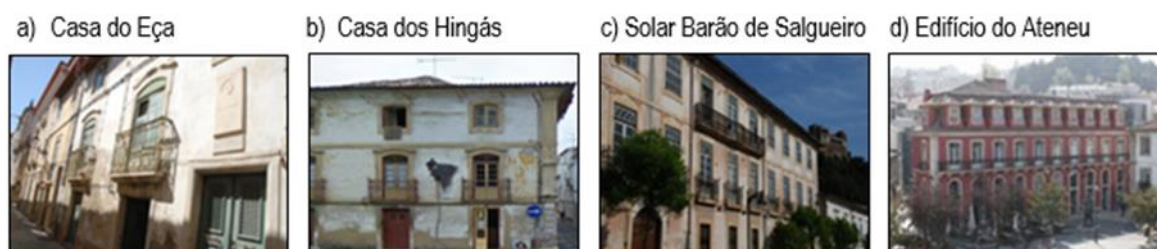
Eça de Queirós chegou a Leiria em 1870 e hospedou-se no n.º 13 da Travessa da Tipografia, atualmente designada como Casa do Eça. Aqui escreveu com Ramalho Ortigão “O Mistério da Estrada de Sintra” e provavelmente os primeiros esboços do romance “O Crime do Padre Amaro” (Figura 10 a)).

A Casa dos Hingás era o local da antiga Administração do Concelho, onde Eça de Queiroz exerceu as suas funções públicas como Administrador, entre 1870 e 1871. O seu gabinete localizava-se no primeiro andar do n.º5, de uma das janelas do gabinete avistava a Sé de Leiria. Sendo esta, ainda hoje, um local pelos quais os leirienses têm muito apreço (Figura 10 b)).

O Solar do Barão de Salgueiro atualmente localizado no Largo Cândido dos Reis, antigo Terreiro das Camarinhas, foi desde o século XVII a zona nobre da cidade, onde se situavam os solares e casas de famílias ilustres, como a do Barão de Salgueiro. O

Solar foi construído em 1850 e serviu de palco a um dos episódios anedóticos da passagem de Eça de Queirós por Leiria. No baile de máscaras do Carnaval de 1871, Eça foi vestido de tirolês e entrou com uma das Senhoras que abrilhantavam o baile numa das divisões íntimas da residência. O barão mandou os criados expulsar o escritor, tendo este sido empurrado violentamente pela escadaria abaixo (Figura 10 c)).

Antigamente o Edifício do Ateneu de Leiria era o palácio setecentista da família Oriol Pena, cujo brasão ainda permanece numa das fachadas do edifício. Nele funcionou no século XIX, a Assembleia Leiriense de que Eça de Queirós era sócio e onde ia ler os jornais. Este edifício encontra-se localizado na Praça Rodrigues Lobo e no seu romance “O Crime do Padre Amaro”, a praça era o local de encontro das pessoas ilustres da cidade (Figura 10 d)).



**Figura 10** – Edifícios que retratam a vivência do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria.

### 3.4. Identificação da Patologias não Estruturais dos edifícios

---

As patologias são provocadas pela ação de agentes atmosféricos, erros de aplicação/construção ou inadequação dos materiais aplicados e ocorrem durante o tempo de vida útil do edifício, que prejudicam o seu desempenho. Para a construção do modelo 3D apenas se consideraram as patologias não estruturais dos edifícios.

O levantamento das patologias não estruturais dos edifícios existentes no centro histórico, foi efetuado tendo como base de suporte as Fichas de Caracterização (FC) desenvolvidas por Gonçalo Raimundo, tarefa incluída no desenvolvimento do projeto da unidade curricular projeto II do mestrado em Engenharia Civil do Instituto Politécnico de Leiria, (figura 11), (Anexo 1). O levantamento das fotografias e das patologias não

estruturais dos edifícios foi realizado em 2010, sendo que neste período de 6 anos alguns edifícios já foram intervencionados. Deste modo, para que a informação existente na base de dados estivesse atualizada, procedeu-se ao levantamento das fotografias e respetivas patologias não estruturais desses edifícios e alterou-se a informação contida nas Fichas de Caracterização.

No Anexo 1 encontra-se uma exemplificação de como as fichas estão estruturadas e como são preenchidas.

As FC, que permitiram caracterizar os edifícios, são compostas por três fichas, sendo a primeira referente à identificação do lote, onde é mencionado a sua localização, o ano da construção do edifício, o uso ao nível de cada piso do mesmo, o valor arquitetónico e a rede comercial do edifício.

A segunda ficha designada como “Ficha de Avaliação das Fachadas – Caracterização”, incide nos elementos que compõem as fachadas, tipificando os vários tipos de materiais existentes ou formas como estes se apresentam. No caso dos suportes ainda é possível atribuir uma função a nível estrutural. Esta ficha é também utilizada para quantificar o estado de degradação de cada elemento existente nas fachadas como: 1) Constituição do suporte; 2) Tipo de revestimento; 3) Tipo de caixilharia e porta; 4) Estores; 5) Portadas; 6) Cornijas; 7) Elementos artísticos valorizantes; 8) Socos; 9) Cunhais; 10) Varandas; 11) Gradeamentos; 12) Palas de sombreamento; e 13) Cantarias.

Por fim, a terceira ficha destina-se à avaliação das fachadas tendo em conta as patologias não estruturais que estas apresentam. Esta divide-se em 5 grupos, sendo:

**1) Anomalias em revestimento:** Neste campo são enumeradas diversas patologias não estruturais existentes nos edifícios e indica-se o tipo de material (argamassa, pedra, cerâmico, pintura, madeira) a patologia se encontra e respetiva a localização (fachadas, cornijas, socos, cunhais, muretes/platibandas) da mesma;

**2) Humidade:** Neste parâmetro é mencionado o surgimento da humidade e respetiva zona onde esta se manifesta;

**3) Fissuração:** Aqui é indicada a espessura aproximada da fissura, a forma e a orientação com esta se apresenta;

4) **Outras Anomalias:** Neste local são mencionadas outras possíveis anomalias existentes nos edifícios, estas são importantes para uma melhor avaliação da degradação do edifício;

5) **Nível de degradação geral das fachadas:** Para aqui converge toda a avaliação relativa aos diversos elementos que compõem a caracterização da fachada, de seguida é mencionada a forma para calcular o Nível de Degradação referente a cada edifício.

- **Nível de Degradação Geral**

O nível de degradação do edifício desenvolvido por Raimundo (2012) é determinado através de uma escala composta por 5 níveis de ponderação variando entre 0 e 4, de acordo com os descritores gerais do estado de degradação do elemento, como se verifica na figura seguinte.

Níveis de degradação	Caracterização – Descritores Gerais
Nível 0 - Sem degradação	- Ausência de anomalias ou anomalias sem significado
Nível 1 - Degradação ligeira	- Anomalias que prejudicam o aspeto, e que requerem trabalhos de fácil execução
Nível 2 - Degradação média	- Anomalias que prejudicam o aspeto, e que requerem trabalhos de difícil execução
Nível 3 - Degradação grave	- Anomalias que prejudicam o uso e conforto e que requerem trabalhos de difícil execução
Nível 4 - Degradação muito grave	- Anomalias que colocam em risco a saúde e a segurança, podendo motivar acidentes sem grande gravidade, e que requerem trabalhos de difícil execução

**Figura 11 – Nível de Degradação tendo em conta os Descritores Gerais.**

Para calcular o nível de degradação dos edifícios consideram-se as ponderações e o valor de degradação.

As ponderações arbitram a importância relativa de cada elemento funcional no cálculo do nível de degradação geral das fachadas. Foi feita uma escala de ponderações que varia entre 0 e 4. Estas foram delineadas com base na conjugação da importância que os elementos têm no “funcionamento” da fachada, com uma média realizada da razão entre área total das fachadas de 5 edifícios da zona em estudo e a área medida em alçado para cada elemento que as compõem. Como se verifica na figura 12.

<b>Elementos da fachada</b>	<b>Medição das áreas dos elementos de fachada (%)</b>	<b>Ponderações finais consideradas (%)</b>
<b>Constituição do Suporte</b>	24,2	25,0
<b>Revestimento</b>	24,2	20,0
<b>Caixilharias e Portas</b>	14,2	15,0
<b>Estores</b>	2,1	2,0
<b>Portadas</b>	2,1	2,0
<b>Cornijas</b>	5,1	5,0
<b>Elementos artísticos valorizantes</b>	1,9	2,0
<b>Soco</b>	9,4	10,0
<b>Cunhais</b>	4,8	5,0
<b>Varandas</b>	2,3	4,0
<b>Gradeamentos</b>	6,4	4,0
<b>Palas de sombreamentos</b>	1,4	2,0
<b>Cantarias</b>	1,9	4,0

**Figura 12** – Cálculo das ponderações.

O cálculo utilizado para determinar o nível de degradação consiste na aplicação da seguinte expressão:

$$Fdg = \sum(n1 \times P1 + n2 \times P2 + \dots + n13 \times P13)$$

Onde: Fdg – nível de degradação global do edifício analisado;

ni – valor da degradação de cada elemento da fachada (de 0 a 4);

Pi – valor da ponderação de cada elemento. Com este modelo, é possível traduzir o estado de degradação de cada caso, através de um índice variando entre 0 e 4.

Na figura 13 é possível verificar a forma como a avaliação está dividida.

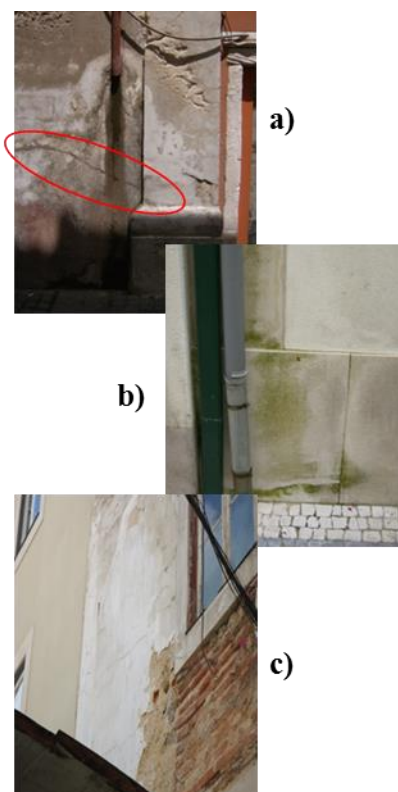
Nível da anomalia	Muito ligeiras	Ligeiras	Médias	Graves	Muito graves
Índice de anomalias	$0,0 \leq IA < 0,5$	$0,51 \leq IA < 1,5$	$1,51 \leq IA < 2,5$	$2,51 \leq IA < 3,5$	$3,51 \leq IA < 4,0$
Estado de degradação	Sem degradação	Degradação ligeira	Degradação média	Degradação grave	Degradação muito grave
Nível de degradação	0	1	2	3	4

**Figura 13** – Regras de determinação do estado de degradação.

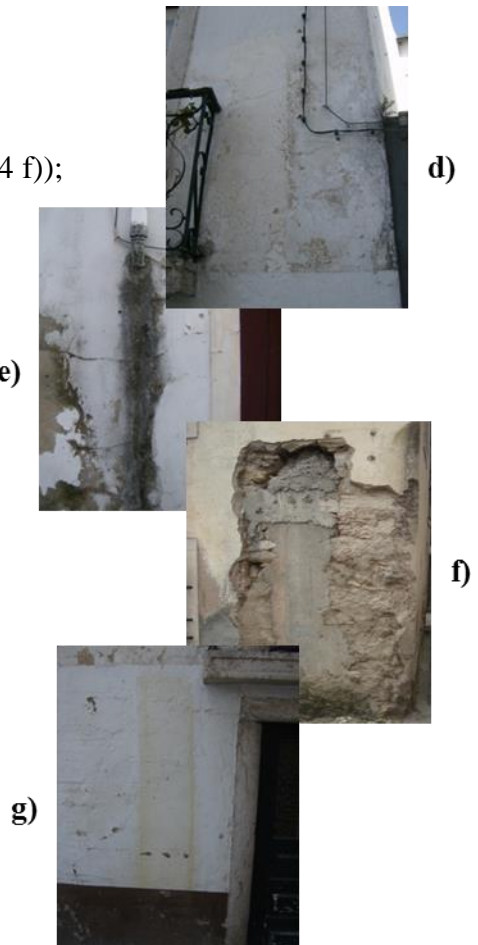
- **Patologias não estruturais**

As patologias não estruturais consideradas no revestimento das fachadas são as seguintes:

- Fissuração / Fracturação (Figura 14 a));
- Eflorescências / Criptoflorescências;
- Colonização Biológica (algas, fungos, musgos, verdete) (Figura 14 b));
- Vegetação parasitária de grande porte (plantas, erva);
- Perda de Aderência / Descolamentos / Destacamentos (Figura 14 c));
- Perda de Coesão / Desagregação;
- Erosão;
- Alveolização / Crateras / Picaduras (Figura 14 d));
- Humidade / Manchas (Figura 14 e));
- Manchas de poluição / Sujidade;
- Deficiências de planeza;
- Crostas Negras;
- Filmes Negros;
- Gelividade;



- Deterioração das juntas;
- Deficiências de assentamento ou fixação;
- Esmagamento / Lascagem nos bordos (Figura 14 f));
- Enodoamento prematuro;
- Riscagem / Desgaste;
- Alteração cromática / Amarelecimento / Descoloração (Figura 14 g));
- Alteração do brilho;
- Desprendimento do vidro;
- Escorregamento;
- Pulverulência;
- Intumescimento;
- Deslocações / Arqueamento;
- Empolamento.



**Figura 14** – Compilação de algumas anomalias existentes nos edifícios.

Uma patologia inerente a quase todos os edifícios é a fissuração/fendilhação, que consiste numa abertura longitudinal no elemento/revestimento do edifício, provocada pela ação de cargas. Também é de salientar a existência de humidades ou água nos edifícios, causa de origem de grande parte da degradação dos materiais. As patologias menos frequentes são o intumescimento que consiste no aumento de volume do revestimento, resultante da absorção de líquido ou vapor, durante o processo de secagem. A absorção pode dar origem a perdas de elasticidade e a uma consequente perda de aderência do revestimento. Finalmente a pulverulência que se manifesta através do aparecimento de poeiras finas pouco aderentes à superfície, provenientes da erosão do ligante.

### 3.5. Criação da base de dados

---

Para a criação do modelo SIG3D é fundamental a construção de uma base de dados atualizada. Para isso, inicialmente procedeu-se à recolha e ao tratamento de toda a informação necessária para a realização do mesmo. Deste modo, analisou-se e tratou-se a informação existente nas Fichas de Inspeção referente a cada edifício, os dados fornecidos pela C. M. Leiria e outros dados fundamentais para a construção do modelo.

A base de dados foi concebida através das ferramentas *Microsoft Office* e, como, em ambiente SIG, o nome de cada atributo não pode conter mais de 13 dígitos foi necessário ajustar o nome dos mesmos (Anexo 2). A informação existente na tabela alfanumérica é referente aos dados e informações contidas nas Fichas de Caracterização, desde as características dos edifícios (número de pisos, ano de construção, uso dos pisos que compõem o edifício, número de pendentes da cobertura, entre outras.) ao nível de degradação (ND) referente a cada edifício. Para a criação da base de dados importaram-se os polígonos da cartografia para o ambiente SIG. A união da informação geográfica com a alfanumérica efetuou-se através do atributo de “Codigo\_ED”, este resulta da junção do número do quarteirão com o do lote, por exemplo Quarteirão: Q003 e Lote: L:001, originou um Codigo\_ED: Q003L001.

A criação da base em SIG permite visualizar informação georreferenciada através de um sistema de coordenadas, neste caso, como referido anteriormente, todos os dados geográficos utilizados encontravam-se no sistema de coordenadas *Datum 73 Hayford Gauss (IPCC)*.

A figura 15 demonstra a base de dados criada através dos Sistemas de Informação Geográfica.

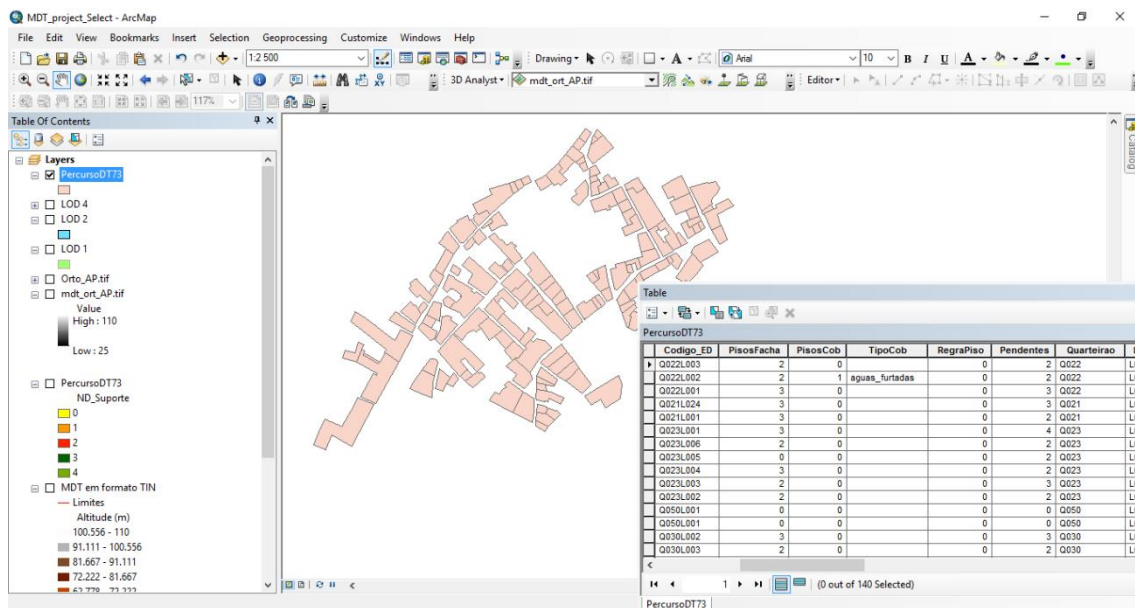


Figura 15 – Base de dados em SIG para os edifícios do percurso.

