

**Metodologia BIM**  
Uma nova abordagem, uma nova esperança  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**João Gonçalo Andrade Freitas**  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTADOR  
Lino Manuel Serra Maia



# **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança**

Tese submetida para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na  
Universidade da Madeira por

**JOÃO GONÇALO ANDRADE FREITAS**

Orientador

*Prof. Dr. Lino Maia*

*(Universidade da Madeira)*

Coorientador

*Arq.º Filipe Abreu*

*(Gabinete de Arquitetura Nova Onda)*

Coorientador

*Eng.º Pedro Mêda*

*(Instituto da Construção - FEUP)*

Setembro 2014



Título: Metodologia BIM - uma nova abordagem, uma nova esperança.

Palavras-chave: BIM, IFC, interoperabilidade e Revit.

Keywords: BIM, IFC, interoperability and Revit.

Autor: GONÇALO FREITAS

CCCEE – Centro de Competências de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020 - 105 Funchal – Portugal, s/n

Telefone + 351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariadoscentros@uma.pt

Nota: Esta tese foi desenvolvida ao abrigo do protocolo de colaboração entre a Universidade da Madeira e o Gabinete de Arquitetura Nova Onda.

Júri:

João Paulo Martins da Silva Lobo, Professor Auxiliar da Universidade da Madeira

José Manuel Martins Neto dos Santos, Professor Auxiliar Convidado da Universidade da Madeira

Lino Manuel Serra Maia, Professor Auxiliar da Universidade da Madeira

Defesa a 3 de Dezembro de 2014

Funchal, Madeira



Para a minha família,



## RESUMO

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*), tem vindo a ganhar grande importância na indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Este conceito introduz alterações muito significativas na forma como atualmente se aborda a conceção, construção e manutenção de edifícios. Apesar da emergente utilização, não existem neste momento normas de boas práticas para a sua implementação em Portugal.

O BIM tem como princípios a integração das fases do processo construtivo, a integração e trabalho colaborativo de todas as especialidades envolvidas na fase de projeto, sendo apoiada por aplicações de visualização tridimensional. O grande potencial do conceito BIM está também na normalização da informação, sendo suportada entre outros aspetos na normalização da forma como se devem modelar os objetos. Assente nesta base são várias as potencialidades que daqui decorrem.

No âmbito desta dissertação pretende-se abordar e aplicar a metodologia BIM ao projeto de estruturas e de especialidades que foi previamente elaborado segundo a metodologia tradicional (CAD 2D). Pretende-se, clarificar a metodologia BIM e avaliar algumas das ferramentas computacionais disponíveis no mercado. O caso de estudo da presente dissertação, permitiu identificar algumas dificuldades e falhas existentes nos projetos a 2D, o que não acontece no caso da metodologia BIM.



## **ABSTRACT**

The methodology BIM (Building Information Modeling), has gained great importance in the AEC industry (Architecture, Engineering and Construction). This concept introduces very significant changes in the way how currently covered the design, construction and maintenance of buildings. Despite the emerging use, there are not currently standards of good practice for implementation in Portugal.

BIM has the principles of integration phases of the construction process, the integration and collaborative work of all specialties involved in the design phase and is supported by three-dimensional visualization applications. The great potential of BIM concept is also in standardization of information, being supported among other aspects in standardization of how one should model objects. Based on this basis are various possibilities that this implies.

Within this thesis it is intend to approach and implement BIM methodology to structures and specialties project that was previously prepared according to traditional methodology (CAD 2D). It is intended to clarify the BIM methodology and evaluate some of the computational tools available on the market. The case study of this dissertation identified a number of difficulties and failures in existing 2D designs, which does not happen in the case of BIM methodology.



## ÍNDICE

Resumo.....	vii
Abstract .....	ix
Índice.....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Índice de tabelas .....	xvii
Lista de acrónimos .....	xix
Termos e definições .....	xxi
Agradecimentos.....	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Protocolo de cooperação.....	2
1.4. Estrutura da dissertação.....	3
2. ESTADO DA ARTE .....	5
2.1. Enquadramento CAD .....	5
2.2. Enquadramento BIM .....	6
2.3. CAD versus BIM.....	8
3. BIM - BUILDING INFORMATION MODELING .....	13
3.1. Definição do BIM.....	13
3.2. Funcionalidades do BIM .....	15
3.2.1. Dimensão do modelo.....	15
3.2.2. Conceção .....	18
3.2.3. Visualização .....	18
3.2.4. Quantificação .....	19
3.2.5. Colaboração.....	19
3.2.6. Documentação.....	20
3.3. Vantagens e desvantagens do BIM.....	21
3.4. Implementação do BIM no mercado atual .....	22
3.4.1. BIM em Portugal .....	23
3.4.2. BIM no estrangeiro.....	26

3.5. BIM – Interoperabilidade e formato IFC.....	28
3.6. Impacto do BIM nas várias fases de obra.....	31
3.7. Aplicações informáticas BIM.....	33
3.7.1. Aplicações existentes .....	33
3.7.2. Aplicações informáticas de suporte BIM usadas nesta dissertação.....	35
4. CASO DE ESTUDO .....	37
4.1. Introdução.....	37
4.2. Troca de informação entre especialidades .....	38
4.3. Extensões e Suplementos .....	39
4.4. Implementação do BIM em projeto de fundações e estruturas.....	41
4.4.1. Modelo geométrico .....	41
4.4.1.1. Estrutura .....	43
4.4.1.2. Capacidade de criar novos objetos BIM.....	45
4.4.1.3. Armadura.....	58
4.4.2. Modelo Analítico.....	66
4.4.3. Medições, quantidades e custos.....	67
4.5. Implementação do BIM em projetos de instalações e equipamentos de sistemas de águas e esgotos, de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e sistemas elétricos .....	72
4.5.1. Implementação do BIM em projeto de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos .....	75
4.5.2. Implementação do BIM em projeto de instalações, equipamentos e sistemas de AVAC .....	80
4.5.3. Implementação do BIM em projeto de instalações, equipamentos e sistemas elétricos .....	83
5. NOTAS FINAIS, CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS .....	87
5.1. Notas finais.....	87
5.2. Conclusões.....	87
5.3. Perspetivas futuras.....	88
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXO	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Comparação entre um simples projeto de CAD e um projeto de BIM [1].	9
Figura 2.2 - Características físicas de uma porta.	9
Figura 2.3 - Colocação de identidades, tais como a sua descrição, fabricante, custos entre outros.	10
Figura 2.4 - Relação entre esforço/ efeito e cronograma do projeto [13].	10
Figura 3.1 - Modelo inteligente [18].	14
Figura 3.2 - Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício [19].	15
Figura 3.3 - Conjunto de erros e de sobreposições de elementos [23].	19
Figura 3.4 - Conjunto das especialidades.	20
Figura 3.14 - Edifício da Sede da Vodafone do Porto [31].	24
Figura 3.15 - Modelo BIM de uma torre de 15 andares e 5 pisos subterrâneos.	25
Figura 3.16 - Representação estrutural de um órgão de uma ETAR projetada em BIM.	25
Figura 3.17 - Projeto de estruturas de um edifício em BIM.	26
Figura 3.5 - Museu da ciência em Singapura, executado com a metodologia BIM [35].	27
Figura 3.6 - Sydney Opera House [36].	28
Figura 3.7 - Capacidade de operar entre o Revit e o Excel [37].	29
Figura 3.13 - Evolução do IFC [32].	30
Figura 3.8 - Ciclo de vida de edifício.	31
Figura 3.9 - Colisão de elementos, entre uma viga e de um tubo de esgoto.	32
Figura 3.10 - Interface do Revit Architecture.	35
Figura 3.11 - Interface do Revit Structure.	35
Figura 3.12 - Interface do Revit Mep.	35
Figura 4.1 - Modelo BIM com todas as especialidades ativas.	38
Figura 4.2 - Filtros ativos de cada elemento.	39
Figura 4.3 - Visualização da extensão Reinforcement.	40
Figura 4.4 - Visualização da opção editar família (o elemento, pilar).	42

Figura 4.5 - Ferramenta onde pode-se criar novos elementos.....	42
Figura 4.6 - Propriedades da parede selecionada. ....	43
Figura 4.7 - Visualização das propriedades físicas do betão.....	44
Figura 4.8 - Características não físicas da laje. ....	45
Figura 4.9 - Criação da família.....	46
Figura 4.10 - Modelo genérico métrico.....	46
Figura 4.11 - Planos de referência.....	47
Figura 4.12 - Visualização da extrusão. ....	47
Figura 4.13 - Visualização da extrusão de vazio.....	48
Figura 4.14 - Visualização da extrusão no vazio.....	48
Figura 4.15 - Definição do material. ....	49
Figura 4.16 - Criação da laje. ....	49
Figura 4.17 - Colocação do componente.....	50
Figura 4.18 - Carregar a família. ....	50
Figura 4.19 - Visualização da seleção do objeto.....	51
Figura 4.20 - Visualização do bloção inserido na laje. ....	51
Figura 4.21 - Visualização do bloção inserido na estrutura. ....	52
Figura 4.22 - Visualização das propriedades físicas do bloção.....	52
Figura 4.23 - Visualização da ferramenta “modelar no local”. ....	53
Figura 4.24 - Categoria e parâmetros da família. ....	53
Figura 4.25 - Visualização da caixa de diálogo “Nome”. ....	54
Figura 4.26 - Visualização da extrusão. ....	54
Figura 4.27 - Execução da extrusão.. ....	55
Figura 4.28 - Visualização da extrusão de vazio.....	55
Figura 4.29 - Execução da extrusão de vazio.....	56
Figura 4.30 - Definição das propriedades de parâmetros.....	56
Figura 4.31 - Definição da geometria padrão da laje. ....	57

Figura 4.32 - Parâmetros do objeto (laje) BIM. ....	57
Figura 4.33 - Prormenor da armadura na interseção de uma viga de fundação com uma sapata. ....	58
Figura 4.34 - Visualização tridimensional de uma emenda de armadura entre dois pilares da mesma secção. ....	59
Figura 4.35 - Aplicação direta da armadura nas nervuras. ....	60
Figura 4.36 - Aplicação direta da armadura numa escada. ....	60
Figura 4.37 - Uso da extensão “Reinforcement” na modelação da armadura num pilar de betão. ....	61
Figura 4.38 - Configurações nacionais, na aplicação “Reinforcement”.....	62
Figura 4.39 - Visualização tridimensional da armadura na interseção de duas vigas com um pilar. ....	62
Figura 4.40 - Visualização da laje. ....	63
Figura 4.41 - Visualização da criação do suposto capitel. ....	64
Figura 4.42 - Visualização da ferramenta “desunir”. ....	64
Figura 4.43 - Visualização da armadura do capitel. ....	65
Figura 4.44 - Visualização do “estender” a armadura da laje para o capitel. ....	65
Figura 4.45 - Visualização do modelo geométrico e analítico. ....	66
Figura 4.46 - Modo de efetuar a tabela do pilar selecionado. ....	67
Figura 4.47 - Tabela com o comprimento dos pilares, material e volume dos pilares. ....	68
Figura 4.48 - Visualização da altura do pilar selecionado. ....	69
Figura 4.49 - Visualização da altura do pilar [43]. ....	69
Figura 4.50 - Visualização da parede selecionada. ....	70
Figura 4.51 - Visualização da altura da parede [43]. ....	70
Figura 4.52 - Visualização da medição laje selecionada. ....	71
Figura 4.53 - Visualização da medição laje [43]. ....	71
Figura 4.54 - Visualização da armadura do pilar selecionado. ....	72
Figura 4.55 - Lista de material, tipo de sistema e respetivo comprimento. ....	74
Figura 4.56 - Visualização do equipamento selecionado. ....	75
Figura 4.57 - Visualização da criação da canalização de esgoto. ....	76

*Índice de figuras*

Figura 4.58 - Visualização da criação de sistemas hidráulicas. ....	77
Figura 4.59 - Visualização da instalações hidráulicas ativas. ....	77
Figura 4.60 - Visualização de uma parcela do projeto de águas e esgotos em CAD. ....	78
Figura 4.61 - Visualização tridimensional de uma parcela do projeto águas e esgotos em Revit. ....	79
Figura 4.62 - Projeto de abastecimento de água e projeto residual. ....	79
Figura 4.63 - Visualização da criação da conduta. ....	80
Figura 4.64 - Visualização do tipo de sistema de AVAC. ....	81
Figura 4.65 - Visualização de uma parcela do projeto AVAC em CAD. ....	81
Figura 4.66 - Visualização tridimensional de uma parcela do projeto de AVAC em Revit. ....	82
Figura 4.67 - Projeto de abastecimento de água e projeto de AVAC em CAD. ....	82
Figura 4.68 - Visualização de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em CAD. ....	83
Figura 4.69 - Visualização 2D de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em Revit. ....	84
Figura 4.70 - Visualização 3D de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em Revit. ....	84
Figura 4.71 - Projeto de eletricidade e projeto de abastecimento de água em CAD. ....	85

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 3.1 - Dimensão do modelo. ....	16
Tabela 3.2 - Empresas mundiais que utilizam a metodologia BIM [4]. ....	33



## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

JPEE – Jornadas Portugueses de Engenharias e Estruturas

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

IFC – Industry Foundation Classes

MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

MIT – Massachussets Institute of Technology

PCT – Parametric Technologies Corporation

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

DOS – Disk Operating System

GSA – General Services Administration

BCA – Construction Authority

RAM – Random Access Memory

CURT – Construction Users Roundtable

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IDAT – Institute of Digital Art and Technology

AIA – American Institute of Architects



## **TERMOS E DEFINIÇÕES**

De modo a facilitar e clarificar a leitura desta dissertação, apresentam-se de seguida alguns termos e definições utilizados na bibliografia relativamente a metodologia BIM.

BIM – é um modelo de organização de informação, que permite representar de forma consistente e coordenada toda a informação relativa a um edifício.

CAD – é o nome genérico de sistemas computacionais utilizados pela engenharia entre outras áreas para facilitar o projeto e desenho técnicos [2].

Interoperabilidade – define-se como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem dados entre si [3].

IFC – Industry Foundation Classes, é um modelo com linguagem em formato aberto, compatível com várias aplicações BIM, permitindo uma padronização do processo construtivo [4].

As-Built – é uma expressão inglesa que significa “como construído” – expressão normalmente usada para as “telas finais” [5].

MEP – permite a modelação de um projeto relativamente à construção elétrica, hidráulica e mecânica.

AVAC – englobam os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado ou seja os sistemas que permitem controlar os valores máximos e mínimo da temperatura e da humidade relativa bem como a qualidade do ar interior [6].



## **AGRADECIMENTOS**

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida e o início de uma nova etapa. Gostaria de agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a sua concretização.

Ao meu orientador, Professor Dr. Lino Maia, pela atenção e pela disponibilidade na orientação desta dissertação.

Ao meu coorientador, Arquiteto Filipe Abreu, por todo o apoio e dedicação sobretudo pela confiança depositada para fiscalização de uma obra.

Ao meu coorientador, Engº Pedro Mêda, pela orientação, correção e informação disponibilizada.

Ao Arquiteto Edgar Gonçalves, pela sua ajuda, pelas conversas, pelas opiniões diferentes, ideias a desenvolver e disponibilidade em me ajudar ao longo desta etapa.

À Petra, pelo seu apoio incondicional ao longo destes anos e paciência, pelas palavras de motivação nos momentos mais difíceis e por toda a sua dedicação.

Por fim, à minha família, em especial aos meus pais, por me terem proporcionado a minha formação académica.

Funchal, setembro 2014

Gonçalo Freitas



# 1

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1. INTRODUÇÃO

A engenharia desde sempre esteve ligada a importantes progressos tecnológicos, que tiveram um impacto profundo na forma como hoje interagimos e vivemos com o mundo que nos rodeia [6].

A utilização de *software* de projeto e de modelos de informação avançados permitiu à engenharia a análise de qualquer aspeto conceptual do produto, desde as suas características físicas e operacionais até ao seu comportamento em condições reais de utilização e requisitos necessários à sua concretização. A adoção da utilização de protótipos digitais tornou os produtos mais eficientes e ajustados ao seu propósito, com um *design* mais adaptado [7].

Hoje, os mesmos conceitos tecnológicos estão a ser aplicados a projetos de edifícios. Num mercado cada vez mais pressionado pelo controlo de custos e por novas tendências, nomeadamente em termos ecológicos e ambientais, arquitetos e engenheiros procuram novas ferramentas que lhes permitam obter mais e melhor informação do que aquela que lhes é oferecida pelos processos mais tradicionais de projeto, assentes em sistemas de CAD (*Computer Aided Design*) convencionais. As mais avançadas destas ferramentas foram desenvolvidas sobre um novo conceito: BIM (*Building Information Modeling*) [7].

Este novo conceito BIM está numa fase de implementação alargada. Todos os dias, aumentam os âmbitos e as possibilidades oferecidas por este conceito, tornando-se assim imperativo identificar possibilidades e criar condições necessárias para as tomar uma realidade.

## 1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação pretende aprofundar e esclarecer o conceito de regras de modelação e níveis de desenvolvimento, quando é proposta a execução e a gestão de um projeto com a metodologia BIM. Assim, tendo como ponto de partida um projeto de execução elaborado segundo a metodologia tradicional (peças desenhadas em CAD 2D) os objetivos principais desta dissertação são:

1. Realizar a modelação do projeto de estruturas e vários projetos de especialidades segundo a metodologia BIM, avaliando a capacidade de comunicação e troca de informação entre o projeto realizado por diferentes especialidades, a capacidade de agregação e gestão de toda a informação respeitante ao projeto e com um detalhe mais aprofundado na especialidade de estruturas, num só modelo BIM e a capacidade de comunicação e troca de informação entre o mesmo.
2. Identificar casos em que o *software* escolhido para a modelação necessite de melhorias na produtividade e criar modelos de objetos novos possíveis de poderem ser utilizados posteriormente na elaboração de outros projetos.
3. Identificar e avaliar casos em que a aplicação da metodologia BIM apresente elevado potencial para gerar mais-valias relativamente à metodologia tradicional de execução e gestão de projetos, nomeadamente avaliar o potencial para realizar automaticamente as medições e o potencial da utilização desta em revisão de projeto.

## 1.3. PROTOCOLO DE COOPERAÇÃO

A presente dissertação é proporcionada através de um acordo com o “Gabinete de Arquitetura Nova Onda”, para a utilização do projeto de uma lavandaria do Hospital Dr. Nélio Mendonça, situado na Avenida Luís de Camões, Funchal. Nesta colaboração foram salvaguardados dados confidenciais.

Neste âmbito, os dados empresariais, utilizados ao longo da dissertação correspondem a dados reais, evidenciando apenas as propriedades físicas de um elemento e não dos elementos totais do edifício. De igual modo, as quantidades, medições e custos (orçamentação), não foram expostas devido ao projeto não estar divulgado a concurso público, tornando esta informação interna.

## 1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação obedece a uma divisão em cinco capítulos, dos quais o primeiro é a presente introdução, onde são apresentados os objetivos subjacentes à realização deste estudo.

No segundo capítulo, apresenta-se o enquadramento histórico do CAD e BIM, como também o que distingue entre estes dois conceitos.

No terceiro capítulo, é feita uma análise à bibliografia existente relativa a esta metodologia e onde são analisadas, uma breve definição do BIM e as suas funcionalidades, as vantagens e desvantagens do mesmo, como a sua utilização, as aplicações informáticas e a implementação do BIM no mercado atual.

O quarto capítulo, é dedicado ao caso de estudo, em que de forma sintetizada aborda a troca de informação entre as especialidades, a diferença entre o modelo geométrico e analítico e implementação do BIM em projeto de fundações e estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento ventilação e ar condicionado AVAC, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos e instalações, equipamentos e sistemas elétricos.

O último capítulo apresenta as notas finais, as principais conclusões obtidas e perspectivas futuras de pesquisa e desenvolvimento para investigações posteriores relacionadas com o tema.

Após o capítulo das notas finais são ainda apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na redação da presente dissertação e por último, em anexo a esta dissertação apresenta-se o artigo científico que foi elaborado com base no trabalho realizado nesta dissertação e que foi publicado nas atas do congresso nacional JPPEE2014 – 5<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas.



