



A metodologia BIM – Building Information Modeling na Gestão da Manutenção das infraestruturas do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria

Cláudio Pinto Carvalho

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

NOVA Information Management School

A metodologia BIM – Building Information Modeling
na Gestão da Manutenção das infraestruturas do
Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria.

Dissertação orientada por

Orientadora: Professora Doutora Luisa Gonçalves

Coorientador: Professor Doutor António Aguiar Costa

Novembro de 2016

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que o trabalho contido neste documento é da minha autoria e não de outra pessoa. Toda a assistência recebida de outras pessoas está devidamente assinalada e é efetuada referência a todas as fontes utilizadas (publicadas ou não).

O trabalho não foi anteriormente submetido ou avaliado na NOVA Information Management School ou em qualquer outra instituição.

Leiria, 30 de Novembro 2016

AGRADECIMENTOS

À Professora Luisa Gonçalves por me ter lançado o desafio, pelo acompanhamento e preciosa ajuda ao longo deste período.

Ao Professor António Aguiar Costa pela honra, paciência e sabedoria.

À Família e amigos, Mãe, Pai pela educação! Aos meus irmãos sempre presentes.

Aos meus filhos... Gabriel, Henrique e Sofia.

À minha Mulher Cláudia por tornar o impossível, concretizável.

A todos os que, de forma direta ou indireta, me apoiaram no desenvolvimento e partilha de ideias.

Obrigado!

A metodologia BIM – Building Information Modeling na Gestão da Manutenção das infraestruturas do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria.

RESUMO

No processo de gestão de manutenção de um edifício é fundamental o uso e a boa gestão de um vasto leque de informação, seja ela geográfica, do edifício, dos seus utilizadores, etc. A metodologia *Building Information Modeling* (BIM) surge, neste contexto, como uma ferramenta integradora, que permite gerir de forma mais eficiente toda esta informação e, assim, apoiar a manutenção otimizada das instalações técnicas (IT) e dos edifícios. Para o efeito, é necessário garantir uma interligação entre o conceito BIM e a gestão da manutenção, com especial ênfase na adoção do 6D/7D BIM como aplicação ao *Facility Management* (FM).

Nesta dissertação é abordada a importância de integrar os princípios de gestão de manutenção (GM) com a metodologia BIM, evidenciando para isso, as principais capacidades 6D/7D BIM, a partir da qual são desencadeadas e planeadas as operações de manutenção das IT e equipamentos dos edifícios num campus universitário. A proposta de metodologia foi implementada com base num estudo de caso de um edifício do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria (IPLeiria), cuja arquitetura e IT foram originalmente modeladas com recurso a ferramentas BIM.

Nesta dissertação são demonstradas as vantagens da implementação de um método dinâmico de utilização e atualização de informação entre os gestores de manutenção e as equipas técnicas, permitindo assim um melhor planeamento e gestão dos trabalhos bem como uma melhor quantificação dos custos de manutenção associados, comparativamente à atual plataforma de FM existente no IPLeiria.

O estudo de caso demonstra a forma como a metodologia BIM irá ser parte integrante das soluções de Gestão de Manutenção Assistida por Computador – GMAC, evidenciando a necessária interoperabilidade entre BIM e GMAC, com recursos a ferramentas adicionais como o Dynamo.

The BIM method – Building Information Modeling in Facility Management of the infrastructures of Campus 2 of Polytechnic Institute of Leiria.

ABSTRACT

In the process of facility management of a building, it is fundamental to use a wide range of building and geospatial information or geospatial. The BIM-*Building Information Modeling* methodology arises as an integrative tool, which allows a more effective management of the building as well as its technical installations (TI). For that purpose, it is necessary to provide an interconnection between the BIM concepts and maintenance management (MM), with special emphasis on the adoption of the 6D/7D BIM application to Facility Management (FM).

In this dissertation the importance of integrating the principles of MM with the BIM methodology is addressed, through 6D/7D BIM capabilities, in which maintenance operations of TI and equipment of the buildings on a campus are triggered and planned.

The proposed methodology was implemented as a case study in one of the buildings of Campus 2 at Polytechnic Institute of Leiria (IPL), whose architecture and TI were modelled with the use of BIM tools.

In this dissertation the advantages of implementing a dynamic method to use and update information between maintenance managers and technical teams are demonstrated, in order to achieve a better planning and management of the work as well as a better quantification of the associated maintenance costs, compared to the current FM platform on the IPL.

The case study demonstrates how the BIM methodology could be an integrated part of the solutions of Computer Maintenance Management System (CMMS), highlighting the necessary interoperability between BIM and CMMS, with the additional tools resource as the Dynamo.

PALAVRAS-CHAVE

Building Information Modeling

Sistemas de Informação Geográfica

Gestão de Manutenção Assistida por Computador

Gestão de Manutenção

Gestão de Edifícios

Interoperabilidade

KEYWORDS

Building Information Modeling

Geographic Information Systems

Computer Management Maintenance Systems

Facility Management

Maintenance

Interoperability

ACRÓNIMOS

PDT – Processo de Tomada de Decisão

IPLeia – Instituto Politécnico de Leiria

CAD – Computer Assisted Design (desenho assistido por computador)

BIM – *Building Information Modeling*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SMR – Serviços de Manutenção e Reparação

GM – Gestão de Manutenção

AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

GE – Gestão de Edifícios

DST – Direção de Serviços Técnicos

SO – Setor de Obras

RTC – Responsável Técnicos por Campus

SM – Serviço de Manutenção

ESSLeiria – Escola Superior de Saúde do IPLeia

UCSD - Universidade de San Diego da Califórnia

UO – Universidade de Oregon

UH – Universidade de Harvard

6D/7D – Sustentabilidade e Gestão de Manutenção

IT – Instalações Técnicas

ÍNDICE DO TEXTO

Pág.

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE.....	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT.....	iv
PALAVRAS-CHAVE.....	v
KEYWORDS	vi
ACRÓNIMOS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais	1
1.2 Âmbito.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Metodologia e técnicas de investigação	4
1.5 Elaboração e organização da dissertação.....	5
2 A GESTÃO DA MANUTENÇÃO	7
2.1 Apontamento histórico	7
2.2 A gestão de edifícios.....	9
2.3 Gestão de manutenção	11
2.4 Indicadores de desempenho da manutenção.....	15
2.5 Gestão da manutenção assistida por computador	16
3 A ABORDAGEM DO BIM NO CONTEXTO GESTÃO DE MANUTENÇÃO.....	21
3.1 Estado da arte.....	21
3.2 A Interoperabilidade de BIM.....	22
3.3 IFC – Industry Foundation Classes.....	24
3.4 Regras de modelação em BIM.....	26

3.5	LOD – Níveis de desenvolvimento.....	26
3.6	BIM e a Gestão de Edifícios.....	29
3.7	BIM na Gestão de Manutenção assistida por Computador.....	31
3.8	As sinergias BIM e SIG na gestão de edifícios	36
4	ESTUDO DE CASO APLICAÇÃO DE METODOLOGIA BIM	47
4.1	A Direção de Serviços Técnicos do IPLeiria.....	47
4.2	Setor de Obras	48
4.3	Setor de Manutenção	49
4.4	Fluxo e gestão de pedidos de manutenção no IPLeiria.....	50
4.5	Ordem de trabalhos.....	54
4.6	Os princípios de bases de dados espaciais (BDE).	55
4.7	Etapas de modelação em BIM	58
4.8	Proposta de utilização de dados BIM em GMAC através de Dynamo.....	69
5	CONCLUSÕES.....	73
5.1	Limitações à investigação.....	74
5.2	Desenvolvimentos futuros	75
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação das convenções, Americana e Britânica.....	27
Tabela 2 - Características específicas de objetos e equipamentos.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- <i>Lloyds Building</i> – Londres - Vista geral (LLoyd's, 2012).	8
Figura 2 – <i>Lloyds Building</i> Londres - Pormenor infraestruturas (LLoyd's, 2012).	8
Figura 3 - Representação das atividades de gestão de edifícios, adaptado de Calejo (2001)..	10
Figura 4 – Três componentes de descrever a <i>Facilities Management</i> (Falorca, 2011).	11
Figura 5 – Distribuição de custos globais de um edifício (adaptado de Alves, 2008).....	12
Figura 6 – Objetivos para implementação do GMAC2® – Glintt – Global Intelligent Technologies, S.A.	18
Figura 7 – Curva de Macleamy (adaptado de Macleamy, 2004).....	22
Figura 8 - BIM no ciclo de vida de um edifício (Fmsystems, 2015).....	24
Figura 9 – Evolução do modelo IFC nas várias versões (Buildingsmart, 2013).	25
Figura 10 – Representação da evolução da informação ao longo das fases de LOD (PracticalBIM, 2013).....	27
Figura 11 – Adaptação da norma LOD utilizada no Reino Unido, no conceito LOMD.	28
Figura 12 – Projeto BIM e GE ideal segundo Love (2013).....	30
Figura 13 – O valor de BIM para o dono de obra (Love 2013).....	31
Figura 14 - Interligação de BIM a GMAC.	32
Figura 15 – Formulário tipo de objeto em aplicações GMAC (Navaltik® - InnWinWin®). .	33
Figura 16 - “Árvore dos modos de falha” Navaltik® - InnWinWin® (Batista, 2016).....	34
Figura 17 – Exemplos de tabela <i>tipos de objetos e órgãos</i> associados.	34
Figura 18 – Matriz de Processo com CAT com eventual integração a BIM.	36
Figura 19 – A relação entre BIM e SIG (Park, 2014).....	37
Figura 20 – Layers de um mapa de ocupação de solo.	38
Figura 21 – Mapas temáticos produzidos com ferramentas SIG – ArcGis.	41
Figura 22 – Mapas temáticos produzidos com ferramentas SIG – ArcGis.	41
Figura 23 – Mapa temático de iluminação pública, pontos de emergência e outros.	42
Figura 24 - Diagrama de interligação de SIG com a estrutura da universidade.	43
Figura 25 – Mapa de faseamento construtivo com fixação de características.	44

Figura 26 - Mapa temático com vias de circulação e “raios de vizinhança” dos edifícios.....	45
Figura 27 - Conceito de corredores académicos.....	46
Figura 28 - Interligação de BIM, GMAC e SIG.....	46
Figura 29 – Mapa dos campi do IPEiria no distrito de Leiria.....	47
Figura 30 – Mapa de recursos físicos IPEiria (Ano 2012).	48
Figura 31 - Estrutura de processos. Adaptado de Barreiros (2012).....	51
Figura 32 – Mapa de processo de gestão de pedidos de manutenção curativa.	52
Figura 33 – Formulário de criação de pedido de intervenção.	52
Figura 34 – Matriz de Processo com CAT no IPEiria	53
Figura 35 – Ordem de trabalho tipo.	55
Figura 36 - Modelo físico ou desenho lógico.....	56
Figura 37 - Modelo Físico - Entidades, atributos, relações, chaves primárias e chaves secundárias.	57
Figura 38 – Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria: a) Imagem aérea; b) levantamento topográfico do campus	58
Figura 39 – Vista geral do Edifício.	59
Figura 40 – Vista de pormenores de modelação – vãos de fachada, escadas e portas.	59
Figura 41 – Definição de pisos e cotas necessárias – alçado poente.....	60
Figura 42 – Planta do piso 1 em formato Autocad.....	60
Figura 43 – Ferramenta de importação através de <i>link</i>	61
Figura 44 – Ferramenta de gestão das ligações pela opção <i>link</i>	61
Figura 45 – Propriedade do objeto janela.....	62
Figura 46 – Inserção de pavimentos e tetos falsos.	62
Figura 47 – Menu de edição da estrutura do piso.....	63
Figura 48 – Menu de propriedades e informação técnica associada.	63
Figura 49 – Vista do interior do espaço intervencionado.....	63
Figura 50 – Inserção de paredes corina e escadas.	64
Figura 51 – Importação de objeto a partir do catálogo <i>on-line</i> do fabricante.....	64
Figura 52 – Dados paramétricos associados ao objeto – cadeira.....	65

Figura 53 – Ligação dos parâmetros dos objetos a fornecedores.	66
Figura 54 – <i>Hard clash detection</i> de duas instalações técnicas distintas.	67
Figura 55 – Rede de água e esgotos com a tabela dos parâmetros do objeto - Sanita.....	68
Figura 56 – Inserção de etiquetas.	68
Figura 57 – Classificação de espaços segundo o uso.	69
Figura 58 – Esquema de comando em Dynamo para produção de tabela de espaços com nome, área e número de sala.....	70
Figura 59 – Base de dados, criada em Excel, através de exportação do BIM.	70
Figura 60 - Base de dados, criada em Excel, através de exportação do BIM.....	71
Figura 61 - Esquema de comando em Dynamo para produção de tabela de características da tubagem da rede de águas e esgotos.	71
Figura 62 – Contributo de Dynamo para fornecer informação a GMAC a partir de BIM.	72
Figura 63 - Curva de Macleamy com efeito em GMAC.	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

Após um período em que Portugal foi alvo de um vasto investimento em infraestruturas públicas para servirem um conjunto de setores estratégicos em crescimento, dos quais se destacam os equipamentos escolares, hoje assiste-se a um significativo abrandamento desse investimento. Por outro lado, esses edifícios construídos na última década contemplam um conjunto significativo de instalações técnicas especiais que garantem uma maior eficácia de funcionamento. Estes edifícios estão hoje em pleno funcionamento e necessitam de ser mantidos.

A gestão das infraestruturas escolares, mais concretamente as do ensino superior, representam hoje um ativo que permite aos agentes do ensino superior exercer a sua atividade de negócio. Os edifícios tem hoje um conjunto de especificidades que se relaciona diretamente com as atividades neles desenvolvidos. Existem salas, laboratórios e gabinetes que são criados em função da sua utilização.

Os fortes constrangimento económicos, nomeadamente o desinvestimento que se tem vindo a verificar na dotação orçamental das instituições, tem obrigado as mesmas a recorrer a novas formas de rentabilizar os seus ativos e a reduzir cada vez mais os custos operacionais do seu funcionamento. Por esse motivo, procuram-se hoje soluções tecnológicas que melhorem a eficácia dos edifícios mantendo, ou porventura, diminuindo os custos de funcionamento.

O recurso aos princípios dos sistemas de informação geográfica (SIG) tem tido um papel muito importante no desenvolvimento de metodologias que visam um maior conhecimento dos fatores relacionados com o domínio geográfico. As tecnologias de informação são hoje um contributo muito significativo para o desenvolvimento dos SIGs, por exemplo, ao nível do planeamento urbano, e tem contribuído para uma maior utilização das ferramentas SIG, no processo de gestão urbana. Por outro lado, tem crescido uma nova ciência em torno da gestão e análise da informação espacial de um domínio geográfico mais específico, cuja escala geográfica se centra e focaliza no edifício.

O *Building Information Modeling*¹ (BIM) é hoje uma metodologia em torno de um edifício desde da sua criação até ao seu uso pleno. Esta metodologia tem como intervenientes, todos os profissionais da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção e Operação (AECO).

Nesta dissertação, a metodologia BIM será abordada sob o ponto de vista de um dono de obra público, considerando o potencial de exploração e utilização de ferramentas BIM, numa instituição de ensino superior – Instituto Politécnico de Leiria.

1.2 Âmbito

A indústria da construção é considerada o principal motor da economia em Portugal. Desde 2001 tem-se verificado um decréscimo significativo de investimento, com perdas sucessivas que representam uma percentagem cada vez menor do Produto Interno Bruto (Couto & Teixeira, 2006). Segundo o mesmo autor, existem vários fatores a contribuir para essas perdas que se centram essencialmente na falta de competitividade, incumprimento de prazos, orçamentos excedidos, fraca qualidade e níveis insuficientes de segurança em obra. Outro fator que caracteriza a indústria da AECO é a elevada fragmentação, dada a vasta diversidade dos produtos envolvidos (Shen *et al.*, 2010).

A metodologia BIM é reconhecida por ser uma via integradora de criar e partilhar a informação de um edifício, e tem-se revelado como uma ferramenta que, não só é útil na fase de conceção e construção, como também na manutenção devido à elevada capacidade de armazenar informação num modelo tridimensional (Goedert & Meadati, 2008).

A *University of Stanford*, através do *Center for Integrated Facilities Engineering*, revelou que, num estudo a 32 projetos que utilizaram BIM se atingiram os seguintes resultados (Kunz, 2012):

- 40% - Redução de trabalhos não previstos e não orçamentados;
- 80% - Redução do tempo gasto em orçamentação;
- 10% - Ganho económico por deteção antecipada de conflitos;

¹ BIM – *Building Information Modeling* – A integração de informação disponível no interior dos edifícios através de CAD ou BIM, com os dados geo-espaciais da envolvente exterior, e que está a tornar possível efetuar análise espacial e visualização de processos que ocorrem no interior dos edifícios - **RICH Stuart; DAVIS Kevin H** - *Geographic Information Systems (GIS) for Facility Management* (2010).

- 7% - Redução do tempo necessário para projeto.

Durante o ciclo de vida do edifício, torna-se necessário mantê-lo nas condições para o qual foi concebido. A informação sobre o edifício que é produzida, armazenada, consultada e atualizada, é hoje um fator determinante porque contém uma grande riqueza de dados que caracterizam o edifício, suas funções, potencialidades, suas limitações e porque fundamentalmente representa a sua identidade. Muita desta informação vai sendo modificada ao longo do tempo, e passados alguns anos existirá informação associada à evolução do edifício.

O progressivo aumento da complexidade dos edifícios, instalações e equipamentos, tem vindo a acompanhar a crescente exigência na qualidade do serviço que se pretende oferecer ao utilizador do edifício (Gonçalves, 2014). Com a evolução tecnológica surgem novos equipamentos, novas metodologias, que por sua vez exigem infraestruturas específicas e dimensionadas a essas novas funções. Esta evolução, apesar de muitas vezes procurar garantir uma maior eficácia e menor custo de operação, implica à partida um investimento. Segundo Simões (2013), a indústria portuguesa tem revelado alguma relutância no uso das novas tecnologias de informação, podendo hoje ser um fator de bloqueio para a implementação de BIM em Portugal.

Como consequência da crise económica dos últimos tempos, têm existido menos recursos financeiros e económicos que permitam acompanhar essa crescente evolução. Por esse motivo os edifícios representam hoje um fator económico determinante, porque têm de ser eficientes ao menor custo possível.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é criar uma proposta de modelo de manutenção integrada considerando BIM. Para isso é necessário demonstrar as potencialidades do uso de informação geográfica específica das instalações técnicas existentes num edifício aplicando os princípios da metodologia de BIM, nas atividades de gestão e manutenção. Pretende-se com isto abordar a interligação entre o conceito de BIM e a gestão de manutenção em edifícios, com especial ênfase na adoção do 6D/7D BIM como aplicação à Gestão de Manutenção (GM). Será ainda objetivo da dissertação analisar de que forma se poderá extrair informação de um modelo criado em BIM, para eventual uso em ferramentas de gestão de manutenção, e para isso será necessário abordar os principais aspetos relacionados com a interoperabilidade de BIM.

A dissertação terá uma referência à Ciência dos Sistemas de Informação Geográfica, com uma abordagem a casos práticos de aplicação de SIGs e à forma como estes se relacionam com o BIM. Será feita menção aos principais aspetos em torno das potencialidades da interligação de BIM com SIGs, num domínio geográfico mais vasto, para que possam ser igualmente um recurso de apoio à gestão de campi universitários.

1.4 Metodologia e técnicas de investigação

Segundo Corbin (1998), o método de investigação a adotar é determinante para alcançar o resultado para o qual se pretende dar a resposta. Nesta investigação adotou-se o modelo qualitativo uma vez que a recolha dos dados é feita significativamente no seu ambiente natural, isto é, a partir da observação e análise do objeto no seu ambiente e período de pleno funcionamento. Apesar do método qualitativo assentar muito na procura de respostas por meio de entrevistas, procurando no entrevistador a sua perspetiva, neste trabalho de investigação, procurou-se explorar as técnicas de investigação não estatísticas com recurso à exploração e análise de estudos de caso.

Segundo Yin (2003), a aplicação das técnicas de “estudo de caso” são mais apropriadas às abordagens que envolvem os conceitos “como” e “porquê”. Um dos objetivos determinantes no critério a ter em conta na escolha dos estudos de caso é a relevância do seu contributo para o cumprimento dos objetivos da investigação (Goerge e Bennet, 2005) e por outro lado a importância do potencial de aprendizagem (Dubois e Gadde, 2002). No desenvolvimento desta dissertação procurou-se abordar alguns casos de aplicação de sistemas de informação em contexto organizacional de ensino superior, como forma de demonstrar a maturidade da temática, inserida num contexto idêntico ou comparável, procurando ao mesmo tempo valorizar a temática no contexto internacional.

A dissertação apresenta um caso concreto dos Serviços Técnicos do Instituto Politécnico de Leiria, a quem compete a gestão dos edifícios e suas instalações técnicas, recorrendo a uma ferramenta simples de gestão de pedidos. Por se considerar a ferramenta desadequada face ao nível de exigência que hoje é necessário, foram abordadas as limitações existentes na referida ferramenta, salientando os aspetos que deveriam ser melhorados, e ressaltando aqueles que se consideram essenciais implementar numa solução futura.

De forma a enquadrar a escolha de uma solução mais adequada às atuais exigências funcionais dos serviços, foi feita uma análise exploratória de implementação de ferramentas de GMAC, avaliando para isso qual o contributo que a metodologia BIM poderia dar.

Considerando o estudo exploratório desenvolvido foi abordado um modelo conceptual que visa a potenciação do uso do BIM no seio da gestão de uma organização, que foi então aprofundado através de um estudo de caso.

A dissertação está assim orientada para abordar os eventuais benefícios em criar uma interoperabilidade mais abrangente do que aquela que já existe no mercado da AECO – as empresas detentoras de soluções de aplicativos de e BIM.

1.5 Elaboração e organização da dissertação

No presente capítulo é feita uma introdução ao tema da dissertação com enquadramento ao âmbito de aplicação. É feita uma breve menção às metodologias adotadas.

No Capítulo 2 apresenta-se um apontamento histórico sobre a gestão da manutenção (GM), abordando os principais aspetos relacionados com a gestão de edifícios. A manutenção de edifícios é hoje uma área vital na forma como se gerem os recursos necessários ao bom funcionamento dos edifícios. Por esse motivo, pretende-se demonstrar como a metodologia BIM pode contribuir para um processo mais eficaz de gestão da manutenção. No mesmo capítulo, é feita uma referência aos indicadores de desempenho da manutenção e a forma como estes contribuem para uma melhoria no processo de GM e termina com a abordagem às ferramentas de GMAC que surgem do desenvolvimento da necessidade de gerir a manutenção de forma mais eficiente e integrada.

O Capítulo 3 aborda a complementaridade da metodologia BIM e SIG no âmbito da gestão da manutenção de infraestruturas, dando alguns exemplos onde os SIGs já são implementados como ferramentas de planeamento e gestão de manutenção.

O Capítulo 4 inclui o estudo de caso aplicação de metodologia BIM à gestão de instalações técnicas do Campus 2 do IPLeiria, com ênfase à forma de exportação de dados do BIM.

Por fim, no Capítulo 5, serão apresentadas as conclusões da dissertação com descrição das principais limitações à concretização do trabalho, e com proposta de desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 A GESTÃO DA MANUTENÇÃO

2.1 Apontamento histórico

O termo “Manutenção” deriva de uma necessidade de “tomar conta” dos edifícios para que eles mantenham o seu desempenho (Drower, 1985). Por vezes o termo é confundido com o ato de conservação. Contudo o conceito da manutenção tem um sentido mais vasto, pois inclui um conjunto de fatores que relacionam a qualidade das instalações e equipamentos, com os seus ocupantes ou utilizadores.

Historicamente, a manutenção regista as primeiras referências no início do século XX com *Sir Flinders Petrie*, um egiptólogo responsável pela escavação da pirâmide de Kahun – Antigo Egipto, Reinado Médio da 12.^a dinastia do Faraó *Senwoset II* – 1895 AC (Drower, 1985). Na escavação foram encontradas evidências de ter havido um conjunto de artífices que teriam reparado as infiltrações dos edifício e templos com recurso a folhas de palma e gorduras animais. Segundo (Fitch, 1982), na época já se utilizariam folhas de cobre e betumes naturais para proteger os edifícios.

Segundo Tavares (2009), em Portugal, a manutenção surge no século XIV por influência de D. Afonso IV que revelava uma preocupação na proteção e preservação dos edifícios históricos. Segundo o mesmo autor, foi a partir dos anos 40 do século passado, que o conceito de manutenção passou a estar mais patente. Na altura, com a indústria da aviação comercial em crescimento, nascem as primeiras preocupações com a segurança e com a necessidade de manter os aviões num nível de desempenho exigente. Com esta nova abordagem, nasce também um novo setor – a engenharia de manutenção industrial, considerado como um movimento que, posteriormente, partilhou as técnicas de manutenção ao serviço de edifícios e equipamentos.

Mais tarde, nos anos 60, surgiram referências ao conceito de edifícios inteligentes que terá na sua origem o fato de os edifícios terem como recurso na sua gestão, o uso dos computadores, que foram fazendo parte integrante no controlo dos primeiros sistemas de automação (segurança, iluminação e intrusão). O conceito de “inteligente” pode hoje parecer abusivo, contudo na altura estava muito associado à forma como seria possível controlar os parâmetros à distância ao mesmo tempo que se impunham condições de funcionamento através do uso de sensores.