### 3.6. Modelação do Terreno

Ao conceito de modelos SIG3D está inevitavelmente implícito o conceito de modelo digital do terreno (MDT), que é uma importante fonte de dados espaciais para a análise de fenómenos em SIG. Um MDT permite a representação digital do relevo de uma determinada área da superfície terrestre (Pereira, 2012). Os dados para a construção deste tipo de modelos, podem ser adquiridos por métodos mais clássicos, como o levantamento topográfico, a restituição fotogramétrica ou a digitalização de cartas e posterior vectorização, ou por métodos tendencialmente automáticos, mais rápidos e com melhor resolução, como o varrimento por laser aéreo (LiDAR).

Para modelar o terreno referente à área de estudo procedeu-se à recolha de dados geográficos, como curvas de nível e pontos cotados existentes na cartografia à escala de 1:10 000, disponibilizada pela CML. Para que exista homogeneidade entre todos os dados geográfico também o MDT foi construído no sistema de *Datum 73 Hayford Gauss (IPCC)*.

Para representação de grandes áreas é mais comodo e preciso o uso do formato *raster* (ou grelha). Deste modo, o modelo do terreno em vez de ser gerado directamente o MDT em formato *raster*, optou-se por gerar primeiro o MDT em formato vetorial,

*Triangulated Irregular Network*, TIN, o qual foi convertido posteriormente para formato *raster* com uma resolução espacial do *pixel* de 1 m.

A figura 16 a) representa o MDT da área em estudo em formato TIN e a figura 16 b) o MDT em formato *raster*.

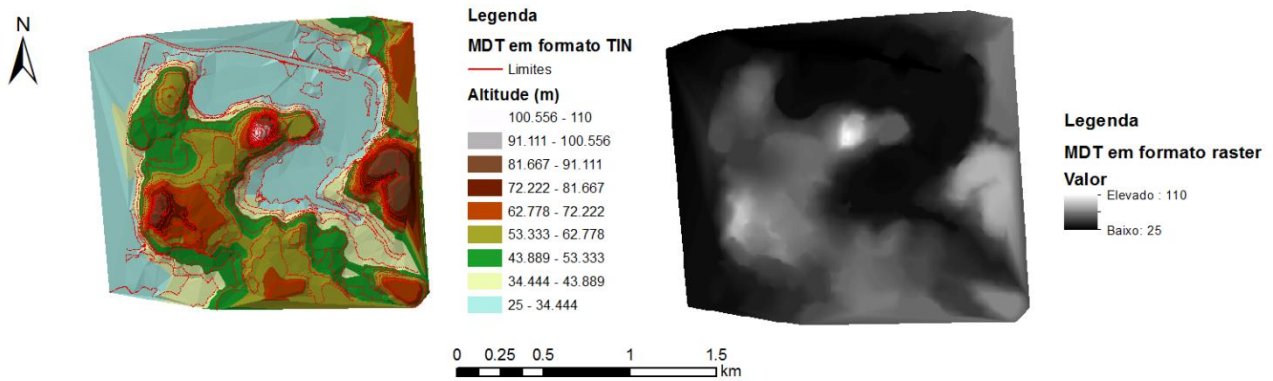


Figura 16 – a) MDT em formato TIN; b) MDT em formato raster.

Após a construção do MDT em formato *raster* foi projetada sobre o mesmo a fotografia área da zona histórica de Leiria, o que permite uma melhor contextualização do relevo da região. A figura 17 representa a modelação do terreno da cidade de Leiria.



Figura 17 – Modelação do terreno.

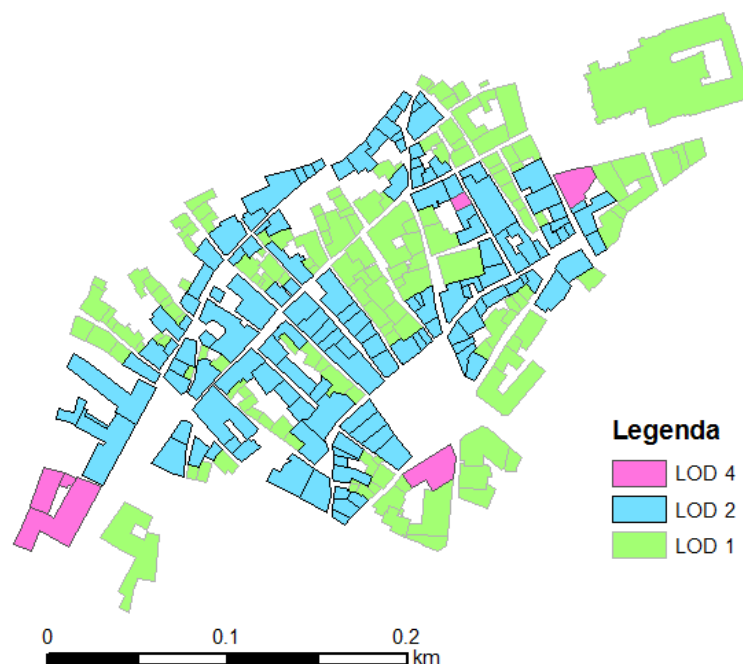
### 3.7. Modelação Tridimensional dos Edifícios

---

Os modelos SIG3D definem a estrutura de uma cidade, desde o terreno à edificação nela existente, deste modo, após a modelação do terreno procedeu-se à modelação tridimensional de 319 edifícios existentes na zona histórica de Leiria, contudo com diferentes níveis de detalhe. Destes, 110 estão situados ao longo do percurso “Ruas e Ruelas”.

Os edifícios da zona histórica de Leiria, fora do percurso, foram modelados volumetricamente com reduzido nível de detalhe, ou seja, LOD1. Para os edifícios existentes no percurso, além da volumetria, foram modelados os telhados e projetadas texturas nos edifícios, ou seja, as fotografias retificadas das fachadas, o que corresponde a um LOD2, por fim, os edifícios relacionados com a passagem do escritor foram modelados ao nível máximo de detalhe, LOD4, uma vez que estes foram modelados o exterior e o interior e inseridos os diversos elementos como paredes, portas, janelas, varandas, entre outros, e particularmente no interior foram construídas as respetivas divisões internas.

Os edifícios com o nível de detalhe LOD1 e LOD2 foram modelados através de ferramentas de Informação Geográfica 3D e o edificado com LOD4 modelaram-se com o auxílio a ferramentas BIM. A figura seguinte ilustra a modelação dos diversos edifícios de acordo com o seu nível de detalhe.



**Figura 18** – Edifícios com diferentes LOD's ao longo do percurso.

### 3.7.1. Modelação em BIM

---

Para a modelação dos edifícios com valor patrimonial considerados relevantes recorreu-se a ferramentas de BIM em plataforma ArchiCAD disponibilizado pela empresa Graphisoft. Esta contém uma diversidade de ferramentas, no qual se pode seleccionar, configurar e produzir uma imensa variedade de objetos de construção como paredes, cadeiras, portas, telhados e fornece as ferramentas necessárias para se proceder à construção de edifícios virtuais e apresenta uma vasta quantidade de informação sobre as características e materiais de um edifício. É uma base de dados digital 3D que gera todos os elementos que compõem o projeto.

A modelação 3D com recurso a ferramentas BIM foi efetuada para os edifícios, relacionados com a passagem do poeta Eça de Queirós pela cidade de Leiria, ou seja, a Casa do Eça, o Edifício do Hingás, o Edifício do Ateneu e o Solarão do Barão de Salgueiro, uma vez que o *software* CityEngine, atualmente, não permite a modelação de interiores com a riqueza de informação em termos construtivos, ao nível do edifício, que as plataformas BIM permitem e, tendo em conta a importância histórica que estes edifícios apresentam, é importante compilar o máximo de informação ao nível da sua

constituição em termos construtivos e arquitetónicos. Assim, estes 4 edifícios foram modelados com um nível de detalhe que corresponde ao LOD 4.

- **Preparação do Modelo**

Embora a construção destes edifícios seja anterior ao século XIX existe alguma informação relativa aos projetos, desde plantas, alçados, entre outras, na Câmara Municipal de Leiria em formato PDF.

Para modelar a arquitetura dos edifícios importaram-se as plantas e alçados para o ambiente de trabalho, com o propósito de modelar o edifício de modo rigoroso, e assim garantir que cada elemento do edifício tivesse as medidas reais, assemelhando-se ao edifício existente na realidade. A partir da informação existente acerca de cada edifício foi inserida a altura de pé-direito e o número de pisos de cada edifício. A figura seguinte demonstra o método no ambiente ArchiCAD para definir o pé-direito de cada piso dos edifícios, exemplificado com o Edifício do Ateneu.

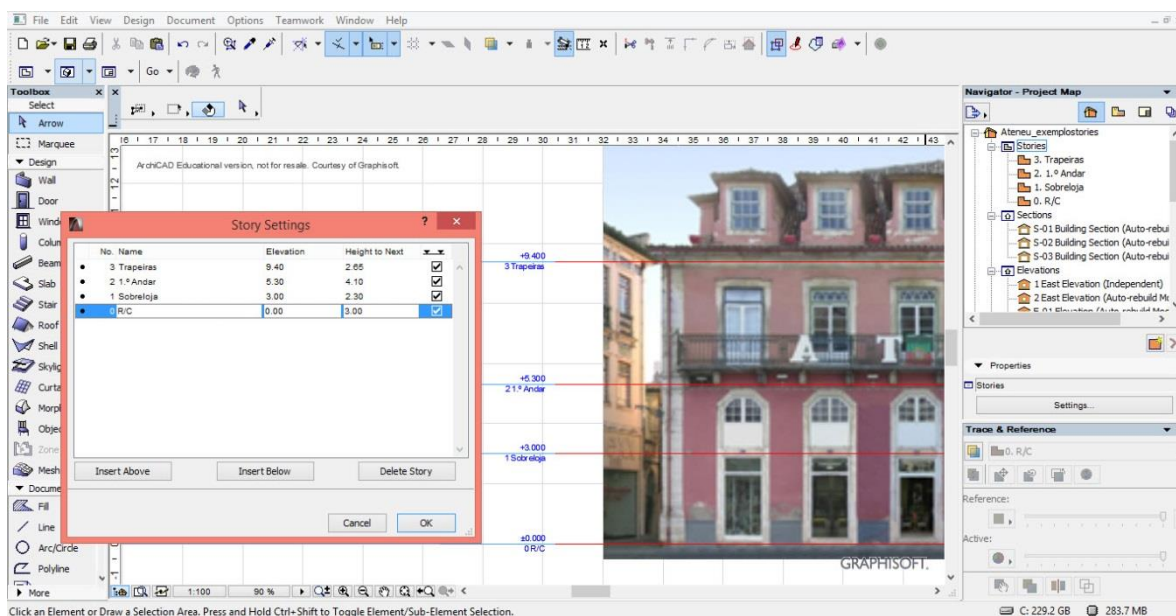


Figura 19 – Definição do pé-direito do edifício do Ateneu.

Após a preparação do modelo é possível redesenhar a planta do edifício e modelar os diversos elementos que o compõem (paredes, laje, cobertura, portas janelas,

entre outros) como objetos, modificando apenas as características e o tipo de objeto, e de seguida atribuíram-se as texturas desejadas de forma a torna-los o mais reais possível.

- **Paredes e Laje**

Com a definição das características iniciais é possível modelar-se as paredes e as lajes dos edifícios, como mencionado anteriormente, estes elementos foram delineados como objetos. Assim ao desenhar as paredes e a laje estas podem ser visualizadas em 2D, através da planta ou em 3D.

Para o elemento parede procedeu-se à configuração da altura do pé direito e da espessura da mesma, de seguida, tendo em conta a localização da parede (interior ou exterior) a implantar foi-lhe inserida a textura desejada. Caso as paredes dos pisos superiores fossem iguais ou semelhantes às existentes no piso térreo, estas eram copiadas para os pisos seguintes, alterando apenas as características referentes às mesmas.

Como se verifica nas plantas originais dos projetos referentes aos quatro edifícios do Eça, ver Anexo 3, a espessura interna e externa das paredes varia de edifício para edifício, como se verifica na tabela 1, devido a esta irregularidade foi necessário modelar as paredes como polígonos. As interseções ortogonais das paredes são automaticamente resolvidas pelo programa e podem ser modeladas no meio bidimensional ou tridimensional.

Tendo em conta a época construtiva, as paredes foram modeladas em blocos de alvenaria e posteriormente revestidas a pintura ou azulejo, consoante a divisão da casa. O pé direito é diferente nos quatro edifícios e varia entre 2,00 e 3,40 metros, no mesmo edifício também se verificam diferentes pés-direitos entre os pisos. A textura mais utilizada foi a tinta branca, esta foi aplicada nas paredes internas de todos os edifícios, e à exceção do Edifício do Ateneu em que a textura utilizada foi a tinta rosa, também se aplicou tinta branca nas paredes externas dos restantes edifícios. A tabela 1 demonstra as características das paredes dos quatro edificadados.

**Tabela 1** – Características das paredes dos 4 edifícios modelados.

EDIFÍCIO	PISO	MATERIAL	ESPESSURA PAREDE		PÉ DIREITO	REVESTIMENTO	
			Exterior	Interior		Interior	Exterior
CASA DO EÇA	Rés-do-chão	Alvenaria de Blocos	0,50 m	0,30 m	2,00 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	1º Piso	Alvenaria de Blocos	0,50 m	0,15 m	2,90 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	2ºPiso	Alvenaria de Blocos	0,50 m	0,15 m	2,00 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	Telhado	-	-	-	-	-	-
EDIFÍCIO ATENEU	Rés-do-chão	Tijolo	0,55 m	0,55 m	3,00 m	Tinta Branca	Tinta Rosa
	Sobreloja	Tijolo	0,55 m	0,55 e 0,12 m	2,30 m	Tinta Branca	Tinta Rosa
	1.º Piso	Tijolo	0,55 m	0,55 e 0,12 m	4,10	Tinta Branca	Tinta Rosa
	Trapeiras	-	-	-	-	-	-
EDIFÍCIO HINGÁS	Rés-do-chão	Alvenaria de Blocos	0,75 m	0,50 m	3,35 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	1º Piso	Alvenaria de Blocos	0,75 m	0,50 m	3,50 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	2ºPiso	Alvenaria de Blocos	0,75 m	0,50 m	3,35 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	Telhado	-	-	-	-	-	-
SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO	Rés-do-chão	Alvenaria de Blocos	0,60 m	0,50 e 0,08 m	3,40 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	1º Piso	Alvenaria de Blocos	0,60 m	0,50; 0,10 e 0,08 m	3,30 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	2ºPiso	Alvenaria de Blocos	0,60 m	0,50; 0,10 e 0,08 m	3,30 m	Tinta Branca	Tinta Branca
	Telhado	-	-	-	-	-	-

Depois de modeladas as paredes modelaram-se as lajes de cada piso dos quatro edifícios, assim configurou-se a ferramenta tendo em conta o tipo, a geometria, a composição e a altura.

Após a modelação da laje do piso do Rés-do-chão esta foi copiada e reproduzida para os pavimentos superiores, tendo como base o tipo de pavimento a aplicar. A laje de cobertura é igual à laje dos pisos anteriores.

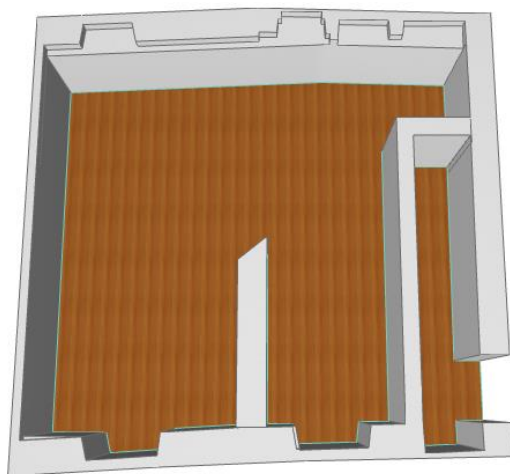
As características e texturas da laje do edifício varia consoante a funcionalidade da divisão e o edifício, contudo as texturas aplicadas são de autorrecriação e podem não corresponder às existentes. A tabela 2 menciona as características relativas aos edifícios em estudo.