# 2

## ESTADO DA ARTE

### 2.1. ENQUADRAMENTO CAD

Os primeiros desenhos técnicos foram feitos por Leonardo da Vinci no século XV, impulsionando essa representação com o estudo do desenho e da pintura. Na época, criar peças tridimensionais era um desafio até que, quase 300 anos depois, Gaspar Monge criou um sistema capaz de representar um objeto com precisão em 3D, tornando-se a base do desenho técnico atual.

A Geometria Descritiva nasceu no século XIX, criada pela Comissão Técnica TC 10, com a necessidade de padronização do desenho técnico, tornando-se assim a principal forma de representação técnica a partir do desenho [8].

Antes da década de 80, os desenhos eram feitos diretamente nos formatos em papel em cima de pranchetas, igualmente eram usados diversos acessórios para criar os desenhos como por exemplo: canetas de nanquim, esquadros, régua “T”, bolómetros, curva francesa, aranhas (para desenvolver a escrita) entre outros.

Com a grande expansão do uso de computadores, na década de 80 e 90 foram desenvolvidos diversos programas habilitados a criar desenhos com maior complexidade e reduzindo muito o tempo de execução, o que criou uma reformulação dos métodos de trabalho de diversos setores. O sistema CAD nasceu a partir daí, sendo capaz de criar desenhos precisos e utilizados pelas áreas de engenharia, geologia, geografia, arquitetura e *design* [8].

Em 1982, a empresa Autodesk lançou uma grande novidade: a sigla CAD que significa, desenho auxiliado por computador.

A Autodesk quando apresentou o AutoCAD, esta não idealizava as proporções que o *software* poderia conquistar, o próprio nome do *software* não era AutoCAD mas sim MicroCAD. Inicialmente o sistema

CAD foi desenvolvido para alguns tipos de sistemas operacionais como CP/M (programa de controlo para microcomputadores), esse era um sistema operacional que rodava em disco e foi expandido para trabalhar com os processadores da Intel. O AutoCAD também funcionava bem com o DOS (sistema operacional em disco) e o Unix (sistema operacional portátil, multitarefa e multiusuário) [9].

O AutoCAD nessa época era um *software* muito limitado, todavia começava a criação e a expansão de um programa capaz de criar desenhos de uma forma muito prática e financeiramente acessível às pequenas empresas de projetos.

A Autodesk, passados alguns anos não desenvolveu mais o *software* para trabalhar com os sistemas operacionais DOS e Unix, ao invés disso a Autodesk estabeleceu uma grande cooperação com a Microsoft e passou cada vez mais a desenvolver o AutoCAD para ter grande desempenho na plataforma Windows [9].

Presentemente, a Autodesk oferece mais de 30 *softwares* diferentes para cada segmento do mercado, cada um deles possui recursos aplicados para a área que se propõem a atender, dessa forma a Autodesk conseguiu até hoje liderar o mercado destes *softwares* com muita destreza e qualidade.

## 2.2. ENQUADRAMENTO BIM

Atualmente existem duas hipóteses para a origem da sigla BIM. A primeira surgiu na década de 70 do século XX, pelo Professor Charles M. Eastman, do Instituto de Tecnologia da Georgia, uma vez que *Building Information Model* é basicamente o mesmo que *Building Product Model*, termo que o professor tem usado extensivamente nos seus livros e documentos. A segunda hipótese afirma que Eastman criou o conceito mas não o termo, e considera que terá sido o arquiteto e estratega da indústria Phil Bernstein da Autodesk, a usar pela primeira vez o acrónimo BIM para *Building Information Modeling*. A sigla foi popularizada por Jerry Laiserin ao padronizar o termo como um nome comum para a representação digital de um processo de construção de edifícios [10].

Devido à necessidade de uma representação mais rigorosa e detalhada dos pontos de construção de uma obra surgiu o conceito BIM com a sua evolução ao longo das décadas, nomeadamente BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0.

No que diz respeito ao BIM 1.0, este baseia-se na substituição de projetos bidimensionais em CAD por modelos em 3D. Na fase inicial, não havia colaboração entre os diferentes profissionais envolvidos num projeto, sendo um processo individual reservado a projetistas. A computação gráfica tem

evoluído constantemente, proporcionando novas ferramentas que aperfeiçoaram os métodos de elaboração dos projetos. Alguns *softwares* passaram a ser comercializados no final da década de 70 e início da década de 80, como a título de exemplo o AutoCAD da Autodesk [11].

O uso de *softwares* que possibilitavam a elaboração de projetos em 3D, iniciou-se na década de 90, porém apenas com o uso de objetos vetoriais, sem a inserção de informações pertinentes ao projeto.

Um grupo de formandos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em conjunto com um grupo de ex-funcionários da empresa de *softwares* PCT (*Parametric Technologies Corporation*) e alguns investidores fundaram a empresa Revit Technologies Corporation, em 1997, depois de um grande investimento e colocaram no mercado o Revit que revolucionou a indústria de *softwares* para a construção, por ser o primeiro *software* de modelação de edifícios paramétricos no mercado [11].

As funcionalidades dos *softwares* para a modelação, entre elas, o aumento das informações obtidas durante a execução da modelação, aumentaram com as novas pesquisas e com o passar do tempo. O desenvolvimento de plataformas que permitem convergir essas informações tornou-se não apenas desejável, mas também uma necessidade para se trabalhar com todo o projeto como um produto único.

Passando ao BIM 2.0, este inicia com a utilização do BIM por parte de outros profissionais além dos projetistas. Como base a cooperação entre todos os intervenientes num projeto, trocando informações vitais, proporcionando a interoperabilidade, mas com algumas restrições, porque cada perito utiliza programas diferentes que vão dar origem a ficheiros incompatíveis. Dados, tais como tempo e custos, começam a ser associadas aos modelos [11].

Os simuladores de projetos foram lançados, no final do ano 2004. Neles a integração estende-se além das plataformas CAD, utilizando-se *softwares* de gestão, como Microsoft Project, Primavera e similares, isto é, além da modelação em 3D, pode-se integrar também ao modelo um cronograma das atividades, possibilitando a simulação do projeto antes da execução [11].

Deste modo é possível visualizar e compatibilizar todos os projetos de uma construção, transformando-os num único modelo interativo. Pode-se visualizar com precisão qualquer estágio da obra, tornando possível a deteção de interferências e análise de pontos críticos durante execução de forma visual. Presentemente, a forma mais usual da aplicação do BIM é o 4D, o termo 4D refere-se ao tempo de construção do projeto, isto é, o modelo 3D (tempo/datas). Contudo há uma forma mais completa de aplicação que reúne todos os custos do projeto, esta designa-se de 5D, já estando disponível a designação 6D e 7D (sustentabilidade e aplicação de gestão de aplicações).

Por último, o BIM 3.0 consiste na troca de informação entre os especialistas envolvidos num projeto, começando a ser realizada por meio de protocolos abertos como o IFC (*Industry Foundation Classes*, ver subcapítulo 3.7.3), permitindo a criação de um modelo de dados completo sobre a construção de um edifício [11].

### 2.3. CAD VERSUS BIM

As melhorias tecnológicas, ligadas aos processos de construção, estão em constante evolução, passando desde os desenhos desenvolvidos em lápis e papel, até às representações virtuais tridimensionais com a inclusão de sistemas complexos de produção e desenvolvimento dos projetos [12].

A implementação do *software* CAD, em substituição ao lápis e papel, trouxe uma melhor metodologia de trabalho e eficiência no tratamento dos projetos, seja no que diz respeito à criação do desenho ou na sua edição. Por meio dos sistemas CAD os elementos (linhas, pontos, textos entre outros) são inseridos num espaço virtual através de vetores de coordenadas com precisão matemática [12].

Inicialmente com objetos 2D, os sistemas CAD evoluíram ao oferecer elementos 3D para a construção de superfícies e sólidos num espaço tridimensional. Apesar desta significativa evolução (Figura 2.1), a forma de projetar em sistemas CAD não pode ser considerada uma mudança de paradigma, visto que apenas as ferramentas de desenho foram transferidas para o computador, diminuindo erros, tempo e proporcionando maior facilidade para a aplicação de alterações necessárias, ou seja, a modelação ficou mais eficiente, mas o resultado final manteve-se para fim de representação.

O conceito BIM prevê a construção em ambiente 3D virtual de objetos característicos e não da sua representação. Tais objetos chamados de objetos inteligentes (objetos paramétricos de construção), apresentam, além das propriedades espaciais associadas à sua representação, propriedades intrínsecas aos mesmos. Se utilizarmos o objeto “porta” a título de exemplo, teremos nos *softwares* CAD a representação geométrica do objeto em ambiente 2D e/ou 3D através de linhas. No conceito BIM, a porta (Figura 2.2 e 2.3) em questão é uma entidade única que tem os seus elementos geométricos e propriedades intrínsecas definidas.

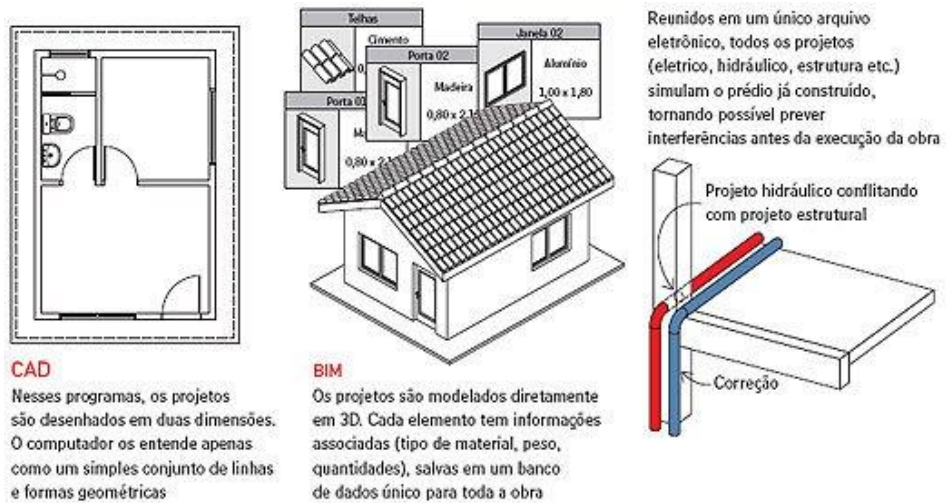


Figura 2.1 - Comparação entre um simples projeto de CAD e um projeto de BIM [1].

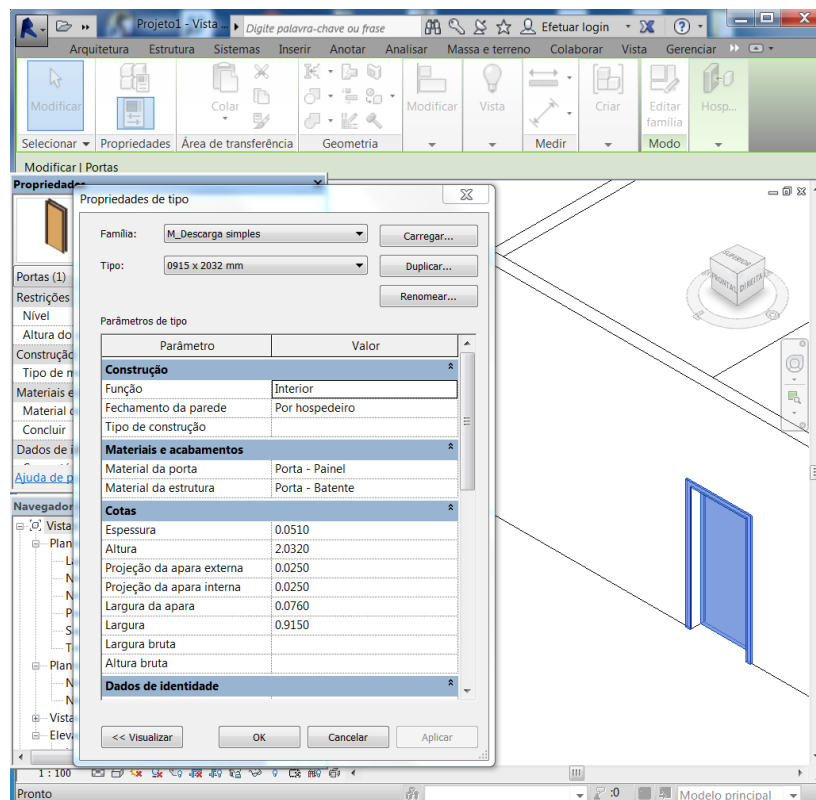


Figura 2.2 - Características físicas de uma porta.

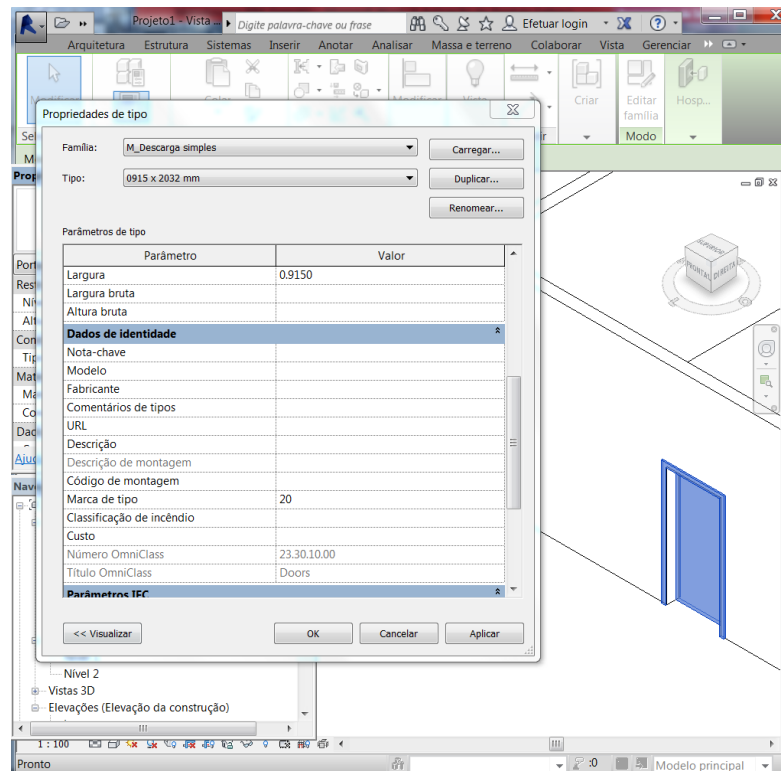


Figura 2.3 - Colocação de identidades, tais como a sua descrição, fabricante, custos entre outros.

Na Figura 2.4, apresenta-se um gráfico representativo da relação esforço/efeito versus cronograma do projeto onde observa-se que no início da utilização do processo BIM, este tem mais esforço em relação ao método convencional CAD. Ainda que no processo BIM o custo das alterações é menor do que no método convencional. Permite antecipar a tomada de decisão no decurso do projeto com conseqüências ao nível da redução de custos e melhoria da qualidade final da construção.

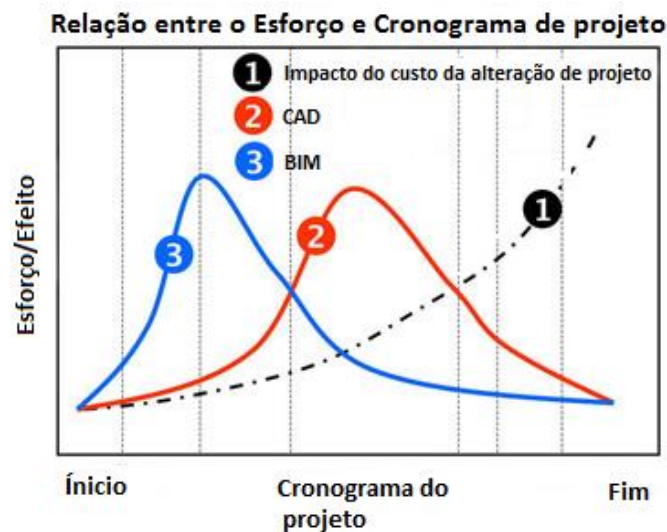


Figura 2.4 - Relação entre esforço/ efeito e cronograma do projeto [13].

Perante o conceito BIM, o projeto não apresenta linhas e textos para representar elementos mas sim os próprios objetos que compõem a obra. Desta forma, o BIM prevê toda a informação necessária aos desenhos, à expressão gráfica, à análise construtiva, à quantificação de trabalhos e tempos de execução, desde a fase inicial do projeto até à conclusão da obra [12].



# 3

## BIM - BUILDING INFORMATION MODELING

### 3.1. DEFINIÇÃO DO BIM

O BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. Como tal, essa representação digital serve como um recurso de conhecimento partilhado para obter informações sobre a construção, permitindo a criação de uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde a conceção até a manutenção. BIM poderá também ser entendido de forma ampla para a criação e utilização de modelos digitais e processos de colaboração relacionados entre empresas para promover o valor dos modelos [14].

Com o BIM, podem ser construídos digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção, seja ela um edifício, obra de arte ou infra-estrutura. Estes modelos apoiam o projeto nas suas fases, permitindo uma melhor análise e controlo de processos manuais. Quando concluído, esses modelos gerados por computador, contém geometria e os dados necessários para apoiar a construção, fabricação precisa, e atividades de aquisição por meio do qual o edifício é realizado [15, 16].

O BIM é a representação digital partilhada baseada em normas abertas de interoperabilidade. Este inclui todos os relacionamentos e heranças de cada uma das componentes do edifício por ele descrito. Como tal, pode-se afirmar que o BIM é um modelo inteligente [17].

O modelo inteligente refere-se ao facto de que a informação pode estar inserida num modelo virtual tridimensional. Alguma desta informação é física, já que vai conter dados sobre a natureza de um objeto, como a sua dimensão, a sua localização em relação aos outros objetos do modelo, a quantidade de objetos e outra informação parametrizada sobre o próprio objeto. A título de exemplo, considerando o objeto “parede”, a informação parametrizada do próprio objeto refere-se àquela que distingue um

componente específico de outro idêntico. Na verdade, as paredes têm qualidades em comum, mas cada uma pode possuir características diferentes, tais como, as suas dimensões, o tipo de material que a constitui (betão, madeira, entre outras.) e informações do seu fornecedor. Cada aspeto deste tipo pode ser programado no objeto para que ele represente exatamente o que o projeto exige [17].

Segundo as Figuras 3.1 e 3.2 este modelo inclui tanto informação gráfica (através de desenhos) como informação não-gráfica (através de especificações, cronogramas e outros dados), sendo que a modelação de ambas permite uma gestão de dados que servirá de apoio para uma futura criação e utilização de coordenadas dessa informação [16].

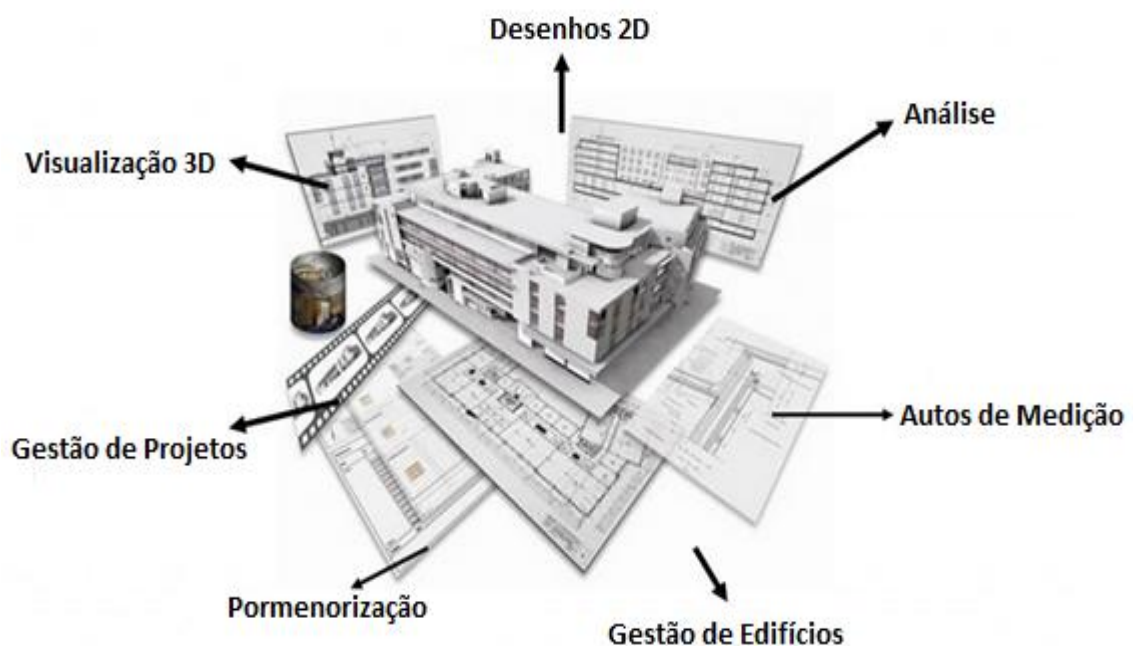


Figura 3.1 - Modelo inteligente [18].