Vivemos hoje na era dos edifícios inteligentes, em que existem ferramentas específicas para controlar e monitorizar todas as partes do edifício. Contudo, a maior fraqueza que se vive, é

a dificuldade de integração dos vários componentes tecnológicos do mesmo (Carvalho, 2006).

O edifício “*Lloyds Building*” em Londres (Figuras 1 e 2), conhecido pelo edifício “*the Inside-Out Building*” pela forma como parece mostrar o seu interior (instalações técnicas), constitui a primeira geração de edifícios inteligentes que utilizavam na sua gestão, um avançado sistema, caracterizados por ter sensores que permitiam medir um conjunto de parâmetros relacionados com a energia, temperatura e outros indicadores específicos do edifício (climatização, segurança, comunicação, etc.). Os edifícios inteligentes são hoje uma forte referência ao conceito de gestão de edifício e que vieram dar origem ao “*facility management*”.



Figura 1- *Lloyds Building* – Londres - Vista geral (LLoyd's, 2012).



Figura 2 – *Lloyds Building* Londres - Pormenor infraestruturas (LLoyd's, 2012).

2.2 A gestão de edifícios

Tavares (2009) descreve a gestão de edifícios como sendo uma área de conhecimento que abrange as atividades relacionadas com as operações diárias do edifício, a administração de serviços, o planeamento estratégico e o *facility management*. O autor enfatiza a gestão do edifício como sendo o conjunto de ações e procedimentos que serão necessários atribuir a um edifício no seu funcionamento, considerando que este se mantém eficiente e com o desempenho exigido durante o maior tempo possível.

A atividade de gestão de um edifício, pressupõe que os seus gestores compreendam de forma pormenorizada, os princípios de funcionamento do edifício e suas instalações técnicas. A metodologia BIM, está assente num princípio colaborativo em que se torna possível partilhar e manter a informação do edifício desde a sua criação até à fase de exploração.

A vida útil de um edifício é superior ao ciclo de trabalho dos intervenientes que venham a gerir o edifício. Para haver uma forma de garantir que a informação venha a ser partilhada por todos os intervenientes, ao longo dos 40 ou 50 anos de vida de um edifício, é necessário garantir a integridade da informação acumulada. É por isso necessário garantir que o edifício tenha um histórico das suas intervenções, melhoramentos e alterações, para que ao longo da sua vida útil, qualquer profissional – gestor, possa de forma clara e objetiva aceder, consultar ou atualizar informação do edifício, ou pelo menos intervir em função dos dados disponíveis do mesmo.

Calejo (2001), refere que a maximização do desempenho de um edifício só poderá ser alcançada promovendo:

- Otimização de utilização;
- Promoção de ações de manutenção;
- Observação de comportamentos e intervir em conformidade;
- Proteção.

O relacionamento destes aspetos poderá parecer demasiado simplista, contudo otimizar uma utilização implicará medir um conjunto de indicadores e relacioná-los com outros dados externos. Por exemplo, para saber a taxa de utilização de uma sala, poderá ser necessário relacionar a área (capacidade de lugares sentados) com os custos para iluminar, aquecer/arrefecer, limpar. Ao nível das ações de manutenção, será necessário saber quais os

custos para manter todos as variáveis descritas atrás, relacionando-as em termos de custos com uma ocupação específica.

O terceiro e quarto aspeto mencionados por Calejo (2011) resulta na capacidade de compreender o edifício e suas necessidades e fragilidades, antecipando problemas que possam ser resolvidos com um menor custo de operação. A Figura 3 representa as várias atividades do edifício, divididas pelas áreas: técnica, económica e funcional. Esta dissertação vai incidir na análise da área técnica, nas disciplinas de manutenção.

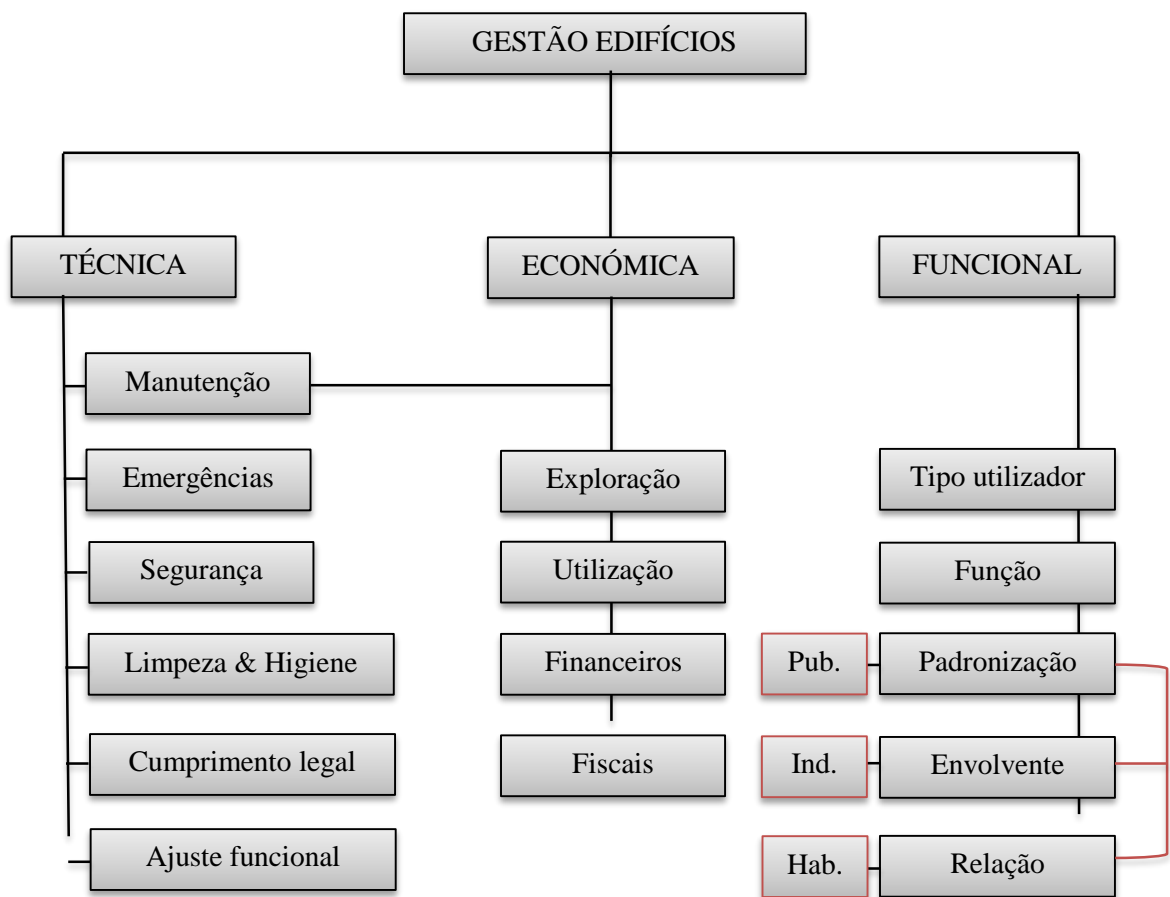


Figura 3 - Representação das atividades de gestão de edifícios, adaptado de Calejo (2001).

Segundo Falorca (2011), a gestão de edifícios abrange várias disciplinas, sendo necessário agregar numa só função a capacidade de garantir a funcionalidade do ambiente construído, integrando as pessoas, lugares, processos e tecnologia. O autor esquematiza numa só figura três componentes distintas de gestão de edifícios (Figura 4).

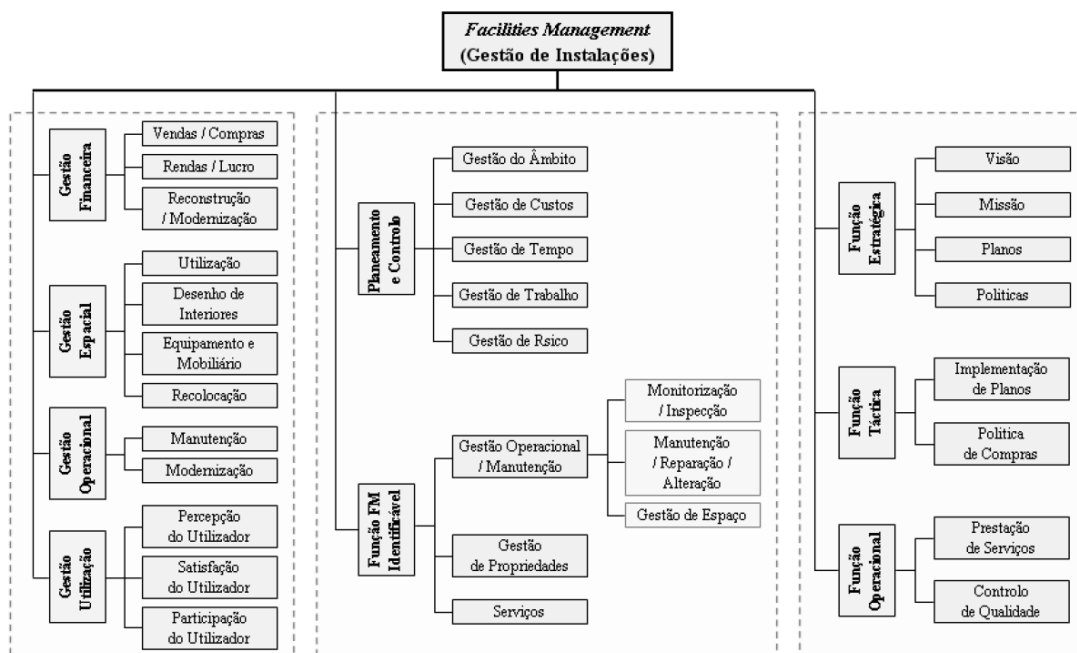


Figura 4 – Três componentes de descrever a *Facilities Management* (Falorca, 2011).

As três componentes expostas na Figura 4, ajustam-se à natureza do edifício ou setor de atividade em que o mesmo se insere. A componente de gestão adequa-se bastante a um edifício escolar de natureza pública que corresponde ao caso de estudo apresentado nesta dissertação. Por outro lado, nesta componente está evidenciada a gestão de utilização que engloba fatores como a percepção, satisfação e participação na utilização do edifício.

2.3 Gestão de manutenção

Embora a NP EN 13306:2001 defina o conceito de gestão de manutenção, segundo Cabral (2013), o termo tem vindo a sofrer alterações ao longo do tempo, podendo ser considerado como o conjunto de processos administrativos, técnicos e de gestão (em torno de um edifício), durante o seu ciclo de vida, e que visem garantir as ações necessárias a manter ou repor o edifício no estado para o qual foi concebido. O autor acrescenta que a gestão de manutenção é um processo estratégico e resume o conceito a um termo – a gestão de manutenção é planeamento.

O mesmo autor define o conceito de manutenção como tendo um objetivo e uma meta, e considera que um sistema de manutenção tem de ser a equação entre os recursos técnicos - o objetivo, e por outro lado - a meta, que deverão ter como base a informação que é gerada no processo de manutenção, que é fundamental para medir desempenhos, estabelecer novas metas e confrontar resultados.

A gestão de manutenção trata de repor ou manter as condições de funcionamento de um edifício ou equipamento. Dependendo da forma como se atua no processo de manutenção, a gestão deste processo poderá vir a ter um custo associado. Por isso, associa-se à gestão de manutenção um conjunto de premissas económicas – o custo.

A Figura 5 representa a distribuição de custos do edifício durante o seu ciclo de vida desde a construção até à utilização.

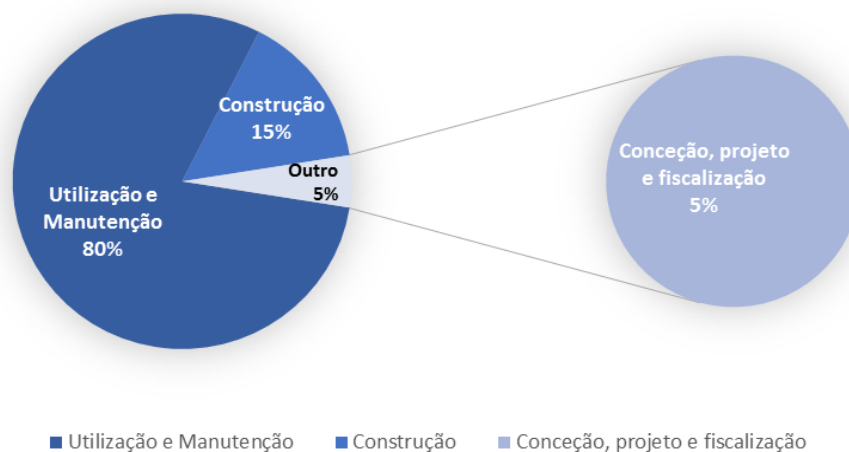


Figura 5 – Distribuição de custos globais de um edifício (adaptado de Alves, 2008).

Considerando que um edifício novo tem um custo de manutenção aproximado de 80% do seu custo global (considerando uma vida útil de 60 anos), o custo anual de manutenção representa aproximadamente 1,3% dos custos totais (Alves, 2008). Por outro lado, é de salientar que é nas fases de conceção, projeto e fiscalização (5%), que podem ser introduzidas as melhores medidas de controlo dos custos totais do edifício, fase em que a metodologia BIM pode contribuir de forma integrada, intervindo desde logo na fase inicial de conceção.

Segundo Cabral (2009), atualmente a legislação nacional reconhece a importância crescente dos capitais fixos das empresas, e salienta existir cada vez mais um contributo de integração da vertente económica com a técnica. É importante reter que hoje existe uma exigência legal para que os edifícios sejam objeto de planeamento na sua manutenção.

Num sistema de gestão de manutenção existem recursos e, por conseguinte, custos associados à operação humana e a peças ou equipamentos associados. Por vezes existem custos que não são facilmente perceptíveis ao gestor, sendo necessário esquartelar tarefas e

procedimentos em custos associados. Medir um custo pelo esforço humano pode por isso traduzir-se numa tarefa exigente.

Segundo Tavares (2009), a manutenção de edifícios é ainda considerada uma atividade improdutiva e por isso colocada num plano secundário. Surge geralmente como um processo consequente da construção de um edifício, e inicia-se desta forma como uma atividade que nasce com o princípio de funcionamento do edifício. Contudo, esta forma de abordar os edifícios, naquilo que são as necessidades de manutenção, no futuro muito próximo, será ultrapassado, não só pelo constrangimento económico, como também pela crescente imposição da visão de gestão de manutenção.

Hoje em dia, a conceção de um edifício desde a sua fase inicial de idealização, tem como enquadramento legal um conjunto de fatores que regulam de forma clara e objetiva, os requisitos de dimensionamento do edifício, nas suas diversas especialidades. É de salientar que, atualmente os projetistas e demais intervenientes no processo de conceção, têm tido em consideração a escolha de soluções, que resultem num menor custo de manutenção, ainda que possam implicar maiores custos de investimento. É legítimo salientar essa preocupação dos profissionais que, apesar de muitas vezes pressionados por um dono de obra, no sentido do menor custo de execução, que pode ser oposto aos custos de manutenção, insistem em tais soluções mais sustentáveis, e são hoje o principal veículo desta mudança de paradigma.

O Regulamento (UE) n.º 305/2011 de 9 de Março de 2011 (revogou a Diretiva 89/106/CEE de 21 de Dezembro), estabelece que são sete as exigências essenciais a impor aos edifícios:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra risco de incêndio;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança e acessibilidade na utilização;
- Ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico;
- Utilização sustentável de recursos naturais.

O regulamento dita que os edifícios deverão no seu todo, ou nas partes que o compõem, estar aptos ao fim a que se destinam, tendo em conta a saúde e a segurança dos seus utilizadores, durante o ciclo de vida útil do edifício.

A interação entre a conceção arquitetónica (fase de projeto, construção e manutenção), e os aspetos determinantes da manutenção do edifício, devem obedecer a um conjunto de premissas funcionais (Rocha, 2005), tais como:

- Segurança – salvaguardar as condições de segurança dos utilizadores, e garantir a sua integridade física;
- Conforto – dotar de condições de habitabilidade e exigência primárias de vida;
- Adaptabilidade – pela capacidade de adequar e ajustar os elementos da solução construída com as necessidades emergentes;
- Perceção – promover os aspetos que possam ser quantificáveis;
- Durabilidade – adequar a durabilidades das soluções e materiais à vida útil do edifício;
- Economia – tornar viável a relação entre o objeto e os custos inerentes.

Para garantir que um edifício tenha uma manutenção é preciso considerar que o mesmo tem condições para o efeito. O conceito de manutabilidade está assim relacionado com a capacidade que o edifício tem em poder vir a ser objeto de um conjunto de várias ações específicas de manutenção. A rapidez e facilidade com que uma ação de manutenção se executa, está assim diretamente relacionada com a forma como se intervém. Criar condições de acesso em segurança a uma necessidade futura de operação de manutenção, pode determinar tão simplesmente a forma (custo associado), como a aquela manutenção será alcançada. Segundo Gonçalves (2014) a manutabilidade está diretamente relacionada com a aptidão para um edifício receber manutenção e importa por isso reter que antecipar um conjunto de necessidades para futuramente garantir manutenção, pode ser determinante na fase inicial de conceção do próprio edifício.

Para Lee e Scott (2009), os utilizadores dos edifícios e a própria gestão de topo das organizações gestoras de edifícios, depositam nas instalações e no seu funcionamento, uma expectativa muito alta na qualidade e desempenho dos edifícios. Para estes autores existem quatro aspetos principais na gestão da manutenção em edifícios: as políticas e estratégias de manutenção; a gestão estratégica da manutenção; o impacto da gestão da instalação na manutenção e o desempenho da gestão do edifício. Vamos abordar estes aspetos no capítulo seguinte.

2.4 Indicadores de desempenho da manutenção

Com a atual solução de *software* de gestão de pedidos implementado nos Serviços Técnicos do IPLeia, não é possível avaliar um conjunto de indicadores de gestão. Para isso é necessário compreender a importância destes indicadores e suas potencialidades como ferramentas de gestão.

Os indicadores de desempenho da manutenção são hoje fundamentais para medir a evolução e progresso dos processos inerentes à atividade de gestão de manutenção. Contudo, antes de medir esse progresso, terão que ser previamente estabelecidas as metas, identificados os *stakeholders* e definida a missão da organização (Soares, 2013).

Para Al-Njir (2007), o desempenho da manutenção é uma componente crítica na competitividade de uma organização e, portanto, igualmente vital para o desempenho sustentável de uma organização que dependa dos seus ativos físicos.

A gestão da manutenção é hoje fundamental para que se assegure o bom funcionamento das instalações, sistemas e equipamentos, alcançando as melhores condições de funcionamento com a máxima disponibilidade e a um custo otimizado (Gonçalves *et al*, 2014b).

A gestão da manutenção utiliza métricas definidas para medir o seu desempenho, identificando tendências, efetuando comparações e elegendo e controlando ações de melhoria (Cabral, 2009).

Os indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators – KPI*), são hoje uma ferramenta usada para medir o desempenho do processo de alcance dos objetivos traçados. Segundo Levy (2008) o gestor da manutenção é uma figura a quem compete a responsabilidade de desenvolver indicadores que permitam assegurar o alcance dos objetivos do negócio. O FM, adiante designado de gestão de manutenção, é uma atividade desenvolvida por este gestor, a quem compete entre outros objetivos, gerir os conflitos decorrentes da atividade, monitorizar e acompanhar a evolução dos objetivos com referência ao alcance das metas, e determinar de forma clara, as estratégias e aplicar os procedimentos instituídos.

Soares (2013), refere que os resultados dos indicadores de desempenho são utilizados para *benchmarking* no sentido da aplicação de procedimentos cada vez mais eficientes, e num processo de melhoria contínua. O *benchmarking* é uma ferramenta de gestão que evidencia os valores de referência existentes em dois ou mais sistemas comparáveis.

A escolha dos indicadores de desempenho de manutenção depende dos objetivos definidos pela organização, e está altamente relacionada com o contexto específico da organização e sua atividade. Gonçalves (2014b) considera que são os gestores de manutenção que terão que lidar com as complexas tarefas de encontrar indicadores de desempenho que possam ajudar a alcançar as metas.

Segundo a EN 15341², quando o desempenho real ou esperado de um objetivo não esteja a ser atingido, ou não se considere satisfatório, deverão ser utilizados os seguintes indicadores:

- Controlo de progresso e as alterações;
- Medição de estado;
- Avaliação de desempenho;
- Comparação de desempenho;
- Identificação das forças e fraquezas (análise SWOT);
- Elencar o objetivos definidos;
- Planeamento das estratégias e ações;
- Divulgação dos resultados.

Segundo (Gonçalves, 2014b) a NP 4483³ refere que a organização deve planear e implementar a monitorização, medição, análise e melhoria dos processos de manutenção para:

- Demonstrar a conformidade dos requisitos do serviço;
- Assegurar a conformidade do sistema de gestão da manutenção;
- Melhorar continuamente a eficácia do sistema de gestão da manutenção.

2.5 Gestão da manutenção assistida por computador

Para garantirmos um eficiente processo de gestão de manutenção, hoje é possível recorrer a soluções informáticas que potenciam um conjunto de ferramentas capazes de dar resposta aos objetivos descritos na presente dissertação.

² EN 15341 (2007) *Maintenance*: manutenção dos indicadores chave de desempenho.

³ NP 4483 (2008) - Requisitos para um sistema de gestão da manutenção: O sistema de gestão da manutenção segue uma metodologia PDCA (Planear-Executar-Verificar-Actuar) orientando-se para a melhoria contínua e está alinhado com as normas de gestão da qualidade (ISO 9001:2008), de gestão ambiental (ISO 14001:2004) e de gestão de segurança (OHSAS 18001).

GMAC é a sigla de *Computerized Maintenance Management System*, o equivalente em português – Gestão da Manutenção Assistida por Computador, adiante designado de GMAC.

Uma pesquisa sobre a importância de sistemas de gestão de manutenção permite conhecer as vantagens que vários autores hoje reconhecem, como sendo ferramentas indiscutíveis para apoio da manutenção (Gonçalves, 2014).

Segundo Gonçalves e Mortal (2005), hoje um GMAC consiste num sistema de processamento de dados relativos a equipamentos e instalações e tem como principal objetivo:

- Estabelecer planos sistemáticos para ações de manutenção preventiva;
- Emitir ordens de trabalho;
- Registrar ocorrências e falhas;
- Construir um repositório de histórico.

Um GMAC deverá ainda ser capaz de permitir o acesso a:

- Descrição de como as falhas foram identificadas;
- Registos com diagnóstico de falhas ocorridas;
- Registo de eventuais causas – capacidade preditiva;
- Recursos utilizados;
- Toda a informação associada que possa de certa forma auxiliar ou ser relevante em ocorrências futuras.

Tendo em conta as características descritas, e segundo Barata (2004), um GMAC deverá cumprir seis funções essenciais:

- Permitir a gestão simples de ordens de trabalho;
- Definir ações de planeamento;
- Interagir as ações de manutenção no tempo (calendário/agenda);
- Orçamentar ações e determinar previamente custos (diretos e indiretos);
- Gerir *stock*;
- Permitir criar indicadores chave de desempenho – KPI.

A evolução de um GMAC a médio prazo, constituirá o alavancar dos potenciais objetivos a um nível superior. Nesse contexto um GMAC implementado como suporte de gestão de manutenção pode alcançar o seguinte:

- Gestão de atividades de manutenção:
 - Planeamento;
 - Preparação;
 - Execução;
 - Medição de resultados.
- Gestão de materiais e equipamentos;
- Gestão de *stocks* e aprovisionamentos;
- Gestão de subcontratação ou *outsourcing*;
- Gestão económica;
- Gestão de investimentos;
- Gestão de recursos humanos.

As empresas que hoje detêm este *know how* apresentam de forma generalizada os objetivos tangíveis na implementação de uma solução de GMAC. A empresa *Glintt – Global Intelligent Technologies, S.A*, tem uma solução de GMAC, designado GMAC2® apresentado na Figura 6, que identifica as fragilidades num momento inicial em que não haja uma estrutura de gestão de manutenção, descreve a problemática que decorre da inexistência de uma plataforma de gestão de ativos, traça o impacto ou consequência dessa carência e apresenta uma solução, descrevendo os principais objetivos a cumprir.



Figura 6 – Objetivos para implementação do GMAC2® – Glintt – Global Intelligent Technologies, S.A.

Considerando que hoje os indicadores de desempenho são cruciais para uma organização, é inevitável a necessidade de criar uma estrutura que nos permita medir os objetivos e identificar os *stakeholders*. Um GMAC é assim uma forma estruturada de consultar, armazenar e atualizar a quantidade de informação que é gerada na atividade de gestão de edifícios tornando o processo de gestão de manutenção mais eficiente. De salientar que um GMAC não incide apenas na área da gestão de manutenção, mas também numa área mais abrangente da Gestão de Edifícios.