**Tabela 2 – Características e texturas das lajes 4 edifícios.**

EDIFÍCIO	PISO	GEOMETRIA	ALTURA	ÂNGULO	TEXTURA		
					Superior	Lateral	Inferior
<b>CASA DO EÇA</b>	Rés-do-chão	Poligonal	0,30 m	90°	Mogno Horizontal	Mogno Horizontal	Cimento
	1º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Mogno Horizontal	Mogno Horizontal	Tinta Branca
	2º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Mogno Horizontal	Mogno Horizontal	Tinta Branca
	Telhado	Poligonal	0,30 m	90°	Tinta Branca	Tinta Branca	Tinta Branca
<b>EDIFÍCIO ATENEU</b>	Rés-do-chão	Poligonal	0,20 m	90°	Parquê e Azulejo	Parquê e Azulejo	Cimento
	Sobreloja	Poligonal	0,20 m	90°	Parquê e Azulejo	Parquê e Azulejo	Tinta Branca
	1.º Piso	Poligonal	0,20 m	90°	Parquê e Azulejo	Parquê e Azulejo	Tinta Branca
	Trapeiras	Poligonal	0,20 m	90°	Tinta Branca	Tinta Branca	Tinta Branca
<b>EDIFÍCIO HINGÁS</b>	Rés-do-chão	Poligonal	0,30 m	90°	Parquê Escuro e Azulejo	Parquê Escuro e Azulejo	Cimento
	1º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Parquê Escuro e Azulejo	Parquê Escuro e Azulejo	Tinta Branca
	2º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Parquê Escuro e Azulejo	Parquê Escuro e Azulejo	Tinta Branca
	Telhado	Poligonal	0,30 m	90°	Tinta Branca	Tinta Branca	Tinta Branca
<b>SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO</b>	Rés-do-chão	Poligonal	0,30 m	90°	Terra, Pavimento em cimento e Carvalho	Terra, Pavimento em cimento e Carvalho	Cimento
	1º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Carvalho	Carvalho	Tinta Branca
	2º Piso	Poligonal	0,30 m	90°	Carvalho	Carvalho	Tinta Branca
	Telhado	Poligonal	0,30 m	90°	Tinta Branca	Tinta Branca	Tinta Branca

A figura 20 representa a modelação das paredes e da laje do piso térreo referentes ao edifício Casa do Eça. Na figura é possível verificar a diversidade de espessuras das paredes existentes no edifício, a altura das mesmas, previamente especificada, contudo pode ser modificada a qualquer momento. Relativamente à laje escolheu-se a geometria poligonal, devido á irregularidade da planta e a altura e o ângulo da laje seria de 0,30 m

e de 90°, respetivamente. De seguida, atribuiu-se a textura às três faces da laje, a face superior é em madeira de mogno horizontal.



**Figura 20** – Modelação das paredes e da laje inferior da Casa do Eça.

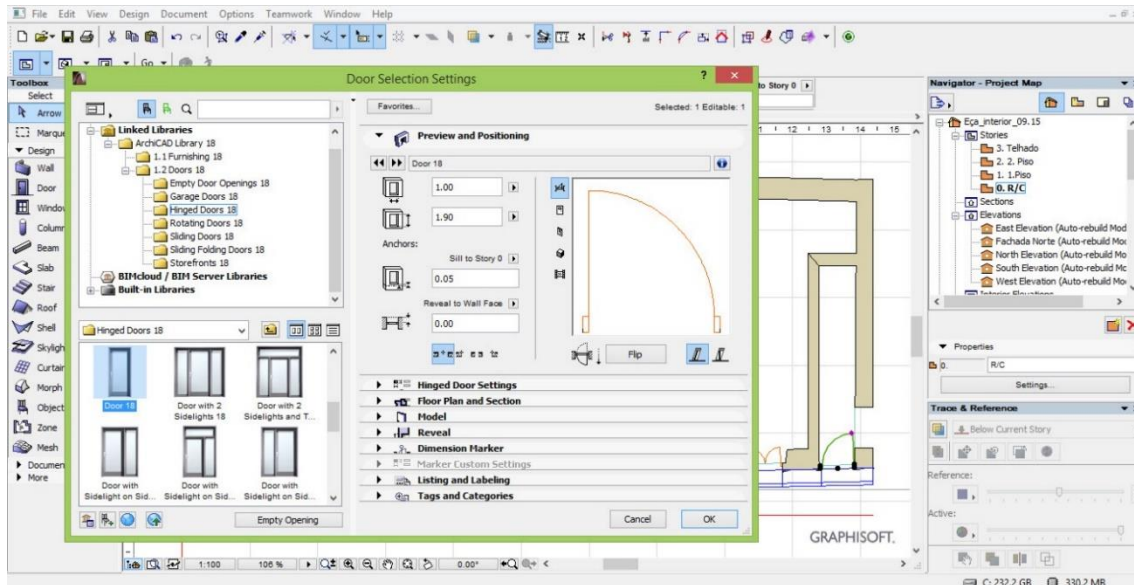
- **Portas, Janelas e Cantarias**

Depois de modelar as paredes e as lajes procedeu-se à inserção das portas e janelas, das escadas, cantarias e, por fim, das coberturas nos edifícios em estudo. Estes elementos foram modelados como objetos e as suas propriedades geométricas podem ser editáveis a qualquer momento.

É vasta a quantidade de informação sobre as características e materiais existentes, contendo uma base de dados digital 3D, que permite gerar todos os elementos que compõem o projeto. A maioria dos objetos utilizados existiam na Biblioteca ArchiCAD, esta possui uma enorme diversidade de objetos e permite a modificação livremente dos mesmos através da caixa de diálogo do objeto.

Na modelação das portas definiram-se os tipos de portas, as dimensões e os materiais que estão disponíveis (Figura 21). Por defeito cada porta já tem as características definidas, contudo estas podem ser modificadas. Todas as portas internas, dos quatro edificadros, são em madeira variando o tipo de porta, a textura e respetivas dimensões. As características das portas exteriores variam de edifício para edifício.

Também é possível definir o tipo de soleiras, o tipo de puxador e os painéis de cada porta.

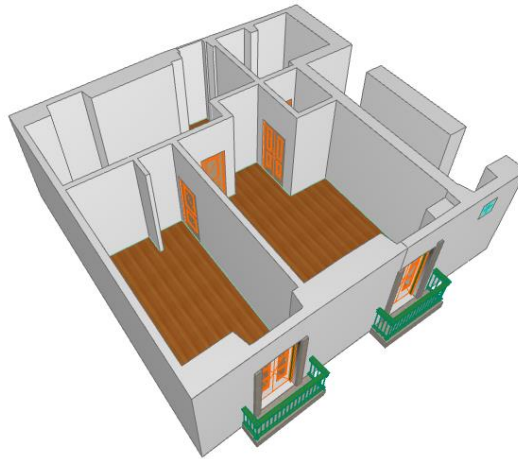


**Figura 21** – Exemplificação da aplicação de um objeto, neste caso porta, no edifício.

Na maioria dos edifícios as janelas utilizadas são tipo sacadas com duas portas. Também nas janelas é possível modificar todas as definições das janelas, desde as dimensões, ao tipo de material e à cor de acordo com o pretendido.

Os elementos envidraçados são transparentes, o que permite concluir que os objetos no ArchiCAD são modelados com especificações técnicas. Assim os elementos construtivos são constituídos por materiais com as suas características reais.

A figura 22 mostra a modelação interna da Casa do Eça com portas e janelas.



**Figura 22** – Modelação das janelas e paredes da Casa do Eça.

Para melhorar e aproximar o edifício do real optou-se por modelar as cantarias das janelas, das portas e dos cantos. A figura 23 mostra cantarias do Edifício do Ateneu que foram as mais trabalhosas devido à complexidade das janelas.

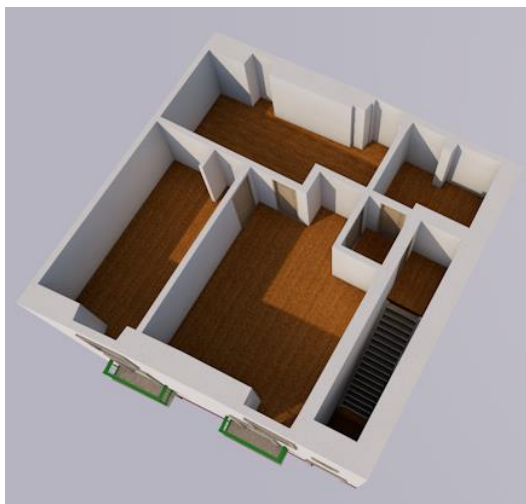


**Figura 23** – Representação das cantarias modeladas do Edifício do Ateneu.

- **Escadas**

Após a realização das etapas anteriores inseriram-se as escadas. Todos os edifícios que relatam a passagem do escritor pela cidade são compostos por mais que um piso, deste modo foi necessária a colocação de escadas em todos eles. As escadas foram realizadas de acordo com o que estava representado nas plantas dos edifícios e o tipo de escadas utilizadas são as planas ou as em “L”.

As escadas utilizadas estavam padronizadas, bastou escolher o modelo na biblioteca, modificar apenas as dimensões dos degraus, o comprimento da escada, a inclinação, o número de degraus e o material das mesmas (Figura 24). Além disso foi possível escolher o corrimão desejado.



**Figura 24** – Representação da modelação das escadas na Casa do Eça.

As dimensões das escadas dos diversos edifícios encontram-se representadas na tabela seguinte.

**Tabela 3** – Propriedades das escadas aplicadas nos edifícios.

EDIFÍCIO	TIPO DE ESCADA	DEGRAU		ALTURA	CORRIMÃO
		Largura	Comprimento		
<b>CASA DO EÇA</b>	Escada Plana	2,60 m	1,09 m	2,90 m	Não
<b>EDIFÍCIO ATENEU</b>	Escada "L"	2,70 m	2,70 m	3,00 m	Balaustrado
<b>EDIFÍCIO HINGÁS</b>	Escada Plana	1,30 m	2,20 m	3,35 m	Não
<b>SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO</b>	Escada "L"	2,05 m	2,65 m	3,40 m	Balaustrado

- **Cobertura**

Por fim, modelou-se a cobertura do edifício, para isso configurou-se as características da mesma, indicando a altura da laje, o tipo de telha, a inclinação, o material e as texturas.

As telhas utilizadas são em cerâmica, o número de águas e as inclinações variam de edifício para edifício. A maioria das coberturas estavam padronizadas, contudo foi necessário alterar as dimensões e os limites da mesma. À exceção dos restantes edifícios, a cobertura do Edifício do Ateneu foi modelada recorrendo à ferramenta “*Mesh*”, ou seja, “Malha”, devido ao facto desta ser bastante irregular e a forma padronizada do ArchiCAD afastava-se bastante da realidade, posteriormente adicionou-se a textura de telha. A tabela 4 apresenta as características das coberturas dos diversos edifícios.

**Tabela 4** – Características das coberturas dos 4 edifícios.

EDIFÍCIO	N.º DE ÁGUAS	ESPESSURA	INCLINAÇÃO	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	TEXTURA
CASA DO EÇA	2	0,30 m	30°	Madeira	Cerâmica - Telhas
EDIFÍCIO ATENEU	Mais de 6	-	-	Madeira	Cerâmica - Telhas
EDIFÍCIO HINGÁS	6	0,30 m	45°	Madeira	Cerâmica - Telhas
SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO	4	0,30 m	30°	Madeira	Cerâmica - Telhas

A figura 25 mostra a cobertura do edifício Casa do Eça.



**Figura 25** – Representação da modelação do telhado da Casa do Eça.

- **Edifícios Tridimensionais**

De seguida representa-se a modelação, interna e externa, de todos os edifícios que relatam a passagem do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria (Figura 26), o que permite afirmar que os referentes edifícios têm um nível de detalhe equivalente a um LOD4.









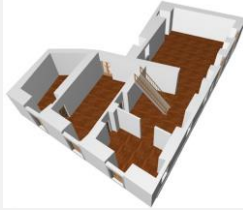


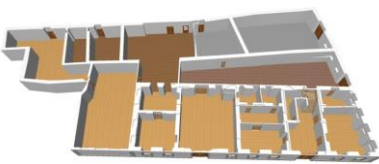
EDIFÍCIO	FOTOGRAFIA	MODELAÇÃO EXTERIOR	MODELAÇÃO INTERIOR
CASA DO EÇA			
EDIFÍCIO DO ATENEU			
EDIFÍCIO DO HINGÁS			
SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO			

Figura 26 – Demonstração comparativa entre os edifícios existentes e a respetiva modelação.

### 3.7.2. Modelação SIG3D

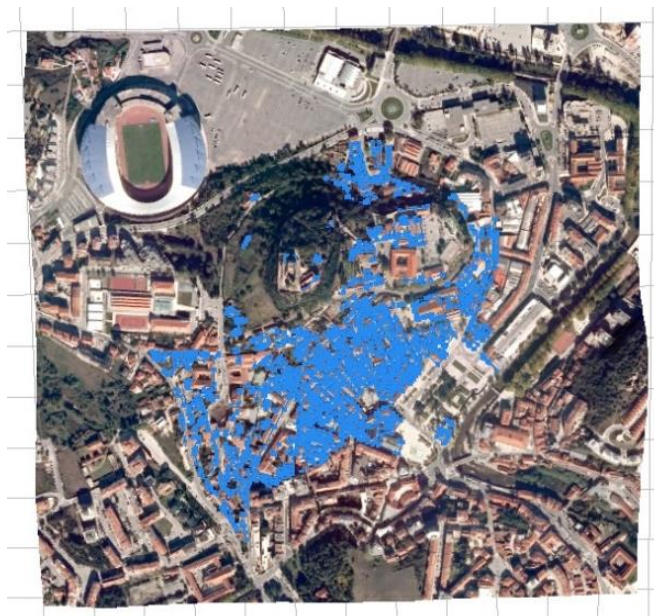
A modelação do percurso “Leiria: Ruas e Ruelas” foi efetuada através do *software* CityEngine.

O *software* CityEngine disponibilizado pela empresa ESRI-Portugal f permite a criação de modelos tridimensionais à escala urbana, e possibilita gerar grandes maquetes virtuais construídas através de informação bidimensional e tridimensional. Com este foi possível modelar o percurso em estudo através de regras de programação, em linguagem *Conformal Geometric Algebra* (CGA), de forma automática e assim se obtiveram os edifícios a 3D com o nível de detalhe desejado. Além disso, aos edifícios adicionou-se toda a informação referente às patologias não estruturais permitindo posteriormente a consultada informação.

De seguida são mencionadas as diversas etapas realizadas para a construção do modelo SIG3D para o percurso em estudo.

- **Importação da informação**

Para a construção de um modelo SIG3D, inicialmente, importou-se toda a informação geográfica necessária, desde a cartografia, que contém o edificado do percurso, ao Modelo digital do terreno, como se verifica na figura 27. Como ambos estavam no sistema de coordenadas Datum 73 Hayford Gauss (IPCC) para que não existissem inconformidades atribuiu-se ao modelo SIG3D o mesmo sistema de coordenadas. Para que os edifícios assentassem na perfeição sobre o MDT, foi necessário fazer uma translação dos mesmos para a cota mínima de soleira.



**Figura 27** – MDT e respetivos edifícios existentes na zona histórica de Leiria.

- **Gerar Edifícios**

Após a inserção do MDT e dos elementos vetoriais em ambiente SIG no ambiente de trabalho do programa procedeu-se à extrusão dos edifícios e das respetivas coberturas. Para isso, o programa fornece uma interface de programação que permite codificar Gramáticas de Forma (ver figura 28) que, ao criar regras parametrizadas em

linguagem CGA, permitiu gerar, de forma automática, elementos a 3D com o nível de detalhe LOD1 e LOD2.



```
CityEngine Advanced 2015.2 - Edificios.cga
File Edit Select Layer Graph Shapes Search Scripts Window Help

/**
 * File:   Volumetria.cga
 * Created: 26 May 2015 09:36:15 GMT
 * Author: Andreia
 */

version "2014.1"

//Atributos

//Pisos
attr PisosTotal = 0

attr PisosFacha = 0

attr PisosCob = 0

attr TipoCob = ""

attr RegraPiso =
  case OBJECTID == 96: 15
  case OBJECTID == 339: 9
  case OBJECTID == 335: 12
  else:3

//Cores dos Pisos
attr mColor1 = "#FF0000"
attr mColor2 = "#00FF00"
attr mColor3 = "#0000FF"
attr mColor4 = "#FFFF00"

//Pendentes (cobertura)
attr Pendentes = 0

//Objetos 3D
```

Figura 28 – Interface de programação.

Na construção da regra, inicialmente, identificaram-se os atributos, existentes na base de dados em ambiente SIG, necessários para a construção dos polígonos e da respetiva cobertura, entre eles destacam-se:

❖ **Edifício - Pisos**

- Número de Pisos – PisosTotal;
- Pisos – pisos;
- Definiu-se que, à exceção da Sé de Leiria, e das igrejas existentes, a altura do piso seria de três metros – RegraPiso;

- Aos edifícios que pertencem ao centro histórico e que não fazem parte integrante do percurso em estudo, considerou-se deixá-los em formato polígono, contudo com uma cor representativa tendo em conta o seu número de pisos;

❖ **Cobertura**

- Se o edifício tem piso de cobertura, tipo mansarda, águas furtadas ou trapeiras – PisosCob;
- Número de pendentes da cobertura – Pendentes.