A principal característica do BIM é o seu sistema de modelação 3D acompanhado com uma gestão, uma partilha e uma troca de dados durante a vida útil do edifício, ou seja, o resultado desejado é um modelo BIM que contenha imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada linha e cada objeto carregam na vida real dados físicos.

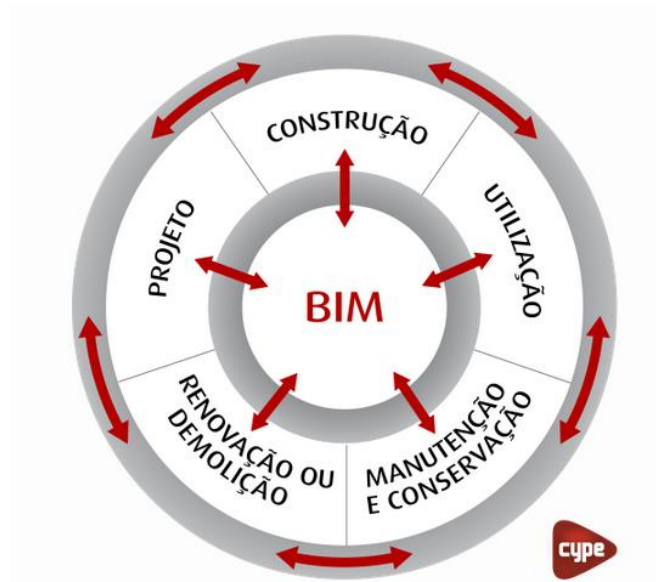


Figura 3.2 - Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício [19].

De referir, ainda que de acordo com o AIA (*American Institute of Architects*) o BIM é “um modelo baseado em tecnologia ligada a uma base de dados de informação do projeto”. Tal definição da AIA reflete a grande dependência, da metodologia BIM, em tecnologia de base de dados [17].

## 3.2. FUNCIONALIDADES DO BIM

### 3.2.1. DIMENSÃO DO MODELO

Na sua dimensão, o modelo BIM, qualifica o setor dimensional que vai além das três dimensões, como podemos constatar os restantes “nD” na tabela 3.1 [20-22].

Tabela 3.1 - Dimensão do modelo.

Processo	Pontos fortes	Descrição
<b>3D – Peças Desenhadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualização automática de peças desenhadas por extração direta do modelo 3D paramétrico;</li> <li>• Aumentar a comunicação entre equipas de construção e projeto.</li> </ul>	Utiliza o modelo para extração de peças desenhadas com componentes 2D e 3D para serem utilizadas na frente de obra durante a construção.
<b>3D - Coordenação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior precisão e eficiência que método tradicional de utilização de desenhos 2D;</li> <li>• Reduzir custos e tempos de operação;</li> <li>• Coordenar o projeto através de um modelo;</li> <li>• Eliminar conflitos no terreno.</li> </ul>	É realizada a deteção automática de conflitos entre os vários projetos de especialidades. Apoia o processo de coordenação do trabalho no terreno já que antecipa a deteção de problemas antes da construção ou instalação.
<b>3D – Registo de dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compilar registos históricos;</li> <li>• Reduzir disputas e contestações (validação do produto pela comparação das especificações expectáveis do modelo com o produto final entregue);</li> <li>• Apoiar a gestão da manutenção e suporte da modelação de projetos de reabilitação ou renovação da infraestrutura;</li> <li>• Garantir a conformidade dos produtos rececionados.</li> </ul>	O modelo 3D contém a descrição precisa das condições físicas e ambientais de uma infraestrutura e dos seus elementos arquitetónicos, estruturais, mecânicos e outros equipamentos. Com atualização contínua do modelo e a capacidade de armazenar mais informação, o modelo apresenta a descrição precisa do espaço com ligação a informação como os números de série, garantias e histórico de manutenção de todos os componentes da infraestrutura. Pode conter ainda especificações dos componentes nas “telas finais”(As Built); que permite ao dono de obra monitorizar o projeto relativamente à conformidade do produto e validar autos de faturação e formalizar a receção do produto.
<b>4D - Planeamento da exploração e utilização do estaleiro da obra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar conflitos críticos de espaço e tempo;</li> <li>• Verificar se os métodos construtivos previstos são exequíveis;</li> <li>• Apoiar a preparação e organização do estaleiro e frentes de obra ao longo do progresso da construção;</li> <li>• Simulação da utilização de instalações temporárias, áreas de montagem e entregas de material para todas as fases da construção;</li> </ul>	O modelo 4D é usado para representar graficamente, simultaneamente elementos permanentes e temporários com a calendarização das atividades de construção. Pode incluir recursos de mão-de-obra, materiais e associadas entregas, e localização do equipamento. Como as componentes do modelo 3D estão diretamente ligados à calendarização, a visualização do planeamento e dos recursos podem ser analisados ao longo de diferentes espaços temporais e físicos.

**Tabela 3.1 - Dimensão do modelo (continuação).**

<b>Processo</b>	<b>Pontos fortes</b>	<b>Descrição</b>
<b>4D - Planeamento da sequência construtiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar entendimento comum da programação da construção e das datas chave;</li> <li>• Melhorar o aprovisionamento e compras.</li> <li>• Antecipar a deteção de conflitos entre frentes de trabalho;</li> <li>• Aumentar a capacidade de análise de soluções para resolução de conflitos;</li> <li>• Aumentar a produtividade e diminuir o desperdício em obra.</li> </ul>	O modelo 4D é usado para planear efetivamente as fases de construção. É uma ferramenta importante de visualização e comunicação. Permite apoiar implementação de planos de monitorização e prevenção de segurança e ambiente em obra.
<b>5D -Estimativa de custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatizar a estimativa de quantidades;</li> <li>• Maior capacidade de cumprimento do orçamento;</li> <li>• Explorar diferentes opções de projeto mais vantajosas;</li> <li>• Reduzir o tempo de orçamentação;</li> <li>• Melhorar as previsões (prazo e custo). Aumentar o controlo sobre as alterações ao projeto.</li> </ul>	O modelo 5D é usado para gerar extração automática de quantidades de trabalho e estimativa de custos. Este processo permite de um modo eficiente ver o impacto de alterações de modo a promover um melhor desempenho económico. Extração de desenhos para compras e quantidades em cada especialidade ou tipo de trabalho de modo a facilitar aprovisionamentos e encomendas.
<b>6D – Sustentabilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualizar durante toda a fase de construção para se tornar um modelo “telas finais”(As Built);</li> <li>• Estimativas de energia;</li> <li>• Redução global no consumo de energia.</li> </ul>	O modelo 6D é usado quando o projeto é entregue ao proprietário, quando um projeto de construção está pronto para ser concluído. O modelo BIM de “telas finais” é preenchido com todas as informações componente de construções relevantes, tais como dados de produtos e detalhes, manuais de manutenção/ operação, fotos, dados de garantia, <i>links</i> para fontes de produtos on-line, informações do fabricante e contactos.
<b>7D – Aplicação de gestão de instalações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil e rápida substituição de peças;</li> <li>• Gestão simplificada do ciclo de vida;</li> <li>• Otimiza gestão de ativos do projeto à demolição.</li> </ul>	O modelo 7D é usado por gestores da operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida. Permite aos participantes extrair e controlar os dados de ativos relevantes, tais como o estado dos componentes, especificações, manutenção, manuais de operação, datas de garantia.

### 3.2.2. CONCEÇÃO

As mais correntes aplicações BIM, são autênticas ferramentas de conceção e *design* de edifícios. Nesta funcionalidade, a modelação do edifício passa da simples concretização dos esboços em papel para formato digital, sendo possível usar o *software* para testar diferentes tipos de soluções, sempre limitadas pelos parâmetros de consistência de um modelo de construção. A modelação desenvolve-se com recurso a bibliotecas ou famílias, editáveis por cada utilizador. A compatibilidade do modelo com os materiais e processos de construção pretendidos para cada obra é assegurada pela criação de bibliotecas pré-definidas para cada projeto, o que aumenta significativamente a construção do projeto e reduz as incompatibilidades e ajustes necessários entre o projeto de conceção e o projeto de execução [23].

### 3.2.3. VISUALIZAÇÃO

Num modelo BIM, os processos de visualização são automáticos, isto é, o utilizador define o tipo de vista pretendido e o modelo gera-a. Este inclui plantas, alçados, cortes, pormenores e elementos 3D. Uma vez que a modelação obedece a regras paramétricas, todas as vistas são atualizadas em tempo real, garantindo a consistência do modelo quer na fase inicial, quer na fase final e a rapidez na produção de informação visual [23].

As capacidades de visualização do BIM permitem uma melhor perceção global do modelo durante todo o ciclo de vida do edifício, o que significa que é possível retratar várias fases da construção. Deste modo, uma funcionalidade deste tipo permite obter um modelo muito aproximado ao produto final em fases mais adiantadas do projeto, reduzindo fundamentalmente a imprevisibilidade associada a diversos aspetos dos processos de construção [23].

Na Figura 3.3 pode-se constatar outra funcionalidade que decorre da visualização potenciada do modelo sendo esta a capacidade de efetuar uma inspeção visual, permitindo uma verificação de erros, erros em ligações entre elementos, sobreposição de elementos e omissão dos mesmos.

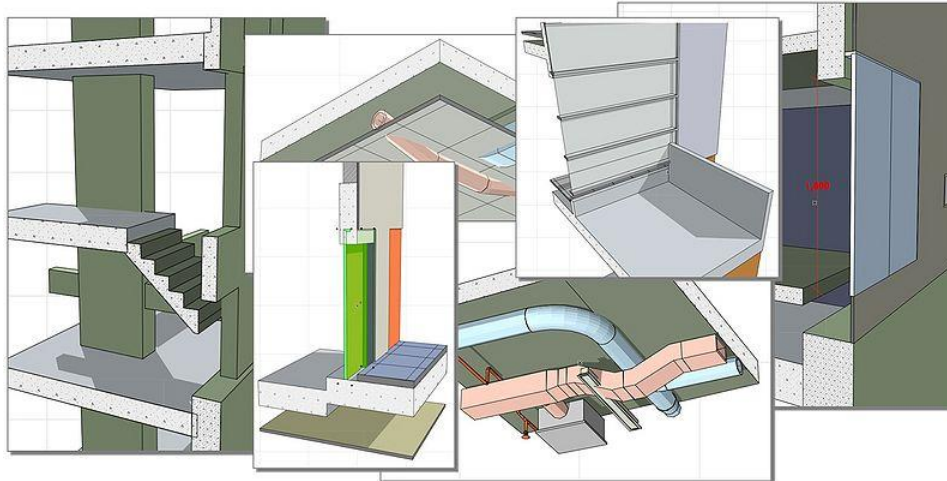


Figura 3.3 - Conjunto de erros e de sobreposições de elementos [23].

#### 3.2.4. QUANTIFICAÇÃO

A abordagem de modelação por elementos obriga à especificação de parâmetros para cada um dos elementos. Alguns parâmetros tais como comprimentos, altura, espessura e área, são *standard*. Outros parâmetros como custo de material, custo de construção, tempo de construção, fabricante, histórico de propriedade, entre outros, são definíveis por utilizador. Presentemente, várias aplicações BIM já permitem efetuar listas por elementos, por parâmetros e por quantidades, do mesmo modo, é possível extrair automaticamente certas quantidades do modelo. Perante a capacidade de interoperabilidade, as quantidades podem depois ser aproveitadas por outras aplicações para executar operações de orçamentação, planeamento e gestão da construção.

#### 3.2.5. COLABORAÇÃO

Através das ferramentas BIM pode-se centrar um volume significativo da informação referente ao ciclo de vida do edifício num único modelo. A partilha deste modelo com os vários colaboradores permite que o trabalho seja realizado a partir da mesma plataforma, minimizando os erros e omissões provenientes da interpretação e tradução “imperfeita” da informação, e consentindo uma otimização da harmonia do modelo à medida que novos dados são acrescentados [23].

No modelo BIM, a partilha é, todavia, condicionada pela falta de interoperabilidade entre os formatos proprietários das aplicações. O formato *standard* IFC encontra-se já em várias das mais importantes aplicações BIM e constitui uma das poucas formas de ultrapassar o problema da interoperabilidade. O

formato assegura a transmissão de uma parte substancial da informação, embora a sua utilização não se concretize numa correspondência total entre distintos modelos proprietários.

Ao nível da gestão de projetos, a compatibilização de projetos de especialidades diferentes é uma das tarefas mais difíceis. A tendência das ferramentas BIM aponta cada vez mais no sentido de trabalho com toda esta informação num só modelo. Existem *softwares* que não só permitem a agregação de projetos de diferentes especialidades, como possuem ferramentas que realizam uma verificação da compatibilidade dos modelos, identificando sobreposições, conflitos, erros e omissões no modelo global (Figura 3.4) [23].

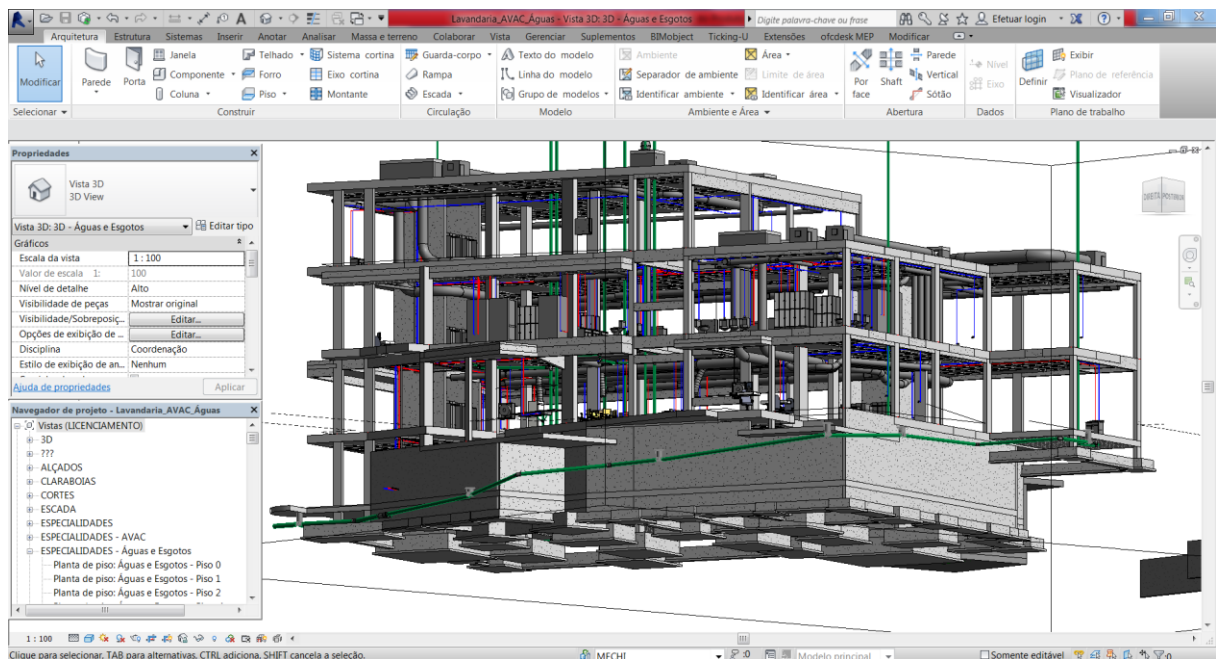


Figura 3.4 - Conjunto das especialidades.

### 3.2.6. DOCUMENTAÇÃO

A produção de documentação técnica da construção é um dos trabalhos mais árduos nos processos de construção, quer a nível de documentação para licenciamento, contratação ou preparação de obra. As aplicações BIM mais correntes focam principalmente a produção de peças desenhadas, incluindo ferramentas para criação de *layouts*, concebidas com a finalidade de apoiarem a impressão das peças. A componente "inteligente" do modelo assegura a atualização em tempo real dos *layouts* quando são introduzidas alterações no modelo [23].

Determinados *softwares* BIM também produzem documentação escrita, sobretudo a nível de mapas de quantidades, isto é, listas de quantidades, sejam medidas ou elementos, extraídas automaticamente a partir do modelo. Todavia, as peças desenhadas, contêm mais informação especialmente a nível de mapas de trabalhos, especificações técnicas, memória descritiva e estimativas orçamentais.

### 3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BIM

Com a implementação da metodologia BIM são várias as vantagens esperadas, de forma sucinta, as principais são [24]:

- Diminuição de erros de desenho;
- Facilidade nas modificações de projeto as quais são realizadas automaticamente em todo o modelo;
- Construção mais económica e consistente;
- Mais ajustes na execução;
- Quantitativos de materiais mais precisos;
- Visualização 3D da estrutura;
- Melhor compreensão visual do projeto;
- Melhor preparação do projeto;
- Modelação de objetos com definição das suas propriedades físicas;
- Facilidade na obtenção de documentos de construção (plantas, cortes, detalhes, alçados, entre outros);
- A estrutura é modelada uma única vez, podendo ser usada nas várias especialidades e fases do projeto;
- Consolidação da informação do projeto apenas num único ficheiro informático;
- Elevado nível da produtividade;
- Facilidade de conceção e perceção das várias fases de construção;
- Simplifica intervenções futuras no projeto.

Apesar de ser previsível que as primeiras entidades a desfrutarem das vantagens oferecidas pelo BIM sejam os projetistas, para além das vantagens que foram apontadas anteriormente, relativas à fase de projeto, considera-se que o BIM pode produzir um impacto significativo ao longo de todo o processo construtivo [23].

O software BIM, em termos de manuseamento e funcionalidades mais básicas, por si só não é um problema. Há uma complexidade lógica em relação às práticas tradicionais, mas as sessões de informação servirão para absorver a maioria dos novos métodos. Como não há muitos utilizadores BIM e os formadores serem eles próprios ainda algo inexperientes na sua utilização prevê-se que os grandes utilizadores desta ferramenta ultrapassem rapidamente em conhecimento os formadores. Para adquirirem um grau mais avançado de conhecimento terá que ser pelos processos de tentativa e erro [25].

As desvantagens existentes na adoção desta metodologia passam basicamente por [26]:

- Necessidade de aquisição de *software*;
- Mudança de mentalidades;
- Necessidade de formação dos futuros utilizadores;
- Necessidade de computadores mais potentes e com mais memória;
- Conceito pouco desenvolvido em Portugal.

A fim de esta metodologia ser implementada com sucesso deve-se criar ligações entre as fases de construção, permitindo o uso eficiente de informações previamente desenvolvido, o desenvolvimento de bibliotecas para objetos e materiais com descrições padrão e informações para agilizar o desenvolvimento do modelo, implementar formas de ligar desenhos e especificações técnicas, com base em ferramentas e linguagem padrão, desenvolver um único arquivo para todo o ciclo de vida da construção, como também desenvolver uma nova cultura de trabalho com base na colaboração [27].

### **3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO MERCADO ATUAL**

Na implementação do BIM, a AEC terá um incentivo para maior transparência onde os lucros das empresas irão aumentar, impulsionando positivamente a reputação do setor. Os donos de obra terão de reconsiderar novos modelos contratuais e métodos de trabalho.