3 A ABORDAGEM DO BIM NO CONTEXTO GESTÃO DE MANUTENÇÃO.

3.1 Estado da arte

A utilização de modelos de informação para a indústria da AECO, remonta ao princípio da década de 70, com origem no *Georgia Institute of Technology*. Destacam-se o Prof. Charles M. Eastman, pela pesquisa e desenvolvimento da modelação da informação dos edifícios, tendo publicado artigos sobre *Building Product Model* (BPM), mais concretamente no desenvolvimento de ferramentas tecnológicas nesta área (Harris, 2010)

O acrónimo BIM foi utilizado pela primeira vez em 2002, para descrever as ferramentas de desenho virtual no processo de gestão da construção e das instalações. Durante a década seguinte, as ferramentas BIM ganharam maturidade com o desenvolvimento da tecnologia, tornando-se cada vez mais sofisticados. BIM demonstrou à indústria AECO o enorme potencial no desenvolvimento do processo de planeamento, construção e exploração do edifício (Harris, 2010).

O termo BIM é frequentemente confundido com as soluções de modelação ou manipulação, comercializadas por empresas que fornecem soluções de *software*, no entanto convém ressaltar que BIM não é um software, mas sim uma metodologia (Silva, 2013)

Silva (2013) descreve o BIM como sendo a forma como a informação, que está associada a um objeto, está interligada por via das suas relações paramétricas, o que significa que num conceito BIM, quando se executa uma determinada operação (criar, modificar ou atualizar) sobre um objeto, ou parte dele, está-se a manipular toda a estrutura intrínseca do objeto. Como exemplo, pode referir-se que se aplicarmos a metodologia BIM na fase de conceção de projeto, e alterar uma fachada de um edifício, acrescentando uma porta (alteração do objeto), isto implicará a alteração automática de todas as restantes vistas (plantas, pormenores e alçados). Contudo, BIM não é tão simplesmente uma ferramenta de geração automática de desenhos.

O conceito BIM pode ser replicado na fase de conceção e exploração de um edifício. A alteração de um objeto na fase de conceção (ex: abertura de uma porta), tem uma consequência quase direta no desenho, no orçamento, no planeamento, na execução da obra e na manutenção. Se a alteração for somente na alteração do material da porta, os efeitos serão igualmente replicados na fase seguinte.

A curva de Macleamy (Figura 7) ilustra o esforço de trabalho segundo a metodologia BIM comparativamente com o método de construção tradicional, indicando ainda o impacto das alterações de projeto ao longo do ciclo de vida do edifício (CURT, 2004)

Linha 1: Impacto nos custos e nas capacidades funcionais;

Linha 2: Custo de alterações no projeto;

Linha 3: Distribuição do esforço no processo tradicional;

Linha 4: Distribuição do esforço na metodologia BIM.

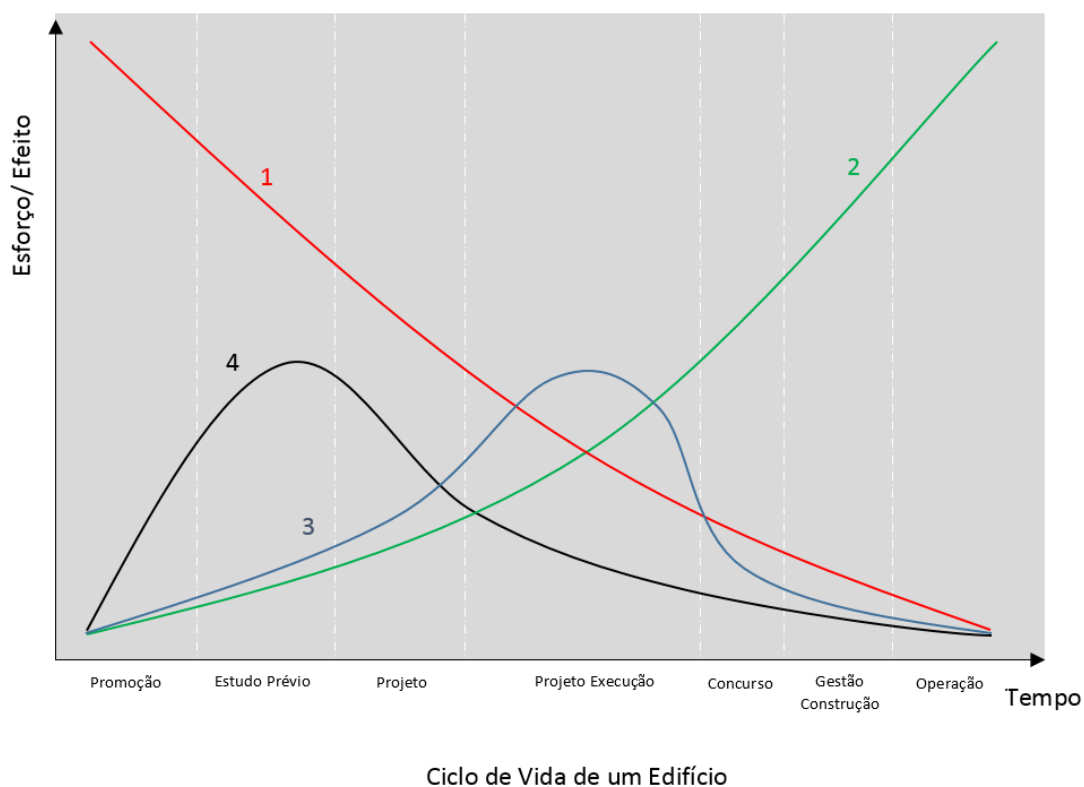


Figura 7 – Curva de Macleamy (adaptado de Macleamy, 2004).

3.2 A Interoperabilidade de BIM

Na indústria de AECO, o projeto e o processo construtivo devem constituir um processo colaborativo, em que os intervenientes utilizam aplicações informáticas distintas. Com o desenvolvimento das aplicações informáticas, potenciou-se a necessidade de partilha e transferência de dados entre as diferentes aplicações (Patacas e Cachadinha, 2012).

O conceito de interoperabilidade de BIM está muito associado à capacidade de diferentes sistemas comunicarem entre si, e com a eventual capacidade de sistemas distintos, se compreenderem reciprocamente (Sacks *et al.*, 2008).

No relatório “*The business Value of BIM*” - *MCGraw-Hill Construction*, refere que em média, a falta de interoperabilidade pode representar até 3,1% dos custos do investimento global da construção, sendo que 2/3 destes custos podem ser devidos à introdução manual de informação e duplicação de funções e tarefas.

A falta de interoperabilidade entre aplicações informáticas pode originar:

- Despesas acrescidas na formação e requalificação profissional nas várias plataformas ou tipos de aplicação a uso;
- Tempo necessário para aquisição das técnicas e materiais utilizados;
- Declínio de produtividade, devido à repetida necessidade de introdução de dados, produção ou atualização de versões, e verificação de documentos;
- Redução do fluxo de trabalho;
- Falta de integridade no acesso futuro aos ficheiros/ pastas.

Smith (2009), refere que a maioria das aplicações informáticas utilizadas na AECO tem um funcionamento muito orientado para o interior da organização, e adianta que essas aplicações não são totalmente interoperáveis. A autora salienta que existe hoje uma consciência da necessidade de melhorar a interoperabilidade. Neste sentido, surge o *Industry Foundation Classes* (IFC).

O BIM tem emergido de entre os principais intervenientes do processo de construção, que ao longo dos anos foram adaptando uma séria de sistemas heterogéneos de forma a atingir cada vez mais uma maior eficiência. Para alguns autores, BIM é hoje o resultado desse esforço em gerar, armazenar e gerir a informação de um edifício de uma forma interoperável entre os vários *stakeholders*, reutilizando a informação durante a vida útil do edifício (Mignard *et al.*, 2014).

O subcapítulo 4.9 desta dissertação dá enfoque à interoperabilidade de BIM com recurso a ferramentas de GMAC, através de aplicações como o Dynamo.

3.3 IFC – Industry Foundation Classes

A metodologia de BIM assenta no princípio de partilha da informação entre os vários intervenientes do processo de criação, construção e exploração do edifício (Figura 8). A informação gerada em cada fase do ciclo de vida do edifício é disponibilizada a cada um dos intervenientes em função do grau de necessidade dessa informação (Silva, 2013). A transferência da informação deverá ser feita através de uma normalização que permita uma maior interoperabilidade entre intervenientes do processo (Lino, *et al.*, 2012). A normalização é feita através do formato aberto designado por *Industry Foundation Classes* (IFC) desenvolvido pela *BuildingSMART Alliance*⁴(bSa) (Eastman *et al.*, 2010).



Figura 8 - BIM no ciclo de vida de um edifício (Fmsystems, 2015).

Os intervenientes da indústria AECO recorrem aos vários produtores de *software* do mercado, optando entre marcas e produtores, conforme as soluções que procuram desenvolver. A acrescentar ao aspeto competitivo das marcas, temos ainda os aspetos inovadores que estão constantemente a oferecer novas potencialidades. Contudo, existe a necessidade de partilhar informação entre os vários intervenientes do processo. Se considerarmos que cada um tem uma preferência no uso e manuseamento dos *softwares*, torna-se óbvio que haverá uma dificuldade acrescida na partilha e transmissão de informação que possa não só ser consultada, mas que possa ser utilizada entre vários programas.

⁴ Organização fundada em 2006 a partir da Aliança Internacional para Interoperabilidade (IAI), cuja missão é desenvolver e manter a especificação Industry Foundation Classes (IFC).

O IFC é uma norma criada com vista a criar os parâmetros necessários para garantir a partilha de dados. O IFC representa o culminar de um longo esforço feito por várias entidades no sentido de criarem regras de partilha e disponibilização de informação entre os vários intervenientes. O IFC surge por meio da *IAI – International Alliance of Interoperability*, que a partir de 2005 deu origem à já referida *BuildingSMART Alliance*. Proveio da necessidade de criação de um modelo mais específico do que os que vinham a ser desenvolvidos, dos quais destacamos o STEP⁵. Da parceria criada a partir do IAI, surge na década de 90 o modelo IFC com o intuito de conceber um formato de dados neutro para descrever, trocar e partilhar a informação normalmente utilizada no sector da construção (Simões, 2013). A Figura 9 representa a evolução do modelo ao longo dos últimos 20 anos.

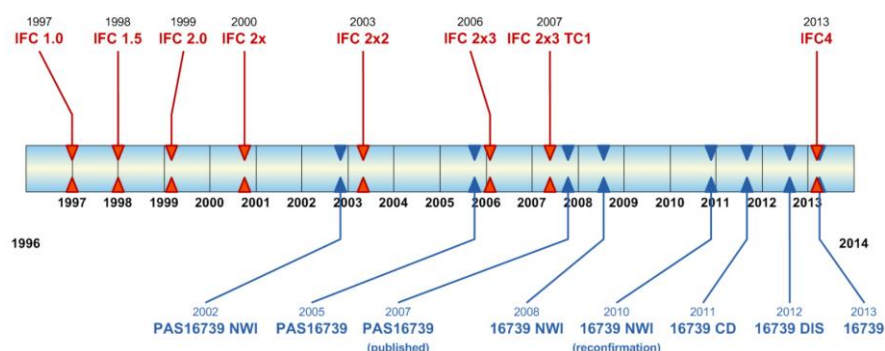


Figura 9 – Evolução do modelo IFC nas várias versões (Buildingsmart, 2013).

O AIA, refere que todos os produtores de *softwares* do setor da AECO devem fornecer programas abertos que permitam ser capazes de partilhar informação num formato único e universal. A partilha da informação e a capacidade da mesma poder ser utilizada entre os vários intervenientes, define o grau de interoperacionalidade do sistema.

A missão do IFC é garantir a interoperabilidade dos dados entre as aplicações utilizadas pelos vários intervenientes do processo. A principal vantagem no uso deste modelo, é que permite salvaguardar toda a informação do BIM durante a transferência de dados, quer isto dizer que, no processo de partilha de informação, não só é preservada a informação geométrica do modelo – 3D, como é armazenada a informação da localização dos objetos, suas relações e propriedades individuais (Ferreira, 2015).

⁵ - *STEP* (Standard for the Exchange of Product model data) é o nome oficial da norma ISO 10303, Representa o padrão internacional para a integração, apresentação e o intercâmbio de dados de produtos industriais, via computador, desenvolvido e mantem-se pelo comité técnico ISO TC 18 – Wikipédia - <https://pt.wikipedia.org/wiki/STEP>.

3.4 Regras de modelação em BIM

A tecnologia BIM tem tido um avanço muito significativo em todo o mundo, contudo tem merecido significativo destaque no Reino Unido onde já existem exigências governamentais no sentido do uso de BIM em projetos, sobretudo ao nível das grandes obras públicas. Segundo Silva (2013), em Portugal a abordagem a BIM ainda é muito tímida, pois não existe ainda uma definição clara sobre o que é um projeto BIM. Os projetistas não tem por isso qualquer guia no sentido da criação de um projeto nesses termos. Embora não exista ainda qualquer pressão governamental para que os projetos comecem a ser executados em ambiente BIM, já existem clientes que requisitam o seu uso.

3.5 LOD – Níveis de desenvolvimento

Um dos aspetos comuns à generalidade das normas de modelação, é o nível de informação que um modelo deverá ter em função do objetivo que esse modelo venha a ser utilizado. O nível de desenvolvimento, adiante designado por LOD – *Level of Development*, é uma especificação que procura estabelecer o grau do modelo em função do detalhe da informação. Desta forma o aumento do grau do LOD é proporcional ao aumento do detalhe da informação contida no modelo (Dbl, 2014).

É muito importante partir para um projeto BIM tendo em consideração o referido nível de informação, pois será uma referência para orientar o objetivo do BIM. É muito importante dominar uma escolha de nível de definição da informação, para que todos os intervenientes do processo BIM, estejam no mesmo grau ou nível de informação (Oneda, 2015).

Segundo a convenção americana - norma GSA, o LOD é categorizado em 5 níveis: 100, 200, 300, 400 e 500. Por outro lado, a convenção britânica – norma define até 7 níveis desde o LOD 1 até ao 7. Já existem hoje muitos autores que defendem a utilidade de haver subdivisões destes níveis, especificando as metas que devem ser atingidas em cada nível, para que possam passar ao nível seguinte (Oneda, 2015).

Na Tabela 1 podemos comparar as diferentes convenções, Americana e Britânica, onde se destacaram as palavras-chave que caracterizam as diferenças entre níveis.

Norma AEC	Norma GSA	Descrição
UK	USA	
LOD 1		Breve abordagem de requisitos. Criação de modelo em bloco.
LOD 2	LOD 100	Modelo conceitual. Definição de áreas e volumes com inclusão de requisitos estruturas e infraestruturas técnicas de forma genérica.
LOD 3	LOD 200	Desenvolvimento do <i>design</i> do modelo, com inclusão de dimensões, quantidades, localização e orientação de objetos. Infraestruturas sem detalhe, mas com descrição de sistemas, traçados e constrangimentos.
LOD 4	LOD 300	Fase a partir da qual não haverá alterações significativas de <i>design</i> . Produção ou pré produção do modelo. Elementos do modelo no estado de precisão e coordenação. Adequado para a estimativa de custo e verificações de conformidade normativa.
LOD 5	LOD 400	Instalação. Modelo com requisitos em detalhe e componentes precisos de construção. Fase apropriada para fabricação e montagem. Arquitetos e engenheiros raramente produzem com detalhe nesta fase.
LOD 6	LOD 500	Um modelo "conforme construído" mostrando o projeto como ele está a ser construído. O modelo e os dados associados está adequado a operações de instalação e manutenção.
LOD 7		Modelo com informação de ativos utilizados para operações em curso, manutenção, monitorização e desempenho.

Tabela 1 – Comparação das convenções, Americana e Britânica.

O conceito LOD serve assim para criar regras de modelação que definam à partida qual a informação que deve estar contida em cada nível LOD. Para melhor compreender o conceito apresenta-se na Figura 10, a evolução da informação contida no modelo ao longo dos níveis LOD. Da análise da figura, podem-se observar as principais características que distinguem cada nível entre si, e ver, não só a evolução do aspeto gráfico, como também a informação associada a cada nível.

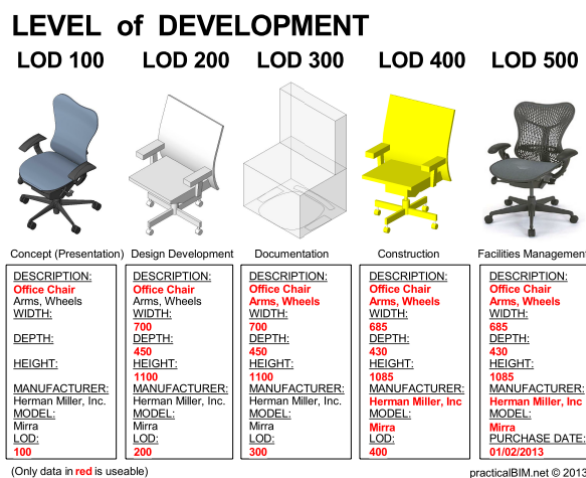


Figura 10 – Representação da evolução da informação ao longo das fases de LOD (PracticalBIM, 2013).

Apesar do esforço na definição de regras para a normalização de BIM, salienta-se o fato de logo na própria definição de LOD, se poder encontrar uma ambiguidade na intenção de normalizar. Enquanto para a AIA – American Institute of Architects, LOD significa nível de *desenvolvimento*, para os britânicos o “D” significa *detalhe*. Verifica-se existir na indústria da AECO uma dificuldade em compreender estes conceitos, uma vez que continua ainda a ser um conceito subjetivo para os vários intervenientes do processo de conceção/ construção (Envolve, 2014). Segundo a mesma referência, o nível de detalhe da informação de um modelo varia em função do utilizador. Para um arquiteto, projetar um edifício num determinado LOD, pode ser suficiente para partilhar informação a respeito de eventuais constrangimentos de infraestruturas, enquanto um projetista de determinada especialidade pode necessitar de um nível de detalhe bastante superior, para dar resposta a eventual constrangimento. É necessário por isso um elevado nível de comunicação entre os envolvidos, e por isso LOD poderá ser uma forma de nivelar o detalhe da informação.

Existem várias versões críticas a esta abordagem ambígua de LOD pelos vários países a regular e a normalizar a informação. Segundo Envolve (2014), LOD poderia ser expressado pela expressão:

LOMD = LOD + LOI

Para estes autores, LOMD deveria ser definido pelo grau de detalhe gráfico (LOD) acrescido do nível de informação (LOI) contido nesse nível e propõem uma adaptação da convenção utilizada no Reino Unido (LOD UK) conforme ilustra a Figura 11:

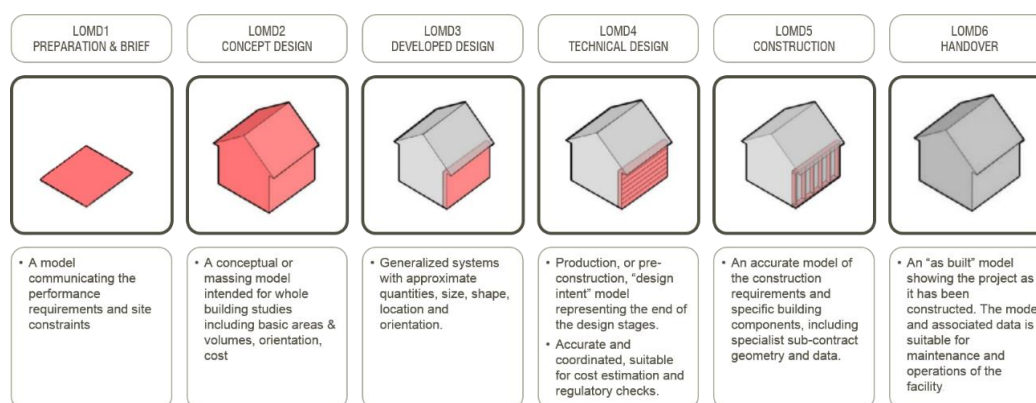


Figura 11 – Adaptação da norma LOD utilizada no Reino Unido, no conceito LOMD.

A definição de LOD surge como uma necessidade de criar regras de apoio à modelação transversais aos intervenientes da indústria AECO e que definam uma forma de uniformizar a produção de modelos, independentemente de quem seja o modelador. Desta forma, a partir

de um conjunto de regras pré-estabelecidas, é criada uma plataforma que permite a partilha de requisitos independentemente da fase em que se encontra a ser desenvolvido o modelo, seja na fase de projeto ou na fase de exploração. Toda a informação será assim armazenada no modelo e estará a uso a um nível de desenvolvimento suficiente para o utilizador retirar a informação que necessita para desenvolver a sua atividade (Costa, 2012).

Na indústria AECO, quando se iniciam os processos de desenvolvimento de um projeto, em ambiente BIM, desde cedo se questiona até que nível chegará o projeto. É fundamental que as regras de modelação entre os vários intervenientes sejam claras, pois será a partir da definição objetiva destes níveis que o projeto chegará a todas as especialidades envolvidas (BuildingSMART, 2013).

3.6 BIM e a Gestão de Edifícios

O potencial da interação de BIM e a gestão de edifícios (GE) é que podemos utilizar a informação que decorre da atividade de gerir o edifício, e integrá-lo num modelo digital do edifício com recurso à metodologia BIM.

O conceito de BIM GE consiste em associar a aplicação da gestão das instalações de um edifício com as funcionalidades que advém da modelação em BIM. Desta forma passa a existir uma ligação entre os dados e o modelo geométrico respetivamente. A utilização destes dois conceitos pressupõe atualmente a existência de ferramentas informáticas que sejam compatíveis com ambas as metodologias (Soares, 2013).

Atualmente, para além dos *softwares* específicos de BIM ou de GE, começam a surgir soluções informáticas que não sendo especificamente nenhuma das anteriores, juntam as capacidades de ambas as tecnologias num formato BIM GE, e funcionam geralmente num ambiente browser. A forma com a informação é partilhada entre os dois sistemas, e a sua compatibilidade, é proporcional à dimensão e desenvolvimento do modelo.

Hoje em dia, num contexto clássico de elaboração de projetos de edifícios, o processo de interação entre os vários projetistas de especialidades intervenientes, é ainda pouco colaborativo. Os principais problemas e conflitos na construção são causados por deficiências dos projetos e está geralmente associado aos erros, omissões e trabalhos a mais (Couto e Teixeira, 2006a). Esta tendência tende a aumentar durante a fase de gestão e utilização do edifício, uma vez que os conflitos mencionados por estes autores, se prolongam pela vida útil do edifício.

BIM GE surge assim como uma forma ideal de criar, gerir e manter a informação do edifício durante o ciclo de vida com as interações de uso do edifício. Na Figura 12 está representado o modelo ideal de integração de BIM e GE (Love, 2013), desde a fase de idealização do edifício até à fase de gestão de utilização. Destaca-se deste esquema a forma como a informação é integrada dentro do modelo e é preservada nas várias fases de vida útil do edifício.

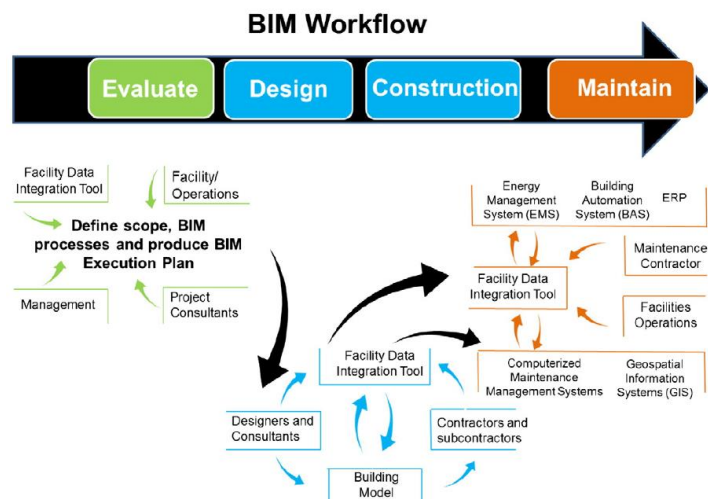


Figura 12 – Projeto BIM e GE ideal segundo Love (2013).

Segundo Love (2013), este modelo é difícil de alcançar, contudo potencia uma melhoria contínua na forma como se gere e interage com a informação. De salientar que, no modelo apresentado por este autor, existe um denominador comum a cada uma das 3 fases (avaliação, design e construção e manutenção) que é a ferramenta de integração da informação de gestão de manutenção, ou seja, o BIM.

Na Figura 13, Love (2013) esquematiza a forma como os fatores no processo BIM deverão estar permanentemente alinhados, integrados, capazes e a devolver um benefício. Sendo BIM um processo que promove a integração (Gomes, 2012), Love (2013) coloca os referidos fatores em torno do processo BIM.

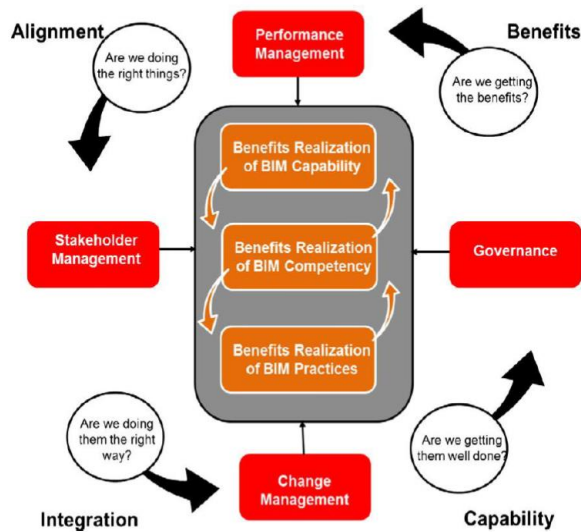


Figura 13 – O valor de BIM para o dono de obra (Love, 2013).