Após a definição dos atributos procedeu-se à extrusão dos polígonos, esta foi efetuada para todo o edificado do percurso à exceção das igrejas e da Sé de Leiria. O edificado foi extrudido tendo em conta o número de pisos e arbitrando que a altura dos mesmos seria de três metros. Por sua vez, as igrejas e a Sé que têm apenas o piso térreo e o pé-direito varia entre os dez e os quinze, respetivamente, foram extrudidas através da altura definida nos atributos. Os edifícios fora da área de estudo foram gerados e representados simplesmente em volumetria (LOD1). Para que existisse alguma diferenciação entre eles gerou-se uma regra que consoante o número de pisos dos edifícios era-lhes atribuído uma cor diferente, em que, caso o edifício contenha apenas um piso é representado de rosa claro, se tiver dois, três ou quatro pisos são exibidos de branco, cor pêssego e amarelo claro, respetivamente.

Com os edifícios construídos, de seguida criaram-se as coberturas dos mesmos, para isso considerou o atributo “PisosCob”, que contém o número de pendentes referentes à cobertura de cada edifício e aplicou-se a respetiva regra. No Anexo 4 encontram-se todas as regras necessárias para construir o modelo. Na figura abaixo são apresentados os polígonos e respetiva cobertura referentes ao percurso modelados tridimensionalmente como volumetria.

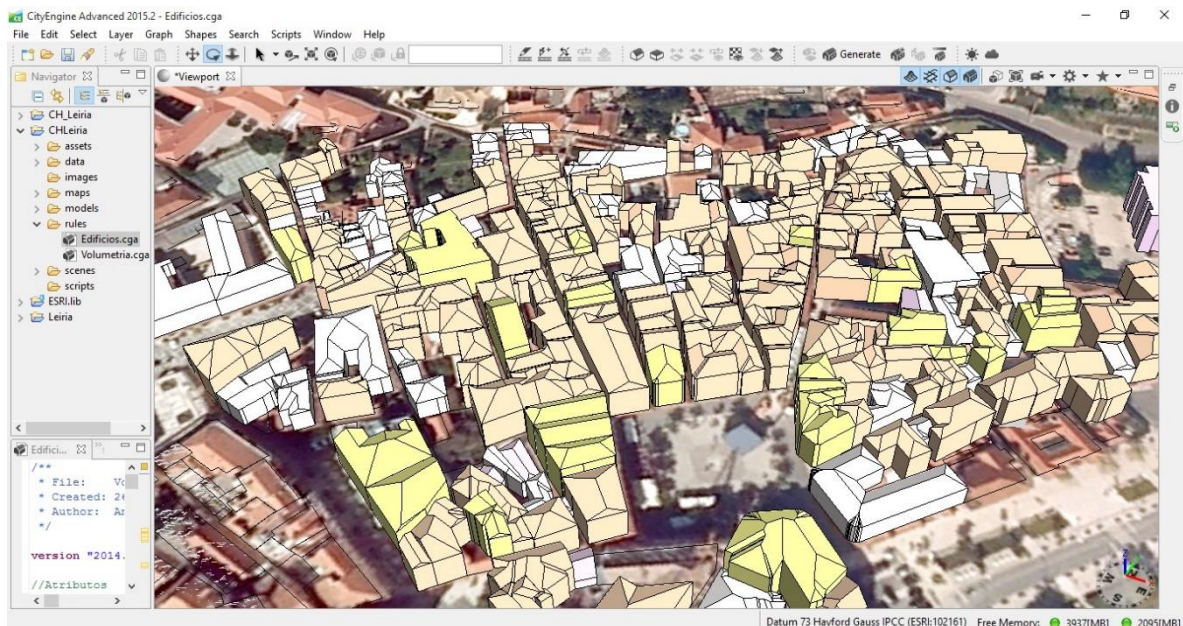
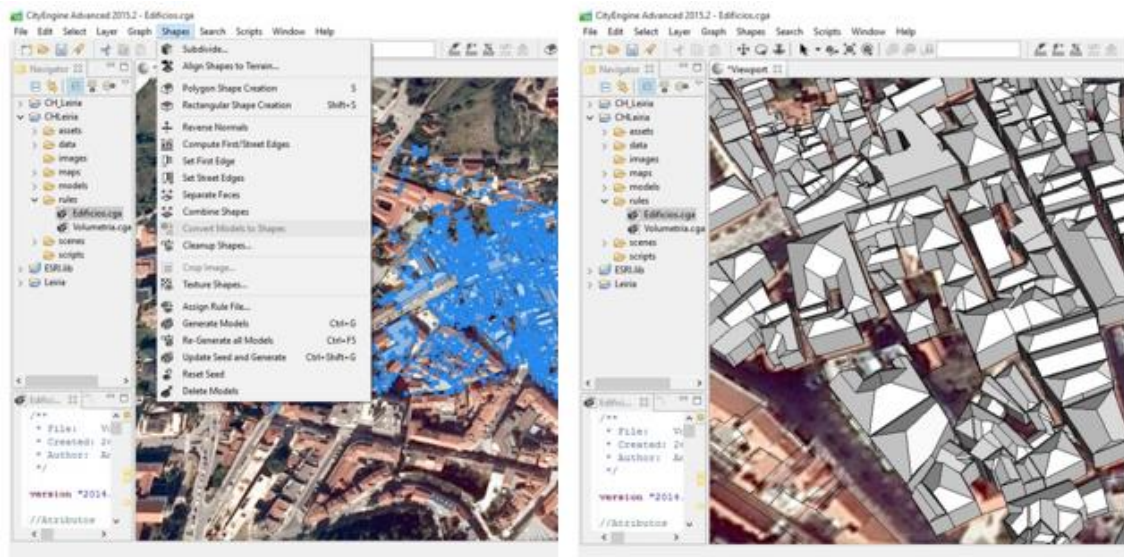


Figura 29 – Volumetria dos polígonos e coberturas do percurso em estudo.

- **Projeção de fachadas**

Após a extrusão dos polígonos referente ao roteiro “Leiria: Ruas e Ruelas” procedeu-se à projeção das texturas nos mesmos. Para isso, uma vez que o CityEngine apresenta uma limitação relativamente à projeção das texturas nas fachadas em polígonos dinâmicos, foi necessário convertê-los em polígonos estáticos, ou seja, em “Shape”, como se verifica na figura 30. Esta conversão tem implicações aquando da atualização da informação dos atributos, que serão expostos mais à frente.



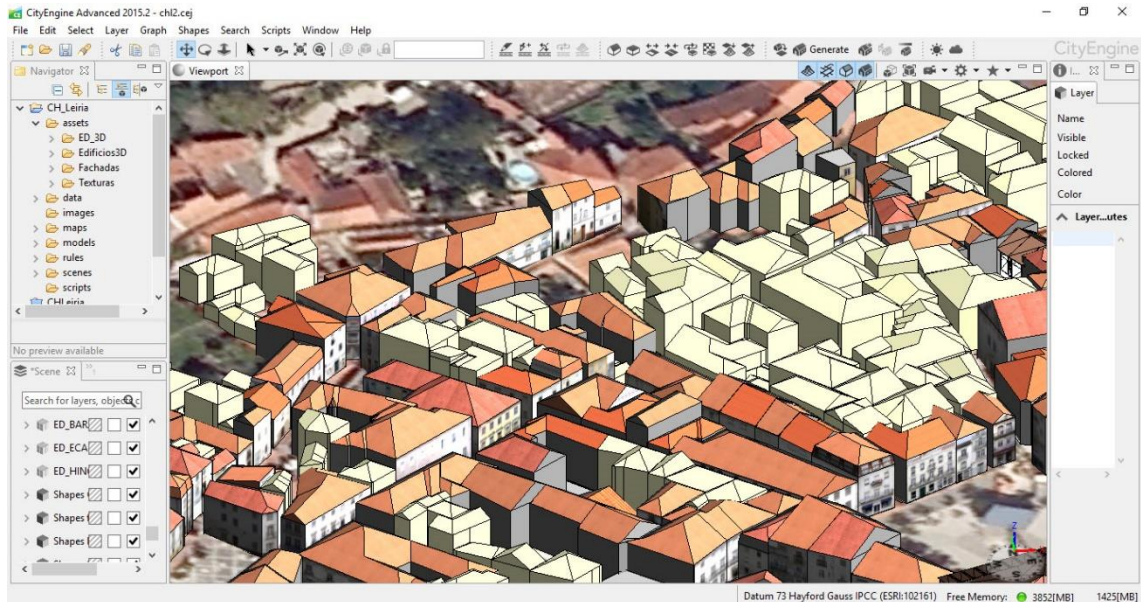
**Figura 30** – Conversão dos modelos dinâmicos em modelos estáticos.

Posteriormente às fachadas dos edifícios do roteiro em “*Shape*” foram aplicadas as texturas, que consistiu na projeção das ortofotos das fachadas do mesmo. As fotos eram colocadas na respetiva fachada e para que estas se parecessem o mais reais possível foi necessário ajustar as dimensões das imagens de acordo com o polígono onde estas seriam projetadas. As fotos das texturas das coberturas foram retiradas da *Internet*, contudo para que as mesmas não se desenquadrassem do original, existiu o cuidado de adequar a textura à cobertura existente no edificado. Na projeção das texturas nas coberturas dos edifícios também foi necessário o ajuste das mesmas, para que se assemelhassem com original.

Os 110 edifícios pertencentes à rota “Leiria: Ruas e Ruelas” foram modelados tridimensionalmente com um nível de detalhe LOD 2, a figura 31 exemplifica a projeção da fotografia retificada na fachada de um edifício. Os restantes edifícios existentes, mas fora da rota, foram modelados apenas em volumetria (LOD1), o que corresponde a 173 edifícios, como se verifica na figura 32.



**Figura 31** – Edifício com projeção fotografia retificada.



**Figura 32** – Modelação tridimensional do percurso “Leiria: Ruas e Ruelas”.

Com a projeção das fotografias retificadas nas fachadas dos edifícios, aproximando-se assim da realidade existente no local, fica concluída a modelação tridimensional dos edifícios pertencentes ao percurso em análise.

### 3.8. Integração dos SIG com as ferramentas BIM

Enquanto as ferramentas BIM focam-se, principalmente, na modelação tridimensional do edificado e respetiva informação sobre os elementos que o compõe, por sua vez os SIG permitem a construção de uma base de dados com a informação do ambiente espacial e do edificado. O modelo SIG3D desenvolvido resulta da integração destas ferramentas com os edifícios gerados tridimensionalmente através de regras parametrizadas em linguagem CGA, executadas no programa CityEngine. A integração destas ferramentas (ver figura 33) é uma mais valia, uma vez que possibilita a realização de operações de análise espacial, planeamento urbano e ajudar nas tomadas de decisão.

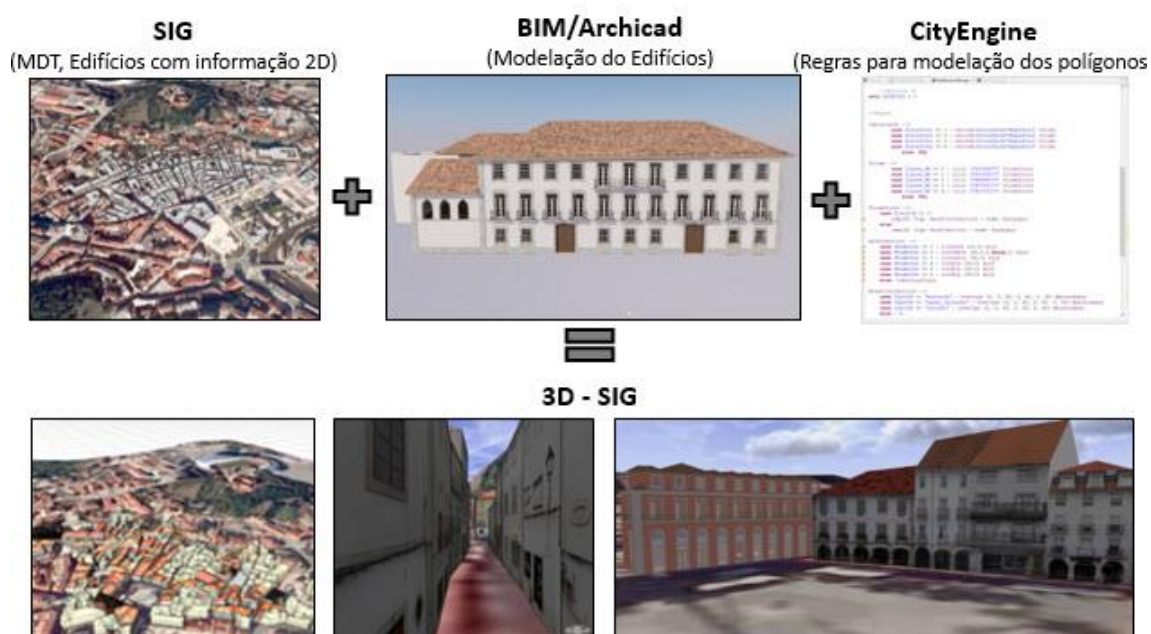


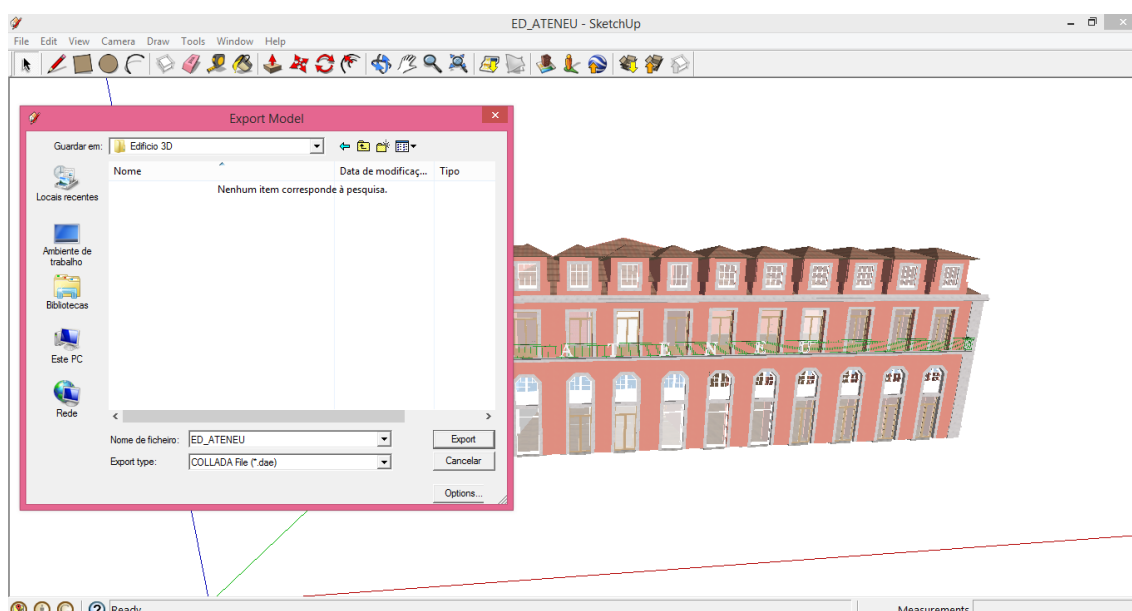
Figura 33 – Integração dos diferentes modelos necessários para a construção do modelo SIG3D.

- **Integração dos edifícios modelado em BIM**

A escolha da plataforma ArchiCAD para modelar em 3D a arquitetura dos edifícios deveu-se à forma intuitiva e simplificada que este programa garante na construção dos edifícios e por se considerar que este permitiria a interoperabilidade com os outros programas. Contudo, ao importar os edifícios em BIM para o ambiente SIG 3D verificou-se que, atualmente, ainda não existe compatibilidade direta entre as

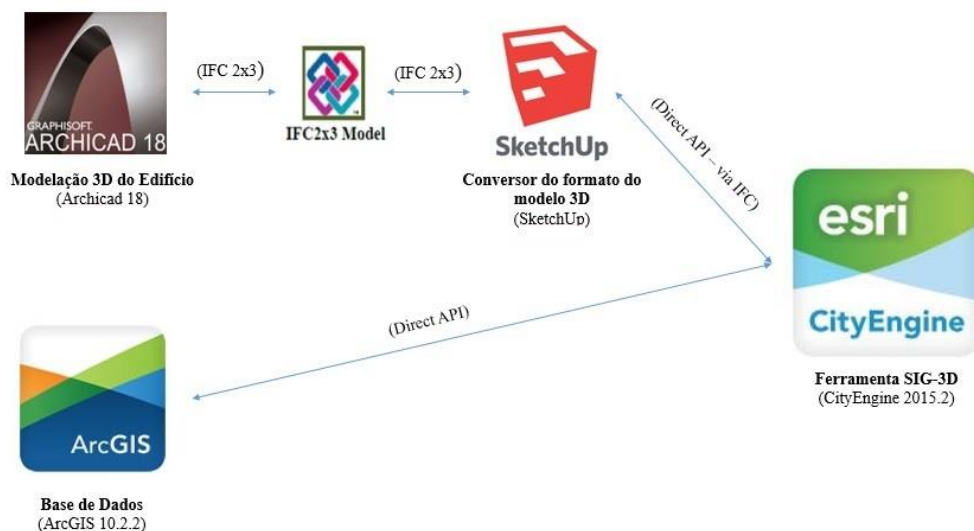
empresas Graphisoft (ArchiCAD) e a ESRI (CityEngine). Deste modo, para inserir os edifícios modelados a 3D referentes à passagem do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria foi necessário utilizar um programa compatível com ambos os *softwares*, neste caso utilizou-se o SketchUp, pois permite a exportação dos modelos para o CityEngine.