A metodologia BIM requer um investimento conjunto das diversas áreas da indústria AEC, sendo que as potencialidades do BIM são obtidas quando o projeto “nasce” como BIM e todas as restantes especialidades são projetadas igualmente em BIM. Com este facto, estamos perante um obstáculo à implementação da metodologia. Quando alguma entidade envolvida no projeto não utiliza BIM irá

implicar uma elevada oposição à capacidade de interoperabilidade, podendo tornar a elaboração do projeto mais moroso e/ou caro comparativamente ao tradicional CAD.

A capacidade de interoperabilidade é permitida pelo formato IFC, sendo outro obstáculo à adoção do BIM. Existe em alguns casos uma considerável perda de informação na importação de um modelo BIM para o formato IFC, delimitando a capacidade de comunicação entre modelos BIM de aplicações informáticas de distintas empresas [28]. Isto compõe um obstáculo contudo, um projeto poderá passar por distintos gabinetes e por várias especialidades, e conseqüentemente estes usarem aplicações informáticas diferentes, originando ineficácia na relação de interoperabilidade que afetará o custo, o tempo e qualidade do projeto final obtido.

Durante os primeiros tempos de utilização, para que o BIM tenha uma elevada produtividade, terá que haver um forte investimento nos programas informáticos e na formação de pessoal. Porém o investimento poderá representar um risco económico para as empresas. Todavia, a exploração e utilização desta metodologia poderá ser um benefício no mercado atual.

A sofisticação dos projetos tem sido também um factor de escolha na prática do BIM. Em 2009, o estudo referido pela “McGraw-Hill Construction’s”, aponta que para os projetos de menor complexidade o BIM é ainda pouco utilizado, particularmente em projetos de pequenas habitações, originando assim uma pequena ocorrência de problemas, a título de exemplo, conflitos entre projetos de especialidades. Acrescentando a este factor, os riscos intrínsecos ao investimento em BIM são ainda maiores para empresas com inferior poder económico, que em regra se dedicam a estes projetos de menor complexidade [29].

No mercado de trabalho a metodologia BIM está agora a dar os primeiros passos e espera-se que haja uma elevada alteração dos métodos de trabalho nos anos seguintes, estimulada pelo progresso da implementação do conceito BIM e pela otimização das aplicações informáticas que o suportam.

#### 3.4.1. BIM EM PORTUGAL

A implementação de metodologias e ferramentas BIM em Portugal está numa fase relativamente atrasada em comparação com o resto da Europa. Este atraso deve-se ao facto da forte crise económica nestes últimos anos, e na falta de conhecimento por parte dos especialistas envolvidos no projeto. Porém, já existem alguns escritórios a trabalhar com programas muito parecidos com o BIM, ou seja, algo que aparenta ser BIM mas que pouco mais são que uns modelos tridimensionais de plantas e projetos [11].

Alguns edifícios em Portugal, já foram projetados com recurso ao BIM, como exemplo o edifício da sede da empresa Vodafone no Porto (Figura 3.5). Devido à geometria complexa da estrutura, a equipa de projetistas da empresa “AFAconsult” sentiu necessidade de recorrer a esta solução para ultrapassar os desafios em termos de conceção [30].



**Figura 3.5 - Edifício da Sede da Vodafone do Porto [31].**

A fachada do edifício revela uma geometria irregular, composta por faces planas com orientação incerta, tanto em planta como em alçado, pelo que se tornou necessário o uso do Revit Structure.

Neste âmbito, concluiu-se que o projeto só seria uma realidade recorrendo a modelos de geometria tridimensional. Importa também salientar que no decorrer da fase de projeto, o modelo Revit foi evoluindo em simultâneo com a arquitetura, de forma integrada com as diferentes engenharias do processo [30].

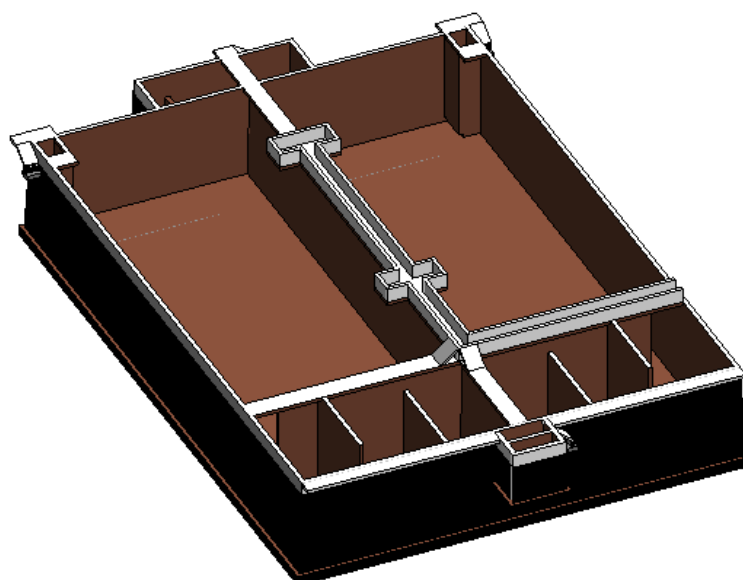
Uma das empresas que está a investir no BIM é a empresa Mota-Engil, já com alguns projetos, tais como: uma torre de 15 andares e 5 pisos subterrâneos em Lisboa (Figura 3.6); um edifício da Fundação Champalimaud e um Hospital na Ilha Terceira, Açores (com uma área de construção superior a 45.000 m<sup>2</sup>) [32].



**Figura 3.6 - Modelo BIM de uma torre de 15 andares e 5 pisos subterrâneos.**

Outra empresa, que está a investir na implementação do BIM, é a NEWTON - Consultores de Engenharia, LDA, tendo uma vertente direcionada para a engenharia de estruturas.

A Figura 3.7, evidencia o projeto de um órgão de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), do qual foi projetado no Revit MEP e para o respetivo projeto de estruturas no Revit Structure.



**Figura 3.7 - Representação estrutural de um órgão de uma ETAR projetada em BIM.**

A Figura 3.8 evidencia um edifício modelado em 3D. A elaboração deste projeto foi iniciada por arquitetos utilizando ferramentas CAD, o que não acontece no exemplo anterior. Todavia, a empresa decidiu usufruir as capacidades do BIM para realizar o projeto de estruturas, importando as plantas arquitetônicas para Revit Structure e de seguida modelar a estrutura.

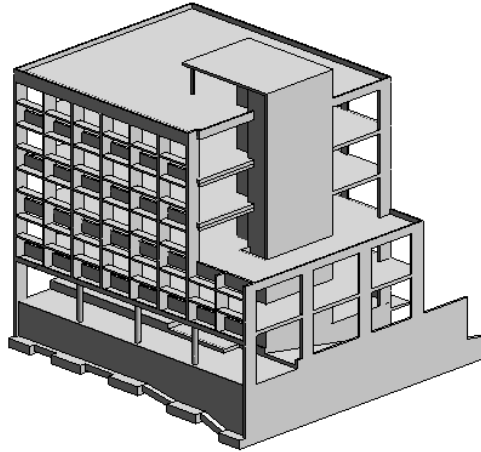


Figura 3.8 - Projeto de estruturas de um edifício em BIM.

A modelação deste projeto em BIM, facilita o processo de dimensionamento estrutural havendo interoperabilidade com o Robot Structural Analysis. Porém, não foi procedido a modelação das armaduras tendo-se recorrido às metodologias CAD para elaboração das peças desenhadas [32].

#### 3.4.2. BIM NO ESTRANGEIRO

- **Estados Unidos:** No ano 2003, a GSA (*General Services Administration*) através do seu serviço de edifícios públicos criou o programa nacional 3D-4D-BIM Program. A partir de 2006, a GSA decretou que os novos edifícios públicos projetados deveriam utilizar o BIM na fase de projetos. A utilização do BIM nos Estados Unidos saltou de 40% em 2009 para 71% em 2012 [33, 34].
- **Reino Unido:** O objetivo inicial do Governo no setor da construção é reduzir o custo dos projetos de construção do mesmo em 20%. Para atingir este fim, tem realizado várias iniciativas, sendo uma delas, o BIM em projetos do Governo ao longo de um período de 5 anos, e exigindo BIM nível 2 (modelação e interoperabilidade) até 2016. Para posicionar o Reino Unido no líder mundial em BIM, o objetivo primordial é incentivar a indústria a participar neste esforço [33, 34].

- **Dinamarca:** A empresa estatal “The Palaces & Properties Agency” e o “Defense Construction Service” exigem o BIM em todos os seus projetos [33, 34].
- **Suécia:** Aproxima-se ao nível de utilização do BIM às grandes potências, principalmente a Finlândia e a Noruega. Os BIM são utilizados em grandes estruturas [33, 34].
- **Noruega:** A empresa estatal “Statsbygg” responsável por construir e gerir edificações públicas, decidiu a utilização do BIM para todo o ciclo de vida dos seus edifícios [33, 34].
- **Finlândia:** A partir de 2007, a estatal Finlandesa “Senate Properties”, obrigou o uso do BIM em todos os seus projetos. A utilização do BIM na Finlândia é a mais avançada em todo o mundo [33, 34].
- **China:** Bem posicionada para o BIM, tem um setor de construção rápido e significativo investimento em infraestrutura, juntamente com forte apoio do governo e de uma cultura pragmática, baseada na confiança são boas bases para uma rápida implementação [33, 34].
- **Singapura:** Em 2008 pela BCA (*Construction Authority*), foi implementado o sistema de aprovação de projetos mais rápido do mundo. Os projetistas apenas precisam de submeter os projetos para aprovação através de um portal eletrónico num modelo que contenha as informações necessárias para aprovação. No ano 2011, foram incluídos também os projetos de Instalações Hidráulicas, Elétricas e Ar Condicionado. O prazo atual de aprovação é de 26 dias sendo que a meta para 2015 é reduzir esse prazo para 10 dias. O objetivo do BCA é obter 80% dos projetos em BIM até 2015 [33, 34]. Na Figura 3.9, tem-se um exemplo de um edifício com a metodologia BIM.



Figura 3.9 - Museu da ciência em Singapura, executado com a metodologia BIM [35].

- **Austrália:** O BIM está começando a surgir, mas os governos e as associações industriais estão a ser convocados para acelerar este processo. O “Sydney Opera House”, Figura 3.10, é um exemplo de como o BIM é usado na gestão de edifícios existentes [33, 34].



Figura 3.10 - Sydney Opera House [36] .

### 3.5. INTEROPERABILIDADE E FORMATO IFC

Como se pode constatar através da sua definição, o modelo BIM poderá ser uma ferramenta que irá impulsionar a indústria da construção civil no que toca à integração, interoperabilidade e colaboração [17].

O BIM permite gerir e utilizar as informações de todas as etapas do ciclo de vida de um edifício. Esta metodologia baseia-se na permuta e na partilha de informações, em concordância com cada projeto, onde os seus processos são interoperáveis durante todo ciclo de vida da construção.

A interoperabilidade é a capacidade para que dois sistemas se “entendam” e usem as respetivas funcionalidades sem quaisquer conflitos. A palavra “inter-operar” implica que um sistema opera outro, tal como demonstra a Figura 3.11 [17].

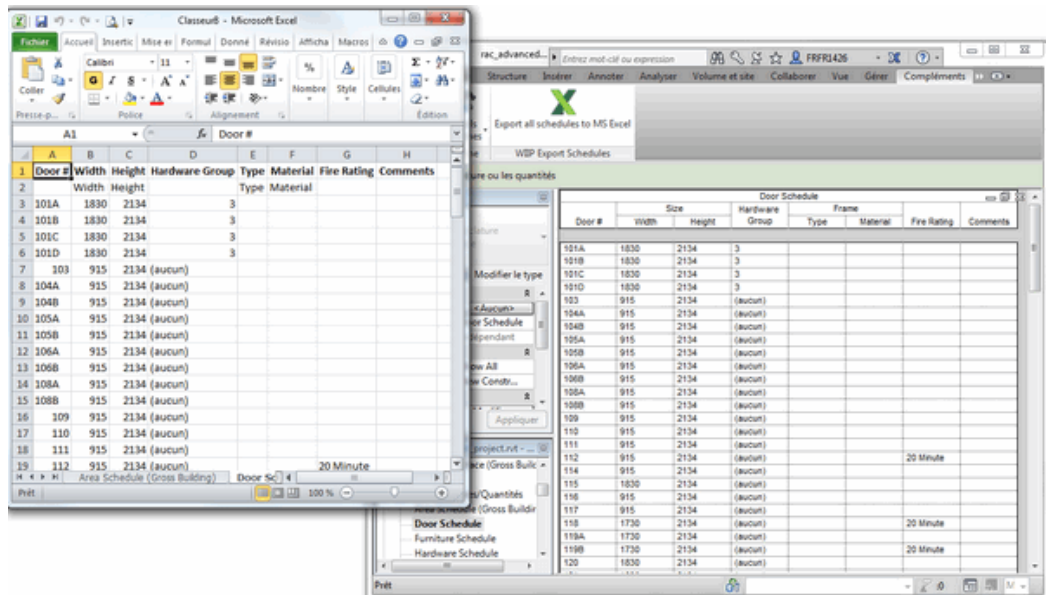


Figura 3.11 - Capacidade de operar entre o Revit e o Excel [37].

A interoperabilidade é definida como a capacidade que os sistemas possuem de comunicar entre eles de forma transparente e eficaz. Sendo o BIM utilizado por diversos agentes de variadíssimos ramos de atividade, a interoperabilidade torna-se fundamental no sentido de agregar todas as capacidades inerentes à realização de um dado projeto [38].

Segundo o ponto de vista da tecnologia informática, interoperabilidade é a faculdade de dois sistemas computacionais heterogêneos funcionarem em conjunto e acederem mutuamente às suas valências de uma forma recíproca.

No contexto das empresas que funcionam em rede, refere-se à capacidade de interação (troca de informações e de serviços) entre os sistemas empresariais. Assim, a interoperabilidade é considerada significativa se as interações poderem ocorrer, com uma semântica definida num dado contexto empresarial, pelo menos em três níveis diferentes: dados, serviços e processos.

Assim, de forma mais simplificada, é a troca direta de dados eliminando a necessidade de geração de dados duplicados e a introdução repetitiva da mesma informação, eliminando erros humanos [16].

Para estimular a interoperabilidade entre aplicações BIM das várias empresas foi criado o IFC, especificado e desenvolvido pela buildingSMART é um repositório de dados BIM aberto para a informação semântica de objetos de construção, incluindo geometria, propriedades associadas e relações para facilitar tais como [39, 40]:

- Coordenação interdisciplinar de construção de modelos de informação, incluindo a arquitetura, serviços estrutural e construção;
- Compartilhamento de dados e a troca entre aplicativos IFC;
- Transferência e reutilização de dados para análise e outras tarefas a posteriores.

A Autodesk procurou desenvolver um conjunto de classes C++ que poderiam apoiar o desenvolvimento de aplicativos integrados, dando início à criação do IFC. O IFC foi desenvolvido e impulsionado pela “International Alliance for Interoperability”, uma aliança formada por diversas empresas a nível mundial com objetivo de melhorar a eficácia e a produtividade na AEC. Em 1997, apresentou-se a primeira versão do IFC, e desde daí foram-se incorporando diferentes melhorias na utilização e troca da informação. Na figura 3.12, evidencia-se a cronologia do lançamento das novas versões.

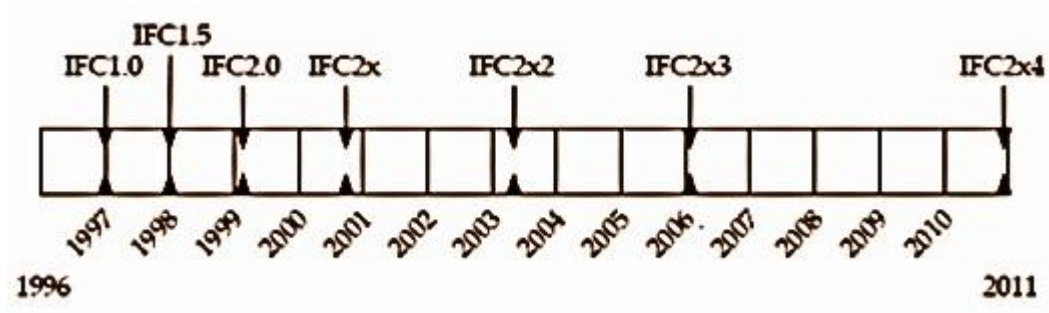


Figura 3.12 - Evolução do IFC [32].

Os aperfeiçoamentos baseiam-se, no aumento da variedade de informação comportada e na otimização das várias funcionalidades já suportadas pelo formato. Como exemplo, na versão IFC 2x2 é possível transferir modelos estruturais, e após sucessivas e regulares atualizações encontra-se hoje na versão 2x4 lançada no princípio do ano 2012, onde permite, transferir a armadura modelada em elementos estruturais, através do IFC.

### 3.6. IMPACTO DO BIM NAS VÁRIAS FASES DE OBRA

O ciclo de vida de um edifício pode ser dividido em quatro etapas principais, como se pode constar na Figura 3.13: (concepção, construção, exploração e manutenção).



Figura 3.13 - Ciclo de vida de edifício.

Cada etapa é gerida, geralmente de forma independente. Porém, o BIM, especificamente, pode suportar ambientes de trabalho colaborativo, permitindo:

- 1 - A possibilidade do dono de obra desenvolver uma compreensão exata da natureza e das necessidades do projeto;
- 2 - A concepção, o desenvolvimento e a análise do projeto;
- 3 - A gestão da construção do projeto;
- 4 - A gestão das operações do projeto desde o seu funcionamento.

Na fase de gestão da construção, o gestor da obra pode acompanhar toda a evolução do projeto. O encarregado reporta o trabalho realizado, selecionando os elementos em questão no modelo BIM. Os elementos podem ser selecionados em 2D ou em 3D ou por meio de atividades do projeto ou por partes do edifício. Assim, o modelo pode calcular a quantidade de materiais utilizados e gerar projeções futuras, para efeitos de relatórios diários. Logo, o gestor da obra pode comparar o previsto e

o realizado e o cliente pode ser informado sobre o desenvolvimento do próprio projeto. Sendo contemplada através da exploração do edifício pelos utilizadores. Por fim, surge a necessidade de reposição de alguns elementos de manutenção dos equipamentos e sistemas e correção de alguma falha de execução.

Podem ser detetados os conflitos existentes no projeto, de forma precoce através da metodologia BIM. A título de exemplo, se a canalização do tubo de esgoto (tubo verde na Figura 3.14) de um dado edifício intersestar uma viga estrutural, o projeto pode ser alterado antes da sua construção.

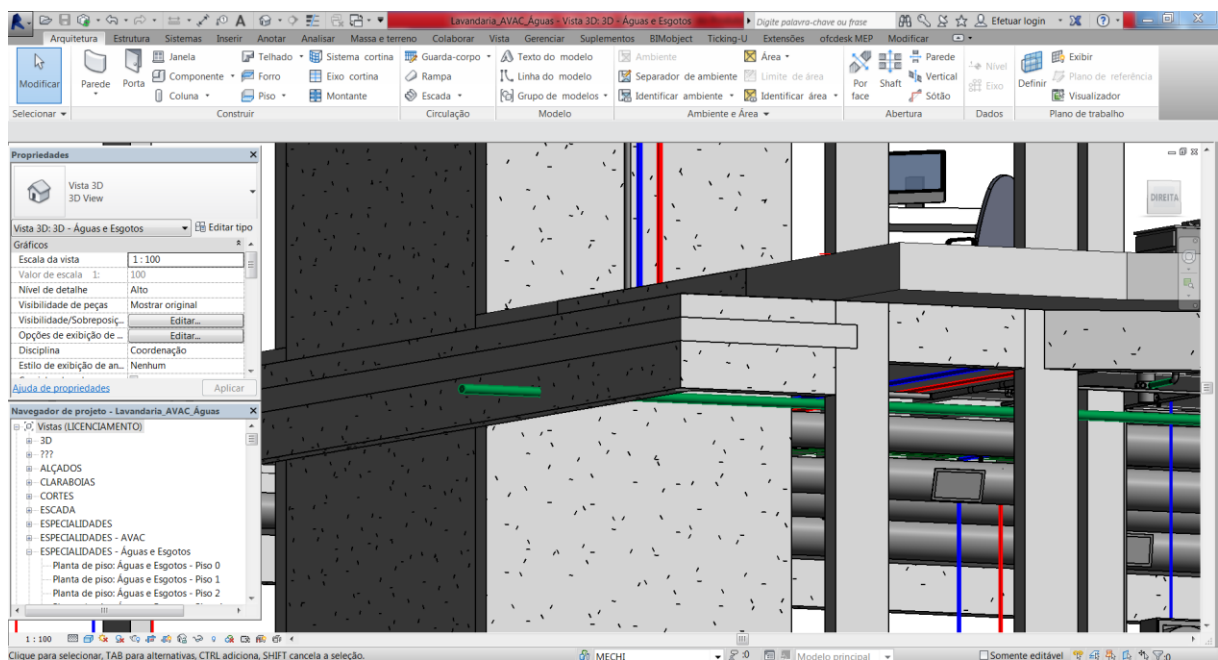


Figura 3.14 - Colisão de elementos, entre uma viga e de um tubo de esgoto.