3.7 BIM na Gestão de Manutenção assistida por Computador

Os GMAC são ferramentas amplamente reconhecidas na indústria de AECO e por isso importa aprofundar de que forma poderão contribuir para a metodologia BIM. A integração de GMAC com a tecnologia BIM é hoje o desafio de muitos intervenientes da indústria de AECO.

Segundo Colins (2016), existem alguns fatores a ter em conta no eventual processo de integração de BIM e GMAC:

- A utilização de informação decorrente da gestão do edifício, nomeadamente da manutenção, requiere que a mesma seja precisa e esteja atualizada;
- A implementação de BIM requer a curto prazo a necessidade de integrações adicionais (eficiência energética, recursos hídricos) nomeadamente o previsível aumento de restrições regulamentares;
- Utilização de ferramentas como COBie e outras formas de transferência de informação;
- Considerar a compatibilidade de controladores BAS (*building automation systems*), ATC (*automatic temperature control*) e SCADA (*Supervisory control and data acquisition*), para desencadear *tickets* (pedidos de intervenção) em GMAC para que sejam identificados os locais (edifícios, sala, equipamentos) e os associem com a informação de fabricante, manuais de intervenção/ reparação, garantia etc.

Teicholz (2013), refere que um dos principais problemas dos atuais GMAC são os custos e tempo necessário para desenvolver e carregar os dados numa aplicação GMAC e que se estimam em cerca de um a três dólares por m2 de construção do edifício. Por este motivo, a indústria de AECO procura na tecnologia BIM, novas formas de reunir e armazenar a informação, explorando novas ferramentas de interligação ou troca de informação como COBie ou IFC (Foster, 2013).

Para Teicholz (2013), BIM deverá estar no centro de interação entre os diversos intervenientes da indústria de AECO. Para o autor BIM representa um modelo gráfico que contém a informação paramétrica do edifício. Por outro lado, um GMAC contém ferramentas que permitem interagir com a informação do edifício, desencadeando ações – ordens de trabalho (OT), a partir do qual se enviam para o campo as equipas necessárias à intervenção. A OT deverá conter uma breve descrição da intervenção a efetuar, e permitir ao técnico de campo descrever a resolução, apontando ainda eventuais necessidades de melhoria, reposição de peças, ou outras informações que devam ficar associadas ao evento. De realçar que o processo de recolha e uniformização desta informação poderá ser oneroso quer seja para ser utilizado num modelo BIM, quer seja para inserir num GMAC.

A metodologia proposta, esquematizada na Figura 14, pretende demonstrar a interação entre BIM e GMAC, evidenciando os aspetos que poderão potenciar o desenvolvimento de interações específicas BIM a outras aplicações, nomeadamente na partilha (exportação/importação) de informação, e na eventual expansão dos atuais GMAC que possam recolher e devolver ao BIM informação de campo (informação decorrente do processo de intervenção).

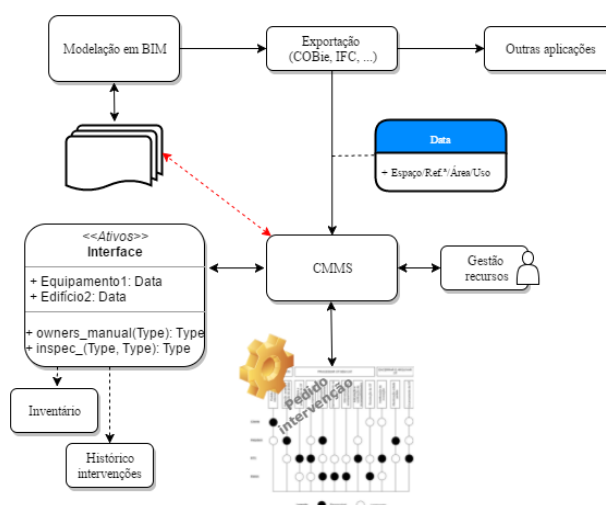


Figura 14 - Interligação de BIM a GMAC.

Segundo Batista (2016), as estratégias de manutenção estão ao alcance de uma organização que procure um maior controlo e segurança nos processos produtivos em torno da atividade de manutenção. É comum os gestores de manutenção recorrerem a ferramentas que os auxiliem na capacidade de resposta. Para isso, existe já hoje no mercado, empresas que desenvolveram produtos para auxiliar o gestor de manutenção na deteção e estruturação dos modos de falha. A *ManWinWin®* desenvolveu um *software* que permite conhecer as causas das falhas acumulando um histórico de ocorrências.

Segundo Batista (2016), as falhas nos ativos da manutenção são inevitáveis, e o que é importante é que se aprenda com eles. As equipas de manutenção em campo podem aprender com as falhas, mas se as mesmas equipas mudarem, a informação associada a essa aprendizagem, deve permanecer num sistema que armazene e torne disponível toda essa informação. Segundo o mesmo autor, o recurso à ferramenta “árvore dos modos de falha” implica percorrer várias etapas, sendo uma delas, a recolha de informação técnica acerca dos objetos existentes na organização.

Na Figura 15 podemos ver os formulários retirados de uma aplicação de um *software* de GMAC com a informação que pode estar associada a um objeto/componente. A informação que consta dos referidos formulários, fez parte de um moroso processo de carregamento de dados na aplicação, criando objetos inseridos em estruturas mãe (em árvore), em níveis sucessivos consoante o grau do objeto.

The image shows two screenshots of the 'Novo Objecto' software interface. The left screenshot displays the 'Características' tab, which includes fields for 'Estrutura' (DU-0001), 'Tipo Objecto' (DU - CONDUITA), 'Código' (DU-0001), and 'Descrição' (Ramal doméstico). It also features a 'Sistema' dropdown set to '2.04 - INSTALAÇÕES SANITÁRIAS PÚBLIC.', a 'C. Custo' dropdown set to '9999 - REFERÊNCIA "HOTEL MODELO"', and a 'Fornecedor' field. The right screenshot shows a detailed table of characteristics for a domestic pipe component, with fields for 'FABRICANTE', 'REFERÊNCIA', 'MATERIAL', 'ISOLAM. INT./EXT.', 'CERTIFICADO Nº', 'COD. FUNCIONAL', 'COD. PROJETO', 'LOCALIZAÇÃO', 'TIPO', 'FORMA', 'SEÇÃO (cm2)', 'ESPESSURA (mm)', 'PRESSÃO MÁX. (bar)', 'PORTAS VISITA', 'DIST. ENTRE SUPO...', 'DIMENSÕES (mm)', and 'PESO (kg)'. The table contains the following data:

01 FABRICANTE	TuboMax	11 TIPO	Doméstico
02 REFERÊNCIA	001TM2016	12 FORMA	Circular
03 MATERIAL	PVC	13 SEÇÃO (cm2)	
04 ISOLAM. INT./EXT.	s/	14 ESPESSURA (mm)	2
05		15 PRESSÃO MÁX. (bar)	2.0
06		16 PORTAS VISITA	
07 CERTIFICADO Nº	05008976	17 DIST. ENTRE SUPO...	
08 COD. FUNCIONAL	PM45	18	
09 COD. PROJETO	IS 21	19 DIMENSÕES (mm)	
10 LOCALIZAÇÃO	DS-1.11	20 PESO (kg)	

Figura 15 – Formulário tipo de objeto em aplicações GMAC (Navaltik® - InnWinWin®).

Para implementação de um processo de uma “árvore dos modos de falha” é necessário registar os equipamentos no *software*, e para isso, é necessário definir os tipos de objetos e de seguida enumerar os seus órgãos ou componentes. A Figura 16 apresenta o fluxograma de implementação da “Árvore dos modos de falha”.



Figura 16 - “Árvore dos modos de falha” Navaltik® - InnWinWin® (Batista, 2016).

A abordagem de implementação das potencialidades associadas a estas ferramentas implica um moroso trabalho de introdução dos objetos, seus órgãos e toda a informação que se pretenda que fique associado ao mesmo. O contributo da metodologia BIM, pode assim dar um significativo contributo na forma como os edifícios podem ser modelados com os objetos e componentes, desde logo da sua fase de conceção – Projeto.

Quando se aborda uma organização detentora de um *software* tipo GMAC, e conforme já referimos nesta dissertação, as empresas fornecedoras destas tecnologias preveem na sua estrutura de custos, um significativo custo associado à implementação destas ferramentas na organização. Os custos advêm da necessidade de carregar todos o sistema de base de dados com a informação (objetos e componentes) que se pretenda que venha a ser gerido. A Figura 17 mostra as tabelas que terão de ser carregadas numa fase em que o edifício está em operação.

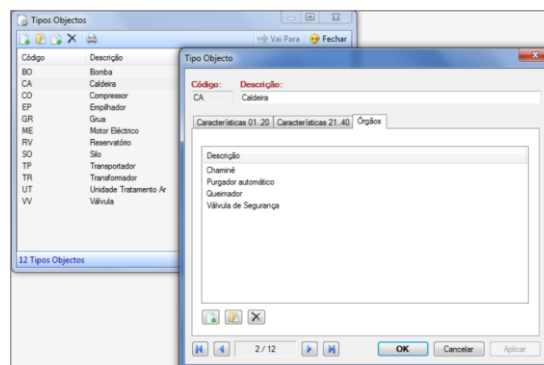


Figura 17 – Exemplos de tabela *tipos de objetos* e *órgãos* associados.

Hoje, uma das formas que os fornecedores de GMAC recorrem para minimizar esses custos, passa por propor uma implementação piloto dos seus *softwares*, i.e., desenvolvem a aplicação considerando uma fração do conjunto, para mais tarde serem os próprios adquirentes do software a implementar o restante. Esta forma de implementar as aplicações, reduz os custos com o acompanhamento aos clientes, ao mesmo que tempo que contribui para que o cliente proceda por si, à árdua tarefa de carregar a aplicação com todos os dados.

É importante salientar que tanto o BIM como o GMAC, contém o mesmo tipo de informação e nesse sentido, considerar a eventual interligação, obrigará à definição da melhor forma de recolha, validação e armazenamento da informação. Se consideramos o BIM como um processo que se inicia com a conceção na fase de arquitetura, será legítimo considerar o fluxo de partilha e exportação da informação de BIM para um GMAC na fase de operação. Quando abordamos a metodologia BIM e a forma como é construído o modelo do edifício, considerando o princípio colaborativo de partilha de dados correspondentes a cada especialidade desde a arquitetura, estrutura e instalações técnicas até à manutenção, torna-se perceptível que qualquer disciplina complementar que esteja associada ao edifício, deverá fazer parte integrante da metodologia BIM. Por esse motivo, toda e qualquer forma de partilha de informação entre BIM e outras aplicações de GMAC, deverá garantir a integridade da informação. Sabemos hoje que os GMAC tem um potencial muito grande de análise estatística, contudo, essa análise só existirá se houver informação contida no modelo.

A Figura 18 é um exemplo de como se pode integrar a metodologia BIM no âmbito da matriz de processos da DST, integrando ainda uma ferramenta de GMAC. Ao consultar o modelo BIM para planear uma tarefa de manutenção será possível aceder, modificar, ou atualizar informação da intervenção, interagindo por um lado com os dados do edifício (BIM) e desencadeando a OT (GMAC).

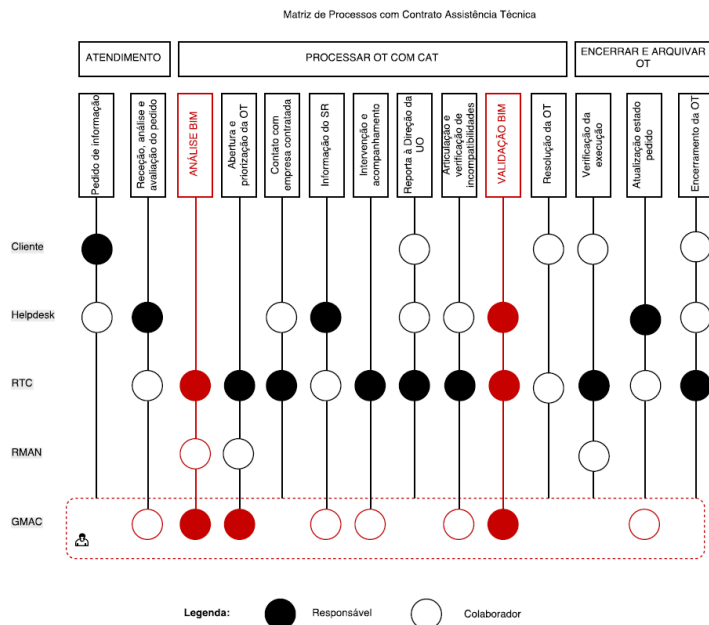


Figura 18 – Matriz de Processo com CAT com eventual integração a BIM.

3.8 As sinergias BIM e SIG na gestão de edifícios

Hoje é fundamental fazer uma abordagem a BIM tendo conhecimento do seu potencial e limitações. A manipulação de informação específica de um edifício, e os vários níveis de informação que podem estar associados a um só espaço, está hoje ao alcance de BIM. Por outro lado, tem-se assistido a uma crescente procura pela informatização da informação de carácter geográfico e a implementação de SIG tem vindo a desempenhar um papel muito importante no domínio urbano.

Segundo Livingston (2012), a principal diferença entre BIM e SIG é a escala. O autor descreve BIM como estando no domínio do edifício e situa os SIG a um nível superior de visão geo-espacial. A *Bentley Systems* que desenvolve aplicações em ambas as áreas BIM e SIG, refere que ambas as tecnologias não são competitivas, mas sim complementares. Por outro lado, e uma vez que se poderá tratar de uma questão de escala, o SIG que apresenta grande capacidade de análise de dados geoespaciais ao nível urbano não revelou ainda a mesma capacidade ao nível da gestão de informação do património arquitetónico ou das instalações técnicas de um edifício (Ball, 2011).

Existe hoje um crescente interesse em integrar modelos BIM com o ambiente SIG, que cria novas oportunidades na área dos modelos 3D-SIG (Gil, 2013; Gonçalves *et al.*, 2016). A integração das duas metodologias fará com que BIM deixe de ter como fronteira o edifício e

passa a interagir com o meio ambiente, contribuindo para a gestão de infraestruturas urbanas (Mignard e Nicolle 2014).

A utilização de informação num edifício, através da metodologia BIM, pode ser gerada ou influenciada por um fator externo (Figura 19). Significa isto dizer que o desenvolvimento de um edifício em tamanho, localização, orientação, tipo de utilização, etc, terá como fator influenciador os dados gerados por um SIG que podem recolher e processar a informação que dará origem ao modelo BIM.

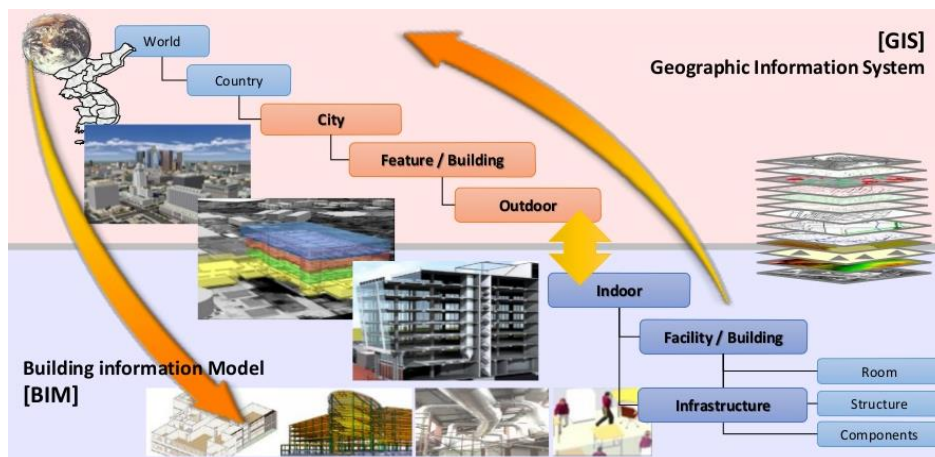


Figura 19 – A relação entre BIM e SIG (Park, 2014)

O objetivo deste subcapítulo é demonstrar o contributo da informação gerada dentro de uma organização e a forma como se pode relacionar com o tema da dissertação propriamente dito. Abordar uma proposta de modelação composta por um lado de informação e por outro, por uma visualização representativa do objeto na sua forma aproximada – 3D, implica compreender a importância da informação e a forma como ela pode contribuir para o sucesso de um modelo.

Neste subcapítulo serão demonstrados ainda alguns casos práticos associados ao uso de informação geográfica, mais concretamente da metodologia SIG, na gestão e planeamento de campi universitários.

Os SIGs representam hoje uma nova era da gestão da informação. A informação flui hoje dentro de uma organização de serviço em serviço, sector em sector, repetindo-se em vastas pastas e subpastas até ser armazenada para quando for necessário utilizar. Uma organização produz grandes quantidades de informação, sem que por vezes haja uma forma eficaz de a consultar, utilizar ou atualizar.

Existem hoje exemplos de aplicações em que os SIGs são usados ao nível político para estabelecer relações entre operações espaciais, e constituírem sistemas espaciais de apoio à decisão (SDSS⁶), com base em análises de dados estatísticos associados à sua evolução no espaço.

Atualmente, a implementação de SIG em gestão de processos, tem demonstrado ser possível estruturar as organizações levando-as à adoção de medidas correlacionadas que de outra forma não seriam alcançáveis. A integração da informação produzida no seio de uma instituição de ensino superior, com relação a indicadores estatísticos externos à organização, como por exemplo: fatores demográficos, distribuição de alojamento, edifícios, famílias, ensino, emprego, são formas determinantes para alcançar medidas ponderadas e ajustadas. Faz sentido haver uma relação espacial entre o património imobilizado de uma instituição e a distribuição espacial de alunos, ou docentes, pois esta relação produz recursos que por vezes estão associados a custos camuflados pela normal fluência da gestão processual corrente.

A Figura 20 representa as camadas de informação, de acordo com a sua caracterização. Num contexto organizacional de uma instituição de ensino superior, por exemplo, poderemos ter os alunos distribuídos por parcelas de terreno (residências académicas) e relacionar com mapas de uso do solo numa área específica, como por exemplo mapas com informação de arrendamento imobiliário.

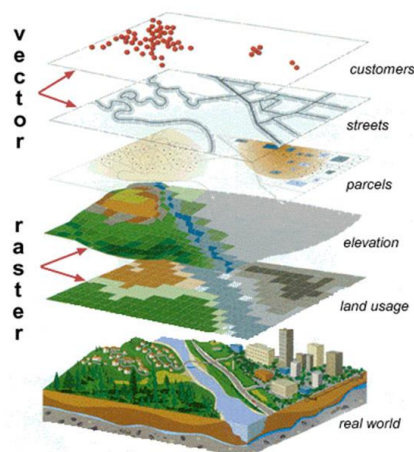


Figura 20 – Layers de um mapa de ocupação de solo.

⁶ Tradução livre de “Spatial Decision Support Systems – SDSS”

Ao nível executivo, os SIGs devem ser “user friendly” na medida em que se pretende que o executivo não perca tempo a decifrar os algoritmos por de trás dos fenómenos, mas que se concentre em analisar o fenómeno em si, e as variáveis que lhes estão associadas.

Numa altura em que muito se discute o esforço na redução da despesa e no controlo do défice, é espectável que as organizações tomem medidas reguladoras no sentido da rentabilização dos recursos de forma mais eficiente. Numa fase inicial pode não ser central para uma organização o custo associado a um edifício, contudo a distribuição dos custos ao longo da vida útil do edifício é relevante no controlo e redução da despesa, como se poderá constatar nos capítulos subsequentes.

Retomando a ideia de poupança e rentabilidade, e se se considerar que durante anos existiu um franco investimento em infraestruturas, é hoje imperativo fazer um exercício da rentabilidade dos espaços tendo em conta os fatores externos entretanto ocorridos (diminuição de alunos, maior oferta formativa concorrencial, competitividade, etc.).

Como analisar a rentabilidade de um edifício, face à sua taxa de ocupação, o seu consumo real, o custo de investimento ou o custo de manutenção?

Para responder a este raciocínio considere-se uma escala de tempo anual em que se torna necessário antever estes custos e planear estratégias em função dos projetos e das políticas estratégicas da organização. O primeiro problema nesta análise empírica leva a questionar de que forma se obtém a informação para a referida análise. Se se considerar que todas as questões acima descritas são portadoras de um conjunto vasto de informação, é natural que se tende a juntar tudo numa só ferramenta tecnológica e procurar obter respostas. Contudo, antes disso, tem que se perceber o problema do ponto de vista relacional, tendo em conta as características que constituem cada conjunto de dados disponíveis e a forma como se distribuem no espaço.

Num edifício, uma contagem isolada de energia elétrica ao longo do ano não é mais do que um valor absoluto a que corresponde um gasto. Se, por outro lado for obtida informação quanto a um conjunto de indicadores (dados) a respeito do edifício, é possível relacionar esse custo com um conjunto de dados relacionados com o edifício permitindo tomar decisões. Os edifícios podem ser distinguidos por diversos fatores, tais como:

- Rácio entre área bruta e útil;
- Custo de construção;

- Rácio de ocupação;
- Custo de manutenção;
- Índice de conforto;
- Fator de localização;
- Dependência energética ou eficácia energética;
- Outros.

Desta forma para equacionar uma política de reafecção de recursos a um edifício, é necessário conjugar vários fatores do edifício entre si, relacioná-los pelas camadas de informação que dispõem, para obter um cenário representativo que resulte numa análise espacial.

Rentabilizar um edifício pode significar gastar o mesmo, aumentando a capacidade de fazer mais e melhor. Talvez a eficiência seja o sinónimo destes dois objetivos descritos. Num edifício aumentar a eficiência pode significar aumentar a capacidade de utilização com o mesmo custo. Um edifício com elevados custos de aquecimento pode ter uma baixa taxa de ocupação, uma baixa utilidade ou até um baixo nível de conforto (características de construção). Por outro lado o mesmo edifício com elevados custos de aquecimento pode ser mais eficaz se for esgotada a sua capacidade de ocupação, evitando, por exemplo aquecer outro edifício nas mesmas condições.

Num ambiente SIG, poderíamos fazer uma análise espacial que nos desse por um lado, um mapa com a taxa de ocupação de alunos, por outro, um mapa das salas com a distribuição dos custos anuais de manutenção efetuadas (equipamento, problemas de construção etc). Esta análise espacial estaria ponderada a dois subfactores, mas poderia estar relacionada com muito outros, tais como o índice acústico em função do volume de ocupação da sala com pessoas, para, por exemplo, restringir a utilização das salas a turmas com um número mínimo de alunos.

Aqui foram somente abordadas algumas ideias que podem ser alvo de análise espacial, num contexto de SIG organizacional. A manipulação destes dados resultaria na criação de mapas temáticos, onde fosse perceptível essa distribuição dos resultados obtidos. A título de exemplo, a Figura 21 mostra alguns mapas temáticos criados no campus 2 do IPEiria e a respetiva consulta da informação da base de dados relacional associada.

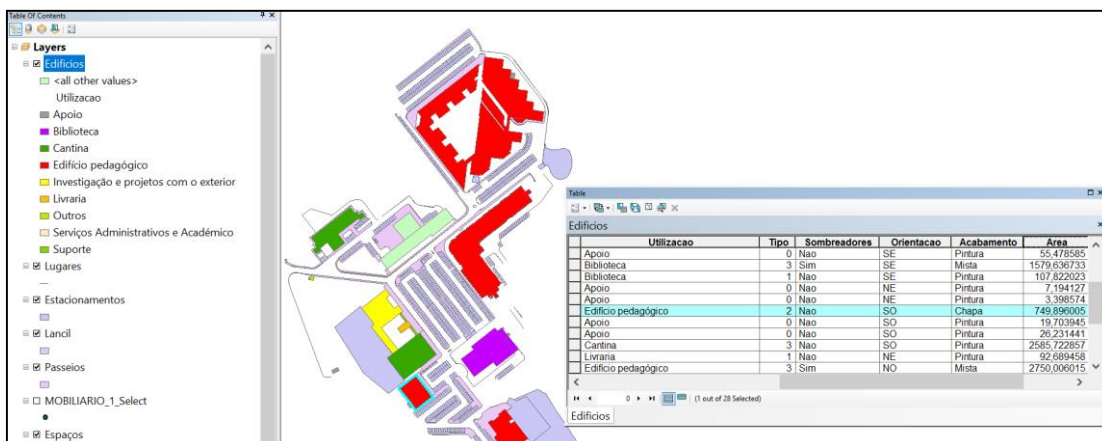


Figura 21 – Mapas temáticos produzidos com ferramentas SIG – ArcGis.

A abordagem de utilização de SIGs na gestão e planeamento de campi universitários não é novo, muito menos original. Hoje existem inúmeras organizações universitárias que depositaram num modelo *WebGis*⁷, a gestão, consulta e interação dos espaços com os utilizadores. A Figura 22 mostra uma consulta a dados de iluminação elétrica na tabela, e ao mesmo tempo, com a visualização gráfica dos respetivos pontos de iluminação.