Assim, os quatro edifícios (Casa do Eça, Edifício do Ateneu, Edifício do Hingás e o Solar do Barão de Salgueiro) aquando da modelação em BIM foram guardados em formato Google SketchUp (.skp) e utilizando o *software* SketchUp foram guardados em formato Collada (.dae) (Figura 34), uma vez que este formato é compatível com o programa CityEngine, permitindo assim a integração dos edifícios modelados em BIM no modelo SIG3D do centro histórico.



**Figura 34** – Conversão do formato .skp para Collada (.dae).

Por outro lado, existe interoperabilidade entre os programas da ESRI, o ArcGis e o CityEngine. Assim a base de dados foi importada para o CityEngine sem qualquer tipo de problema. A figura 35 retrata a interoperabilidade existente entre os programas.



**Figura 35** – Interoperabilidade entre programas.

Por fim, importaram-se os quatros edifícios modelados pelas ferramentas BIM para o ambiente SIG 3D, tendo em conta a respetiva localização dos mesmos. A figura seguinte exemplifica a integração de um dos edifícios modelados nas ferramentas BIM com os edifícios modelados no CityEngine.

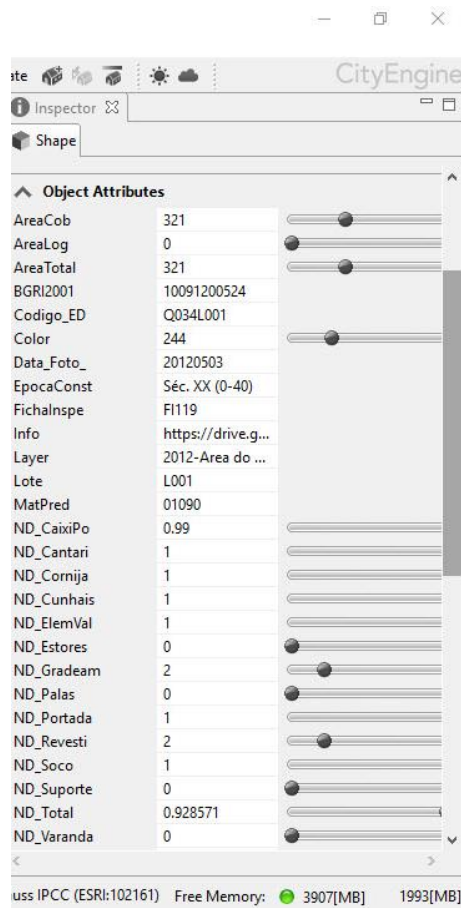


**Figura 36** – Integração dos edifícios modelados em BIM no modelo.

- **Associação da informação aos edifícios**

Para a conceção de um modelo SIG3D é fundamental que toda a informação existente nestes modelos seja de qualidade e coerente, ou seja, que esta não possua inconformidades, como informação repetida ou mal mencionada na regra. Para que, a

informação associada aos respetivos edifícios a 3D possa ser utilizada posteriormente (Pereira, 2012). Deste modo, aquando da integração dos modelos 3D com a informação existente na base de dados verificou-se a existência de mais de 400 atributos o que dificultava uma consulta dos mesmos de forma expedita, razão pela que se optou por disponibilizar diretamente apenas a caracterização do edifício e os níveis de degradação que são calculados de acordo com a explicação na secção 3.4. Como se verifica na figura 37.



**Figura 37** – Alteração dos atributos.

Para que o utilizador tenha acesso direto a todas as fichas de inspeção dos edifícios, considerou-se a criação de um novo atributo, designado por “Info”, onde se associaram as fichas de inspeção a cada edifício, em PDF. Para isso, publicaram-se as fichas na *Internet*, retirou-se o endereço eletrónico das mesmas e colocou-se no atributo.

O CityEngine apresenta algumas limitações aquando da atualização da informação, pois, uma vez que os polígonos estavam estáticos é impossível atualizar a

informação de forma direta. Para associar a base de dados aos edifícios, devidamente alterada, foi necessário combinar a informação de cada edifício com o mesmo, de modo a que todos os edifícios apresentassem a nova informação incorporada. A figura 38 demonstra a informação referente ao edifício selecionado.

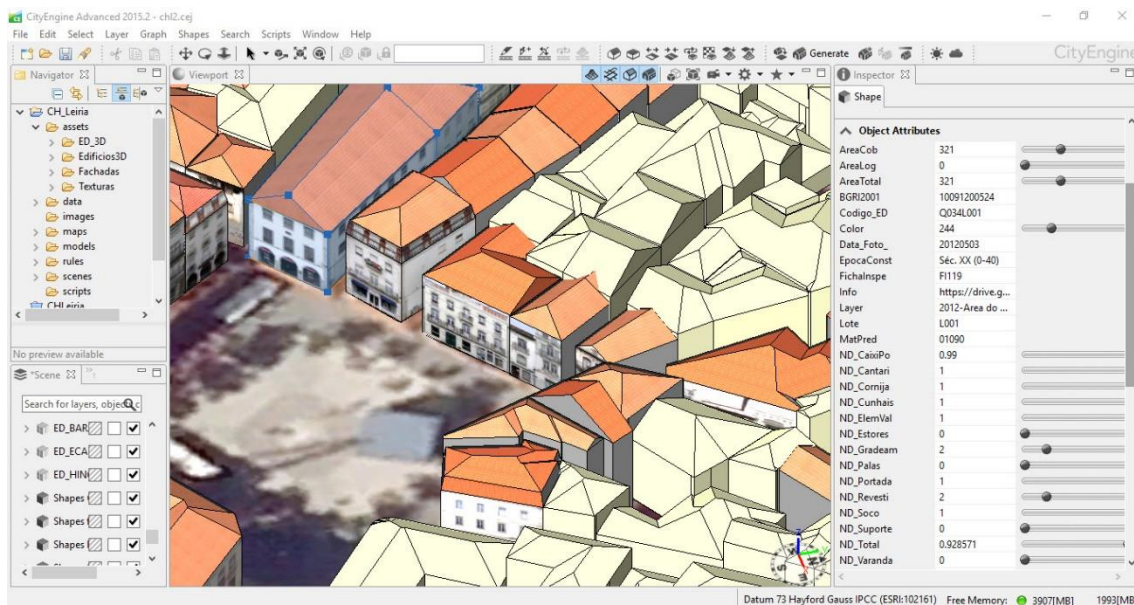


Figura 38 – Representação da informação associada ao edifício selecionado.

Com a informação existente em ambiente 3DSIG é possível criar mapas temáticos, estes permitem analisar em 2D ou 3D a informação existente de forma expedita. Deste modo, recorrendo a esta potencialidade dos modelos 3DSIG criou-se um mapa temático para o atributo relativo ao nível de degradação total “ND\_Total” (Figura 40). Este é composto por uma escala de cores, tendo em conta o estado de degradação de cada edifício, onde a cor azul significa que o edifício apresenta um elevado estado de conservação e por sua vez o vermelho indica que o edifício está muito degradado. A figura seguinte demonstra a escala de cores utilizada de acordo com o nível de degradação.

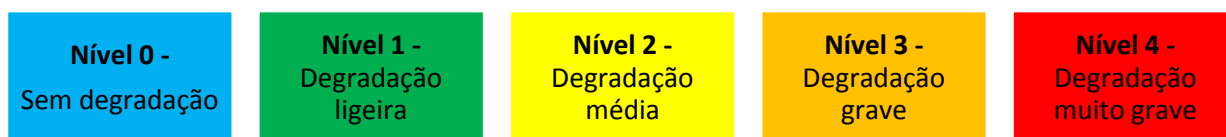


Figura 39 – Escala dos níveis de degradação.



**Figura 40** – Mapa temático para o roteiro em estudo.

Através do mapa temático é possível verificar que a maioria dos edifícios existentes no roteiro apresentam um nível de degradação de 0 ou de 1, e que não existe nenhum edifício que apresente um estado de degradação muito grave.

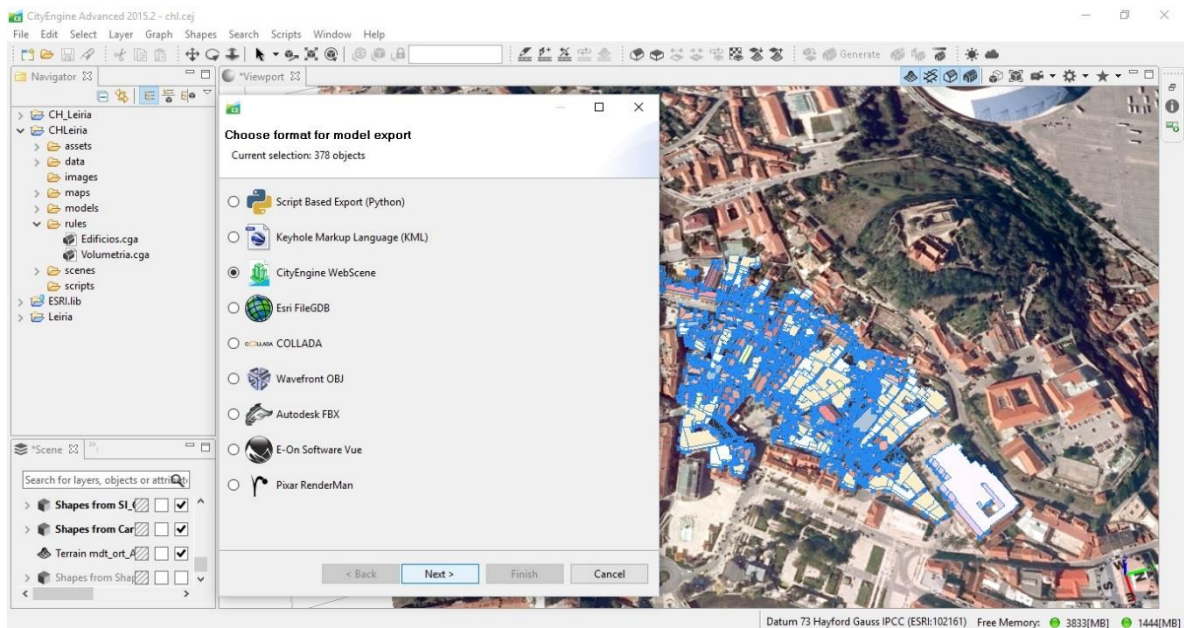
Estes mapas podem ser utilizados pelos técnicos municipais para apoiar as tomadas de decisões relacionadas com o estado de conservação dos edifícios que compõem o centro histórico de Leiria, uma vez que lhes permite de forma rápida e eficaz verificar quais os edifícios que necessitam de ser reabilitados com maior urgência.

### 3.8. Plataforma “Open Source”

---

Os modelos SIG3D possibilitam a realização de operações de visualização e análise, uma vez que, a sua construção permite uma melhor compreensão do espaço e das respetivas relações espaciais que proporciona aos utilizadores uma navegação acessível e orientada.

Para uma melhor visualização e perceção do modelo construído procedeu-se à sua exportação para o visualizador CityEngine WebScene, ver figura 41.



**Figura 41** – Importação do modelo para o visualizador CityEngine WebScene.

Com a conclusão destes procedimentos obteve-se uma zona urbana virtual a 3D completa (Figura 42) que permite aos utilizadores navegarem em ambiente simulado pelo percurso “Leiria: Ruas e Ruelas”, observarem com maior detalhe as diversas casas relacionadas com o escritor Eça de Queirós e consultarem informação associada aos edifícios.



**Figura 42** – Modelo SIG3D do percurso "Leiria: Ruas e Ruelas".

Também é possível aceder aos mapas temáticos no visualizador do CityEngine, este permite ligar e desligar as "Camadas" tendo em conta a informação que se pretenda consultar. A figura seguinte apresenta a camada referente ao MDT e ao nível de degradação dos edifícios ligada e as restantes camadas, entre elas a que compõe o centro histórico, desligadas.



**Figura 43** – Camada referente ao ND dos edifícios.



## 4. Conclusões e perspectivas futuras

---

A presente dissertação consistiu na construção de um modelo tridimensional em ambiente SIG3D para a zona histórica da cidade de Leiria recorrendo a ferramentas SIG 2D /3D e BIM. Toda a informação relativa às características e patologias não estruturais, dos diversos edifícios que constituem o percurso, foram organizadas na respetiva base de dados.

O modelo interativo 3DSIG permite de forma expedita gerir, integrar e apresentar a informação georreferenciada relativa ao centro histórico de Leiria e obter informação acerca das características e do nível de degradação referente aos diversos edifícios que o compõem. Com a construção do mapa temático foi possível verificar o estado de degradação dos edifícios pertencentes ao percurso em estudo e concluir que, no geral, o nível de degradação destes é relativamente baixo.

Um dos aspetos relevantes na construção de um modelo virtual à escala urbana é a qualidade da informação cartográfica utilizada e a adequação da escala para que os dados utilizados não provoquem divergências e não exista nenhuma inconformidade no modelo SIG3D, nomeadamente entre o MDT e o edificado. Como exemplo do tipo de problemas que podem ocorrer, a figura 44 a) representa os edifícios devidamente implementados no MDT e, por sua vez, a figura 44 b), demonstra o edifício intersetado pelo MDT, em vez de estar sobreposto ao mesmo. A situação evidenciada na figura 44 b) ocorre devido ao acentuado relevo existente nesse local, uma vez que estes edifícios se encontram na encosta do castelo da cidade, apresentando um declive significativo, e ao facto de não existir informação altimétrica associada aos polígonos dos edifícios. O ideal seria a utilização de uma cartografia base à escala 1:1 000 com uma malha de pontos altimétrica mais densa.



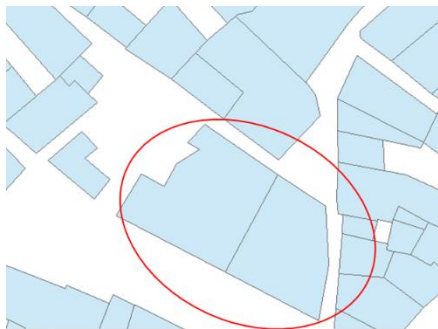
a) Edifícios sobrepostos no MDT.



b) Edifícios intersetados pelo MDT.

**Figura 44** – a) Edifícios colocados devidamente sobre o MDT; b) Inconformidade existente entre os Edifícios e o MDT.

Outro inconveniente existente no modelo construído prende-se com o facto de alguns polígonos da cartografia base, à escala 1:10 000, não estarem devidamente definidos, existindo situações em que um edifício se encontra representado indevidamente por dois polígonos e vice-versa. Esta inconformidade deve-se ao nível de detalhe inerente à escala da cartografia utilizada, pois tendo em conta o objetivo do projeto e o rigor pretendido seria conveniente utilizar uma escala maior. A figura seguinte, demonstra que para o edifício apresentado a cartografia base apresenta dois polígonos o que não corresponde à correta representação do edifício em planta.



**Figura 45** – Inconformidade existente entre a cartografia e o edifício real.

Por sua vez, a ferramenta BIM utilizada foi o ArchiCAD, esta permitiu modelar os quatro edifícios que relatam a passagem do escritor Eça de Queirós pela cidade de Leiria, esta foi efetuada através da modelação dos elementos como objetos. Este programa revelou-se uma excelente ferramenta na modelação tridimensional dos edifícios com o nível de detalhe desejado. A versão utilizada do programa embora apresente uma vasta diversidade de objetos, não possui objetos idênticos aos existentes neste tipo de edifícios antigos, pelo que o esforço em desenvolver objectos e famílias é significativo. Por fim, com o CityEngine, ferramenta SIG 3D, modelou-se tridimensional o terreno e os edifícios referentes à rota em estudo. Sumariamente, com o nível de detalhe LOD1 e LOD2 foram modelados 173 e 110 edifícios, respetivamente, e com LOD4 modelaram-se os quatro edifícios relacionados com a passagem do escritor pela cidade de Leiria.

Embora, aquando da projeção das fotografias ortorretificadas nas fachadas dos edifícios tenha existido o cuidado de atualizar as fotografias das fachadas e respetiva ficha de caracterização, existem alguns edifícios que isso não foi possível, devido à sua localização que dificultava a captação da fotografia. Deste modo, é importante salientar que o levantamento das fotografias, e conseqüentemente das características e patologias não estruturais dos edifícios, foi efetuado em 2010 e que neste intervalo de aproximadamente 5/6 anos alguns dos edifícios existentes na zona histórica de Leiria foram intervencionados e reabilitados. Na figura 46 ilustra-se como exemplo o edifício “Berlenga” situado na Praça Rodrigues Lobo, que foi recentemente intervencionado e cuja informação foi atualizada.