Existe maior precisão, na possibilidade de detetar erros de planeamento e conceção ou de ineficiências que levam a problemas construtivos que atrasam o projeto, quando se projeta e se constrói virtualmente.

### 3.7. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS BIM

#### 3.7.1. APLICAÇÕES EXISTENTES

A rápida expansão do conceito BIM está ligada a vários aspetos entre eles capacidades da aplicação informática, usabilidade e qualidade. Com a evolução tecnológica houve a necessidade de melhorar os processos de trabalho da indústria AEC e a competitividade entre as diversas empresas informáticas, o que também levou ao desenvolvimento de diversas plataformas BIM.

Nas seguintes tabelas encontram-se as empresas mais difundidas no mercado:

**Tabela 3.2 - Empresas mundiais que utilizam a metodologia BIM [4].**







	
Revit Architecture Revit Structure Revit MEP	O Revit permite a modelação de arquitetura, de estruturas e de redes técnicas (sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos). No Revit, toda a informação do modelo é armazenada numa única base de dados. Logo, à medida que o projeto evolui, as alterações podem ser automaticamente coordenadas. Possui um sistema de deteção de colisões e incompatibilidades entre os elementos. Além disso, possibilita o cálculo automático e detalhado das quantidades e materiais, volume de espaços para análises energéticas e estimativas de custo.
	
Archicad MEP Modeler EcoDesigner	O Archicad é o software BIM de arquitetura há mais tempo no mercado e disponível na plataforma Mac e Windows. Através do modelo de informação 3D, toda a informação necessária relativamente à conceção arquitetónica e estrutural – cortes e alçados, pormenores, listas de quantidades de materiais, imagens renderizadas, animações virtuais – podem ser obtidos. O Archicad possui também soluções de colaboração entre os membros da equipa, designadas por “conceito Teamwork”.

Tabela 3.2 - Empresas mundiais que utilizam a metodologia BIM (continuação) [4].

	
Architecture Structural Modeler Building Mechanical Systems Building Electrical Systems	O Bentley Architecture encontra-se no mercado desde 2004. O sistema integra diversas ferramentas que permitem a modelação de arquitetura, de estruturas, de sistemas mecânicos e elétricos e, ainda, a gestão de edifícios. Todos os modelos podem ser desenvolvidos utilizando o desenho tradicional 2D ou o desenho avançado 3D, sendo as ferramentas e a interface a mesma em ambos os casos. Ainda, permite integrar numa única plataforma toda a informação do projeto que pode ser acessível através da rede da empresa ou através da Internet.
	
Structures	O Tekla Structures permite a criação e gestão de modelos estruturais 3D muito detalhados, precisos. Tem <i>software</i> BIM orientado para o projeto de estruturas de aço e betão. Apesar de não possuir programa de cálculo estrutural, é possível a interoperabilidade com programas informáticos com essa finalidade, tais como, o Robot, SAP2000, STAAD.pro, entre outros.
	
Allplan Design2Cost	Os produtos Allplan proporcionam uma escolha segura em BIM no setor da construção. Através do Allplan um modelo BIM pode ser usado em várias soluções Allplan que cobre, entre outros, betão, aço, estruturas pré-fabricadas assim como sistema AVAC e gestão. Possibilita, ainda, a obtenção automática das quantidades, estimativas de custo e orçamentos.
	
Office Constructor Estimator Control Cost Manager 5D Presenter	É destinado para a gestão da construção como também ao estudo do BIM 4D e 5D. Permite receber, integrar e associar diversos modelos BIM. O Vico Office consegue criar o mapa de quantidades de todos os elementos construtivos, bem como estimar os custos, possibilitando reconhecer quais as decisões que têm maior impacto no orçamento e no tempo. Deste modo, possibilita métodos de planeamento e controlo de produção mais flexíveis, tais como a Linha de Balanço, em oposição à tradicional rede CPM e gráfico de Gantt.

Através da Tabela 3.2, conclui-se que existem várias opções para aplicação do conceito BIM, o que revela também o interesse do mercado nesta metodologia de trabalho.

### 3.7.2. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS DE SUPORTE BIM USADAS NESTA DISSERTAÇÃO

Na presente dissertação, as aplicações informáticas BIM utilizadas foram as da Autodesk, empresa que se encontra presentemente enraizada no mercado mundial.

A seleção da aplicação informática baseou-se nesta empresa devido ao facto de disponibilizar gratuitamente aos estudantes, e por possuir também uma multiplicidade de aplicações com suporte BIM, tanto dedicadas às várias especialidades como às diferentes fases do projeto. A condição relevante para a correta implementação do conceito BIM, é potenciar a capacidade de troca de informação.

O Revit Suite, foi o programa de estudo, mais especificamente o Revit Architecture (Figura 3.15), Revit Structure (Figura 3.16) e Revit Mep (Figura 3.17).

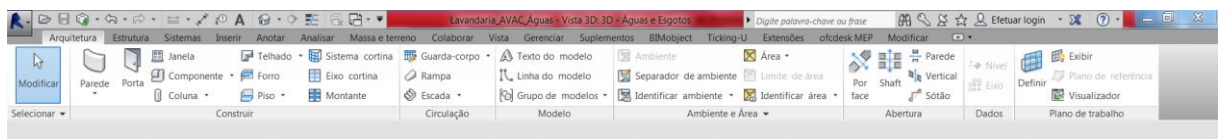


Figura 3.15 - Interface do Revit Architecture.

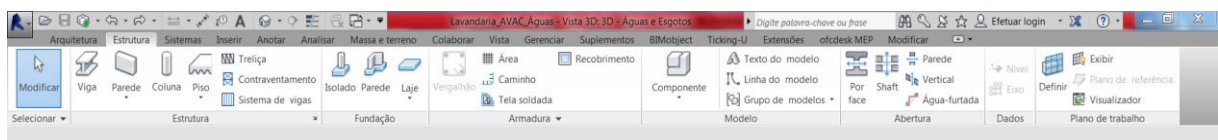


Figura 3.16 - Interface do Revit Structure.



Figura 3.17 - Interface do Revit Mep.

O Revit Architecture, consiste num *software* especializado na projeção de arquitetura. Permite uma modelação paramétrica, exibindo ao utilizador um interface empírico e de fácil utilização, como também a aquisição automática de todas as peças desenhadas e de toda a documentação necessária

para a construção e exploração do empreendimento. Toda esta informação, incluindo os vários tipos de peças desenhadas, assim como tabelas e listas de materiais, mantém-se automaticamente atualizada e coordenada com o modelo do projeto, evitando ao arquiteto tarefas demoradas de verificação e reduzindo a possibilidade de erro.

O Revit MEP, é um *software* para projetos de especialidades (AVAC, Eletricidade, Águas e Esgotos). Os modelos gerados por este *software*, mantêm-se coordenados com os modelos de arquitetura e o modelo da estrutura, de modo a evitar intervenções e reduzir a ocorrência de erros por falta de organização.

Por fim, o Revit Structure, garante um meio envolvente integrado no projeto e estudo da estrutura do edifício. À medida que o modelo físico do projeto é desenvolvido, é automaticamente criado um modelo analítico, que pode ser utilizado por aplicações de cálculo, como o Robot Structural Analysis, e que se mantém sincronizado com o modelo e com a documentação do projeto. Assim, consegue-se, evitar a duplicação de trabalho e o esforço manual de coordenação entre os distintos modelos envolvidos.

# 4

## CASO DE ESTUDO

### 4.1. INTRODUÇÃO

O caso de estudo da presente dissertação incide sobre a modelação em BIM do projeto da lavandaria do Hospital Dr. Nélio Mendonça (Funchal). Neste capítulo aborda-se o estudo ao programa de modelação BIM selecionado, o Revit, no âmbito do projeto de fundações e estruturas, projeto de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e projeto de instalações, equipamento e sistemas elétricos.

Ao longo deste capítulo, analisa-se a capacidade de troca de informação entre as especialidades, evidenciando o estudo na aplicação do BIM em projeto de fundações e estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações de AVAC e de eletricidade, com a enumeração e descrição de algumas capacidades deste *software* para a realização do respetivo projeto.

Neste trabalho, os objetivos não incluíram a comparação das capacidades e características do Revit com outras plataformas BIM existentes no mercado. Neste capítulo, evidencia-se uma elevada parte das capacidades e limitações para a aplicação informática escolhida como também comuns a outras aplicações BIM.

Importa referir que a modelação realizada no âmbito deste trabalho teve por base o projeto de execução que foi elaborado em CAD 2D, ou seja, a modelação realizada não é para a produção do projeto de execução, antes pelo contrário, usa projeto de execução. Nesse sentido, erros/indefinições/omissões constantes no projeto de execução (doravante designado CAD 2D) tiveram influência na realização da modelação desenvolvida para a construção virtual do edifício em BIM.

## 4.2. TROCA DE INFORMAÇÃO ENTRE ESPECIALIDADES

Na metodologia BIM é crucial a troca de informação entre especialidades e para que isso aconteça esta tem que ser benéfica e o seu uso estimulado. Na subsecção 3.7.2, como já referido na plataforma Revit Suite existe o Revit Architecture, Structure e o MEP, orientados respetivamente às especialidades, de arquitetura, estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações de AVAC e de eletricidade, possibilitando uma modelação mais fácil dos diversos elementos das várias especialidades.

No Revit Suite, são proporcionadas ferramentas e funcionalidades adequadas às distintas especialidades, nos respetivos módulos são criados diversos projetos de especialidade que são compatíveis com os restantes, possibilitando o trabalho colaborativo, melhor visibilidade sobre o processo de partilha e sincronização de modelos Revit sem necessidade de qualquer tipo de conversão.

O Revit apresenta ainda outra ferramenta “Coordenação”, na cooperação entre especialidades. Com esta ferramenta, a sua análise pode propor alterações aos projetos, evitar conflitos e respeitar condicionantes arquitetónicas.

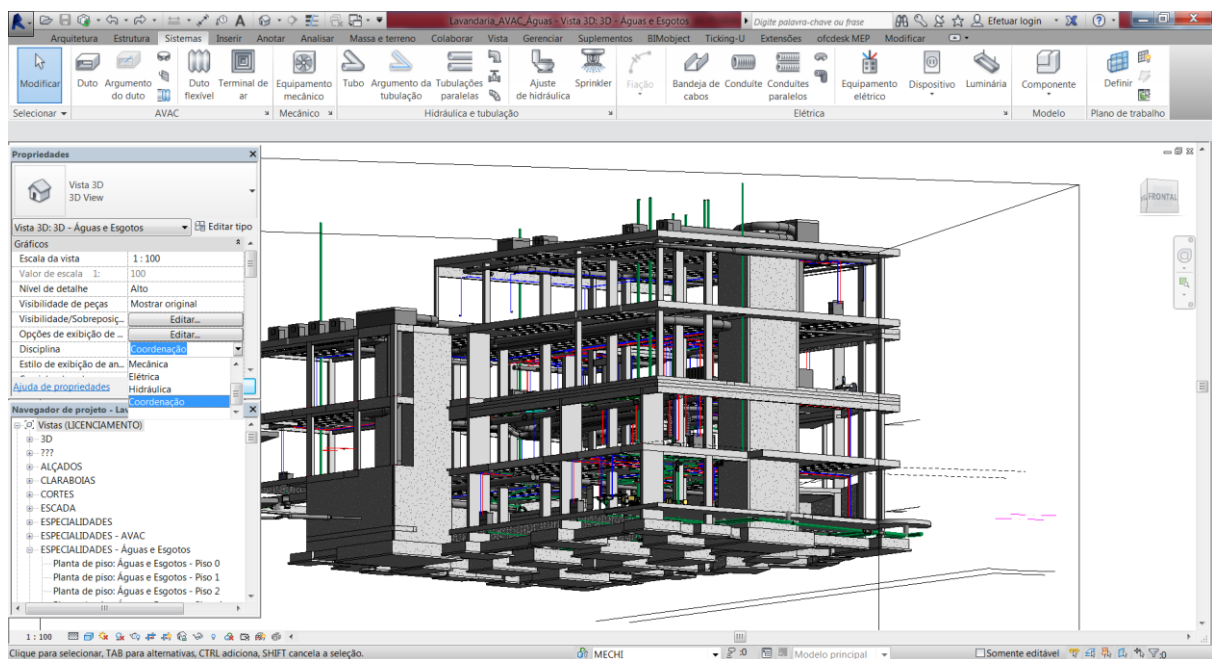


Figura 4.1 - Modelo BIM com todas as especialidades ativas.

A fim de facilitar a análise dos diversos projetos de especialidades, existem opções de filtro para que nas vistas 2D e 3D a informação visual disponível seja apenas a importante. Como última opção tem-se a ferramenta “Coordenação” que reúne todos os modelos dos diversos projetos de especialidade que

ficam ativos. A Figura 4.1 evidencia a referida capacidade, no qual projeto de fundações e estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações de AVAC e de eletricidade encontram-se ativos.

Na Figura 4.2 pode-se visualizar os elementos, tendo como opção a ferramenta de ligar ou desligar os filtros e de dar as cores respectivas a cada elemento.

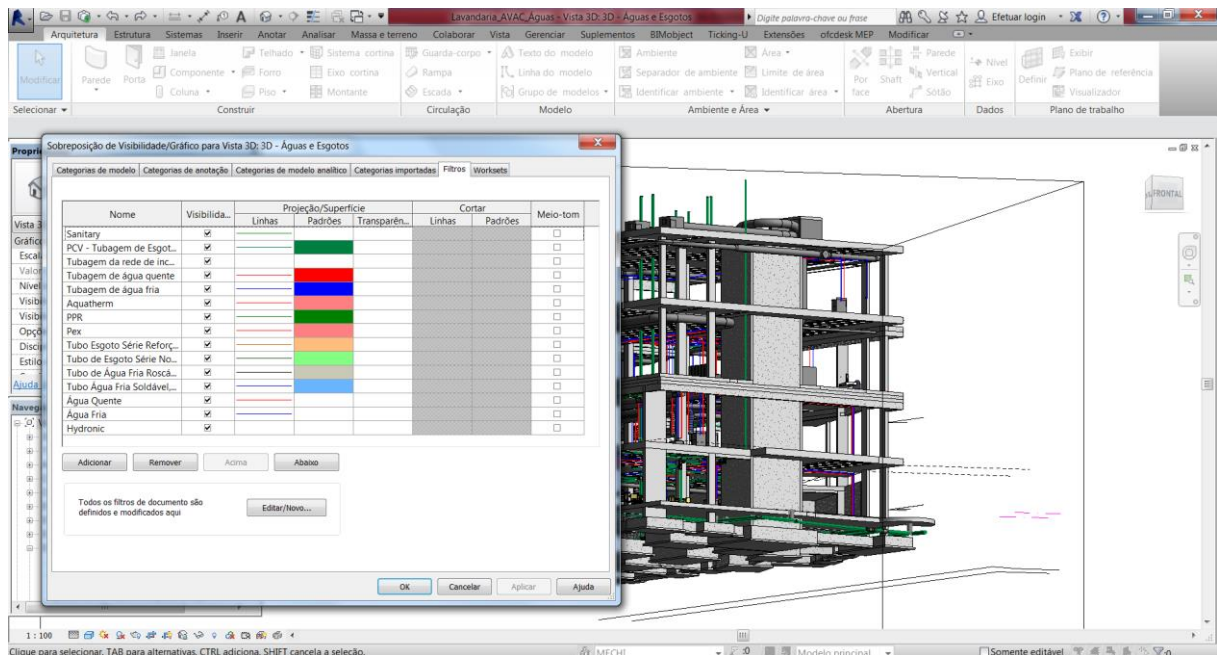


Figura 4.2 - Filtros ativos de cada elemento.

### 4.3. EXTENSÕES E SUPLEMENTOS

No software Revit existem extensões e suplementos, que podem ser adicionados, beneficiando novas capacidades e funcionalidades. O que distingue entre estes dois conceitos, é que as extensões são fornecidas e desenvolvidas pela Autodesk, o que não acontece com os suplementos que são fornecidos e produzidos por outras empresas, trabalhando em cooperação com a Autodesk.

Para o Revit Structure, as extensões disponibilizadas são as seguintes [32]:

- **Modeling:** Adiciona algumas ferramentas e capacidades que podem simplificar o processo de modelação. A título de exemplo, uma funcionalidade que permite criar o modelo BIM através da introdução de dados em Excel.

- **Analysis:** proporciona possibilidades de cálculo para pré-dimensionamento de elementos estruturais.
- **Reinforcement:** possibilita modelar a armadura em elementos de betão de forma automatizada. Determinadas capacidades e limitações são abordadas na subsecção 4.4.1.3.
- **AutoCAD Structural Detailing:** consente a comunicação com o AutoCAD Structural Detailing.
- **Steel Connections:** permite a modelação de ligações metálicas, sendo limitada apenas a dois tipos de ligações (pilar com viga com a ligação pelo banzo do pilar e pilar ao seu apoio). O seu uso é ainda extremamente limitado.
- **Bridges:** introduz capacidades de modelação e funcionalidades direcionadas a pontes.

Neste caso de estudo, foi utilizada a extensão “Reinforcement” (Reforço), (Figura 4.3) as outras não serão discutidas na dissertação.

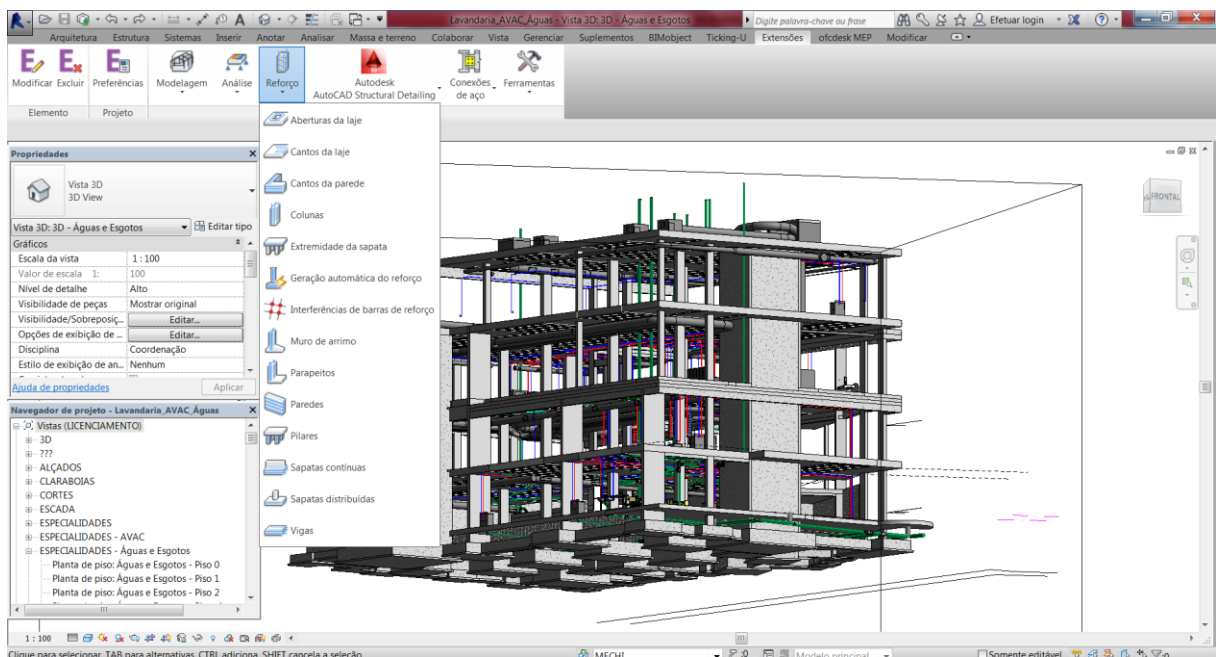


Figura 4.3 - Visualização da extensão Reinforcement.