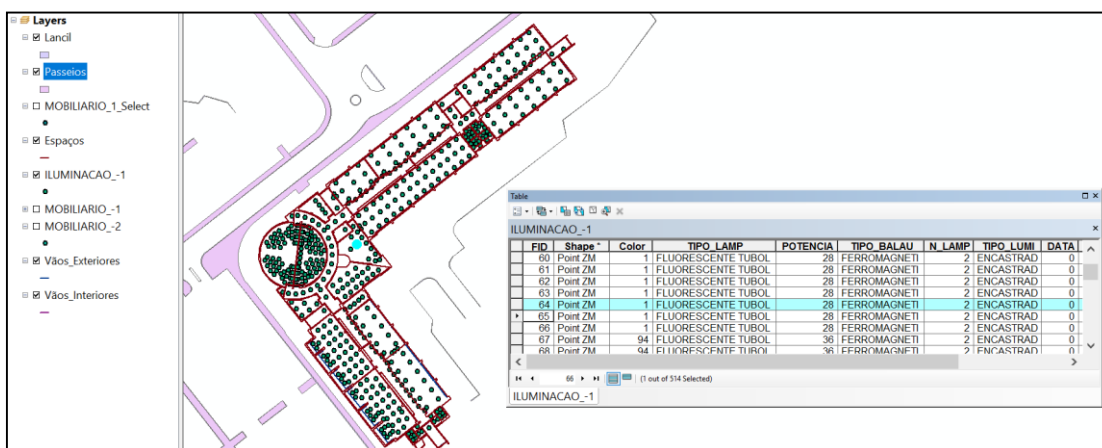


Figura 22 – Mapas temáticos produzidos com ferramentas SIG – ArcGis.

A Universidade de Harvard (UH) possui um departamento (UPO⁸) que gere as instalações. Esta unidade, recolhe, desenvolve e administra as estruturas físicas da universidade com o objetivo de melhorar o nível operacional promovendo o aumento da eficiência. A UPO tem

⁷ WebGIS – Processo de mapeamento através da web, com ênfase à análise de geodata e aspectos exploratórios.

⁸ UPO – University Planning Office in: <http://www.upo.harvard.edu/Maps/gis.html>

ainda um repositório de todas as instalações físicas, com informação técnica detalhada e atualizada.

Outro exemplo, a Universidade de Oregon (UO), através do “*Info-Graphics Lab*”⁹ desenvolve a sua ação no desenvolvimento de projetos dentro do campus, com a administração local e agências governamentais. Além de catalogar todas as instalações em *WebGis*, integram ainda a informação para uso da administração do campus. No portal GIS¹⁰, é possível aceder a um conjunto de mapas temáticos interativos. O exemplo demonstrado na Figura 23 evidencia que os mapas contém várias camadas de informação temática desde os postos de emergência a parques de estacionamento, com associação, por exemplo, aos raios de alcance da iluminação pública. É possível avaliar por exemplo os locais de risco em termos de segurança por efeito da deficiente iluminação, podendo adotar medidas adicionais de segurança.

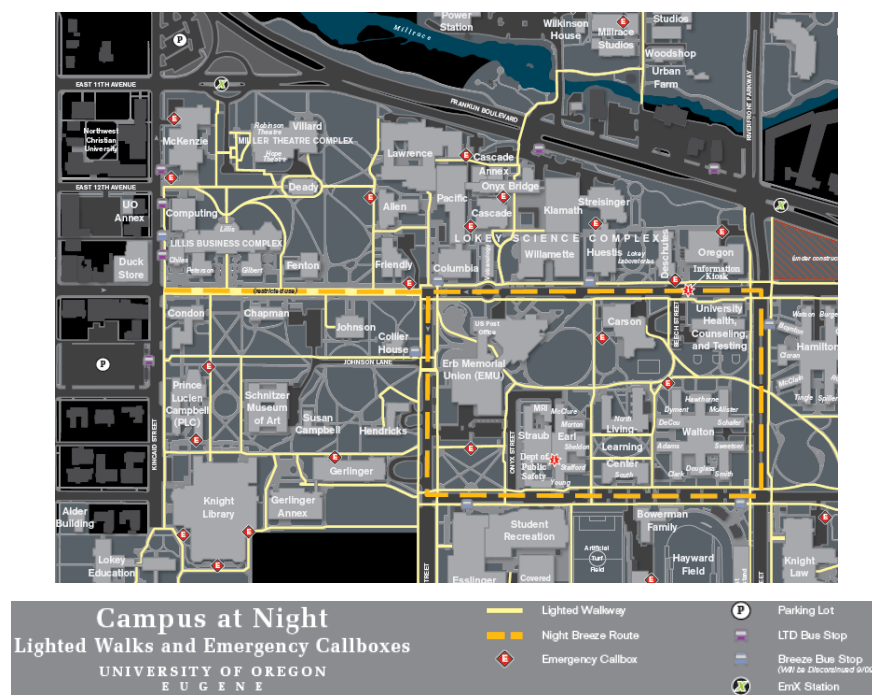


Figura 23 – Mapa temático de iluminação pública, pontos de emergência e outros.

⁹ Info-Graphics Lab in: <http://geography.uoregon.edu/infographics/index.htm>.

¹⁰ GIS – Geographical Information System.

Na figura 24 representa-se o diagrama funcional da Universidade de Oregon e o seu relacionamento com o SIG em que são apresentadas as interligações com as várias unidades e serviços da universidade. Os modelos WebGis caracterizam-se por permitir ao utilizador, a possibilidade de aceder a um conjunto de camadas de informação, manipulando aqueles que deseja interagir. Essa interação com o mapa é geralmente bastante acessível e intuitiva.

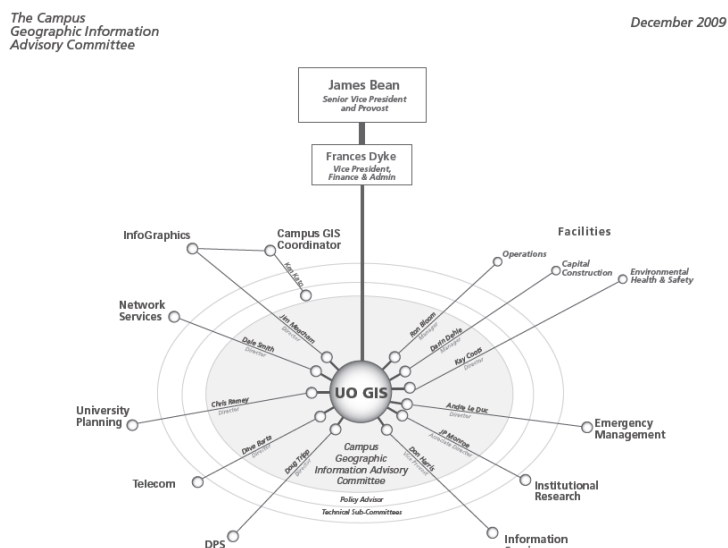


Figura 24 - Diagrama de interligação de SIG com a estrutura da universidade.

A Universidade de San Diego da Califórnia (UCSD) utiliza os SIG numa vasta variedade de funções. De salientar a universidade criou um Eixo Diretor que está na base do conceito de SIG na gestão de Campus universitários:

A UCSD começou por desenvolver um Plano de Desenvolvimento Longo Termo (PDLT¹¹). Este plano é constituído por nove diretrizes: (1) Requisitos programáticos académicos e não académicos; (2) Distribuição das matrículas ao longo dos cursos; (3) Cálculo da taxa ótima de crescimento de estudantes e infraestruturas; (4) Rácio apropriado entre estudantes graduados e não graduados; (5) Fatores históricos e culturais da instituição e suas unidades orgânicas; (6) Recursos ambientais e dos espaços onde se inserem; (7) Levantamento de necessidades em termos de infraestruturas; (8) Recolha de opiniões da comunidade académica e agentes do tecido económico, social e restante comunidade local; (9) Determinação de expectativas desses agentes e comunidade local em geral.

¹¹ Tradução livre de LRDP – Long Range Development Plan

Através do PDLT, a UCSD criou um plano diretor (PD) onde delinea as principais orientações daquilo que será o cumprimento dos objetivos de longo prazo.

Essas diretrizes passam por prever antecipadamente a distribuição espacial dos locais destinados à execução do plano de desenvolvimento que se traduz na prática à forma como a instituição prevê o seu crescimento. Fatores previamente estabelecidos como as características dos edifícios, ou a forma como se deve prever o seu desenvolvimento (construção), são apenas alguns dos aspetos que estão devidamente identificados e pormenorizados (Figura 25).

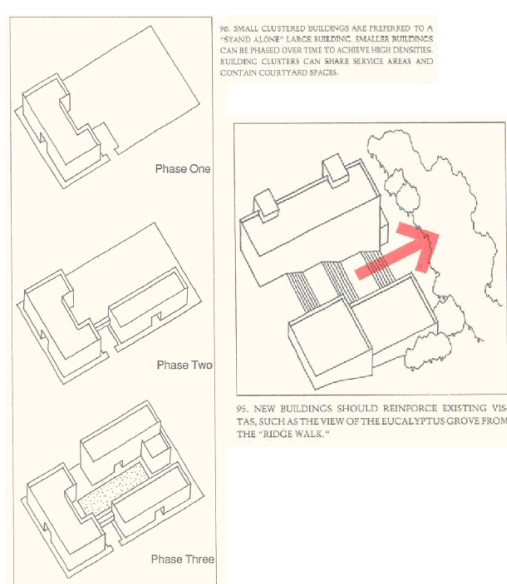


Figura 25 – Mapa de faseamento construtivo com fixação de características.

O PDLT vai ainda mais longe ao definir algumas características fundamentais na conceção de futuros espaços, determinando desde logo alguns aspetos a contemplar nos espaços a executar (forma, cor, função), e por exemplo, estipula quais as características a realizar na execução de um anfiteatro exterior e determina desde logo e em detalhe, o tipo de espetáculos a realizar no anfiteatro, explicando o tipo de conflito (proximidade com a Biblioteca), que condiciona o tipo de utilização.

O PDLT descreve o “O Plano” (The Master Plan). Neste pode observar-se a forma como são identificados todos os atributos do Campus, segundo várias camadas de informação que se vão relacionar entre si. Este Plano tem dois objetivos estratégicos a cumprir. O primeiro salienta a necessidade de atender à necessidade de desenvolver novos edifícios, e o segundo é de que todo este processo de cumprimento do primeiro objetivo seja desenvolvido

incorporando as mudanças de necessidades evolutivas do processo de crescimento da universidade. O PDLT destaca para isso a necessidade de associar a quantidade (os edifícios) à qualidade (forma como se vai evoluindo à medida da necessidade).

Ao analisar o PDLT, torna-se claro a forma como todo este processo de planejamento e desenvolvimento tem uma estruturação base em SIG. A UCSD concentra todas as suas diretrizes (provenientes do plano diretor), e sobrepõe-nas às várias camadas de informação temática e determina vetores orientadores daquilo que será a organização funcional do campus. Ao consultar o PDLT pode por exemplo visualizar-se o mapa contendo as vias de circulação e raios de vizinhança (Figura 26).

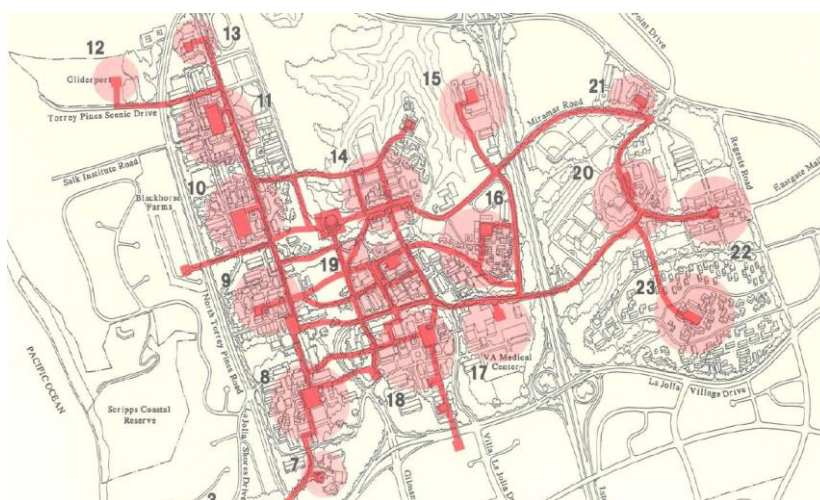


Figura 26 - Mapa temático com vias de circulação e “raios de vizinhança” dos edifícios.

Um dos mapas temáticos bastante interessantes no PDLT é designado por corredores acadêmicos¹², representado na Figura 27. A UCSD desenvolveu um conceito no pressuposto de existirem corredores acadêmicos distintos entre edifícios cujos departamentos, e respectivas comunidades acadêmicas, se relacionam entre si. Esta teoria constitui mais umas das variáveis à adoção de políticas internas de gestão da escola, nomeadamente na instalação de edifícios e equipamentos. Para isso foram determinados *clusters* por área académica e foram identificadas as tendências sociais, culturais, e até, os fatores que melhor respondem às necessidades de determinadas áreas académicas.

¹² Tradução de “Academic Corridors” – pg 47 - Capítulo 3 – “THE 2004 LRDP”

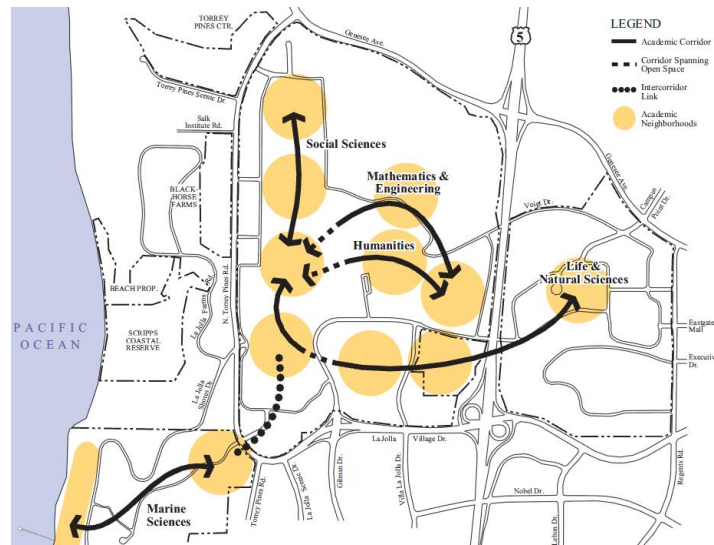


Figura 27 - Conceito de corredores acadêmicos.

A abordagem destes casos práticos em organizações, aplicados aos campi universitários, tem como objetivo perceber que existem vários fatores que podem contribuir para o processo de melhoria de gestão uma infraestrutura. Abordamos estes exemplos, na medida em que são uma prova do potencial de uso de informação geográfica que é gerada dentro da organização, e que pode por um lado contribuir para melhor estruturar o futuro, e por outro armazenar a informação que possa ser considerada útil para no futuro utilizar.

Apesar de SIG e BIM serem hoje duas metodologias com fronteiras aparentemente diferentes, esta dissertação pretende exemplificar alguns dos fatores que podem contribuir para uma convergência e interação entre si. A Figura 28 representa uma proposta de complementação da Figura 14, na interligação de BIM, GMAC e SIG.

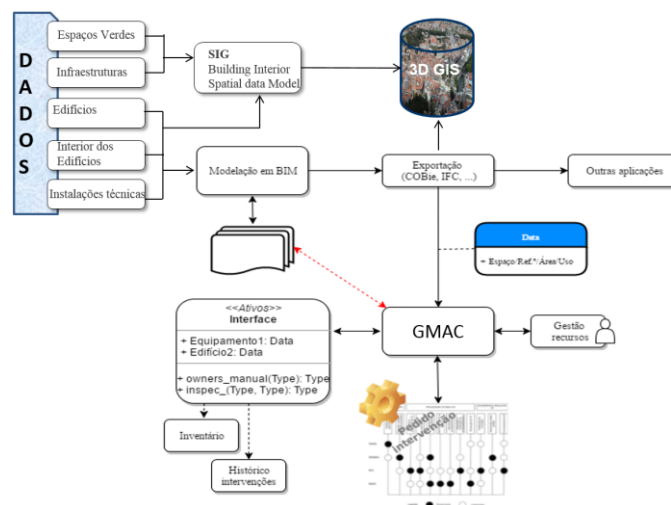


Figura 28 - Interligação de BIM, GMAC e SIG (do autor).

4 ESTUDO DE CASO APLICAÇÃO DE METODOLOGIA BIM

4.1 A Direção de Serviços Técnicos do IPLeia.

O Instituto Politécnico de Leiria, adiante designado por IPLeia é constituído por cinco campi distribuídos por três concelhos do distrito de Leiria (Figura 29).



Figura 29 – Mapa dos campi do IPLeia no distrito de Leiria.

A Direção de Serviços Técnicos (DST) está sediada nos serviços centrais do IPLeia na cidade de Leiria. A DST exerce a sua ação ao nível das obras - Sector de Obras, manutenção de instalações e equipamentos - Setor de Manutenção, segurança das instalações, saúde, higiene e segurança no trabalho - Setor de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.

Na Figura 30 apresenta-se um quadro com os edifícios do IPLeia, suas áreas e ano de construção.

CADASTRO

Caracterização (Por local)	Ano aquisição/ cadência (Início)	Área total do terreno (m ²)	Área de implantação edifícios (m ²)	Área bruta edifícios (m ²)	Área estac. e galerias (m ²)
SEDE - Leiria		25.040,00	6.227,83	12.786,43	1.155,50
Terreno	1989	25.040,00			
Edifício Sede	2002		4.045,25	3.643,82	1.155,50
Residência - Bloco A "Afonso Lopes Vieira"	1996		552,70	2.107,77	
Residência - Bloco B "Francisco Rodrigues Lobo"	1997		552,70	2.107,77	
Residência - Bloco C "Eça de Queiros"	1998		528,60	2.593,56	
Residência - Bloco D "José Saramago"	2002		548,58	2.333,51	
Campus 1 - Leiria		27.115,00	5.794,57	8.062,66	0,00
Terreno		27.115,00			
Bloco Pedagógico A - ESECS	1984		3.765,70	4.731,94	
Bloco Pedagógico B - ESECS	2003		848,46	1.613,61	
Bloco C Gabinetes Docentes - ESECS	2008		317,24	618,36	
Biblioteca Campus 1 (está inserida no Bloco Pedagógico A e tem 400,00 m ² de área bruta)	-		-	-	
Campo de Jogos (está inserido no Terreno e tem 2.710,00 m ² de área)	-		-	-	
Centro de Línguas e Cultura Chinesas	2008		86,99	86,99	
Cantina 1	2002		776,18	1.011,76	
Campus 2 - Leiria		126.424,41	21.432,14	45.361,55	3.346,00
Terreno	1989	126.424,41			
Edifício A - ESTG	1996		7.844,92	12.546,52	2.662,00
Edifício B - ESTG	1997		2.223,70	4.812,23	287,00
Edifício C - ESTG	1997		2.628,85	4.433,03	47,00
Edifício D - ESTG	2003		3.351,12	11.074,27	
Pavilhão de Automóvel - ESTG	2000		762,02	1.069,54	
Edifício Pedagógico - ESSLei	2006		1.883,41	5.238,96	
Edifício "Biblioteca José Saramago"	2003		1.679,70	4.390,70	
Cantina 2 (está inserida no Edifício C e tem 1460,01 m ² de área bruta)	-		-	-	
Cantina 3	2006		1.058,42	1.796,30	350,00
Campus 3 - Caldas da Rainha		99.754,12	12.701,82	17.654,38	437,00
Terreno	1994	99.754,12			
Edifício Pedagógico 1 - ESAD.CR	1997		7.501,22	11.327,40	162,00
Edifício Pedagógico 2 - ESAD.CR	2003		2.842,61	2.771,98	
Biblioteca Campus 3 (Antigo Hospital Santo Isidoro)	1998		1.274,22	1.776,53	
Cantina 4	2005		1.083,77	1.778,47	275,00
Campus 4 - Peniche		17.693,89	3.617,16	7.478,02	0,00
Terreno	2001	17.693,89			
Edifício Pedagógico - ESTM	2001		3.617,16	7.478,02	
Biblioteca Campus 4 (está inserida no Edifício Pedagógico e tem 512,31 m ² de área bruta)	-		-	-	
Campus 5 - Leiria		9.840,00	1.953,29	2.865,47	200,00
Terreno	2001	9.840,00			
Bloco 1	2001		1.408,47	2.464,96	100,00
Pavilhão	2003		544,82	400,51	100,00
Caldas da Rainha		3.830,00	1.405,38	4.480,05	480,55
Terreno - Residência 1	1992	1.965,00			
Terreno - Residência 2	2000	1.665,00			
Residência 1 - "Mestre António Duarte"	1996		797,14	1.782,05	
Residência 2 - "Rafael Bordalo Pinheiro"	2005		608,24	2.698,00	480,55
Peniche		1.505,29	405,57	1.476,11	0,00
Terreno - Residência	2004	1.505,29			
Residência Estudantes Peniche	2005		405,57	1.476,11	
Leiria		5.960,38	1.384,89	2.415,05	0,00
Terreno - Aldeamento Santa Clara	2006	3.550,00			
Terreno - Santo Estevão	1986	2.410,38			
Convento Santo Estevão (Ex-Magistério Primário)	1986		1.384,89	2.415,05	

Figura 30 – Mapa de recursos físicos IPLeia (Ano 2012).

4.2 Setor de Obras

O Sector de Obras pertence à DST e o serviço responsável pela gestão e acompanhamento das obras efetuadas no IPLeia, e são geralmente caracterizadas pelas obras realizadas com recurso a meios externos - Empreitadas. O acompanhamento inicia-se com a identificação e levantamento das necessidades, desenvolvendo-se de seguida o programa preliminar que

contém toda a informação recolhida para a criação do edifício. O Setor de Obras integra todo o processo de candidatura no âmbito dos mecanismos de financiamento, para posteriormente acompanhar a execução dos projetos aprovados. Este setor fica igualmente ligado à obra executada, durante o período de garantia de obra, no processo de deteção e apuramento de deficiências ou inconformidades.

4.3 Setor de Manutenção

O Sector de Manutenção (SM), é outro serviço pertencente à DST e é responsável pela manutenção de instalações e infraestruturas do IPLeia, e é constituído por várias equipas de manutenção, contratadas em regime de *outsourcing*. O SM planeia as ações de reparação e manutenção curativa, para as situações reportadas pela comunidade académica, planeia. De igual forma executa ações de manutenção preventiva de modo assegurar o bom funcionamento das instalações e otimizar a vida útil das instalações técnicas (IT) e equipamentos, diminuindo as necessidades de ações de reparação.

As instalações técnicas e equipamentos da responsabilidade da DST são:

- Instalações elétricas;
- Instalações de AVAC;
- Redes de água e saneamento;
- Instalações de gás;
- Estruturas dos edifícios;
- Zonas ajardinadas;
- Elevadores;
- Sistemas de segurança eletrónicos;
- Sistemas de segurança ativa de combate a incêndios;
- Segurança, higiene e saúde no trabalho;
- Instalações de ar comprimido.

De seguida são contratados os projetistas e a fiscalização e é consultado o mercado de empresas de obras públicas para se dar início à construção. A par das competências acima descritas, a DST tem ainda responsabilidade na direção das matérias do foro de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.

4.4 Fluxo e gestão de pedidos de manutenção no IPEiria

Atualmente o IPEiria possui uma aplicação informática para o apoio ao serviço de manutenção e reparação, adiante designado por SMR¹³, onde é feito o registo e gestão de pedidos. O SMR é uma ferramenta acessível a todos os utilizadores: alunos e funcionários docentes e não docentes do IPEiria (11000 utilizadores). O SMR é alimentado por uma base de dados de espaços não espacial que contém o cadastro de todos os espaços que compõem os campi do IPEiria (Leiria, Caldas e Peniche). Por consequência, não há uma relação espacial entre os pedidos realizados, nem é possível modelar a informação pelos seus atributos, quaisquer que eles sejam.

No referido formulário do SMR, constam um conjunto de atributos que permitem caracterizar a natureza do trabalho a realizar, e identificar o proponente do pedido, os seus dados pessoais (extensão telefónica, gabinete e email), identificar a localização da área a intervir, a prioridade do pedido, etc. Contudo, é de salientar que os pedidos não são geo-referenciados, nem existe forma de associar a um pedido novo, o eventual histórico de intervenções efetuados, numa mesma localização, equipamento ou espaço. Para isso, seria necessário ser considerada a utilização de um GMAC com as funcionalidades evidenciadas no subcapítulo 3 e tendo por base os princípios do processo de gestão da manutenção.

Uma das formas de otimizar o atual modelo de SMR utilizado, poderia passar pela criação de uma base de dados geo-espacial, em que a informação relativa às intervenções, ficaria referenciada segundo o local da intervenção. Por outro lado, se a intervenção fosse sob um objeto, e esse objeto tivesse sido intervencionado no passado, seria útil consultar os pedidos anteriores ou simplesmente ver o histórico de intervenções nesse objeto.

Toda esta abordagem é hoje possível de executar com recurso a *software* próprio, tal como os já mencionados softwares de gestão de manutenção (GMAC) abordados no subcapítulo 2.5 da dissertação.

Contudo, é importante salientar algumas das características do uso de informação paramétrica que tornam o processo de manutenção orientada sobre os objetos, numa nova forma de intervir e consultar informação.