**Figura 46** – Edifício “Berlenga” durante o levantamento e a restauração do mesmo.

O modelo SIG3D resultou da integração dos edifícios 3D e respetiva informação no seu contexto geográfico, contudo ainda existem algumas fragilidades relativamente à interoperabilidade entre as plataformas BIM com o *software* CityEngine, sendo necessário utilizar um *software* intermédio de conversão de formatos, nomeadamente o SketchUp. Os edifícios tiveram de ser guardados em formato .skp e, posteriormente, no software SketchUp foram guardados em formato Collada (.dae) e só assim, foi possível integrar os diferentes modelos.

Durante a construção do modelo SIG3D verificou-se que são inúmeras as vantagens desta abordagem, desde a gestão articulada da informação, inicialmente dispersa, à promoção do património material, num forte contributo para o desenvolvimento turístico. Uma vez que, ao associar a informação relacionada com os pontos de interesse histórico e social da cidade de Leiria poderá posteriormente ser colocado no Posto de Turismo de Leiria. O que seria uma mais-valia para os turistas que visitam a cidade. E deste modo, é uma ferramenta importante para o desenvolvimento do turismo.

A disponibilização futura do modelo SIG3D da cidade via *web* irá potenciar a consulta e utilização da informação nas tomadas de decisão dos serviços municipalizados, permitindo conhecer o estado de degradação do edificado existente no percurso em estudo e assim terem uma melhor perceção em quais dos edifícios a intervenção é mais urgente e qual o local do edifício a intervencionar. A

disponibilização web do modelo permitirá aos proprietários dos edifícios tenham noção do estado de conservação do seu edifício. O que possibilita a reparação e restauração dos mesmos tendo em conta as patologias não estruturais que apresentem.

Para a cidade seria uma mais valia alargar o modelo à restante zona histórica, em particular à Avenida Heróis de Angola. Além do centro histórico de Leiria, também seria interessante a construção de um modelo para outros pontos da cidade como para a Praia do Pedrogão, sendo a única praia pertencente ao concelho de Leiria, realçando os pontos fortes desta praia, atraindo assim um maior número de pessoas a esta estância balnear.



## 5. Referências Bibliográficas

---

Almeida, F; Andrade, M. (2015). A Integração entre BIM e GIS como Ferramenta de Gestão Urbana. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, ANTAC.

Amorim, A. L. d. (2015). "Discutindo City Information Modeling (CIM) e Conceitos Correlatos." Gestão e Tecnologia de Projetos.

Andrade, M.; Ruschel, R. (2009). "Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em Arquitectura por meio de formato IFC." Gestão e Tecnologia de Projectos.

Antunes, D. A. E. (2013). Integração de Modelos BIM com Redes de Sensores num Edifício. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Mestrado.

Azevedo, O. J. M. d. (2009). Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras Mestrado, Universidade do Minho.

Batty, M. (2000). "The new urban geography of the third dimension." Environment and Planning B: Planning and Design.

Bentley (2011). City Information Modeling for sustaining Cities. I. Bentley Systems.

Bodum, L., Kjemis, E., Jaegly, M. e Kolar, J. (2006). Focus for 3D City Models Should Be on Interoperability: Not Verisimilarity! Proceedings of 25th Urban Data Management Symposium, UDMS.

Caires, B. (2012). O que é o Building Information Modeling (BIM)? BIM. Universidade do Minho - Escola de Engenharia.

Carrasco, M. (2011). Sistemas de Informação Geográfica no Apoio à Decisão Militar. Mestrado em Ciências Militares, Academia Militar.

Chen, R. (2011). The Development of 3D City Model and its Applications. Urban Planning, International Conference on Geoinformatics.

Coppock, J.T.; Rhind, D.W. (1991). "The History of GIS." Geographical Information Systems: Principles and Applications.

Dean, E. T. (2010). Interoperability and the Structural Domain. Structures Congress 2010. United State of America.

Eastman, C., Jeong, Y., Sacks, R., and Kaner, I. (2010). "Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards." Journal of Computing in Civil Engineering

Eastman, C. T., P.; Sacks, R.; Liston, K. (2008). BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.

Elwannas, R. (2011). 3D GIS: It's a Brave new World. National GIS Symposium Saudi Arabia.

Ferraz, M.; Morais, R. (2012). O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão. Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ferreira, B. F. V. (2011). Aplicação de Conceitos BIM à Instrumentação de Estruturas. Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Fonte, C. C. Textos de apoio de Topografia. FCTUC, Universidade de Coimbra.

Eicker, U., Nouvel, R., Duminil, E., Coors, V. (2014). "Assessing passive and active solar energy resources in cities using 3D city models." ScienceDirect

Fu, C. A., G.; Lee, A.; Mashal-Ponting, A.; Wu, S (2006). "IFC model viewer to support nD model application." Automation in Construction

Galego, A. I. C. (2014). Exploração do potencial dos City Information Models em Instrumentos de Gestão Territorial à escala Urbana - Plano de Pormenor da Cidade Universitária de Lisboa. Mestrado em Urbanismo e Ordenamento do Território, Instituto Superior Técnico.

Gil, J. (2013). The Backbone of City Information Modelling (CIM). Pedagogy meets Big Data and BIM Conference. Espanha

Gonçalves, I. F. d. V. (2014). Aplicação do BIM ao Projeto de Estruturas – Abordagem de Programação ao Processo de Pormenorização de Vigas de Betão. Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Haagenrud, S. H., J.; Bell, H.; Bjørkhaug, L.; Liebich, T (2007). "STANDINN Deliverable D15 IFC and IFD feasibility for innovative sustainable housing." Europa Innova.

Isikdag, U.; Zlatanova, S. (2009). "A SWOT analysis on the implementation of Building Information Models within the Geospatial Environment."

Kiviniemi, A. (2007). Support for Building Elements in the IFC 2x3 Implementations. 6th Certification Workshop Result.

Machete, R. F. (2016). Utilização de modelos SIG-3D na determinação da radiação solar incidente nos edifícios. Influência do contexto urbano. Mestrado em Arquitectura, Instituto Superior Técnico.

Magarotto M.; Silva, C. (2013). Desenvolvimento de Modelos SIG 3D aplicado a Zonas Costeiras. EUE 2013. Lisboa.

Martins, J. P. d. S. P. (2009). Modelação de Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia.

Matos, J. (2001). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa: Editora LIDEL.

Monteiro, A; Santos, E. T. (2009). O Uso de Modelagem Generativa para Representação de Modulações de Alvenarias em Ferramentas BIM. SIGraDi.

Moser, J.; Albrecht, F.; Kosar, B. (2010). Beyond Visualization - 3D GIS Analyses for Virtual City Models. 5th International 3D GeoInfo Conference. Berlin.

Murata., M. (2012). "3D-GIS Application for Urban Planning based on 3DCity Model."

Parish, Y. M. P. (2001). "Procedural modeling of cities." Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001.

Pereira, J. R. G. G. (2012). Modelos Urbanos Tridimensionais: Uma Análise na Perspectiva dos Sistemas de Informação Geográfica. Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, Faculdade de Ciências.

Pinho, S. M. F. (2013). O Modelo IFC como Agente de Interoperabilidade - Aplicação ao domínio das estruturas. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Raimundo, G. J. M. (2012). Reabilitação do centro histórico de Leiria: Análise e estratégias de intervenção. Mestrado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

Rodrigues, R.; Coelho, A.; Reis, P. (2009). Modelação Expedita de Edifícios Monumentais a Partir de Descrições Textuais. 17º Encontro Português de Computação Gráfica. Covilhã.

Roxo, A. F. F. G. d. S. (2012). Modelos Digitais – Proposta para a Representação Interactiva de Conjuntos Urbanos. Mestrado em Arquitectura, Instituto Superior Técnico.

Ruas, B. M. M. (2013). Projecto Digital - Modelação Tridimensional em Arquitectura Maquete Virtual da Vila da Fuzeta. Mestrado em Arquitectura, Instituto Superior Técnico.

Santos, L. F. B. S. d. (2009). Sistemas Generativos de Projecto: Integração de Ferramentas Digitais no Projecto de Arquitectura - Aplicação ao Caso de Estudo: a Casa Pátio da Medina de Marrakech. Mestrado em Arquitectura, Instituto Superior Técnico.

Sá, J. P. M. d. (2014). Modelação de Estruturas em BIM – Aplicação à Extração Automática de Quantidades. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Scianna, A., Ammoscato, A. e Corsale, R. (2006). A Step Toward Interoperability: Managing 3D Urban Data With GML Structure. Proceedings UDMS Conference. Aalborg.

Schimiguel, J. (2002). Interface 3D de Aplicações SIG como Espaços de Comunicação. Mestrado em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Computação.

Scussel, A. (2014). Exército produz SIG 2D e 3D para a Copa do Mundo 2014. MundoGEO.

Silva, J. M. S. (2013). Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM - Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas. Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sousa, H., Poças, J., Monteiro, A., Moreira, P., Mêda, P. (2011). Projecto SIGABIM. Porto: FEUP/MOTAENGIL.

Stoter, J., Vosselman, G., Goos, J., Zlatanova, S., Verbee, E., Kloster, R. e Reuvers, M. (2011). "Towards a National eD Spatial Data Infrastructure: Case of The Netherlands." Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation.

Wonka, P., Wimmer, M., Sillion, F., Ribarsky, W. (2003). " Instant Architecture." Transactions on Graphics.




Xin, L. (2010). Urban-based 3D Modeling and Visualization Technology Research. 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology.



## 6. Anexos

### Anexo 1 – Fichas de Caracterização (FC)

- *FC1 – Identificação do Lote*

FICHA FC1		
<b>FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE LOTE</b>		
Quarteirão: Q003 Lote: L001		
<b>II. Identificação do Lote</b>		
II_RP	Rua / Praça: Largo do Mindelo e Rua da Vitória	
II_PP	Proprietário: Privado	
II_UI	Data da Última Inspeção: Sem informação	
II_NP	Número de Polícia:	
II_TP	Tipo Propriedade: Horizontal	
Matriz Perdal 00360		
<b>EC. Época de Construção</b>		
EC_AXIX	antes séc. XIX	<input type="checkbox"/>
EC_XIX	séc. XIX	<input checked="" type="checkbox"/>
EC_XX00-40	séc. XX (0-40)	<input type="checkbox"/>
EC_XX40-70	séc. XX (40-70)	<input type="checkbox"/>
EC_XX>70	séc. XX (>70)	<input type="checkbox"/>
<b>CL. Caracterização do Lote</b>		
CL_AC	Área de Cobertura (m2):	87
CL_AT	Área Total (m2):	87
CL_AL	Área de Logradouro (m2)	
CL_NP	Número de Pisos	2
<b>UP. Usos ao nível do Piso:</b>		R/C Acima
UP_AZ	Armazém	<input type="checkbox"/>
UP_CM	Comércio	<input checked="" type="checkbox"/>
UP_DV	Devoluto	<input type="checkbox"/>
UP_OF	Oficina	<input type="checkbox"/>
UP_EC	Escritório	<input type="checkbox"/>
UP_GG	Garagem	<input type="checkbox"/>
UP_HB	Habituação	<input type="checkbox"/>
UP_SP	Serviço Público	<input type="checkbox"/>
UP_ER	Edifício Religioso	<input type="checkbox"/>
<b>VA. Valor Arquitetónico</b>		
VA_MN	Monumento Nacional	<input type="checkbox"/>
VA_IP	Imóvel de Interesse Público	<input type="checkbox"/>
VA_VC	Valor Concelhio	<input type="checkbox"/>
VA_IQ	Imóvel de Qualidade	<input type="checkbox"/>
VA_IA	Imóvel de Acompanhamento	<input checked="" type="checkbox"/>
VA_DP	Dissonante Parcial	<input type="checkbox"/>
VA_DT	Dissonante Total	<input type="checkbox"/>
<b>RC. Rede Comercial</b>		
RC_PA	Produtos Alimentares	<input type="checkbox"/>
RC_AC	Artigos de Casa	<input type="checkbox"/>
RC_AP	Artigos Pessoais	<input checked="" type="checkbox"/>
RC_DL	Desporto, Cultura e Lazer	<input type="checkbox"/>
RC_SB	Saúde e Beleza	<input type="checkbox"/>
RC_PA	Artigos Profissionais	<input type="checkbox"/>
RC_CB	Construção e Bricolage	<input type="checkbox"/>
RC_OT	Outros: Café	<input type="checkbox"/>
<b>1. Plano Pormenor Centro Histórico de Leiria</b>		
<b>2. Planta de Localização do Quarteirão</b>		
<b>3. Observações</b>		     
<b>4. Foto das Fachadas / Orientação e Condições de Exposição</b>		

• FC 2 – Avaliação das Características das Fachadas

FICHA FC2	
<b>FICHA DE AVALIAÇÃO DAS FACHADAS - CARACTERIZAÇÃO</b>	
Quarteirão: Q003 Lote: L001	
<b>CS Constituição do suporte</b>	
<b>CS_T Tipo</b>	Foto
CS_T-1 Alvenaria argamassada c/ pedra	<input type="checkbox"/>
CS_T-2 Alvenaria de pedra aparelhada	<input type="checkbox"/>
CS_T-3 Alvenaria tijolo vazado, pano simples	<input type="checkbox"/>
CS_T-4 Alvenaria tijolo vazado, pano duplo	<input type="checkbox"/>
CS_T-5 Alvenaria tijolo maciço, pano simples	<input type="checkbox"/>
CS_T-6 Alvenaria tijolo maciço, pano duplo	<input type="checkbox"/>
CS_T-7 Alvenaria adobe	<input type="checkbox"/>
CS_T-8 Alvenaria de taipa	<input type="checkbox"/>
CS_T-9 Betão armado	<input type="checkbox"/>
CS_T-10 Préfabricado	<input type="checkbox"/>
CS_T-11 Alvenaria em blocos de cimento	<input type="checkbox"/>
CS_T-12 Não Visível	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>CS_F Função</b>	Foto
CS_F-1 Parede com função resistente (mestra)	<input type="checkbox"/>
CS_F-2 Parede com função pseudo-resistente	<input type="checkbox"/>
CS_F-3 Parede sem função resistente	<input type="checkbox"/>
<b>ED_CS Estado de degradação</b>	<b>ESP_CS</b>
Nível 0 - Sem degradação	0 30 cm
<b>RV Revestimento</b>	
<b>RV_T Tipo</b>	Foto
RV_T-1 Pintura texturada	<input type="checkbox"/>
RV_T-2 Pintura com tinta de água plástica	<input checked="" type="checkbox"/>
RV_T-3 Pintura de cal (caiaada)	<input type="checkbox"/>
RV_T-4 Pintura em carapinha	<input type="checkbox"/>
RV_T-5 Revestimento cerâmico vidrado	<input type="checkbox"/>
RV_T-6 Revestimento cerâmico não vidrado	<input type="checkbox"/>
RV_T-7 Argamassa de cal / bastarda	<input type="checkbox"/>
RV_T-8 Reboco tradicional	<input type="checkbox"/>
RV_T-9 Placas de pedra colada	<input type="checkbox"/>
RV_T-10 Placas de pedra grampeada c/ suporte	<input type="checkbox"/>
RV_T-11 Elementos especiais/decorativos	<input type="checkbox"/>
<b>ED_RV Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>CP Caixilharias e Portas</b>	
<b>CPT Tipo</b>	Foto
CP_T-1 Abrir	<input checked="" type="checkbox"/>
CP_T-2 Correr	<input type="checkbox"/>
CP_T-3 Guilhotina	<input type="checkbox"/>
CP_T-4 Basculantes	<input type="checkbox"/>
<b>CP_V Tipo de Vidros</b>	Foto
CP_V-1 Simples	<input checked="" type="checkbox"/>
CP_V-2 Duplo	<input type="checkbox"/>
<b>CP_M Material</b>	Foto
CP_M-1 Madeira	<input checked="" type="checkbox"/>
CP_M-2 Alumínio	<input type="checkbox"/>
CP_M-3 Metálica	<input type="checkbox"/>
CP_M-4 PVC	<input type="checkbox"/>
<b>ED_CP Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>ES Estores</b>	
<b>ES_L Local</b>	Foto
ES_L-1 Interior (Embutida)	<input type="checkbox"/>
ES_L-2 Exterior	<input type="checkbox"/>
<b>ES_M Material</b>	Foto
ES_M-1 PVC	<input type="checkbox"/>
ES_M-2 Laminas Verticais	<input type="checkbox"/>
ES_M-3 Laminas horizontais	<input type="checkbox"/>
ES_M-4 Madeira	<input type="checkbox"/>
ES_M-5 Metálico	<input type="checkbox"/>
<b>ED_ES Estado de degradação</b>	
Não se aplica	0
<b>PT Portadas</b>	
<b>PT_L Local</b>	Foto
PT_L-1 Interior	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_L-2 Exterior	<input type="checkbox"/>
<b>PT_M Material</b>	Foto
PT_M-1 PVC	<input type="checkbox"/>
PT_M-2 Madeira	<input checked="" type="checkbox"/>
PT_M-3 Alumínio	<input type="checkbox"/>
<b>ED_PT Estado de degradação</b>	
Nível 0 - Sem degradação	0
<b>SF Singularidades da Fachada</b>	
<b>SF_CR Cornijas</b>	Foto
SF_CR-1 Reboco	<input type="checkbox"/>
SF_CR-2 Pedra	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ED_SF_CR Estado de degradação</b>	
Nível 2 - Degradação média	2
<b>SF_EV Elementos artísticos valorizantes</b>	Foto
SF_EV-1 Estatuetas	<input type="checkbox"/>
SF_EV-2 Painéis Cerâmicos	<input type="checkbox"/>
SF_EV-3 Relevos em Pedra	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ED_SF_EV Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>SF_SC Soco</b>	Foto
SF_SC-1 Ladrilhos cerâmicos	<input type="checkbox"/>
SF_SC-2 Ladrilhos hidráulicos	<input type="checkbox"/>
SF_SC-3 Placas de pedra natural	<input type="checkbox"/>
SF_SC-4 Placas de pedra artificial	<input type="checkbox"/>
SF_SC-5 Argamassa cimentícia / Cal / Pintadas	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ED_SF_SC Estado de degradação</b>	
Nível 2 - Degradação média	2
<b>SF_CU Cunhais</b>	Foto
SF_CU-1 Ladrilhos cerâmicos	<input type="checkbox"/>
SF_CU-2 Ladrilhos hidráulicos	<input type="checkbox"/>
SF_CU-3 Placas de pedra natural	<input type="checkbox"/>
SF_CU-4 Placas de pedra artificial	<input type="checkbox"/>
SF_CU-5 Argamassa cimentícia / Cal / Pintadas	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ED_SF_CU Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>SF_VR Varandas</b>	Foto
SF_VR-1 Betão	<input type="checkbox"/>
SF_VR-2 Metálica	<input type="checkbox"/>
SF_VR-3 Pedra	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ED_SF_VR Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>SF_GR Gradeamentos</b>	Foto
SF_GR-1 Betão	<input type="checkbox"/>
SF_GR-2 Metálica	<input checked="" type="checkbox"/>
SF_GR-3 Pedra	<input type="checkbox"/>
SF_GR-4 Vidro	<input type="checkbox"/>
<b>ED_SF_GR Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1
<b>SF_PS Palas de sombreamento</b>	Foto
SF_PS-1 Betão	<input type="checkbox"/>
SF_PS-2 Metálica	<input type="checkbox"/>
SF_PS-3 Vidro	<input type="checkbox"/>
SF_PS-4 Madeira	<input type="checkbox"/>
<b>ED_SF_PS Estado de degradação</b>	
Não se aplica	0
<b>SF_CA Cantarias</b>	Foto
SF_CA-1 Pedra Natural	<input checked="" type="checkbox"/>
SF_CA-2 Argamassa cimentícia	<input type="checkbox"/>
SF_CA-3 Madeira	<input type="checkbox"/>
<b>ED_SF_CA Estado de degradação</b>	
Nível 1 - Degradação ligeira	1