No que diz respeito aos suplementos, estes dividem-se em dois grupos distintos. O primeiro grupo menciona o projeto de estruturas pré-fabricadas de betão, como por exemplo o IDAT (desenvolvido pela empresa com o mesmo nome) ou para estruturas metálicas o SDS/2 Connect (desenvolvido pela SDS/2). O segundo grupo baseia-se em aplicações que permitem a troca de informação entre o Revit e outros *softwares* que não pertencem à Autodesk. A título de exemplo, o suplemento BIMLink, permite

a interoperabilidade entre Revit e Excel. Porém, já existem suplementos de interoperabilidade entre distintos programas de modelação BIM, que resolvem a capacidade de comunicação entre eles (já possível através do formato padrão IFC), como é exemplo entre Revit Structure e Tekla Structures ou Revit Structure e Graitec Advance [41].

#### **4.4. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM PROJETO DE FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS**

O Revit Structure, *software* de modelação de informação de construção, integra um modelo geométrico de vários materiais a um modelo analítico independente, o qual pode ser editado. Os recursos do Revit Structure incluem um modelo único para análise estrutural e documentação, documentos da construção e detalhamento de estruturas.

As principais funcionalidades do Revit Structure permitem [42]:

- O *software* de engenharia de estruturas para modelação de informação do edifício;
- Documentação de construção;
- Detalhes estruturais;
- Suporte para vários formatos de dados;
- Modelação multimateriais;
- Componentes estruturais paramétricos;
- Colaboração multiutilizador;
- Interoperabilidade com o Autodesk Revit Architecture e o Autodesk Revit MEP.

##### **4.4.1. MODELO GEOMÉTRICO**

O modelo geométrico baseia-se na modelação da estrutura por objetos, característica de um modelo BIM. Este representa a estrutura física do edifício, sendo deste dependente a obtenção de documentação para apoio à obra, a quantificação, custo e fabricantes. Para obter uma boa qualidade de informação referente ao edifício, há que existir uma melhor e precisa modelação do mesmo.

A plataforma Revit possui duas partições de nome, “Projeto Revit” e “Revit Famílias”. O “Projeto Revit” é dedicado à modelação do próprio projeto, e a Revit Famílias, à criação de novos objetos BIM e podendo alterar as suas características físicas, tais como o alterar a extrusão pré-definida do pilar selecionado na Figura 4.4, inicialmente indisponíveis no “Projeto Revit”, os quais se tornam

utilizáveis em modelação. O Revit possui também uma ferramenta para a criação de novos objetos, que se encontra no próprio “Projeto Revit”, com o nome “modelar no local” (Figura 4.5).

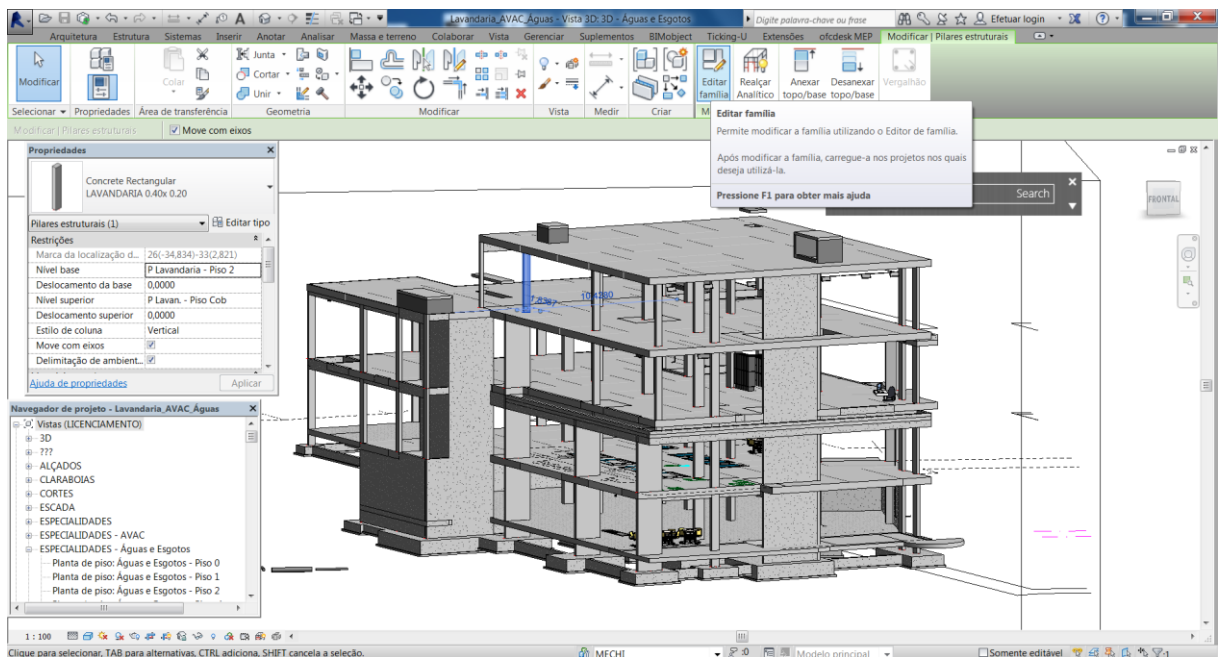


Figura 4.4 - Visualização da opção editar família (o elemento, pilar).

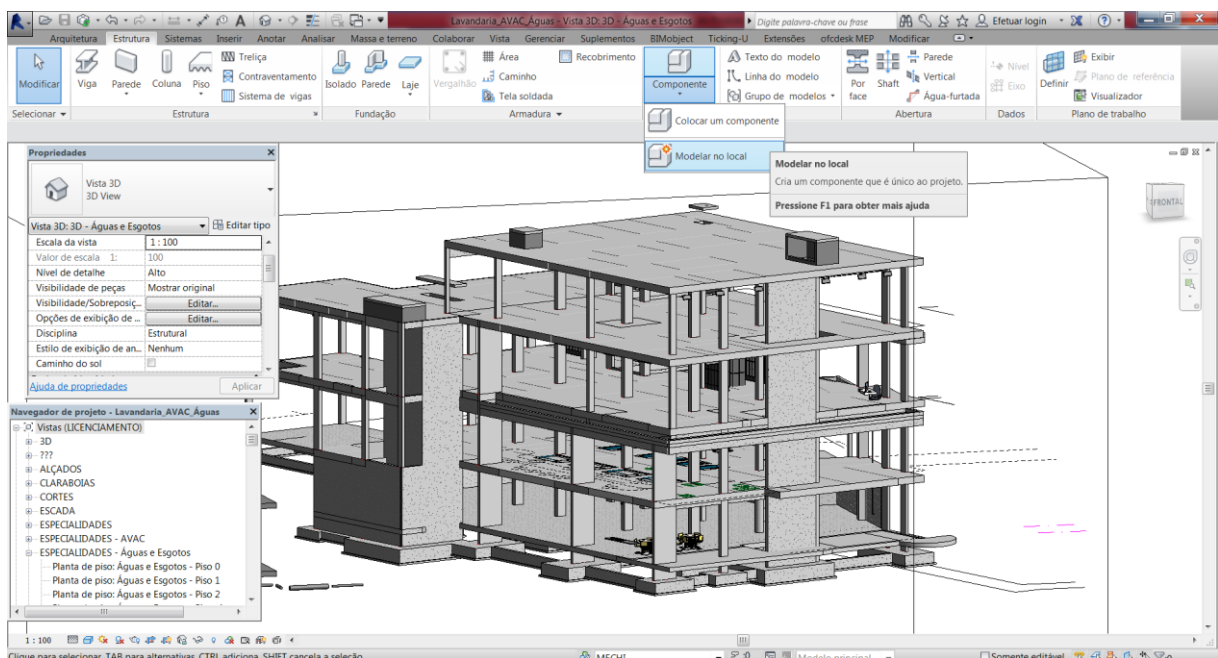


Figura 4.5 - Ferramenta onde pode-se criar novos elementos.

No Revit Structure, a análise às capacidades de modelação, engloba distintos aspetos. No “Projeto Revit”, usando para isso o “Revit Famílias” ou a opção “modelar no local”, existe a possibilidade de criar novos elementos com geometrias e dimensões físicas inicialmente indisponíveis, como também possibilitar a modelação da armadura em elementos estruturais de betão.

#### 4.4.1.1. ESTRUTURA

Na secção 4.2 como já referido, o Revit divide os projetos distintos de especialidade por categorias, para que sejam reconhecidos os elementos modelados como estruturais e desta forma, relativo à categoria do projeto de fundações e estruturas, é necessário defini-los como estruturais nas suas propriedades (Figura 4.6).

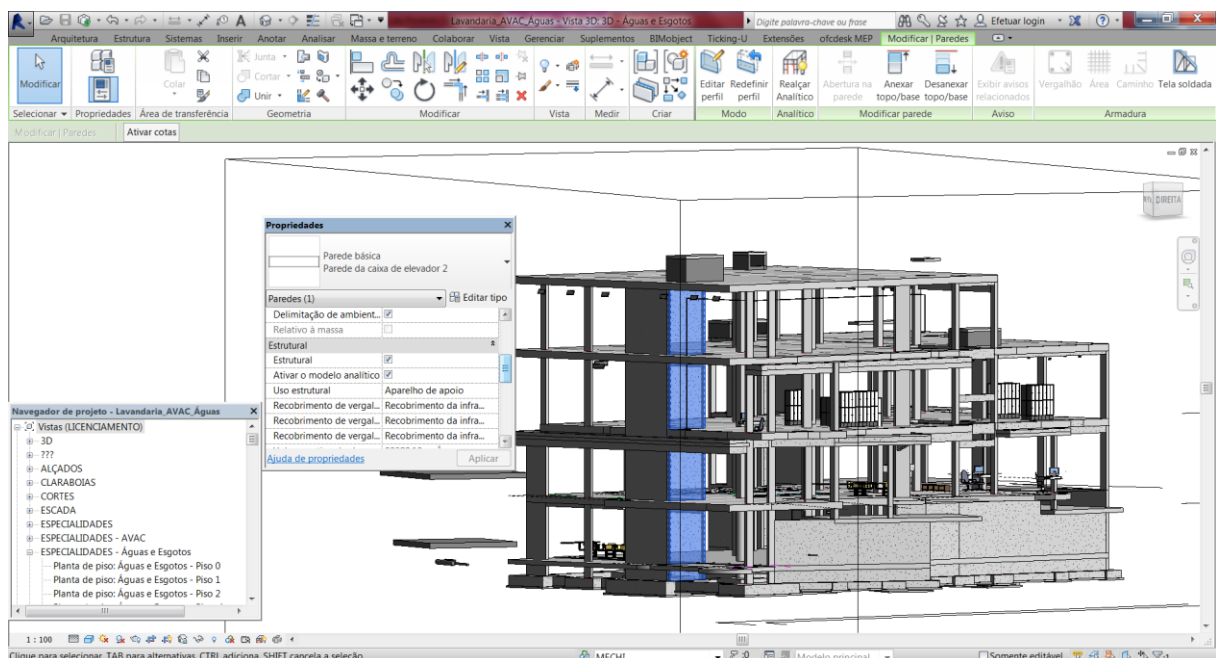


Figura 4.6 - Propriedades da parede selecionada.

No Revit Structure, os elementos modelados são geralmente considerados como estruturais, mas nem sempre são todos considerados estruturais, o arquiteto pode definir como estruturais, ou até mesmo o engenheiro quando recebe o projeto de arquitetura. Este *software* (Revit Architecture) possui alguns elementos de modelação iguais ao do Revit Structure, como por exemplo, lajes pilares e paredes.

Para que se obtenha os respetivos dados das medições e quantidades, a informação referente à parte estrutural, é de sublima importância a separação do projeto de estruturas das restantes especialidades. Relativamente à modelação de armaduras nos elementos de betão, há que definir o elemento como

estrutural, que também permite a atribuição dos valores de recobrimento e a hipótese de ativar o modelo analítico desse elemento, como podemos constatar na figura 4.6.

Um elemento estrutural para que seja transferível para programas de cálculo, como a título de exemplo, o Robot Structural Analysis, é necessária ativação do modelo analítico representativo do respetivo elemento físico estrutural.

A criação de objetos em BIM possui características não só geométricas como também físicas, pois a estes objetos são associados tipos de materiais. No Revit, consta uma lista de materiais já pré-existente, onde é possível a sua adição, alteração e personalização de novos materiais e respetivas características físicas e não físicas. Deste modo, estes podem ser guardados para futuras utilizações noutros projetos Revit como também caracterizar os objetos para serem compatíveis com outros *softwares*. Pode-se ainda mencionar, que as propriedades físicas que podem ser inseridas para o betão (Figura 4.7) são: resistência à compressão, módulo de elasticidade, módulo de distorção, coeficiente de expansão térmica e peso por unidade de volume.

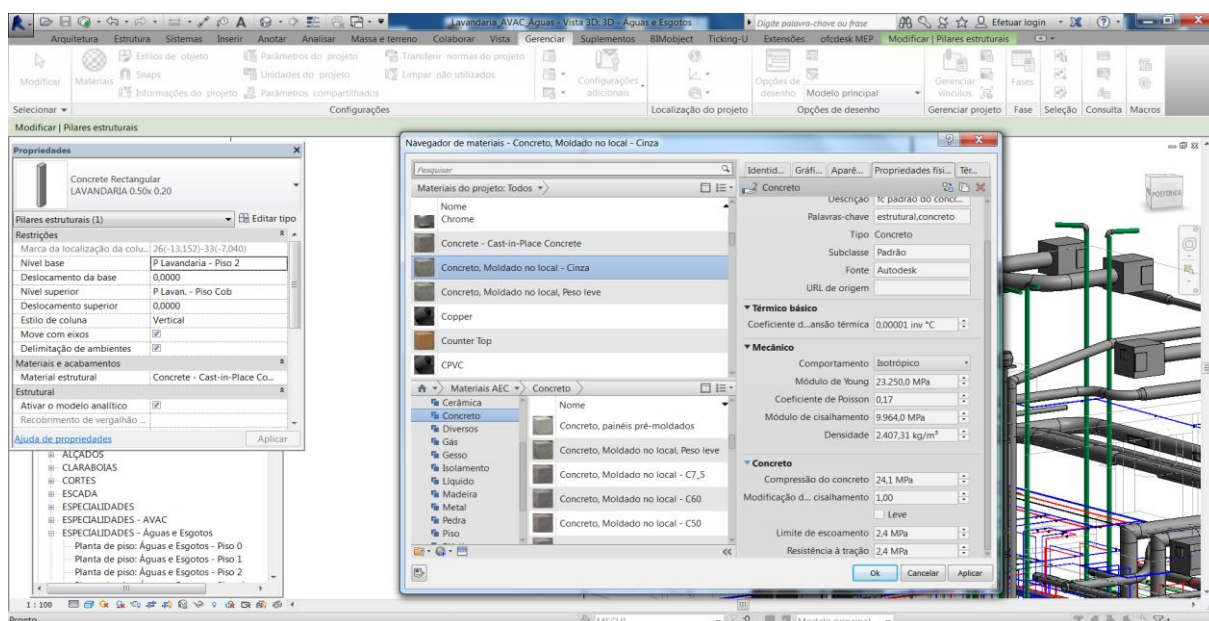


Figura 4.7 - Visualização das propriedades físicas do betão.

Na modelação BIM é relevante, a caracterização dos materiais e sua atribuição aos respetivos elementos estruturais, uma vez que o modelo BIM consiste no documento de informação do projeto, evitando-se identicamente a disseminação de erros para as aplicações informáticas de cálculo estrutural. Na Figura 4.8, evidenciam-se as características não físicas da laje, sendo essas a descrição do material, fabricante, custos, entre outras especificações.

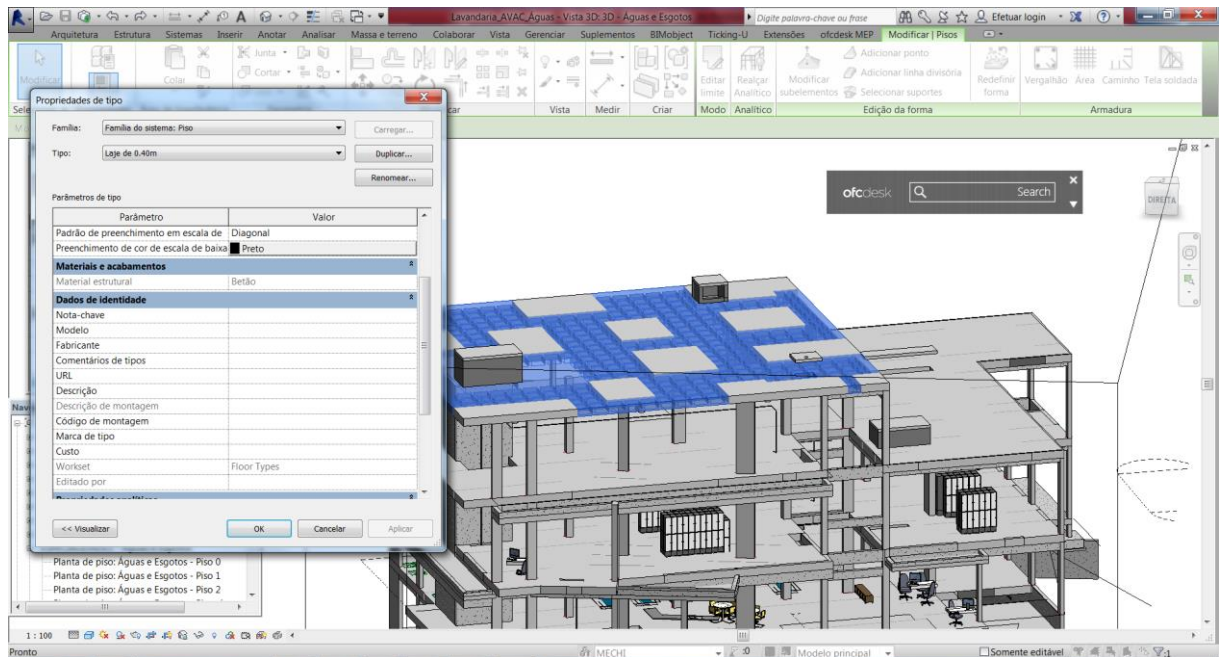


Figura 4.8 - Características não físicas da laje.

#### 4.4.1.2. CAPACIDADE DE CRIAR NOVOS OBJETOS BIM

Em BIM, é importante existir um modelo geométrico de qualidade, que requer a criação de novos objetos, capazes de transpor os elementos pretendidos para a construção e que uma vez criados podem ser utilizados na modelação de outros projetos. Como já referido, no Revit, para esse efeito existe o “Revit Famílias” ou na própria construção “Projeto Revit” a ferramenta “modelar no local”.

O “Revit Famílias”, consta com várias partições destinadas à criação de distintos tipos de objetos. Existem partições orientadas para elementos arquitetónicos, estruturais, mecânicos, como igualmente partições “neutras” com capacidades mais gerais.

Para a criação do bloção<sup>1</sup> utiliza-se a partição estrutural, seguindo as seguintes etapas:

<sup>1</sup> Bloção - nesta tese refere-se à unidade de aligeiramento de um módulo de uma laje aligeirada fungiforme.