¹³ SMR – Serviço de Manutenção e Reparação – <http://smr2.ipleiria.pt>

A consulta de informação ou histórico de manutenção de um objeto, elemento de construção ou equipamento, é um processo que decorre durante o tempo em que o mesmo é colocado em funcionamento. Por isso, ao longo desse tempo será armazenado um conjunto de informação (histórico), que muitas vezes caracteriza o comportamento, fiabilidade, durabilidade, entre outros, da informação técnica utilizável num futuro.

Apesar de não ser do âmbito da dissertação apresentar um modelo de base de dados espacial, é importante perceber os fundamentos e regras de criação deste tipo de modelo, porque permite compreender melhor a estrutura de funcionamento da informação no contexto da manutenção no IPLeiria, na medida em que teremos assim uma melhor perspetiva dos fluxos da informação.

Para melhor compreender o fluxo de informação, foi criada uma BD em Access, e para isso é importante responder às seguintes perguntas:

- Qual a finalidade deste base de dados e quem o utilizará?
- Quais as tabelas (dados) que esta base de dados conterà?
- De quais consultas e relatórios os usuários desta base de dados precisam?
- Que formulários precisamos criar?

Para desenvolver um modelo representativo dos processos existentes, é necessário compreender os fluxos de informação dentro da organização. Classificando o serviço da DST segundo o tipo de estrutura de processos (Barreiros, 2012), a que mais se adequa é o terceiro nível – semiestruturado, uma vez que corresponde a um modelo híbrido em que algumas atividades são modeladas permitindo às restantes um maior grau de abstração (Figura 31).

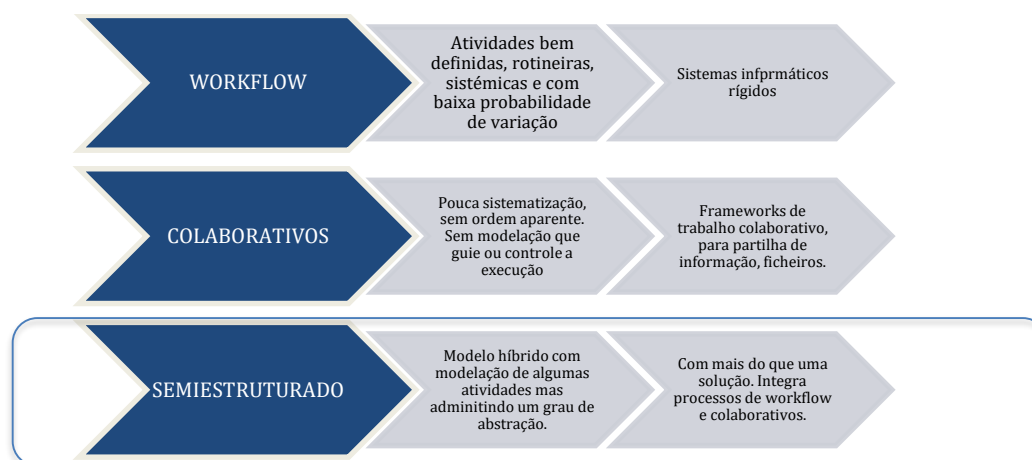


Figura 31 - Estrutura de processos. Adaptado de Barreiros (2012).

Na Figura 32 está representado um mapa do processo de manutenção para a manutenção curativa, isto é, quando a reparação é feita após a ocorrência da avaria ou anomalia.

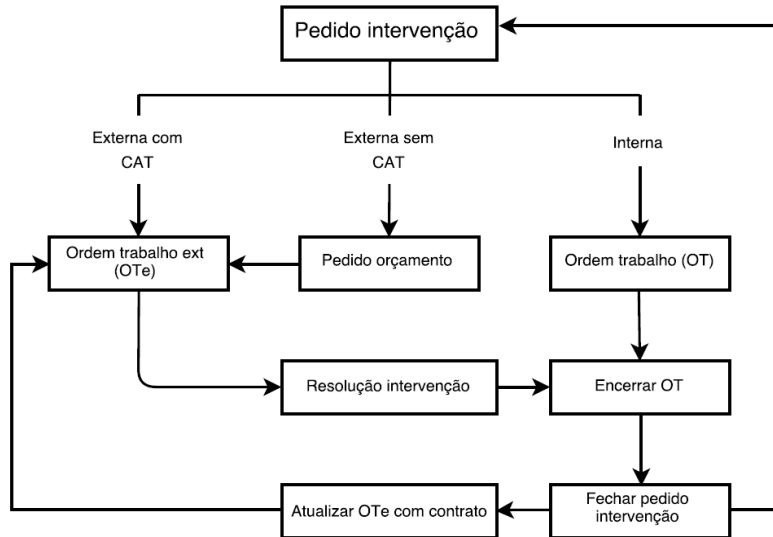


Figura 32 – Mapa de processo de gestão de pedidos de manutenção curativa.

Atualmente o serviço de manutenção é desenvolvido, conforme exposto acima, com recurso à aplicação SMR, onde são desencadeados todos os pedidos de manutenção e é elaborada uma descrição da necessidade de intervenção, é identificado o local a partir de uma base de dados de espaços (BDE), e é definida uma prioridade pelo preponente do pedido (Figura 33).

direcção serviços técnicos
instituto politécnico de leiria

sector de manutenção - gestão de pedidos

Opções

Opções do Pedido

- Criar Pedido
- Os meus Pedidos Abertos (19)
- Pedidos do meu grupo (320)
- Pedidos por atribuir (25)
- Os meus Pedidos recentes
- Pedidos recentes do meu grupo
- Listagens
- Pesquisar pedido

Pedido #: Procurar

Contactos

- Pesquisa de contactos

Opções das Perguntas Frequentes

- Perguntas Frequentes
- Administração Perguntas Frequentes
- Adicionar
- Estatísticas da Perguntas Frequentes

Documentação

- Introdução
- Funcionalidades
- Pedido Opções
- Opções das Perguntas Frequentes

Criar Pedido

Informação do utilizador

Local Procurar: Escolha

Utilizador: E-mail:

Gabinete: Telefone/Ext.:

Informação do Pedido (1)

Localização (1): Campus 1 Técnico: support_pool

Prioridade: Prioridade 1 Estado: Aberto

Informação do Pedido (2)

Área: Seleccione

Localização (2): Seleccione

Resumo: Transportes e Mudanças
Instalacoes Electricas
Aquecimento, Ventilacao e Ar Condicionado
Instalacoes de Aguas e Esgotos
Instalacoes de Gas

Descrição: Estruturas de Edificios
Zonas Ajardinadas
Mobiliario e Equipamentos
Sistemas de Seguranca Electronicos
Sistemas de Seguranca Activa e Combate a Incendios
Instalacoes de Ar Comprimido
Outra

Figura 33 – Formulário de criação de pedido de intervenção.

Uma das principais limitações do recurso a este *software*, tem a ver com o fato da BDE não ser dinâmica, ou seja, qualquer alteração ou necessidade de atualização dos parâmetros da BDE, implica uma ação de atualização integral da BDE. A alteração ou atualização de parâmetros da BDE, tais como a alteração de uso, alteração de designação ou mesmo área, podem ser alterados com alguma frequência. A atual limitação da BDE provoca uma ação desnecessária, morosa e que implica recursos de terceiros (programadores informáticos), para poder manter a integridade da informação da BDE.

Uma das soluções existentes para fazer face às lacunas do SMR são as soluções de GMAC que permitem registar um pedido e associá-lo a um objeto, seja este um equipamento, local ou componente do edifício. Atualmente, ao criar um pedido no SMR num determinado equipamento, não é possível associar ao referido equipamento, o histórico de manutenção, as peças substituídas, nem sequer é possível associar os recursos humanos afetos à ação de manutenção. Outro aspeto fulcral num processo de atendimento, hoje em dia, num processo de atendimento ao cliente, é a determinação tempo de resposta (TR).

Na Figura 34 pode-se verificar a matriz de processo correspondente ao atendimento de um pedido de intervenção numa área em que existe um contrato de assistência técnica (CAT). Na figura, o *helpdesk* representa o serviço ou aplicação que gere a comunicação com o preponente do pedido.

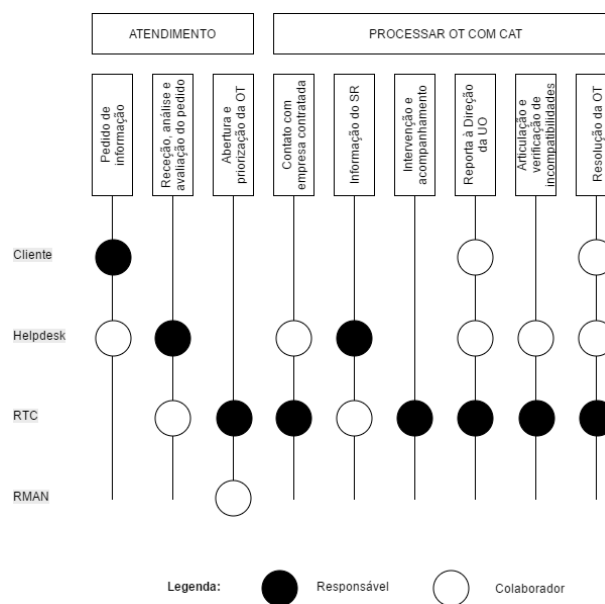


Figura 34 – Matriz de Processo com CAT no IPLeia

Hoje o TR é um dos principais indicadores de qualidade do serviço e que serve também como principal indicador de gestão. A avaliação das necessidades em alocar mais ou menos meios humanos a uma determinada tarefa, só resulta da capacidade de resposta. Por esse motivo, é muito importante compreender de que forma se pode implementar medidas de maior eficácia na matriz de processo, de forma a baixar o TR.

4.5 Ordem de trabalhos

Todas as tarefas descritas no subcapítulo 4.2 são hoje feitas pelos técnicos envolvidos na manutenção, recorrendo a fichas, tabelas e registos, que são classicamente armazenados em ficheiros e pastas. Consequentemente, só os referidos intervenientes, dominam a relação entre as tabelas e ficheiros e registos, de forma a poderem retirar daí, os dados que necessitem para o processo de gestão de manutenção.

Segundo Cabral (2013), gerir os trabalhos de manutenção é planeá-los e não “andar atrás deles”. É caminhar no sentido de haver mais trabalhos planeados e menos imponderáveis. O autor adianta que o processo de gestão dos trabalhos faz com que se acumule informação que mais tarde aperfeiçoe a forma de gerir (maior prevenção), ao mesmo tempo que se melhoram os resultados. Conclui, salientando que todo e qualquer trabalho relacionado com manutenção tem que ser suportado numa ordem de trabalho (OT), devidamente enquadrada no tipo de trabalho a fazer.

Atualmente a DST utiliza a ordem de trabalho (OT) da Figura 35, onde são registadas o conjunto de informação considerada determinante no processo de gestão da manutenção. A OT é impressa e entregue aos técnicos de manutenção. A informação que fica registada na OT não tem qualquer continuação ou efeito de análise, a não ser que haja uma tarefa morosa e trabalhosa de análise por consulta folha a folha, dos dados ou registos que se pretendam analisar.

Conforme esquematizado na Figura 34, a matriz de processo de um SMR é desencadeada a partir de um pedido que corresponde ao ponto de partida na estrutura do fluxo de informação. Contudo, a matriz de processo não evidencia de que forma os intervenientes do processo se relacionam com o fluxo de informação. É necessário abordar os princípios de bases de dados espaciais (BDE), relacionando-os com as anomalias e necessidades de intervenção nos vários locais do património do IPLeiria.

Na equipa da DST existem técnicos que cumprem as funções de responsável técnico por campus (RTC), cuja função é efetuar um acompanhamento de todas as ações da competência da DST no respetivo campus em articulação com as Direções das várias Unidades Orgânicas desse campus. O RTC corresponde assim ao interlocutor para as matérias técnicas entre a presidência e a direção de cada escola. A DST tem a seu cargo a gestão de todo o património edificado no que concerne à construção, manutenção e todas as ações que, direta ou indiretamente relacionam a atividade letiva aos bens imobilizados.

A partir da análise dos fluxos de gestão de pedidos de intervenção, e considerando a estrutura funcional dos serviços com competência para intervir nos pedidos de SMR, é possível chegar a uma proposta de desenho lógico que corresponde à forma de intervenção da DST (Figura 36).

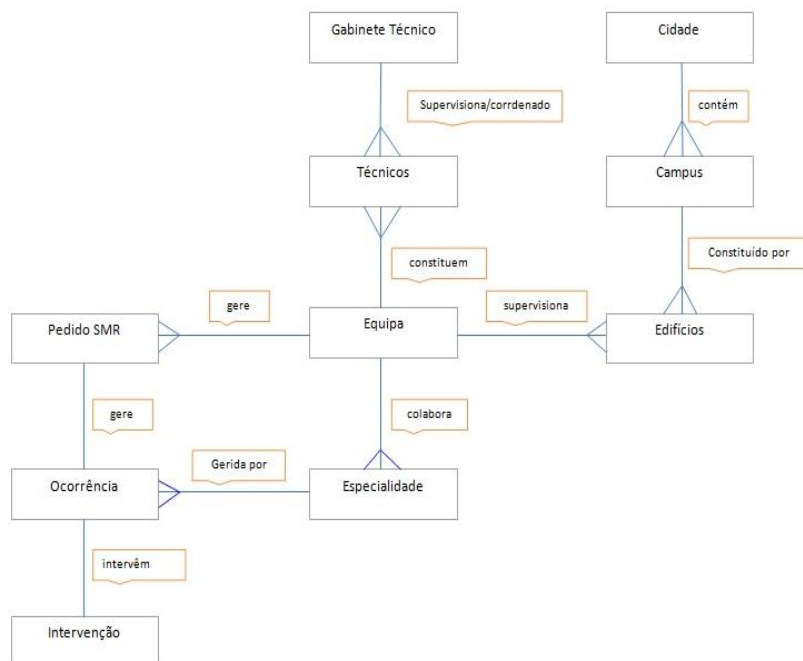


Figura 36 - Modelo físico ou desenho lógico da forma de intervenção.

A criação do modelo físico ou desenho lógico constitui uma etapa fundamental para compreender o fluxo de informação gerado no serviço em causa. Para o efeito foram tidos em conta alguns princípios subjacentes na modelação de BDE, nomeadamente a cardinalidade entre relações (1:N; N:M e 1:1), e respetiva necessidade de criar tabelas intermédias nas relações N:M que surgiam naturalmente ao longo do processo de criação do modelo.

De seguida, foi necessário considerar as regras de normalização da BDE sendo para isso utilizadas as seguintes tabelas, já normalizadas em sua terceira forma normal (3FN). São elas, conforme as Entidades/ Atributos:

Gabinete Técnico (**nome_téc**, esp_tec., Id_téc.)

Técnicos (**Id_RTC**, nome_téc, id_campus)

Equipa manutenção (**id equipa**, nome_manut, nome_téc, id_SMR)

Pedido SMR (**id_SMR**, id_Campus, Data_inicio, prioridade, Cod_espaco, id equipa)

Ocorrência (**id_SMR**, id equipa, id_RTC, Id_especialidade)

Intervenção (**id_SMR**, Data_fim)

Especialidade (**Id especialidade**, Id_SMR, Id equipa)

Edifício (**Id edificio**, Cod_espaco, Id_campus)

Campus (**Id campus**, id_RTC, Id_edificio)

Cidade (**Id cidade**, id_Campus)

Neste processo de criação do modelo Lógico é necessário a identificação das entidades, atributos, relações e ainda a determinação das chaves primárias e secundárias. Com isto foi elaborada a base de dados relacional (BDR) no *software Microsoft Access*, conforme Figura 37.

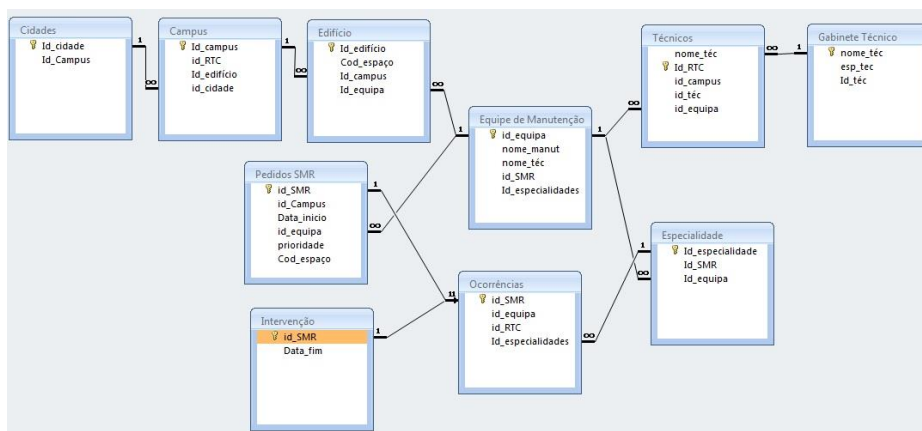


Figura 37 - Modelo Físico - Entidades, atributos, relações, chaves primárias e chaves secundárias.

Uma das principais vantagens de uso de uma BDR, comparativamente à aplicação SMR existente no IPEiria, prende-se com a possibilidade de poder atualizar-se informação correspondente aos dados de uma determinada tabela sem ter que atualizar ou sequer “mexer” toda a tabela em si, evitando informação redundante. Adicionar um técnico à equipa de manutenção implicará apenas adicionar um registo na tabela *Técnicos*, pois toda a relação existente entre este novo técnico e as suas interações, estão definidas no modelo lógico do processo.

4.7 Etapas de modelação em BIM

Para desenvolvimento do estudo de caso, foi efetuada a modelação da Escola Superior de Saúde (ESSLei) do Instituto Politécnico de Leiria. A ESSLei situa-se em Leiria, no Campus 2 do IPEiria. O edifício tem uma área bruta de aproximadamente 5000m² (Figura 38).

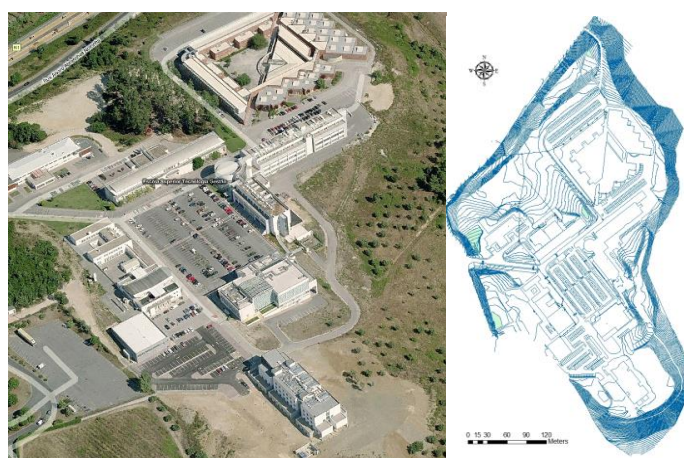


Figura 38 – Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria: a) Imagem aérea; b) levantamento topográfico do campus.

O processo de modelação foi feito a partir da recolha de informação vetorial (DWG), do cadastro existente e que corresponde por isso, ao edifício conforme está construído e constituiu a base a partir da qual foi contruído o modelo. A modelação foi desenvolvida com recurso ao programa Autodesk® Revit 2014®.

Antes de iniciar o processo de modelação, é necessário definir previamente o nível de desenvolvimento mencionado atrás no Capítulo 3.

O nível de desenvolvimento a considerar para um edifício que venha a ter funcionalidades de gestão de manutenção, implica que o mesmo contenha um grau de detalhe considerável, e por isso, deverá ser considerado o LOD 500. Por outro lado, quando se modela um edifício

numa fase de exploração, a pormenorização da informação pode não corresponder ao detalhe pretendido, por não existir ou por ser de difícil acesso. No presente estudo de caso foi modelado o edifício considerando o detalhe necessário a retirar a informação para a gestão de manutenção.

A Figura 39 representa a visão geral do edifício modelado. Na Figura 40 estão representados alguns pormenores construtivos, modelados de acordo com os objetos existentes e efetivamente construídos. Através da edição das propriedades dos componentes existentes nas bibliotecas, é possível adequar as mesmas à realidade.



Figura 39 – Vista geral do Edifício.



Figura 40 – Vista de pormenores de modelação – vãos de fachada, escadas e portas.

No processo de modelação, a partir do modelo de arquitetura em 2D do edifício, foram desenvolvidos várias etapas. Não sendo o objetivo desta dissertação o estudo dos aspetos técnicos da ferramenta de modelação, são contudo, expostos para efeitos demonstrativos, algumas das opções tomadas ao longo da modelação, tendo em conta as soluções específicas do edifício.

1.ª Etapa: Definição da cota de soleira e restantes pisos – Esta etapa constitui a base de definição da modelação a partir da qual se dá início a todo o processo de desenvolvimento do

modelo. Através da vista de alçados, são definidas as principais cotas que caracterizam o modelo. Nesta fase é determinante analisar que níveis se pretendem representar, uma vez que a ferramenta BIM utilizada criará uma camada (*level*), para cada nível criado (Figura 41).

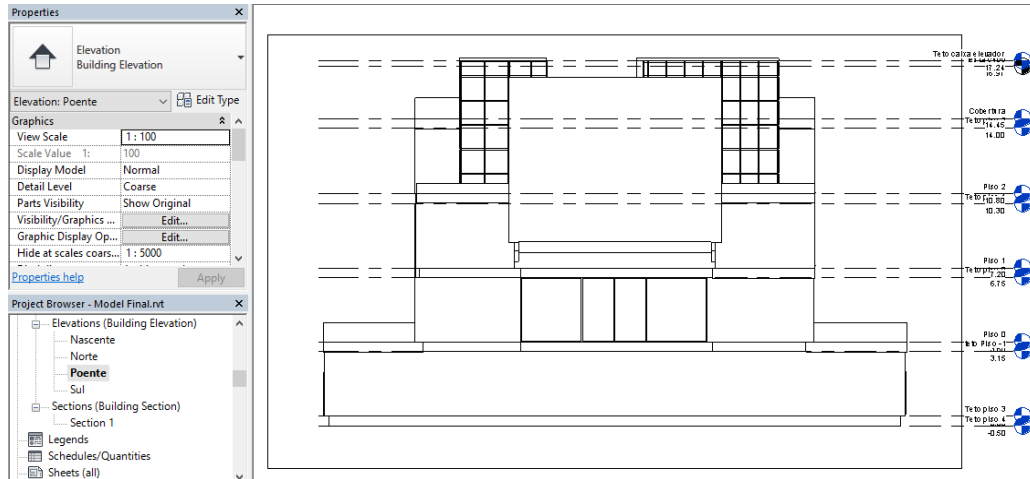


Figura 41 – Definição de pisos e cotas necessárias – alçado poente.

2.ª Etapa: Importação de arquivos em formato dwg – Nesta etapa foram feitas as importações dos desenhos existentes em CAD (dwg) – Figura 42, tendo-se optado por recorrer à ferramenta de importação por *link*. A vantagem de utilização desta ferramenta é de que ao importar um desenho em formato dwg para dentro do Revit, sempre que o desenho for modificado na sua origem, é possível ver as alterações em Revit, e assim alterar os modelos BIM consoante as alterações.

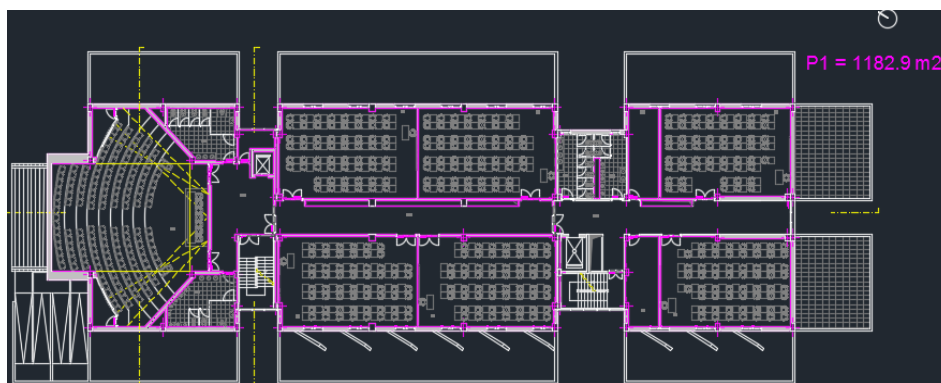


Figura 42 – Planta do piso 1 em formato Autocad.

Na Figura 43, está visível a localização de cada ficheiro importado, sendo assim estabelecida uma ligação dinâmica, que permite efetuar alterações na arquitetura no desenho 2D em AutoCAD, garantindo a visualização automática das mesmas alterações no modelo BIM.

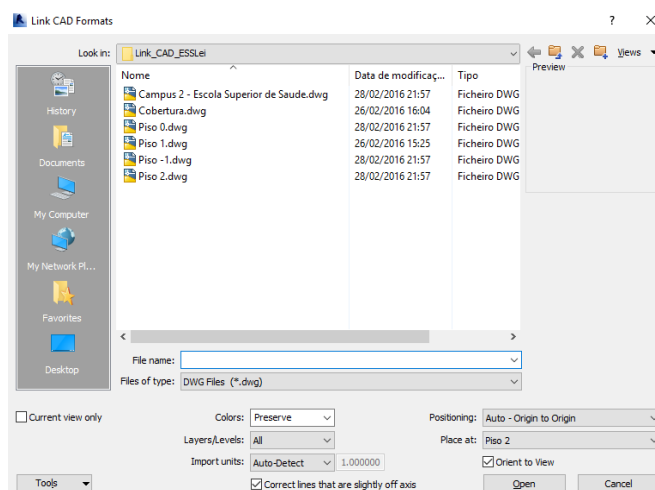


Figura 43 – Ferramenta de importação através de *link*.