● FC 3 – Avaliação das Patologias não Estruturais das Fachadas

FICHA FC3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
FICHA DE AVALIAÇÃO DAS FACHADAS - ANOMALIAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
								Quartirão: Q003 Lote: 1001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Por material</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Por Localização</th> <th></th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>M_01</th> <th>M_02</th> <th>M_03</th> <th>M_04</th> <th>M_05</th> <th>L_01</th> <th>L_02</th> <th>L_03</th> <th>L_04</th> <th>L_05</th> <th>Foto</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Argamassa</th> <th>Pedra</th> <th>Cerâmico</th> <th>Pinura</th> <th>Madeira</th> <th>Fachada</th> <th>Cornijas</th> <th>Socos</th> <th>Cunhais</th> <th>Muretes / Plufbandas</th> <th></th> </tr> </thead> </table>												Por material				Por Localização							M_01	M_02	M_03	M_04	M_05	L_01	L_02	L_03	L_04	L_05	Foto			Argamassa	Pedra	Cerâmico	Pinura	Madeira	Fachada	Cornijas	Socos	Cunhais	Muretes / Plufbandas																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		Por material				Por Localização																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		M_01	M_02	M_03	M_04	M_05	L_01	L_02	L_03	L_04	L_05	Foto																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		Argamassa	Pedra	Cerâmico	Pinura	Madeira	Fachada	Cornijas	Socos	Cunhais	Muretes / Plufbandas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>7. Levantamento Fotográfico</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%; text-align: center;"></td> <td style="width:33%; text-align: center;"></td> <td style="width:33%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 1</td> <td style="text-align: center;">Foto 2</td> <td style="text-align: center;">Foto 3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 4</td> <td style="text-align: center;">Foto 5</td> <td style="text-align: center;">Foto 6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 7</td> <td style="text-align: center;">Foto 8</td> <td style="text-align: center;">Foto 9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 10</td> <td style="text-align: center;">Foto 11</td> <td style="text-align: center;">Foto 12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 13</td> <td style="text-align: center;">Foto 14</td> <td style="text-align: center;">Foto 15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 16</td> <td style="text-align: center;">Foto 17</td> <td style="text-align: center;">Foto 18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 19</td> <td style="text-align: center;">Foto 20</td> <td style="text-align: center;">Foto 21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 22</td> <td style="text-align: center;">Foto 23</td> <td style="text-align: center;">Foto 24</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Foto 25</td> <td style="text-align: center;">Foto 26</td> <td style="text-align: center;">Foto 27</td> </tr> </table>													Foto 1	Foto 2	Foto 3				Foto 4	Foto 5	Foto 6				Foto 7	Foto 8	Foto 9				Foto 10	Foto 11	Foto 12				Foto 13	Foto 14	Foto 15				Foto 16	Foto 17	Foto 18				Foto 19	Foto 20	Foto 21				Foto 22	Foto 23	Foto 24				Foto 25	Foto 26	Foto 27																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Foto 1	Foto 2	Foto 3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 4	Foto 5	Foto 6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 7	Foto 8	Foto 9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 10	Foto 11	Foto 12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 13	Foto 14	Foto 15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 16	Foto 17	Foto 18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 19	Foto 20	Foto 21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 22	Foto 23	Foto 24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Foto 25	Foto 26	Foto 27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"><b>A Anomalias em revestimentos</b></td> </tr> <tr> <td style="width:5%;">A_01</td> <td style="width:35%;">Fissuração / Fracturação</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>A_02</td> <td>Eflorescências / Criptoflorescências</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>A_03</td> <td>Colonização Biológica (algas, fungos, musgos, verde-te)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_04</td> <td>Vegetação parasitária de grande porte (plantas, erva)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_05</td> <td>Perda de Aderência / Descolamentos / Destacamentos</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_06</td> <td>Perda de Coesão / Desagregação</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_07</td> <td>Erosão</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_08</td> <td>Alveolização / Crateras / Picaduras</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_09</td> <td>Humidade / Manchas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_10</td> <td>Manchas de poluição / Sujidade</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td>A_11</td> <td>Deficiências de planeza</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_12</td> <td>Crostas Negras</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_13</td> <td>Filmes Negros</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_14</td> <td>Gelividade</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_15</td> <td>Deterioração das juntas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_16</td> <td>Deficiências de assentamento ou fixação</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_17</td> <td>Esmagamento / Lascagem nos bordos</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_18</td> <td>Enodoamento prematuro</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_19</td> <td>Riscagem / Desgaste</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_20</td> <td>Alteração cromática / Amarelecimento / Descoloração</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_21</td> <td>Alteração do brilho</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_22</td> <td>Desprendimento do vidro</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_23</td> <td>Escorregamento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_24</td> <td>Pulverulência</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_25</td> <td>Intumescimento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_26</td> <td>Deslocações / Arqueamento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>A_27</td> <td>Empolamento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										<b>A Anomalias em revestimentos</b>										A_01	Fissuração / Fracturação										8	A_02	Eflorescências / Criptoflorescências										7	A_03	Colonização Biológica (algas, fungos, musgos, verde-te)											A_04	Vegetação parasitária de grande porte (plantas, erva)											A_05	Perda de Aderência / Descolamentos / Destacamentos											A_06	Perda de Coesão / Desagregação											A_07	Erosão											A_08	Alveolização / Crateras / Picaduras											A_09	Humidade / Manchas											A_10	Manchas de poluição / Sujidade										7	A_11	Deficiências de planeza											A_12	Crostas Negras											A_13	Filmes Negros											A_14	Gelividade											A_15	Deterioração das juntas											A_16	Deficiências de assentamento ou fixação											A_17	Esmagamento / Lascagem nos bordos											A_18	Enodoamento prematuro											A_19	Riscagem / Desgaste											A_20	Alteração cromática / Amarelecimento / Descoloração											A_21	Alteração do brilho											A_22	Desprendimento do vidro											A_23	Escorregamento											A_24	Pulverulência											A_25	Intumescimento											A_26	Deslocações / Arqueamento											A_27	Empolamento										
<b>A Anomalias em revestimentos</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
A_01	Fissuração / Fracturação										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
A_02	Eflorescências / Criptoflorescências										7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
A_03	Colonização Biológica (algas, fungos, musgos, verde-te)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_04	Vegetação parasitária de grande porte (plantas, erva)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_05	Perda de Aderência / Descolamentos / Destacamentos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_06	Perda de Coesão / Desagregação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_07	Erosão																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_08	Alveolização / Crateras / Picaduras																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_09	Humidade / Manchas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_10	Manchas de poluição / Sujidade										7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
A_11	Deficiências de planeza																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_12	Crostas Negras																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_13	Filmes Negros																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_14	Gelividade																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_15	Deterioração das juntas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_16	Deficiências de assentamento ou fixação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_17	Esmagamento / Lascagem nos bordos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_18	Enodoamento prematuro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_19	Riscagem / Desgaste																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_20	Alteração cromática / Amarelecimento / Descoloração																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_21	Alteração do brilho																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_22	Desprendimento do vidro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_23	Escorregamento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_24	Pulverulência																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_25	Intumescimento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_26	Deslocações / Arqueamento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
A_27	Empolamento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"><b>H Humidade</b></td> </tr> <tr> <td style="width:5%;">H_01</td> <td style="width:35%;">Ascensional</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_02</td> <td>Escorrências</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_03</td> <td>Condensações superficiais</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_04</td> <td>Condensações internas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_05</td> <td>Infiltração através de platibandas e guardas de terraço</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_06</td> <td>Infiltração pelas ligações caixilharia / fachada / cantarias</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>H_07</td> <td>Infiltração pela calceira interior da cobertura</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										<b>H Humidade</b>										H_01	Ascensional											H_02	Escorrências											H_03	Condensações superficiais											H_04	Condensações internas											H_05	Infiltração através de platibandas e guardas de terraço											H_06	Infiltração pelas ligações caixilharia / fachada / cantarias											H_07	Infiltração pela calceira interior da cobertura																																																																																																																																																																																																																																																										
<b>H Humidade</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
H_01	Ascensional																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_02	Escorrências																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_03	Condensações superficiais																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_04	Condensações internas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_05	Infiltração através de platibandas e guardas de terraço																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_06	Infiltração pelas ligações caixilharia / fachada / cantarias																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
H_07	Infiltração pela calceira interior da cobertura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"><b>F Fissuração</b></td> </tr> <tr> <td style="width:5%;">F_01</td> <td style="width:35%;">Largura média das fissuras (mm)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_02</td> <td>Fissuração do vidro de ladrilhos</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_03</td> <td>Fissuração e deterioração de juntas de ladrilhos</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_04</td> <td>Fissuração rendilhada ou mapeada</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_05</td> <td>Fissuração s/ orientação preferencial e não rendilhada</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_06</td> <td>Fissuração predominantemente vertical</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>F_07</td> <td>Fissuração predominantemente horizontal</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>F_08</td> <td>Fissuração predominantemente inclinada</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										<b>F Fissuração</b>										F_01	Largura média das fissuras (mm)											F_02	Fissuração do vidro de ladrilhos											F_03	Fissuração e deterioração de juntas de ladrilhos											F_04	Fissuração rendilhada ou mapeada											F_05	Fissuração s/ orientação preferencial e não rendilhada											F_06	Fissuração predominantemente vertical										8	F_07	Fissuração predominantemente horizontal											F_08	Fissuração predominantemente inclinada																																																																																																																																																																																																																																														
<b>F Fissuração</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
F_01	Largura média das fissuras (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_02	Fissuração do vidro de ladrilhos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_03	Fissuração e deterioração de juntas de ladrilhos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_04	Fissuração rendilhada ou mapeada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_05	Fissuração s/ orientação preferencial e não rendilhada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_06	Fissuração predominantemente vertical										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
F_07	Fissuração predominantemente horizontal																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F_08	Fissuração predominantemente inclinada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"><b>O Outras Anomalias</b></td> </tr> <tr> <td style="width:5%;">O_01</td> <td style="width:35%;">Corrosão de elementos metálicos de suporte</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_02</td> <td>Inexistência de caapeamento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_03</td> <td>Corrosão do caapeamento</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_04</td> <td>Inexistência de pingadeira</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_05</td> <td>Graffiti</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td>O_06</td> <td>Corrosão de armad. / elementos metálicos da estrutura</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_07</td> <td>Candeiros / cablagens diversas / placa publicitárias</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_08</td> <td>Deficiência de drenagem da caixa-de-ar</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_09</td> <td>Deficiência de ventilação da caixa-de-ar</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_10</td> <td>Deficiências em tubos de queda</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>O_11</td> <td>Deterioração de juntas de dilatação</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										<b>O Outras Anomalias</b>										O_01	Corrosão de elementos metálicos de suporte											O_02	Inexistência de caapeamento											O_03	Corrosão do caapeamento											O_04	Inexistência de pingadeira											O_05	Graffiti										3	O_06	Corrosão de armad. / elementos metálicos da estrutura											O_07	Candeiros / cablagens diversas / placa publicitárias											O_08	Deficiência de drenagem da caixa-de-ar											O_09	Deficiência de ventilação da caixa-de-ar											O_10	Deficiências em tubos de queda											O_11	Deterioração de juntas de dilatação																																																																																																																																																																																																										
<b>O Outras Anomalias</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
O_01	Corrosão de elementos metálicos de suporte																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_02	Inexistência de caapeamento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_03	Corrosão do caapeamento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_04	Inexistência de pingadeira																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_05	Graffiti										3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
O_06	Corrosão de armad. / elementos metálicos da estrutura																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_07	Candeiros / cablagens diversas / placa publicitárias																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_08	Deficiência de drenagem da caixa-de-ar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_09	Deficiência de ventilação da caixa-de-ar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_10	Deficiências em tubos de queda																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
O_11	Deterioração de juntas de dilatação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"><b>NDGF Nível de degradação geral das fachadas</b></td> </tr> <tr> <td style="width:5%;"></td> <td style="width:35%;"></td> <td style="width:10%; text-align: center;">Ponderação</td> <td style="width:10%; text-align: center;">Nota</td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> <td style="width:10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Suporte (F=0,25)</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Revestimento (F=0,20)</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Caixilharias e Portas (F=0,15)</td> <td style="text-align: center;">0.15</td> <td style="text-align: center;">0.15</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Estores (F=0,02)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Portadas (F=0,02)</td> <td style="text-align: center;">0.02</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cornijas (F=0,05)</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">0.10</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Elementos artísticos valorizantes (F=0,02)</td> <td style="text-align: center;">0.02</td> <td style="text-align: center;">0.02</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Soco (F=0,10)</td> <td style="text-align: center;">0.10</td> <td style="text-align: center;">0.20</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cunhais (F=0,05)</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td style="text-align: center;">0.05</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Varandas (F=0,04)</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Gradeamentos (F=0,04)</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Palas de sombreamento (F=0,02)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cantarias (F=0,04)</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>TOTAL</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.96</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0.84</b></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="text-align: center;"><b>0.88</b></td> </tr> </table>										<b>NDGF Nível de degradação geral das fachadas</b>												Ponderação	Nota									Suporte (F=0,25)	0.25	0.00									Revestimento (F=0,20)	0.20	0.20									Caixilharias e Portas (F=0,15)	0.15	0.15									Estores (F=0,02)	0.00	0.00									Portadas (F=0,02)	0.02	0.00									Cornijas (F=0,05)	0.05	0.10									Elementos artísticos valorizantes (F=0,02)	0.02	0.02									Soco (F=0,10)	0.10	0.20									Cunhais (F=0,05)	0.05	0.05									Varandas (F=0,04)	0.04	0.04									Gradeamentos (F=0,04)	0.04	0.04									Palas de sombreamento (F=0,02)	0.00	0.00									Cantarias (F=0,04)	0.04	0.04									<b>TOTAL</b>	<b>0.96</b>	<b>0.84</b>							<b>0.88</b>																																																																																																																																																															
<b>NDGF Nível de degradação geral das fachadas</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		Ponderação	Nota																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Suporte (F=0,25)	0.25	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Revestimento (F=0,20)	0.20	0.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Caixilharias e Portas (F=0,15)	0.15	0.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Estores (F=0,02)	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Portadas (F=0,02)	0.02	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Cornijas (F=0,05)	0.05	0.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Elementos artísticos valorizantes (F=0,02)	0.02	0.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Soco (F=0,10)	0.10	0.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Cunhais (F=0,05)	0.05	0.05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Varandas (F=0,04)	0.04	0.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Gradeamentos (F=0,04)	0.04	0.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Palas de sombreamento (F=0,02)	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Cantarias (F=0,04)	0.04	0.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<b>TOTAL</b>	<b>0.96</b>	<b>0.84</b>							<b>0.88</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10">Levantamento fotográfico realizado por: Gonçalo Raimundo</td> </tr> <tr> <td colspan="10">Ficha elaborada por: Gonçalo Raimundo</td> </tr> <tr> <td colspan="10">Data da Inspeção: 30/05/2012</td> </tr> <tr> <td colspan="8"></td> <td colspan="2" style="text-align: right;">Nota Total / Ponderação Total</td> </tr> </table>										Levantamento fotográfico realizado por: Gonçalo Raimundo										Ficha elaborada por: Gonçalo Raimundo										Data da Inspeção: 30/05/2012																		Nota Total / Ponderação Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Levantamento fotográfico realizado por: Gonçalo Raimundo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Ficha elaborada por: Gonçalo Raimundo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Data da Inspeção: 30/05/2012																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
								Nota Total / Ponderação Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