1. Criar o objeto, uma nova família, como consta a Figura 4.9;

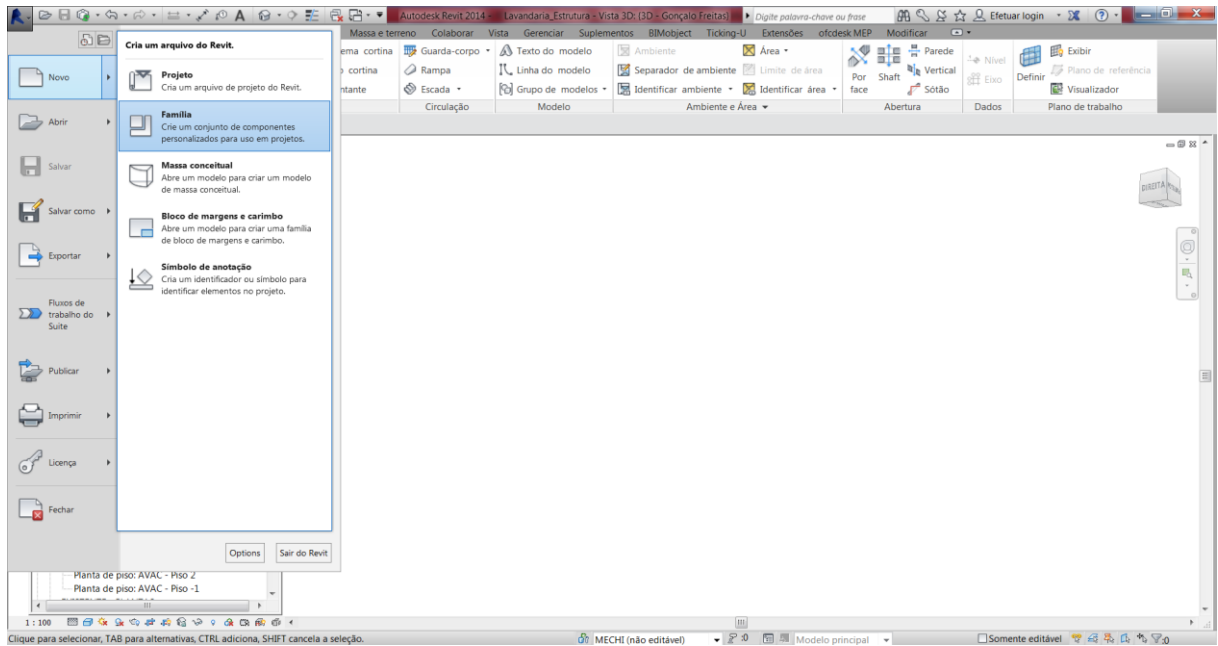


Figura 4.9 - Criação da família.

2. Escolhe-se modelo genérico métrico, como consta a Figura 4.10;

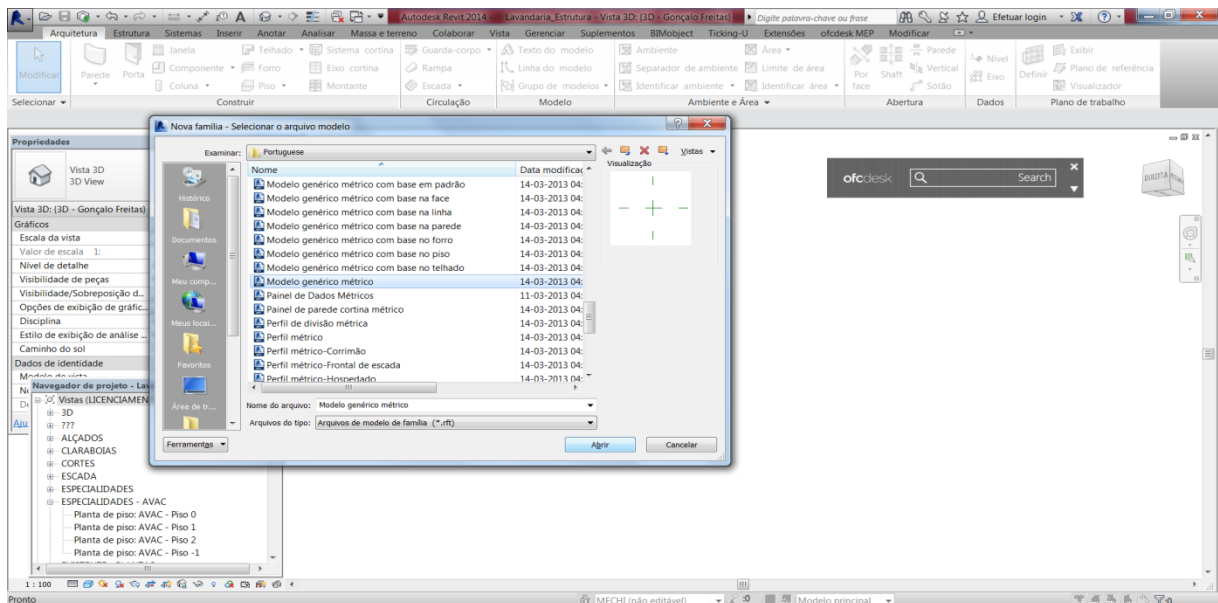


Figura 4.10 - Modelo genérico métrico.

- Estas duas linhas, vistas em planta, representam os planos de referência que ajuda na implantação do elemento, como consta a Figura 4.11;

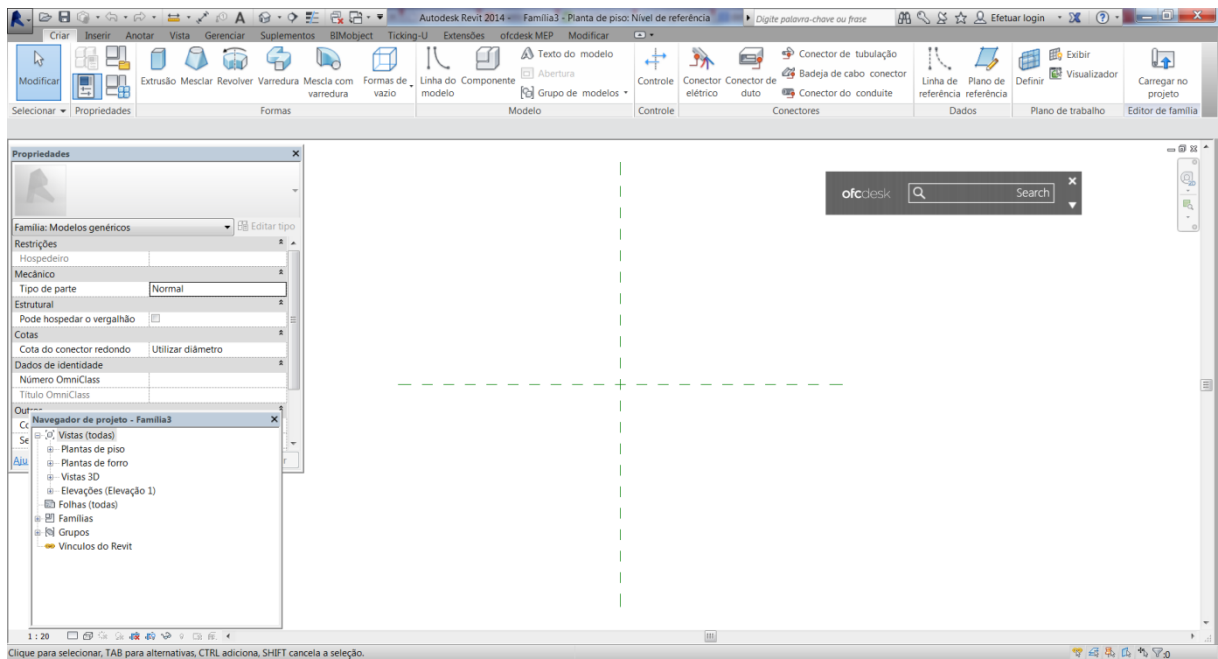


Figura 4.11 - Planos de referência.

- Começa-se por desenhar a extrusão, com objetivo de desenhar o plano para inserir o bloção, como consta a Figura 4.12;

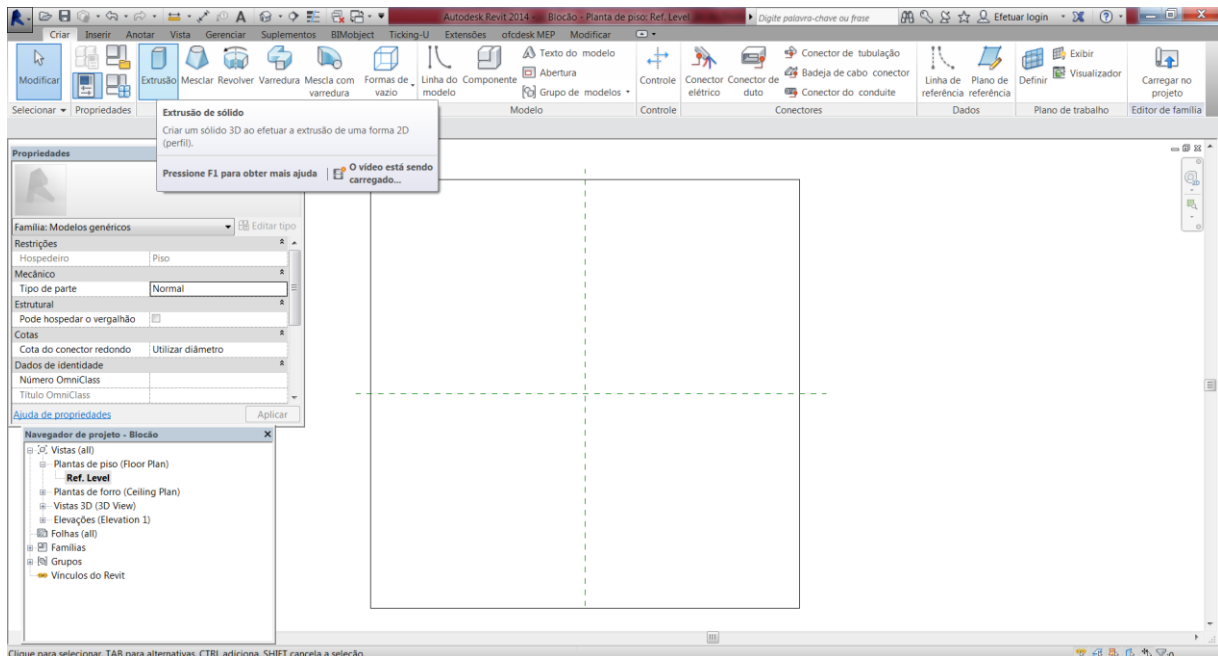


Figura 4.12 - Visualização da extrusão.

5. Criar o vazio para colocar o bloção e ter de executar uma extrusão de vazio, como consta a Figura 4.13;

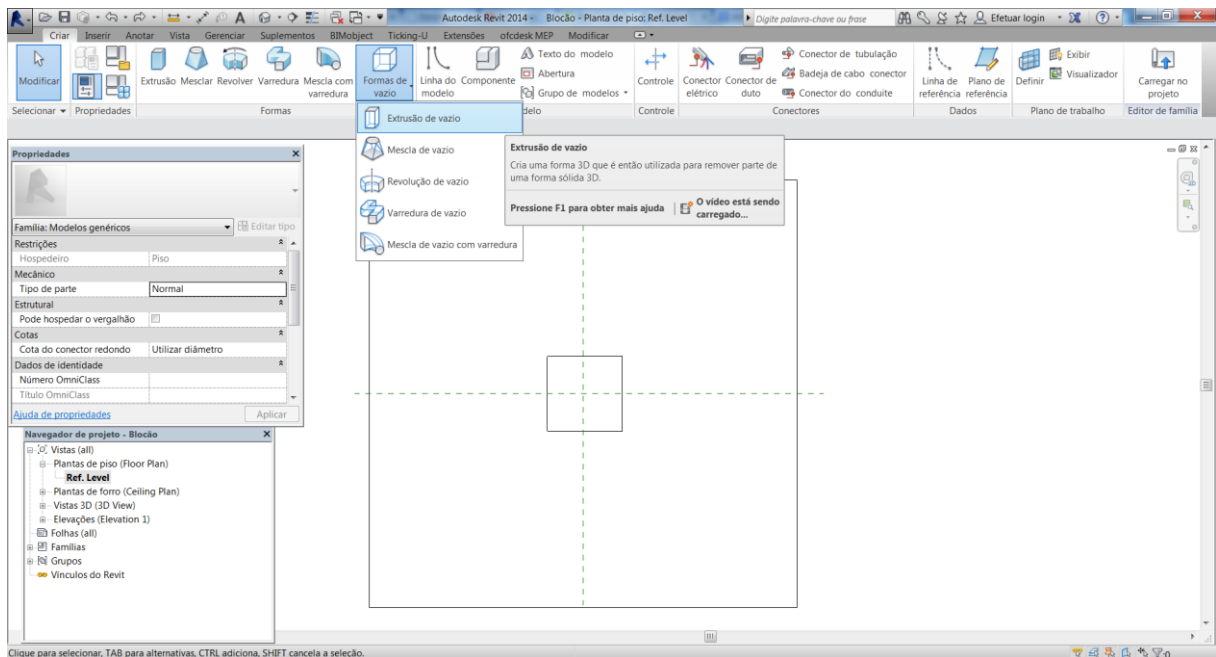


Figura 4.13 - Visualização da extrusão de vazio.

6. Criar outra extrusão no vazio, sendo esta extrusão o bloção, como consta na Figura 4.14, não esquecendo a parametrização, ou seja, a definição das propriedades de parâmetros (Figura 4.30);

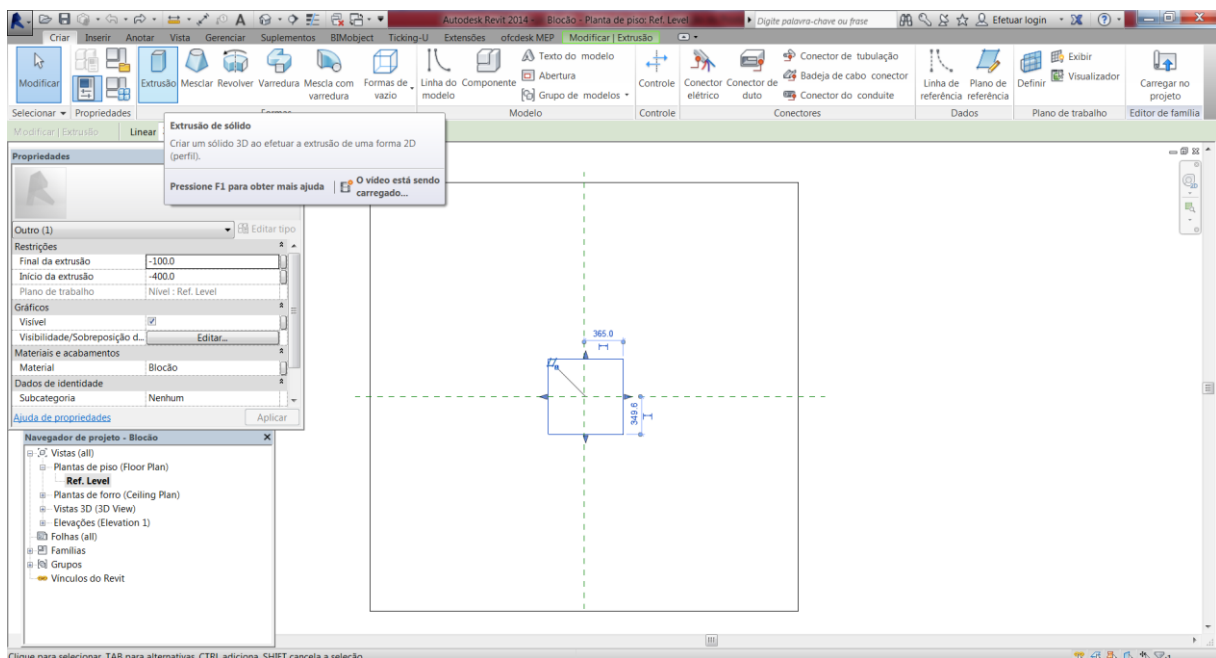


Figura 4.14 - Visualização da extrusão no vazio.

7. Selecionar a extrusão (bloção) e definir o material do bloção, como consta a Figura 4.15;

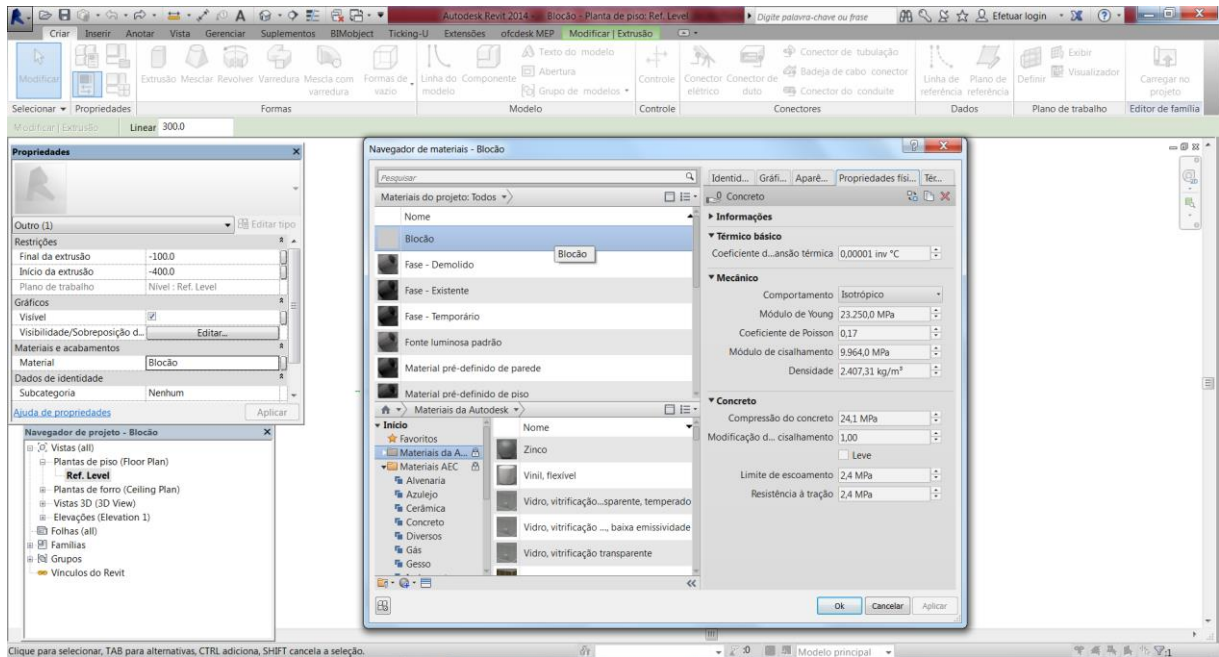


Figura 4.15 - Definição do material.

8. Criar uma laje onde é inserido a família (bloção), como consta a Figura 4.16;

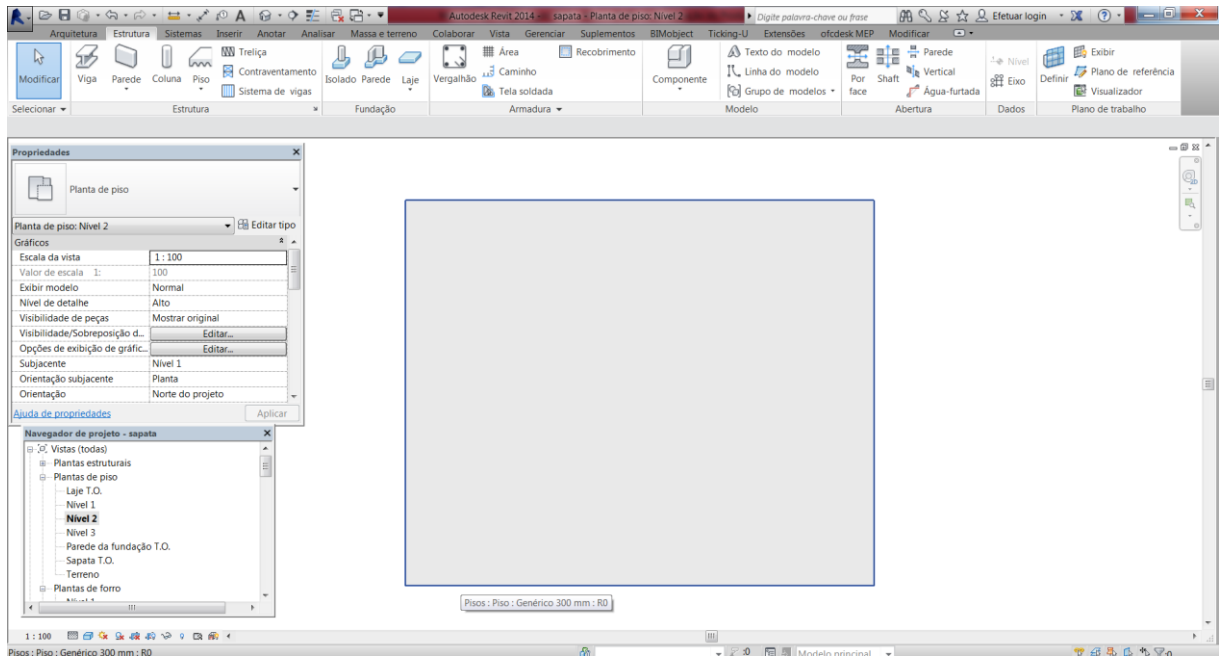


Figura 4.16 - Criação da laje.