Através de um menu de gestão dos *link*'s é possível, em qualquer altura alterar, recarregar ou simplesmente desativar a ligação ao modelo. Esta função é bastante útil considerando que quando se faz uma modelação em BIM, com ligação aos ficheiros 2D, o *software* deteta as linhas CAD importadas e permite desenhar por cima, criando o modelo BIM a partir da sobreposição do desenho 2D ligado. A Figura 44 ilustra o menu de gestão de ficheiros em vários formatos disponíveis (IFC, DWG, DWF e outros).

Link Name	Status	Positions Not Saved	Size	Saved Path	Path Type
Cobertura.dwg	Loaded	<input type="checkbox"/>	69.8 KB	C:\Users\engcp\Dropbox\Mestrado S	Relative
Piso 0.dwg	Loaded	<input type="checkbox"/>	280.3 K	C:\Users\engcp\Dropbox\Mestrado S	Relative
Piso 1.dwg	Loaded	<input type="checkbox"/>	234.6 K	C:\Users\engcp\Dropbox\Mestrado S	Relative
Piso 2.dwg	Loaded	<input type="checkbox"/>	222.9 K	C:\Users\engcp\Dropbox\Mestrado S	Relative
Piso -1.dwg	Loaded	<input type="checkbox"/>	295.3 K	C:\Users\engcp\Dropbox\Mestrado S	Relative

Figura 44 – Ferramenta de gestão das ligações pela opção *link*.

3.^a e 4.^a Etapas: Criação de plataforma de construção e modificação curvas de nível – As ferramentas BIM permitem implantar os edifícios a modelar na topografia do terreno a partir do modelo digital de terreno.

5.^a e 6.^a Etapas: Criação, edição e inserção de paredes, janelas e portas – Nesta etapa é feita a edição dos elementos de construção que fazem parte do modelo. Os objetos paredes, janelas e portas, são definidas de forma paramétrica mantendo assim a relação entre si. Nesta fase é possível editar os objetos a partir da biblioteca de objetos já existentes. Na Figura 45 podemos verificar o objeto janela, com referência à janela de edição das propriedades da

mesma, e onde é possível consultar alguma informação específica tal como o coeficiente de transmissão térmica – $U [W/(m^2 K)]$.

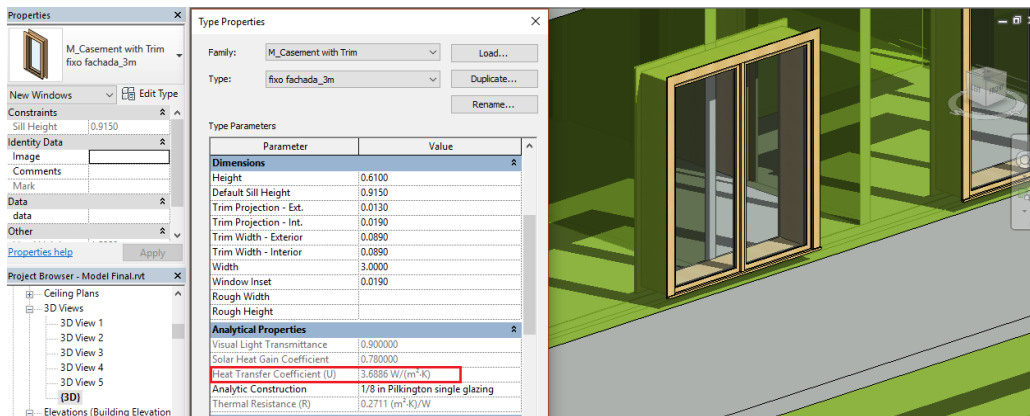


Figura 45 – Propriedade do objeto janela.

7.ª Etapa: Criação, edição e inserção de pavimentos e tetos falsos e coberturas - À semelhança das etapas anteriores, e através da opção de criação de pavimentos, foram definidos os espaços a introduzir pavimentos. Com recurso às ferramentas disponíveis foram definidos os limites do pavimento (Figura 46).

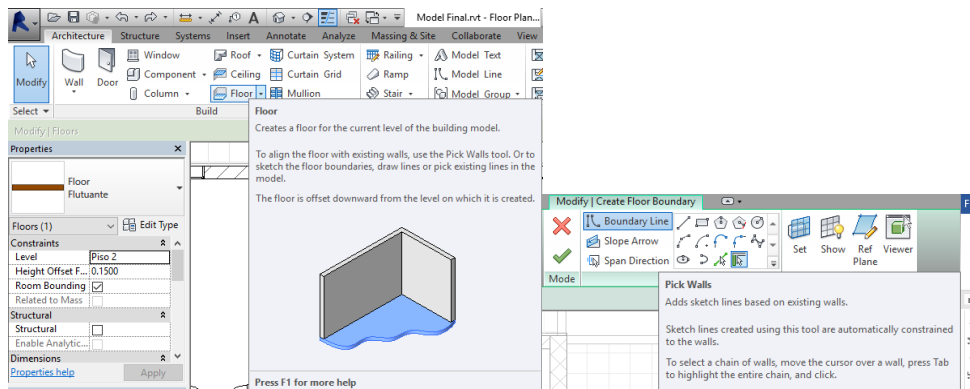


Figura 46 – Inserção de pavimentos e tetos falsos.

Através das ferramentas de edição, foram definidos os materiais e as configurações de acabamento. O processo de modelação (Figura 47) permite aceder não só a algumas propriedades predefinidas, como a resistência e massa térmica, como também alterar e acrescentar camadas ao material, com indicação das respetivas espessuras – *Thickness*. Neste caso optou-se por criar um pavimento “Flutuante” cujo material se designou “Carvalho”.

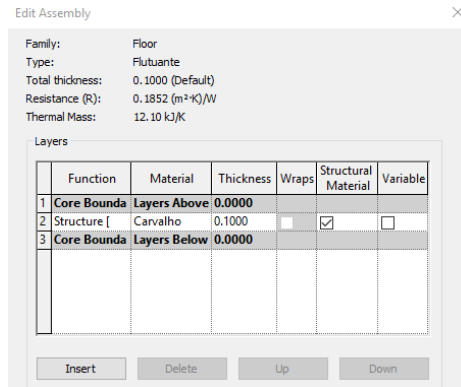


Figura 47 – Menu de edição da estrutura do piso.

Nas Figuras 48 e 49, é possível verificar a interação entre o piso escolhido, a zona onde o mesmo está a ser aplicado e as propriedades disponíveis para edição do pavimento.

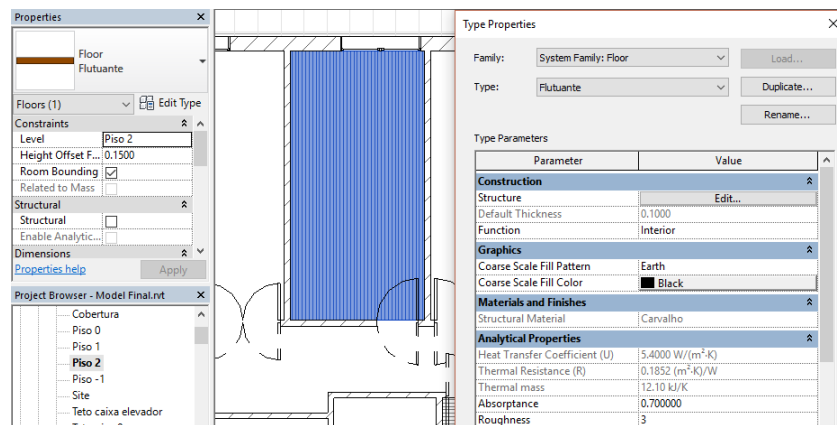


Figura 48 – Menu de propriedades e informação técnica associada.



Figura 49 – Vista do interior do espaço intervencionado.

8.ª e 9.ª Etapas: Criação, edição e inserção de paredes cortina e escadas – Estas etapas foram executadas recorrendo a um conjunto vastos de opções que a ferramenta dispõe em função do grau de exigência que se pretende imprimir. Não sendo o objetivo desta

dissertação, abordar as diversas metodologias específicas de criação de *paredes cortina* e *escadas*, as mesmas foram modeladas para uma vez mais demonstrar que é possível efetuar uma modelação tendo em conta as soluções específicas do edifício.

A opção de criação de paredes cortina no Revit, permite-nos entre várias coisas, desenvolver elementos tipo vãos de fachada, i.e., elementos que embora semelhantes a caixilharia de alumínio e envidraçados, sejam diferentes pela dimensão, estereotomia ou outro fator que não esteja padronizado - Figura 50.

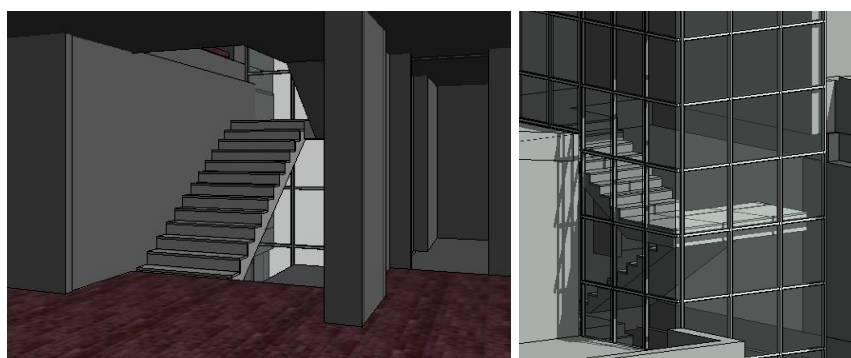


Figura 50 – Inserção de paredes cortina e escadas.

10.ª Etapa: Criação, edição e inserção de componentes: Uma das principais características de BIM está em poder introduzir objetos que por serem paramétricos, contêm informação. Isto significa, por exemplo, que ao consultar um objeto a partir de um catálogo *on-line* de um fornecedor, podemos importar o ficheiro (*.rfa) correspondente ao objeto, para a ferramenta de modelação e aceder ao elemento gráfico do bloco objeto em 3D, e a toda a informação que o caracteriza. Na Figura 51 foi feita uma consulta à página de um determinado fornecedor de mobiliário para se escolher um modelo particular de uma cadeira a incluir num espaço.



Figura 51 – Importação de objeto a partir do catálogo *on-line* do fabricante.

Após a importação do ficheiro do fornecedor e ao abrir em Revit, nos parâmetros desse objeto é possível encontrar informação que caracteriza a cadeira, tal como as especificações técnicas, informação de certificação, manual de instalação e ainda manual de manutenção (Figura 52).

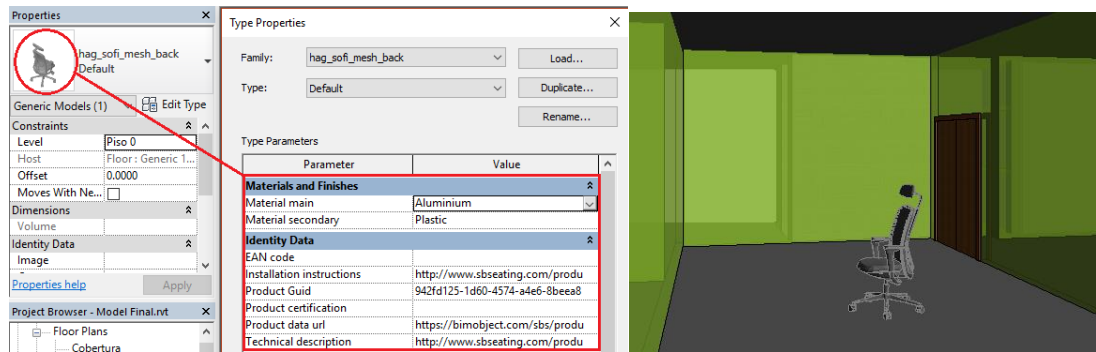


Figura 52 – Dados paramétricos associados ao objeto – cadeira.

Relevando o fato de no modelo se poder vir a consultar o manual de manutenção do equipamento, é de todo vital, considerar o potencial de uso dessa informação para o período de “*hand over*” quando o gestor de manutenção tiver de desencadear um plano de manutenção preventiva específico para o equipamento. De referir que a informação da manutenção pode ser atualizada pelo fabricante, permitindo que o gestor aceda a essa informação utilizando a ligação (*link*) que consta das propriedades do equipamento dentro do modelo Revit.

A Figura 53 representa a forma como o processo de modelação de objetos pode ser dinâmico e rentabilizado ao longo da vida útil do edifício. O objeto inserido no modelo (vão de fachada), tem nas suas propriedades um conjunto de campos que o caracterizam. Nesses campos é possível encontrar, por exemplo, o *link* para a página do fabricante, e por sua vez, através da página, consultar a documentação técnica associada.

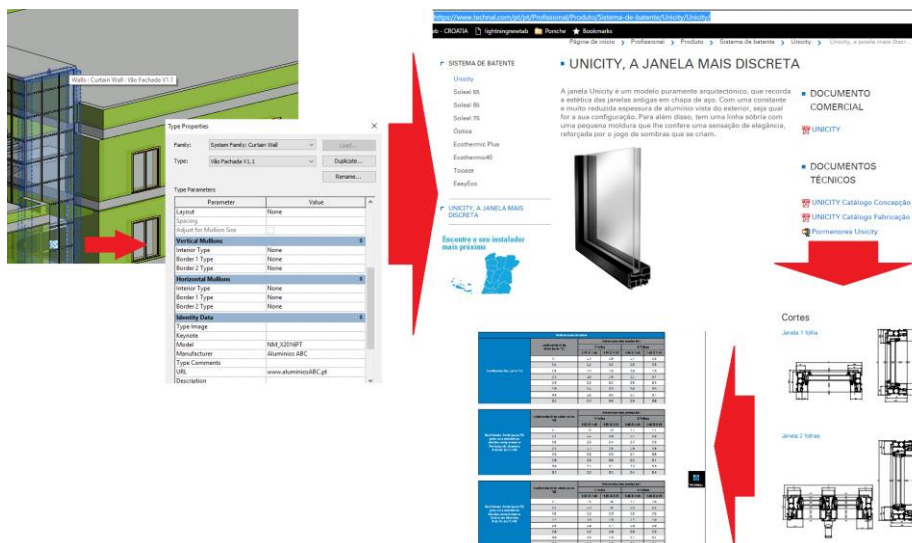


Figura 53 – Ligação dos parâmetros dos objetos a fornecedores.

Uma das principais vantagens na utilização de objetos paramétricos na modelação é que contém nas suas propriedades um conjunto de atributos que podem ser utilizados para se relacionarem com o próprio edifício.

A Tabela 2 mostra que se pode relacionar informação constante de um objeto, com um conjunto significativo de intervenientes no processo de criação, construção e manutenção de um edifício:

Objeto do Modelo	Peso	Vol. Embal.	Custo total	Quant.	Pot. Eléct.	Ruído
Cadeira	50 Kg	0,68m ³	359,00€	100	-	-
Mesa	43Kg	0,35m ³	679,00€	200	-	-
Chiller AVAC	3.6 Ton	7,45m ³	110.324,00€	2	50 KVA	56dB
Ponte rolante	10 Ton	-	76.000,00€	2	13 KVA	23dB
TOTAL unitário	13.693Kg	8,48m ³	186.424,00€		63 KVA	79dB

Tabela 2 – Características específicos de objetos e equipamentos.

A Tabela 2 evidencia a relação da informação dos objetos, e a forma como poderá haver uma influência entre eles. Ao modelar o edifício, e ao introduzir 100 cadeiras e 200 mesas, saberemos *à priori* o peso que a estrutura terá que suportar. Não será significativo para o projetista de estruturas, mas será determinante saber se for necessário introduzir um *chiller* ou ponte rolante. Por outro lado, ao popular o modelo com os objetos, estará também a criar

automaticamente o custo total, o volume necessário de armazenamento em obra, o ruído das instalações em funcionamento etc.

Se um espaço do modelo BIM contiver uma restrição de determinada natureza, por exemplo, uma restrição ao nível da classe de resistência ao fogo, ao importar um objeto que viole essa restrição, poderá ser desencadeada uma incompatibilidade que alerte o modelador para esse efeito. Para isso, o Revit utiliza ferramentas conhecidas como “*clash detection*” que detetam não só erros de sobreposição entre modelos, como também já comparam parâmetros que se considerem incompatíveis.

Atualmente existem 3 níveis de *clash detection*: (1) *Hard clash* – deteta essencialmente as incompatibilidades entre 2 modelos, não tendo necessariamente que ser incompatibilidades geométricas, e a existência de incompatibilidade semânticas ou de algoritmos baseados em regras (O'Donnell & Naccarato, 2012), (2) *Soft clash* – deteta as incompatibilidade considerando a necessidade de existirem níveis mínimos de tolerância geométrica entre objetos para, por exemplo criar zonas de acesso a máquinas (manutenção) e (3) *4D workflow clash detetion*, que determina incompatibilidades ao nível do planeamento e determinação dos plano de execução, nomeadamente nos tempos necessários de produção de partes ou equipamentos que serão fornecidas numa construção.

Na Figura 54 é demonstrado de uma incompatibilidade de ligação de instalações técnicas distintas, neste caso, gerando uma interceção de uma rede de águas com uma de esgotos. O exemplo foi elaborado modelando em Revit as respetivas infraestruturas do estudo de caso da ESSLei.

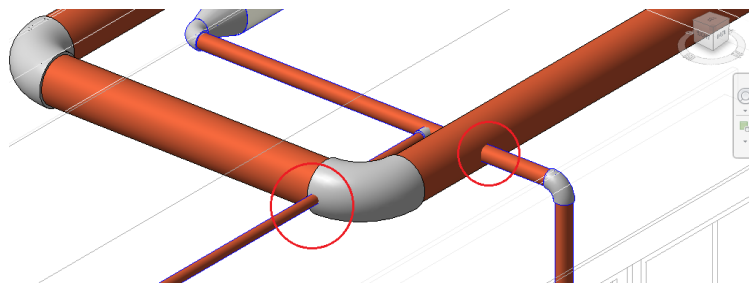


Figura 54 – *Hard clash detection* de duas instalações técnicas distintas.

11.ª Etapa: Pormenores e elementos de anotação

No caso de estudo, foi modelada uma rede de águas e esgotos (Figura 55) contendo informação específica dos materiais e suas características (fabricante; manual instalação; tipo

material; dimensões; tipo de ligação, etc.). O objeto em causa foi importado, a partir do sítio da internet, do próprio fabricante, disponibilizando informação específica dos componentes, neste caso sanitas e lavatórios.

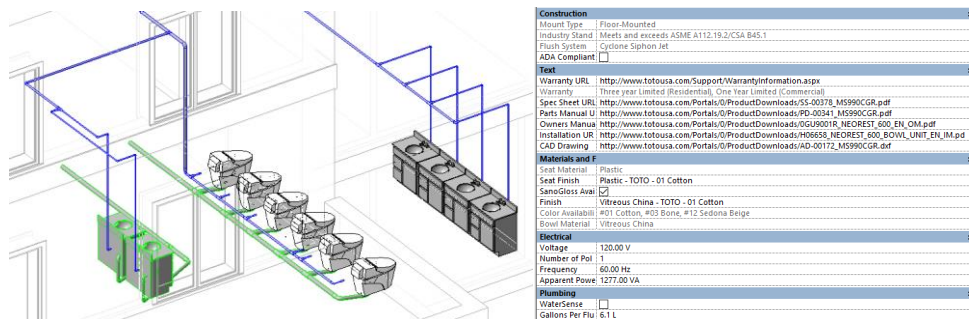


Figura 55 – Rede de água e esgotos com a tabela dos parâmetros do objeto - Sanita.

Uma das funcionalidades a que daremos alguma relevância nesta dissertação, tem a ver com a utilização de etiquetas que servem, entre várias funções, identificar um conjunto de objetos, como por exemplo, portas e janelas, diferenciando-as segundo as suas propriedades. Quer isto dizer que para objetos com as mesmas propriedades, o Revit classifica-o como sendo da mesma família. As etiquetas possuem uma ligação paramétrica aos objetos que referenciam fazendo com que a informação seja automaticamente atualizada quer haja alteração da etiqueta propriamente dito ou do objeto. Na Figura 56 podemos verificar uma etiqueta aplicada ao objeto janela (V1). A todos os objetos com os mesmos parâmetros, foi dada a mesma classificação.

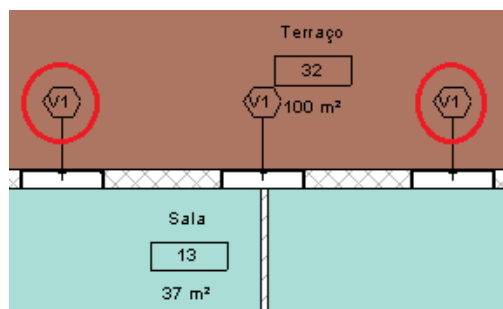


Figura 56 – Inserção de etiquetas.

Através do mesmo método de classificação, o Revit prevê uma opção para indicar a área de um objeto classificado como *Room* (quarto). Neste caso, o Revit permite ir um pouco mais longe e criar uma planta de esquema de cores legendado, onde é possível ver os diferentes espaços classificados por cores segundo as suas designações (Figura 57).



Figura 57 – Classificação de espaços segundo o uso.

Um dos principais objetivos da classificação destes objetos, é podermos agora criar tabelas que contenham a referência ou nome do espaço. Para isso abordaremos algumas das formas de exportação de dados do Revit, para que possamos utilizar esses dados em programas de gestão de manutenção.

4.8 Proposta de utilização de dados BIM em GMAC através de Dynamo

A produção de um modelo com ferramentas BIM, deverá atingir um grau de desenvolvimento que permita extrair informação para ser exportada para outras ferramentas. Conforme já abordado na dissertação, a transferência de dados a partir de um BIM poderá ser feita com recurso a IFC, contudo existem algumas aplicações que permitem exportar a informação do BIM sob a forma de Excel.

Neste subcapítulo foi explorada a utilização de um *plug in* para o Revit® denominado de Dynamo®. Este *plug in* é um interface de programação gráfica (design computacional) que permite a um projetista modelar de forma visual a lógica dos dados BIM, visualizando simultaneamente o comportamento geométrico. Dynamo é uma ferramenta gratuita com uma comunidade ativa *Open Source*.

A ferramenta funciona em paralelo com o projeto ativo em Revit, permitindo simultaneamente manipular o desenho e visualizar o efeito no modelo. A utilização de Dynamo começa através da interação de nós. A cada nó é designada uma função de entre um conjunto considerável de comandos. Em cada nó existe uma correspondente entrada e saída - portas, através das quais são feitas ligações – conectores. As portas só podem ser ligadas a

outras portas cujo tipo de *output* numa das portas, corresponda ao tipo de *input* da outra. O conjunto produzido pelos nós e conectores, cria o *workflow* (Kensek, 2014).

No âmbito da dissertação, e no seguimento da produção de plantas temáticas, como a da Figura 55, foi efetuada uma modelação da informação da categoria “rooms” e foram extraídas as “áreas” e “nomes” dos espaços. Através da ferramenta Dynamo foram escolhidos os parâmetros pretendidos, e foi criada uma tabela em *Excel* com os dados exportados (Figuras 58 e 59).

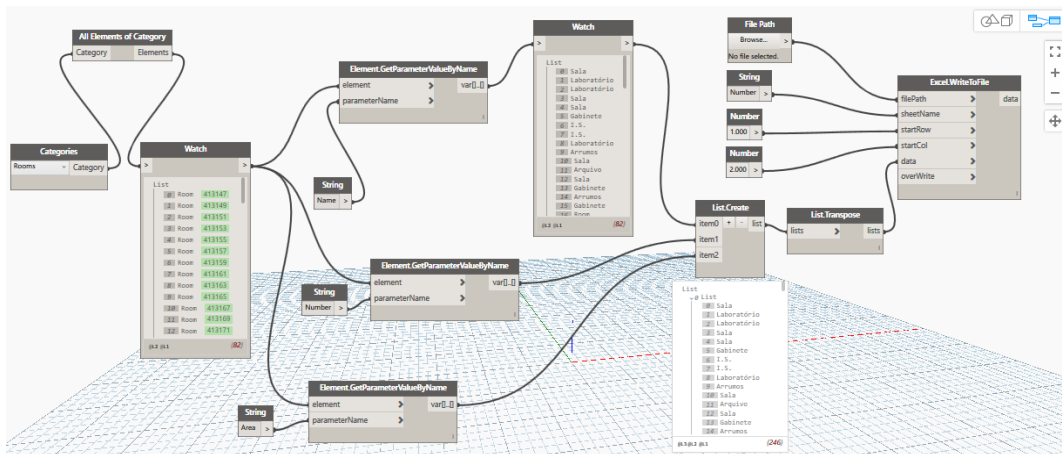


Figura 58 – Esquema de comando em Dynamo para produção de tabela de espaços com nome, área e número de sala.