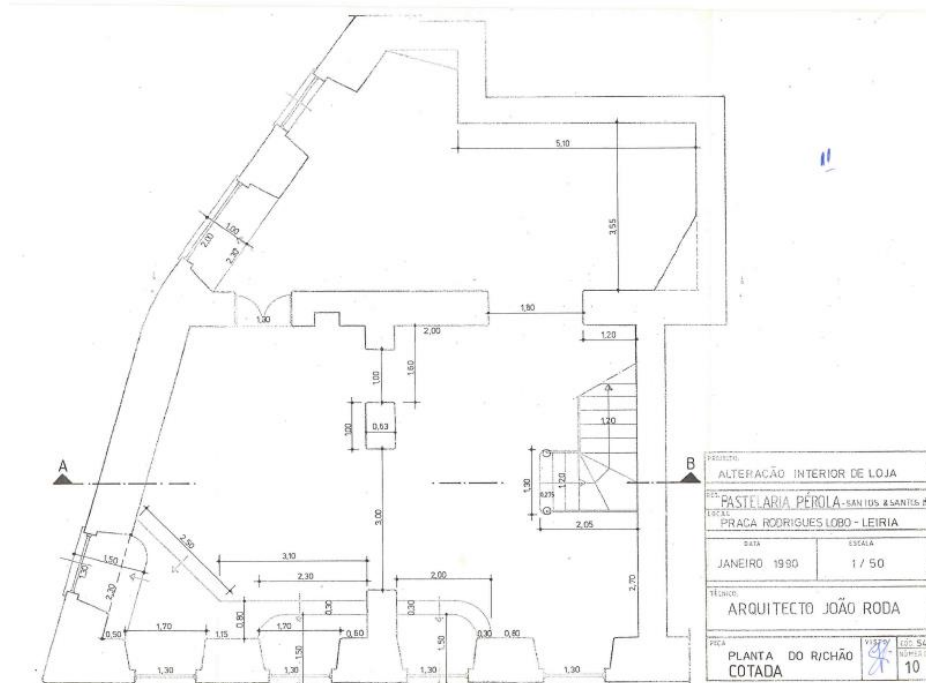
**Anexo 2 – Conteúdo da informação da base de dados geográfica e o correspondente na ficha de inspeção utilizada no estudo**

ATRIBUTOS		DESIGNAÇÃO
Base de dados	Ficha de Caracterização	
Quarteirao	Quarteirão	Quarteirão onde loca o edifício
Lote	Lote	Lote do edifício
Codigo_ED	---	Código identificativo do edifício.
MatPredial	Matriz Predial	Número da matriz predial
FichaInspecao	Ficha de Inspeção n.º	Número da ficha de inspeção
DataFotoInfo	Data da Inspeção	Data da inspeção ao edifício
EpocaConstru	EC	Época de construção do edifício
AreaCob	CL_AC	Caracterização do lote - Área coberta
AreaTotal	CL_AT	Caracterização do lote - Área de logradouro
AreaLog	CL_AL	Caracterização do lote - Área total
PisosTotal	CL_NP	Caracterização do lote - Número total de pisos do edifício
Uso1_RC	UP - R/C	Uso ao nível do rés-do-chão
Uso2_RC	UP - R/C	Uso ao nível do rés-do-chão
Uso1_Acima	UP - Acima	Uso dos pisos superiores
Uso2_Acima	UP - Acima	Uso dos pisos superiores
Uso3_Acima	UP - Acima	Uso dos pisos superiores
ValorAquitec	VA	Valor arquitetónico
ND_Suporte	ED_CS	Nível de degradação da constituição do suporte
ND_Revesti	ED_RV	Nível de degradação do revestimento
ND_CaixaPorta	ED_CP	Nível de degradação das caixilharias e portas
ND_Estores	ED_ES	Nível de degradação dos estores
ND_Portadas	ED_PT	Nível de degradação das portadas
ND_Cornijas	ED_SF_CR	Nível de degradação das cornijas
ND_ElemValor	ED_SF_EV	Nível de degradação dos elementos valorizantes
ND_Soco	ED_SF_SC	Nível de degradação do soco
ND_Cunhais	ED_SF_CU	Nível de degradação dos cunhais
ND_Varandas	ED_SF_VR	Nível de degradação das varandas
ND_Gradeamentos	ES_SF_GR	Nível de degradação dos gradeamentos
ND_Palas	ED_SF_PS	Nível de degradação das palas de sombreamento
ND_Cantarias	ED_SF_CA	Nível de degradação das cantarias
ND_Total	NDGF	Nível de degradação geral das fachadas

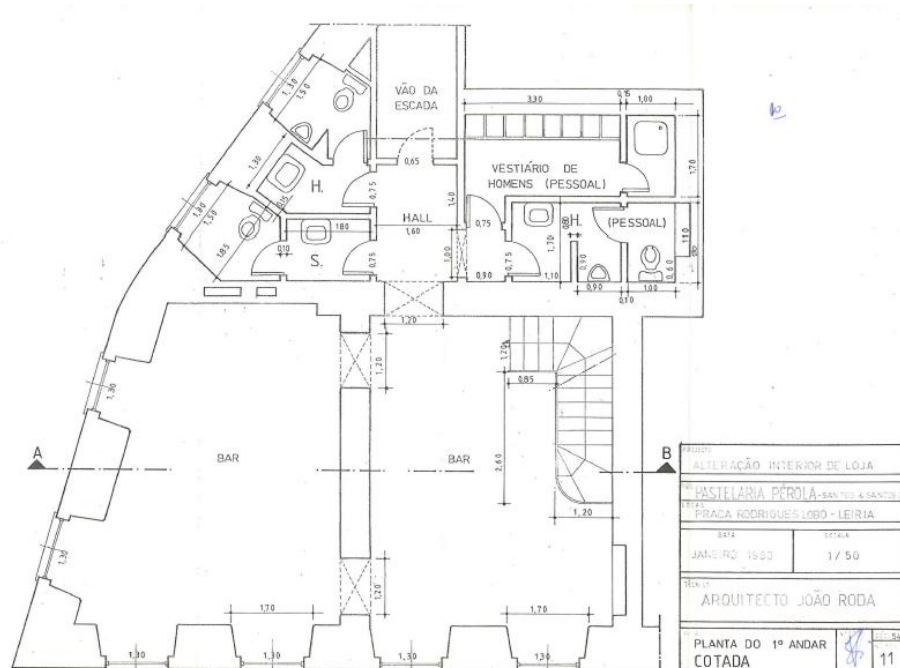
## Anexo 3 – Plantas dos edifícios modelados em BIM

- EDIFÍCIO DO ATENEU

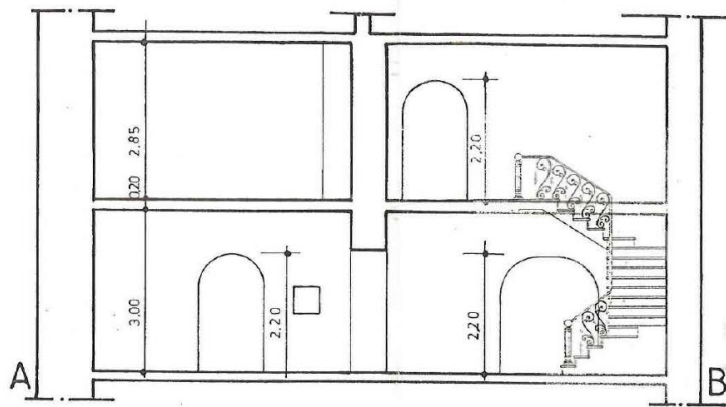
### Planta do Rés-do-chão



### Planta do 1º Piso

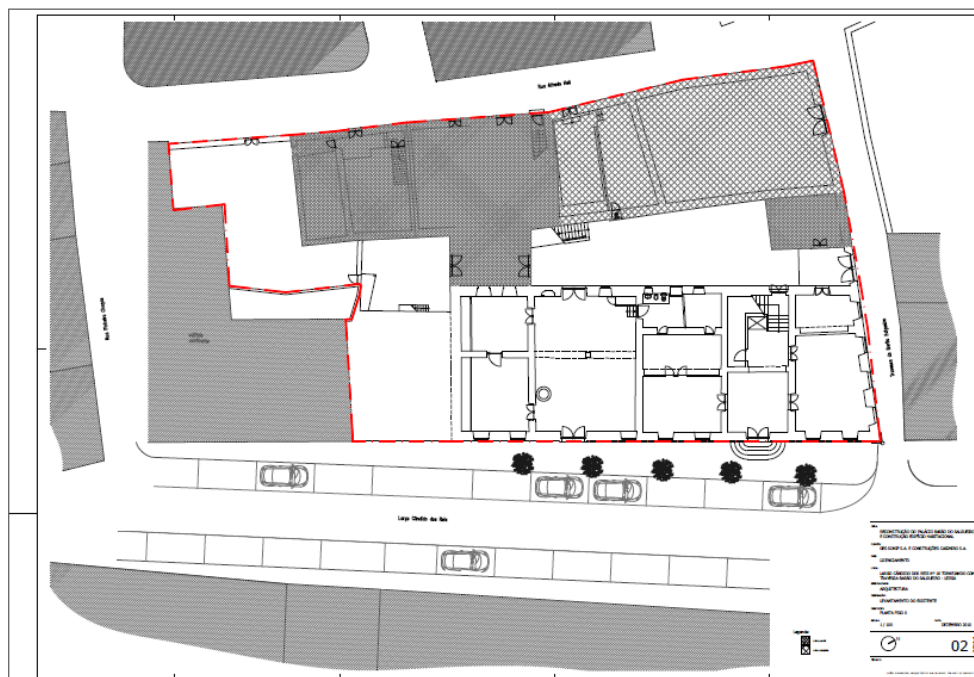


## Alçado Existente



- SOLAR DO BARÃO DE SALGUEIRO

## Planta do Rés-do-chão



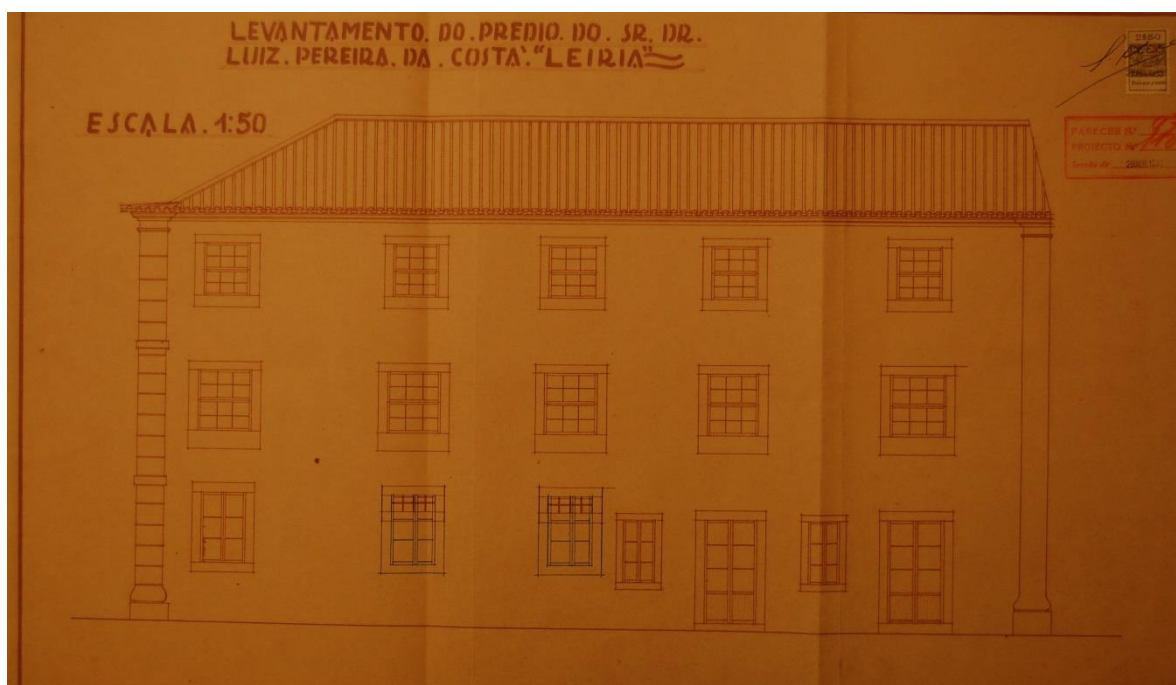


- EDIFÍCIO DO HINGÁS

### Planta do Edifício



### Alçado





### Anexo 3 – Gramáticas de forma utilizadas na construção do modelo

```
* File:      Volumetria.cga
* Created: 26 May 2015 09:36:15 GMT
* Author:   Andreia
*/

version "2014.1"

//Atributos

    //Pisos
attr PisosTotal = 0

attr PisosFacha = 0

attr PisosCob = 0

attr TipoCob = ""

attr RegraPiso =
    case OBJECTID == 96: 15
    case OBJECTID == 339: 9
    case OBJECTID == 335: 12
    else:3

    //Cores dos Pisos
attr mColor1 = "#FF0000"
attr mColor2 = "#00FF00"
attr mColor3 = "#0000FF"
attr mColor4 = "#FFFF00"

    //Pendentes (cobertura)
attr Pendentes = 0

    //Objectos ID
attr OBJECTID = 0

//Regras

Implantacao -->
    case OBJECTID == 309:
        NIL
    case OBJECTID == 364:
        NIL
    case OBJECTID == 516:
        NIL
    else:
        case PisosTotal == 1 : color("#FFFFCC")
        extrude(PisosFacha*RegraPiso) VolumePisos
        case PisosTotal == 2 : color("#FFFFCC")
        extrude(PisosFacha*RegraPiso) VolumePisos
        case PisosTotal == 3 : color("#FFFFCC")
        extrude(PisosFacha*RegraPiso) VolumePisos
        case PisosTotal == 4 : color("#FFFFCC")
        extrude(PisosFacha*RegraPiso) VolumePisos
        else: NIL
```

```

VolumePisos -->
  case PisosCob == 1:
    comp(f) {top: BasePisoCobertura | side: Fachadas}
  else:
    comp(f) {top: BaseCobertura | side: Fachadas}

BaseCobertura -->
  case Pendentes == 1 : roofShed (10,0) Roof
  case Pendentes == 2 : roofGable (30,0,0,false,1) Roof
  case Pendentes == 3 : roofGable (30,0) Roof
  case Pendentes == 4 : roofHip (30,0) Roof
  case Pendentes == 5 : roofHip (30,0) Roof
  case Pendentes == 6 : roofHip (30,0) Roof
  else: CoberturaPlana

BasePisoCobertura -->
  case TipoCob == "mansarda" : envelope (2, 0, 80, 0, 80, 0, 80)
MansardaAux
  case TipoCob == "aguas_furtadas" : envelope (2, 0, 80, 0, 80, 0,
80) MansardaAux
  case TipoCob == "recuado" : envelope (2, 0, 80, 0, 80, 0, 80)
MansardaAux
  else : X.
    #case Cobertura_ == 1 : roofShed (10,0) Roof
    #case Cobertura_ == 2 :
    #   case OBJECTID1 == 700 : envelope (3,0,30,0,26)
    #   case OBJECTID2 == 701 : envelope (2,0,30,0,30)
    #   case OBJECTID3 == 702 : envelope (2,0,30,0,30)
    #   case OBJECTID4 == 429 : envelope (2,0,30,0,30)
    #   else: roofGable (30,0,0) Roof
    #case Cobertura_ == 3 :
    #   case OBJECTID == 699 : roofGable (30,0) Roof
    #   else: NIL
    #case Cobertura_ == 4 : roofHip (30,0) Roof
    #case Cobertura_ == 5 : roofHip (30,0) Roof
    #case Cobertura_ == 6 : roofHip (30,0) Roof
    #else: NIL
    #extrude(pisos_cob*altura_piso)

MansardaAux --> alignScopeToAxes (y) Mansarda

Mansarda --> comp(f) {top: BaseMansarda_p2 | side: LateraisMansarda |
bottom: PisoMansarda}

BaseMansarda_p2 --> roofHip (20) Mansarda_p2

#Fachada -->
#   split (y) {altura_piso:Piso}*

```