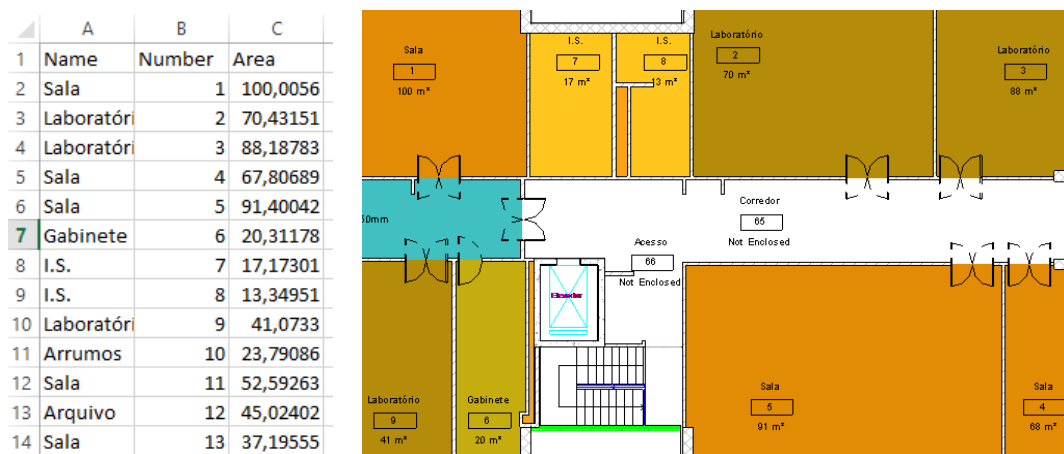


Figura 59 – Base de dados, criada em Excel, através de exportação do BIM.

Na Figura 60, está representada a base de dados e o modelo BIM, utilizado a modelação em Dynamo (Figura 61) para obter uma tabela com algumas características da rede de abastecimento de água fria (*Domestic cold water*) e esgotos (*Sanitary*) considerando a

inclusão do comprimento de cada segmento de tubagem, nó de ligação, diâmetro e cota de elevação.

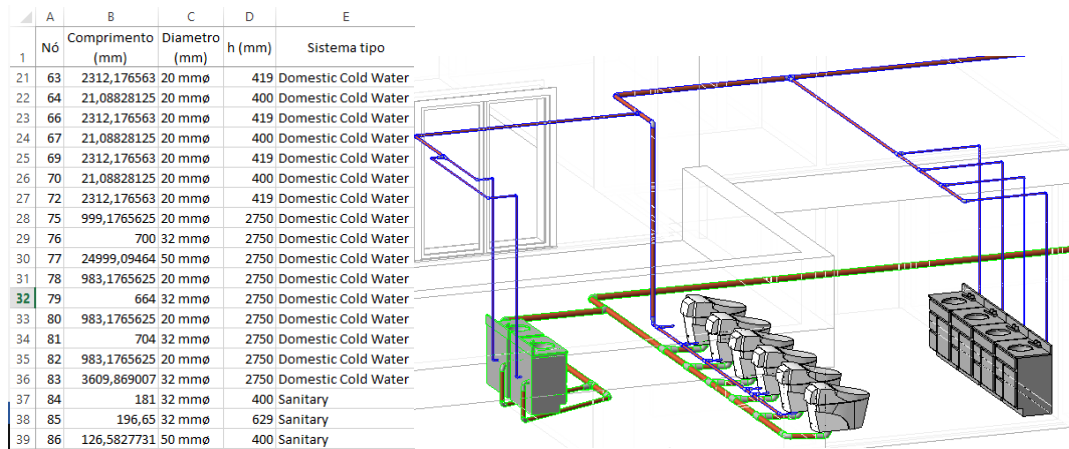


Figura 60 - Base de dados, criada em Excel, através de exportação do BIM.

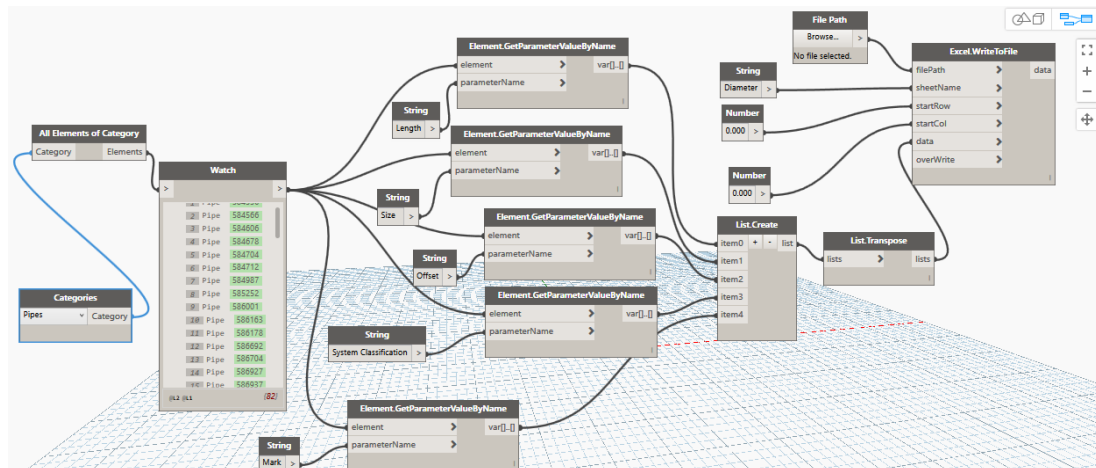


Figura 61 - Esquema de comando em Dynamo para produção de tabela de características da tubagem da rede de águas e esgotos.

A utilização de Dynamo no desenvolvimento final do objetivo da dissertação, permitiu demonstrar das potencialidades da ferramenta na forma como se pode explorar, manipular, exportar/importar os dados. Não era do âmbito da dissertação a comparação de outras soluções equivalentes, contudo, da abordagem da literatura existente da utilização de outras aplicações, Dynamo demonstrou ser capaz de dar resposta à metodologia proposta na dissertação.

A Figura 62 representa a eventualidade em explorar o desenvolvimento de aplicações que permitam aos utilizadores de GMAC importar/ exportar os dados entre o modelo BIM e a aplicação de gestão de manutenção.

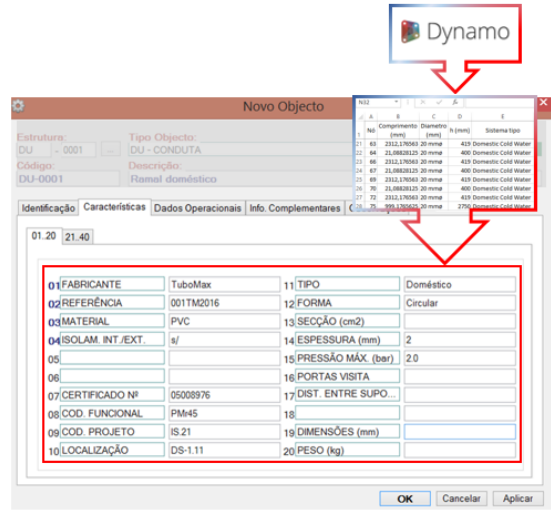
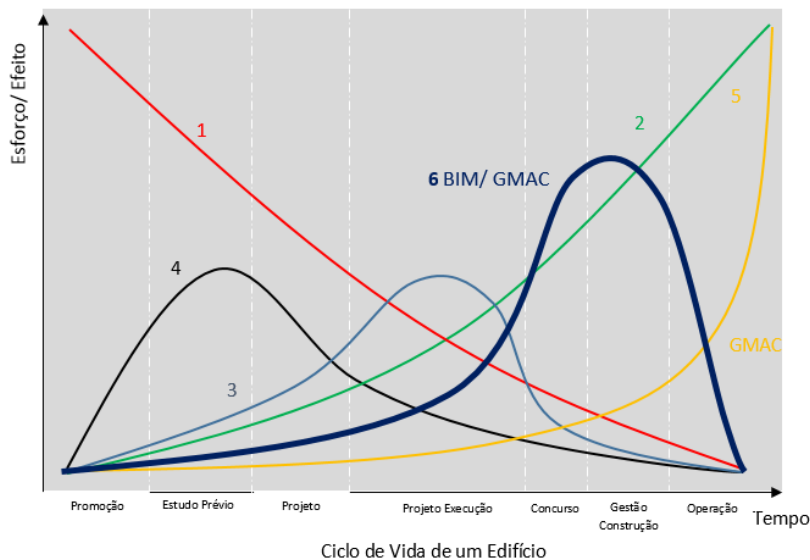


Figura 62 – Contributo de Dynamo para fornecer informação a GMAC a partir de BIM.

Na figura 63 é feita uma adaptação à Curva de Macleamy, considerando o contributo da Metodologia BIM pode dar na implementação de ferramentas de GMAC – linha 5.



- Linha 1: Impacto nos custos e nas capacidades funcionais;
- Linha 2: Custo de alterações no projeto;
- Linha 3: Distribuição do esforço no processo tradicional;
- Linha 4: Distribuição do esforço na metodologia BIM;
- Linha 5: Distribuição do esforço de GMAC no processo tradicional;
- Linha 6: Distribuição do esforço de GMAC na metodologia BIM;

Figura 63 - Curva de Macleamy com efeito em GMAC.

5 CONCLUSÕES

A metodologia BIM representa uma nova forma estruturada de desenvolver um conjunto de procedimentos em torno do edifício. Apesar de a metodologia estar ainda a dar os primeiros passos em Portugal, já existe uma noção da sua inevitabilidade e daquilo que ela representa para a indústria de AECO. Ao longo do desenvolvimento da dissertação, foi possível verificar a forma persistente com que a mesma tem vindo a ser implementada no mundo inteiro. O conceito intrínseco de BIM, na forma como a informação é partilhada e a forma como se dá primazia à ligação da informação a todos os intervenientes, é a maior mais-valia subjacente à metodologia.

A integração de BIM com ferramentas de GMAC representa mais um passo no sentido da desmaterialização de tarefas morosas, rotineiras e que a continuar a serem executadas como atualmente, representam um risco de fiabilidade e integridade de informação do edifício. A metodologia BIM representa um princípio colaborativo, e quaisquer atividades relacionadas com a gestão de manutenção, nomeadamente soluções de GMAC, devem ser no futuro, elementos a incluir na discussão de implementação de BIM em Portugal.

O contacto com o mercado de produtores de ferramentas GMAC, permite verificar que se aguarda por uma maior maturidade na implementação de BIM em Portugal. Considera-se por isso determinante incluir os produtores de soluções de GMAC, em torno da discussão de normalização e implementação. Por outro lado, o papel que os SIG têm vindo a desempenhar no planeamento e gestão de recursos, nomeadamente ao nível de planeamento urbano, leva a que cada vez mais, sejam também eles, um elemento a incluir em torno da metodologia BIM.

Os SIG são hoje elementos com uma verdadeira experiência de implementação nos serviços do estado nomeadamente nas autarquias e estruturas governamentais. Por esse motivo, existe hoje em Portugal uma estrutura de implementação que já demonstrou as suas potencialidades, nomeadamente na informatização de processos camarários com recurso a ferramentas SIG.

Para o desenvolvimento da dissertação foi fundamental abordar os aspetos relacionados com as vantagens de implementação de ferramentas GMAC na gestão de manutenção, para verificar as fragilidades existentes na atual ferramenta de gestão de pedidos (SMR). Salienta-se acima de tudo a incapacidade de consultar informação associada a eventos (histórico), e ainda a dificuldade em garantir que a informação espacial dos edifícios e equipamentos, esteja atualizada e em detalhe o suficiente para servir de apoio à atividade de gestão de

manutenção. Destaca-se ainda como ponto fraco, a morosidade de consulta de pastas e arquivos, ainda que estejam em formato digital, para aceder a informação gráfica e documental do(s) edifício(s), traduzindo numa tarefa morosa e que nem sempre atinge o sucesso. Outro aspeto negativo a evidenciar é o fato de a informação decorrente das intervenções, através das ordens de trabalho, ficar registada em papel. Qualquer análise estatística, gestão de *stocks*, consulta de estado, data da última intervenção, frequência de avaria, etc., obriga a uma tarefa de consulta a uma pasta em papel, com posterior digitalização dos dados para uma aplicação.

As soluções de GMAC representam por isso uma forma estrutural de organização e catalogação do edifício e suas componentes, que permite associar ocorrências (pedidos de intervenção) a objetos e locais.

Na dissertação foi evidenciada uma das principais fragilidades de GMAC – a morosidade e dispêndio de tempo necessário para carregar as bases de dados do *software* de gestão de manutenção, de forma a ele poder ser operável e eficiente. Por esse motivo, foi abordada a metodologia BIM, não só ferramenta agregadora de informação, mas como forma de rentabilizar a informação contida no BIM em si, para ser usada pelas soluções de GMAC.

Foi possível constatar que a implementação da metodologia BIM em edifícios já construídos, traduz-se num esforço considerável de modelação. Por outro lado é necessário definir uma estratégia quanto à adoção de regras de modelação quando se pretende modelar edifícios já construídos.

É fundamental que toda a informação recolhida durante a modelação em BIM, deva estar apta a ser utilizada e transferida para uma ferramenta de GMAC. A metodologia BIM pode uma vez mais, contribuir para criar uma forma colaborativa de partilha e transferência de informação de forma a baixar consideravelmente os custos de implementação de GMAC.

A abordagem aos SIG foi feita com o objetivo de relevar a importância que os mesmos já tem no processo de gestão de organizações de ensino superior, nomeadamente nas capacidades de consulta, visualização e disponibilização da informação via *WebGIS*.

5.1 Limitações à investigação

A implementação prática da interligação de BIM a GMAC não foi concretizada na sua plenitude porque requeria o acesso a programação em *softwares* nativos de empresas detentoras de GMAC's. Do contacto feitos a essas empresas, foi possível reter que embora

estejam “atentas” ao conceito de BIM e suas aplicações, ainda não investiram conhecimento para estudar soluções de interligação ou integração das suas aplicações ao BIM. Por outro lado, todas elas permitem uma interoperabilidade ao nível de bases de dados em formato *Excel*, ou seja, os detentores das ferramentas GMAC permitem que as suas bases de dados (BD) sejam alimentadas por outras já existentes. Isto deve-se ao fato de serem ferramentas que gerem ativos dos edifícios e por isso, ser necessário carregar as BD desses ativos nas suas aplicações.

Como principal limitação ao desenvolvimento da dissertação está a dificuldade em despende um significativo tempo a conhecer e apreender as soluções de GMAC existentes no mercado em Portugal, que operam num mercado concorrencial e cujas potencialidades estão em constante progressão.

5.2 Desenvolvimentos futuros

A metodologia BIM deverá no futuro, evoluir no sentido de criação de soluções de visualização e consulta, permitindo uma forma mais “*user friendly*” de uso e manuseamento de informação. A complexidade e riqueza de informação produzida numa ferramenta BIM, deverá ser implementada em modelos de “*front office*” que permitam o acesso e utilização da informação de BIM através de uma estrutura simples e orientada ao tipo de uso. Nesse aspeto, a metodologia SIG, poderá dar o seu contributo na forma como tem vindo a criar soluções de *WebGis*, com funções de utilização acessíveis e interativas.

A interoperabilidade da informação produzida em ferramentas BIM, deverá ser explorada com efeito a estabelecer um canal mais simples de transferência de informação. A utilização de ferramentas como o Dynamo é, sem dúvida, uma metodologia a desenvolver em futuros trabalhos dadas as capacidade infundáveis e potencial de programação. Ao explorar a utilização de Dynamo na dissertação, foi possível ver a forma lógica e ao mesmo tempo, visual, de transpor dados de uma base de dados convencional (*Excel*) para dentro de BIM e vice-versa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AL-NAJJAR, B., 2007 – The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. *International Journal of Production Economics*, Vol. 107, No.1, pp 260-273, doi: 10.1016/j.ijpe.2006.09.005
- ALVES, A., 2008 – *Sistemas Integrados de Manutenção: Processo SIM*. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto
- AZENHA, M., LINO, C., CAIRES, B., & COUTO, J., 2013 – *Building Information Modelling: Conceção, Projeto e Construção*. Guimarães, Braga.
- BALL, M., – 2011 – *Is it inevitable for BIM and GIS to force diferente pathways?*
https://www.academia.edu/5126014/INFRASTRUCTURE_BUILDING_INFORMATION_MODELLING_I-BIM_
- BARATA, J., 2004 – *GMAC - Computerized maintenance management systems: uma abordagem integrada para PME's industriais*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- BARREIROS, T., 2012 - *Sistema de Gestão da Manutenção de Equipamentos e Instalações Técnicas*. Dissertação de Mestrado. FEUP, Porto.
- BATISTA, M., FERNANDES, J., VERÍSSIMO, A., - *Abordagem simples aos modos de falha com recurso a um software de organização e gestão da manutenção*. (URL: http://manwinwin.com/PT/docs/MB_Modos_de_Falha_Congresso_APMI.pdf) consultado em 21/10/2016.
- BUILDINGSMART, 2013 - *IFC4 – the new buildingSMART Standard*. 12 de Março de 2012 – disponível em: (URL: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf) acedido em 13/05/2016.
- CABRAL, J. 2013 - *Gestão de Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. 3.^a edição - Lidl: Lisboa.
- CALEJO, R., 2001 – *Gestão de edifícios: Modos de simulação técnico-económica*. Dissertação de Doutoramento. FEUP, Porto.
- CASTRO, M. e OLIVIERA, A., – *Aspetos da Teoria de Bases de Dados – UA2 NOVA IMS*, Lisboa
- CEROVSEK, T., 2013 – *Bim Lifecycle/ BIM-FM - BIM Internacional Conference (2013)*, Porto, Portugal, pp 5/57 - <https://docs.google.com/file/d/0B-Q651RX0S3wR0ZPb0VaZXktWXc/edit>

- COLINS, G. 2013 – *Integrating BIM with GMAC* - myfacilitiesnet (URL: <https://myfacilitiesnet.com/general/f/6298/t/10778>) acedido em 26/07/2016.
- COSTA, A., 2012 – *Processo de modelação BIM*. Magazine Digital eUAU! – Janeiro.
- COUTO, J E TEIXEIRA, J.M.C., 2006b - A qualidade dos projectos : uma componente para a competitividade do sector da construção em Portugal – *Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios* - “NUTAU`2006: Inovações Tecnológicas – Sustentabilidade”. Núcleo de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Brasil.
- COUTO, J., & TEIXEIRA, J., 2006a – *As consequências do Incumprimento dos Prazos para a Competitividade da Indústria de Construção: Razões para os Atrasos*. Guimarães, Universidade do Minho.
- CURT, 2014 - *Collaboration, Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*. Agosto (2004). <http://codebim.com/wp-content/uploads/2013/06/CurtCollaboration.pdf>
- DBL, 2014 – *Level of detail for BIM*. 08 Julho de 2016 - disponível em: (https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Level_of_detail_for_BIM) acedido em 21/03/2016.
- DROWER, M., 1985 – *A Life in Archeology*. Victor Gonnanez Lda., Londres.
- EASTMAN, C. [et al.] (2010). *Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards*. Journal of Computing in Civil Engineering, vol. 24, n.º 1 p. 25.
- ENVOLVE, 2014 – *LOD=LOD+LOI*. 31 Outubro 2014 – disponível em: (URL: <http://www.evolve-consultancy.com/resource/bim-brief/lod-lod-loi>) acedido em 21/03/2016.
- FALORCA, J., RODRIGUES, C., & DA SILVA, M. 2011 – *A utilidade das aplicações informáticas na gestão da manutenção de edifícios*. Porto: FEUP. (URL: https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/4-QLI-GESCON2011_Artigo_Jorge_Falorca+Rui_Calejo+Mendes_da_Silva.pdf) acedido em 28/10/2016.
- FERREIRA, B., 2015 – *Desenvolvimento de Metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação*. Dissertação de Mestrado. FEUP, Porto.
- FITCH, M., 1982 – *Historic Preservation: Custorial Management of the Built World*. MacGraw Hill, Nova York.
- FMSYSTEMS, 2015 - *Ensured Success with a distributed BIM lifecycle process*. 7 Maio 2015. (URL: <https://fmsystems.com/blog/distributed-bim/>) acedido em 21/04/2016.

- GIL., J. 2013 – *The backbone of a City Information Model (CIM). Pedagogy meets Big Data and BIM*. U.C.L. Londres, Vol. 9.
- GOEDERT, J., & MEADATI, P., 2008 – *Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling*. J. Constr. Eng. Manage., 134(7), pp. 509-516.
- GOMES, F., 2012, *Descubra a diferença entre BIM e GIS e aprenda a elaborar projetos inteligentes*. Autodesk Customer Success Engineer – Brasil /LA.
- GONÇALVES L., A. ALMEIDA, A. P. FALCÃO, S. ILDEFONSO, 2016 - *3D-GIS HERITAGE CITY MODEL: Case study of the Historical City of Leiria*. Proceedings of 19th AGILE International Conference on Geographic Information Science, ISBN 978-3-319-33782-1, Helsinki, Filand, June 14-17
- GONÇALVES, C. E MORTAL, A. 2005 – A Gestão de Manutenção nos Hotéis de 4 e 5 Estrelas no Algarve. *Artigo e comunicação apresentada no 8.º Congresso Nacional de Manutenção (APMI), AIP/FIL; Lisboa.*
- GONÇALVES, C., 2014 – *Gestão da Manutenção em edifícios – Modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green)*. Dissertação de Doutoramento, FCT-UNL, Lisboa.
- GONÇALVES, C., DIAS, J., MACHADO, V., 2014b - Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. *Internacional Journal of Management Science and Engineering Management*, Taylor & Francis. doi: 10.1080/17509653.2014.954280.
- HARRIS, J., 2010 - *Integration of BIM and Business Strategy*. Northwestern University, Evanston, IL: McCormick School of Engineering and Applied Science.
- KENSEK, K., NOBLE, D., 2014 - *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. (URL: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/111933/1/06-03-2015-2.pdf>. acessado em 18-08-2016).
- KUNZ, J., 2012 - *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center For Integrated Facility Engineering.
- LAVY, S., 2008 - Facility Management practices in higher education buildings: A case study. *Journal of Facilities Management*, Vol. 6 Iss: 4 pp 303-315, 2008, doi: 10.1108/14725960810908163;
- LEE, H e SCOTT, D., 2009 - Strategic and operacional factos influence on the management of building maintenance operation process in sports and leisure facilities. *Journal of Retail & Leisure Property*, Vol.8, N.º 1, pp 25-37, Hong Kong.
- LEWIS, A., FOSTER, B., 2013 – *BIM and COBie: Taking GMAC to Next Level*: <http://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-and-Cobie-Taking-GMAC-to-Next-Level--14048>

- LLOYD'S, 2012 - *The Lloyd's building*. Londres, 25 Maio 2012 - disponível em: (URL:<http://www.lloyds.com>) acedido em 10/03/2016.
- LOVE, P., MATHEWS, J., SIMPSON, I., HILL., A., OLATUNJI, O. 2013 - *A benefits realization management building information modeling framework for asset owners*. Elsevier Journal.
- MIGNARD, C., NICOLLE., C 2014 - Merging BIM and GIS using ontologies application to urban facility management in ACTIVE3D. *Journal Computers and Industrie* – Vol. 65, Issue 9 – pp 1276-1290.
- O'DONNELL e NACCARATO, 2012 - *Clash detection in BIM Modeling*. 28 de Fevereiro 2012. (URL: http://www.associationofconstructionanddevelopment.org/articles/view.php?article_id=10780&page_number=30). Acedido em 31/9/2016.
- ONEDA, G., 2015 - *LOD (Level of Detail) - ND (Nível de Detalhe) - Projeto BIM*. 12 de Outubro 2015 - disponível em: (URL: <https://www.linkedin.com/pulse/lod-level-detail-nd-n%C3%ADvel-de-detalhe-projeto-bim-lisboa-oneda>) acedido em 24/03/2016.
- PATACAS, J., & CACHADINHA, N. 2012 - *Metodologia para suporte da colaboração na indústria AEC baseada em BIM e em interoperabilidade*. 4º Congresso nacional da construção. Monte da Caparica: FCT.
- ROCHA, P., 2005 - *Metodologias de conceção arquitetónica com base na perspetiva de Manutenção*. Dissertação de Mestrado. FEUP, Porto.
- SACKS, R., & BARAK, R. 2008 - Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice. *Automation In Construction*, vol. 17, no. 4, pp. 439-449.
- SCHLEY, M, TEICHOLZ, P., LEWIS, A., 2013 - *BIM for Facility Managers*. IFMA Facility Fusion Confrence & Expo, Los Angeles, EUA.
- SHEN, W., HAO, Q., MAK, H., NEELAMKAVIL, J., XIE, H., DICKINSON, J., THOMAS, R., PARDASANI, A., XUE, H., 2010 - *Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review*. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 24, no. 2, pp.196-207.
- SILVA J., 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*. Dissertação de Mestrado. FEUP, Porto.
- SIMÕES, D., 2013 - *Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM*. Dissertação de Mestrado, IST, Lisboa.

SOARES, J., 2013 - *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático*. Dissertação de Mestrado, ISEP, Porto.

TAVARES, A., 2009 – *Gestão de Edifícios – Informação Comportamental*. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto.

TEICHOLZ, P., 2013 – *BIM for Facility Managers*. IFMA Paul Teicholz Editor, ISBN: 978-1-118-38281-3, Maio 2013.