9. Inserir o componente na respetiva laje, como consta a Figura 4.17;

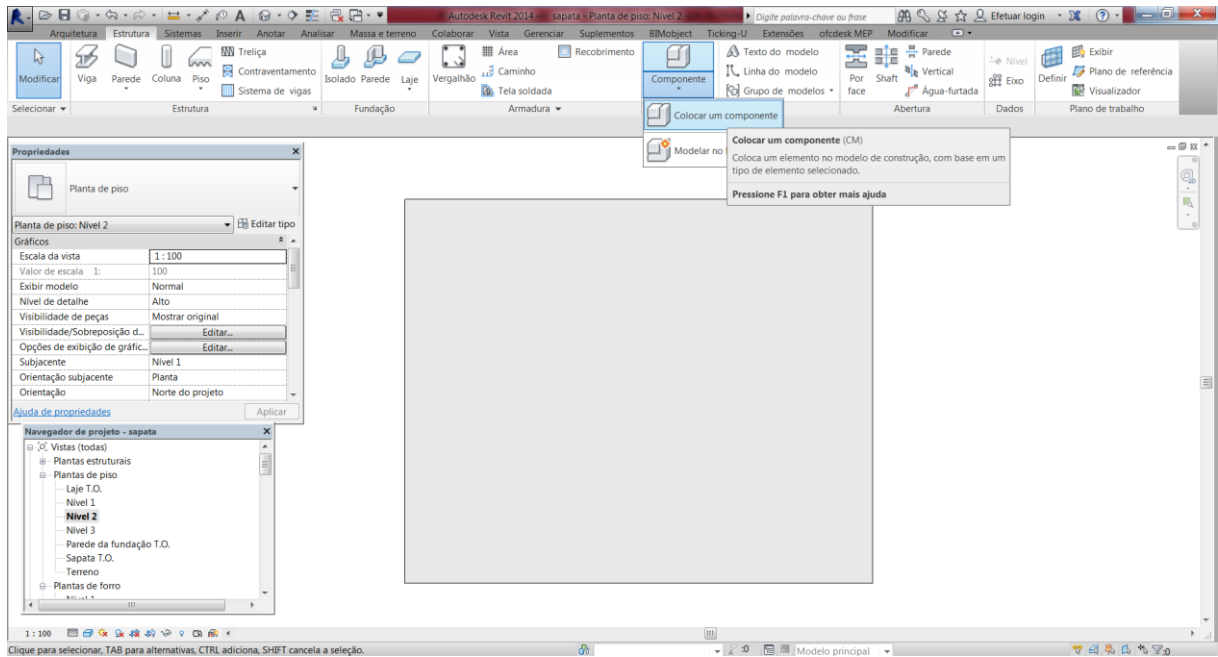


Figura 4.17 - Colocação do componente.

10. Carregar a família (bloco), como consta a Figura 4.18;

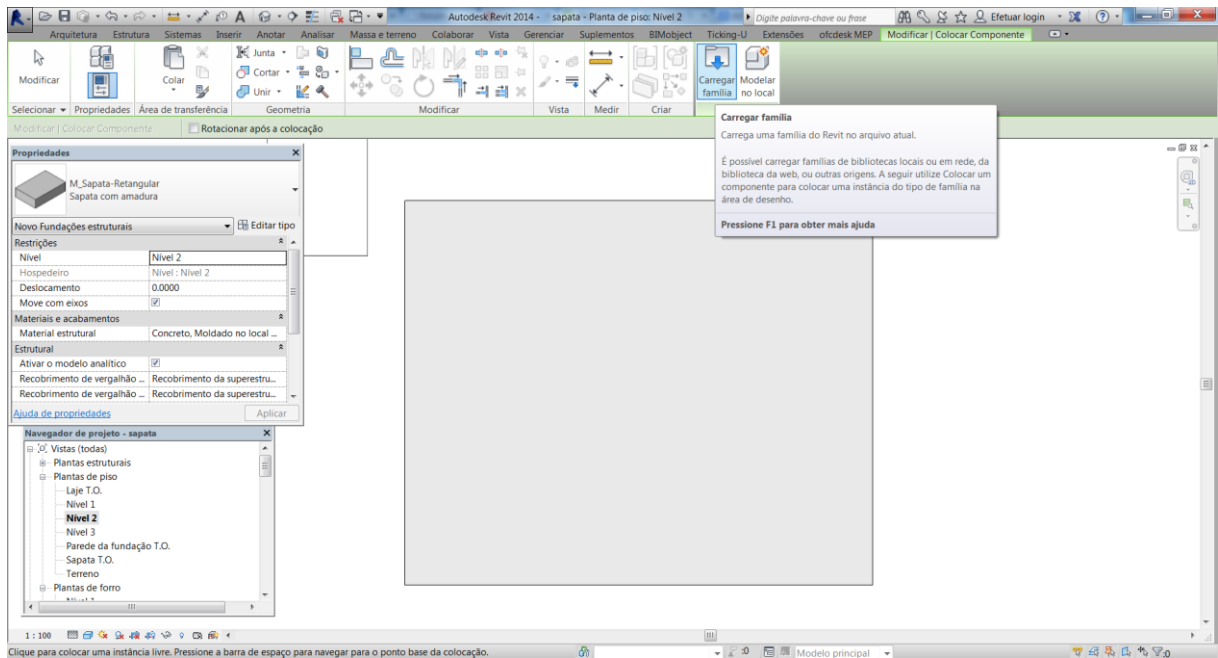


Figura 4.18 - Carregar a família.

11. Selecionar o objeto, como consta a Figura 4.19;

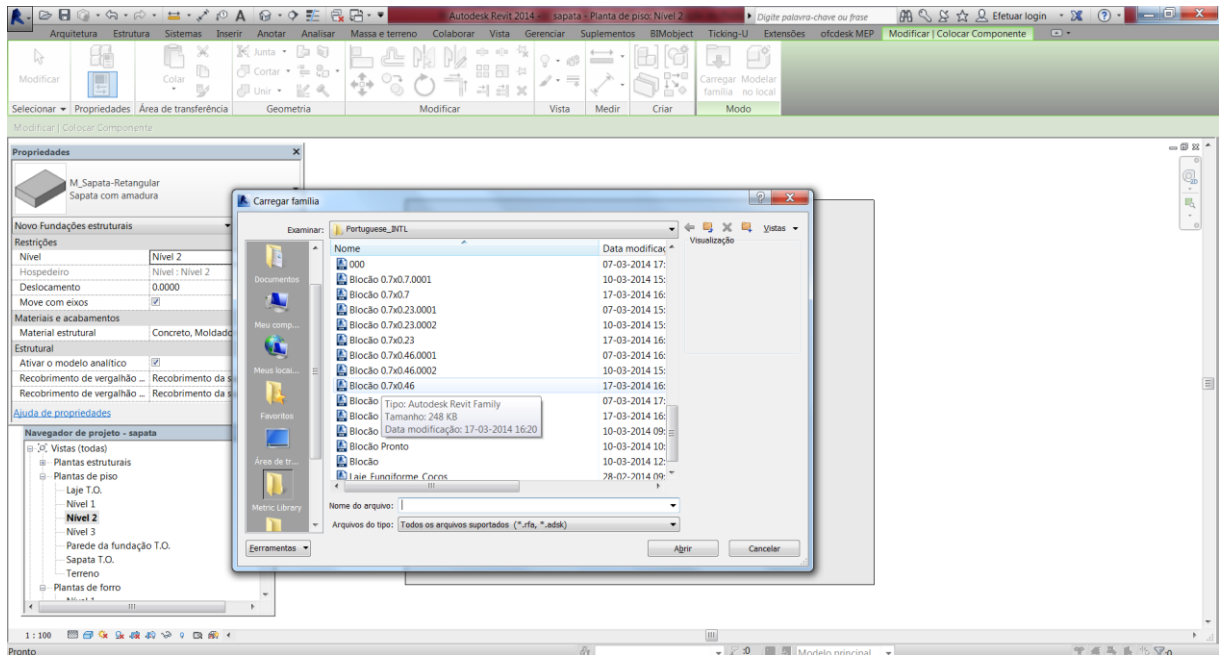


Figura 4.19 - Visualização da seleção do objeto.

12. Inserir o bloco na laje, como consta a Figura 4.20;

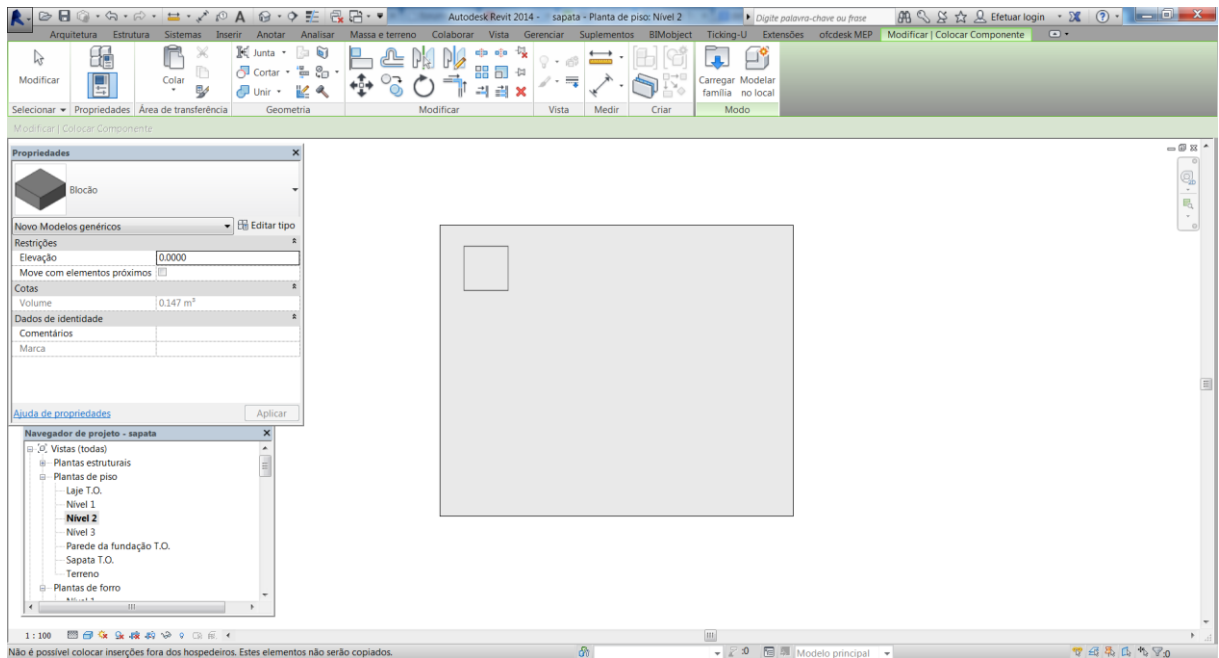


Figura 4.20 - Visualização do bloco inserido na laje.

13. Visualização da estrutura com o bloção inserido nas lajes, como consta na Figura 4.21;

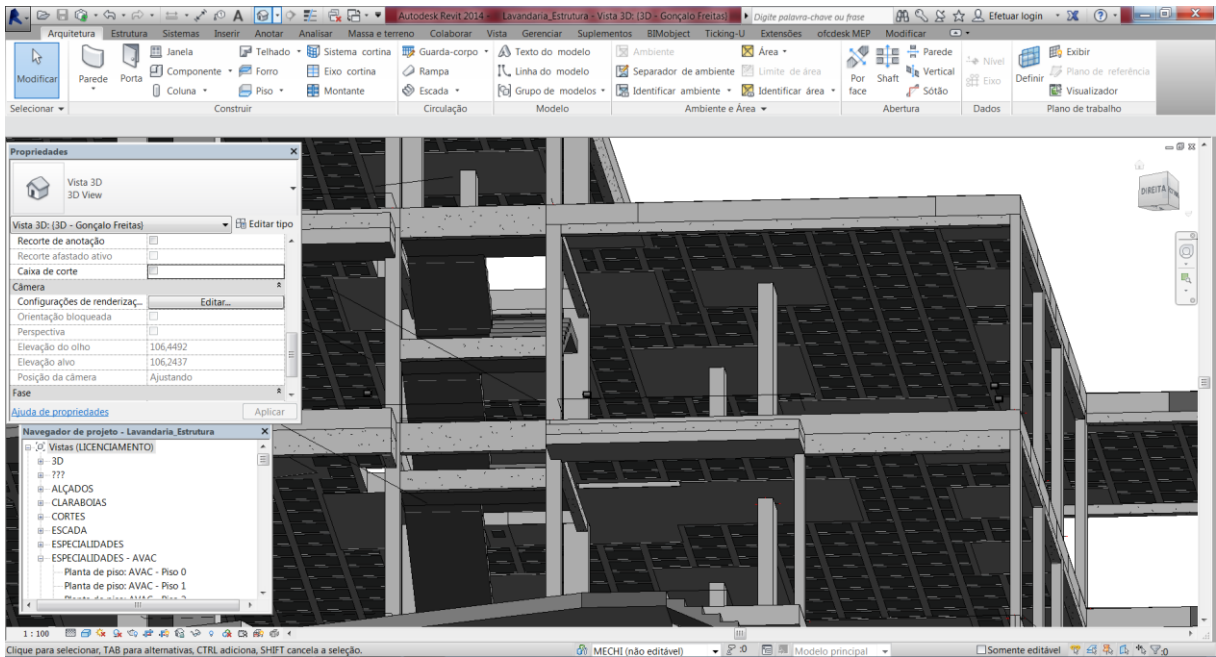


Figura 4.21 - Visualização do bloção inserido na estrutura.

14. Propriedades do bloção, como constam na Figura 4.22;

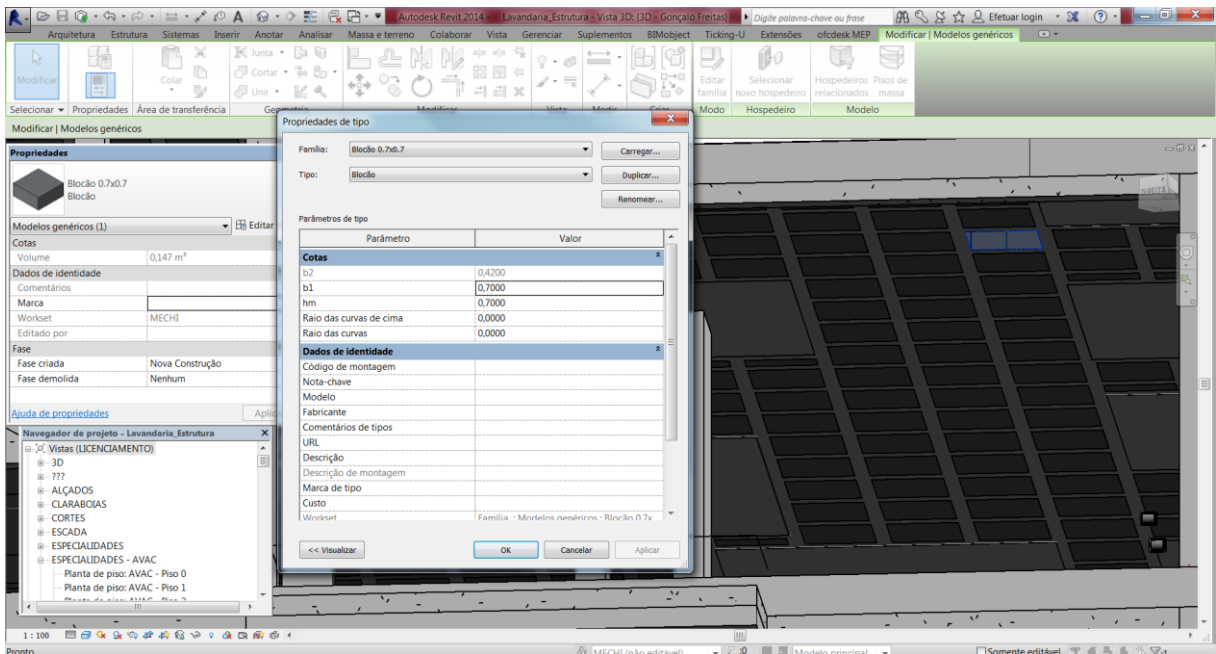


Figura 4.22 - Visualização das propriedades físicas do bloção.

No “Projeto Revit”, tem-se como opção a capacidade permitida pelo “modelar no local” (Figura 4.23), ou seja, suponha-se que se pretende criar uma laje aligeirada de blocões não disponível inicialmente no “Projeto Revit”. Nesta opção “modelar no local” não é possível copiar e colar a família em outro projeto assim como salvar a família no local como um grupo, não podendo ser carregada em outro projeto, o que não acontece no Revit Famílias.

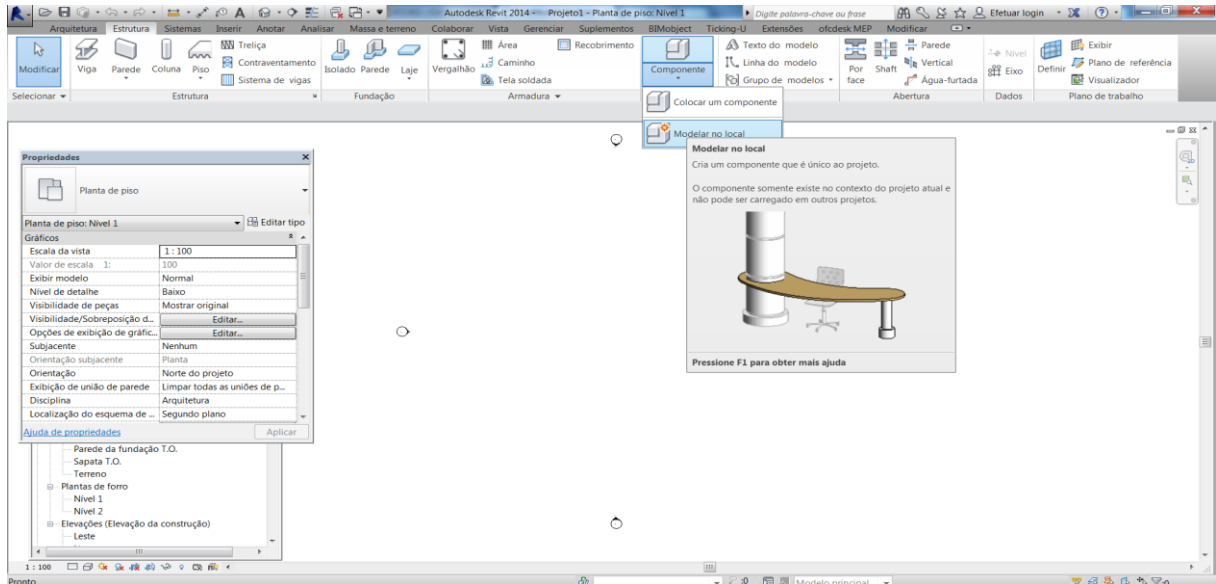


Figura 4.23 - Visualização da ferramenta “modelar no local”.

Após ter criado a família com a opção “modelar no local”, na caixa de diálogo “categoria da família” (Figura 4.24), seleciona-se a categoria estruturas e confirma-se em “OK”. A categoria selecionada é exibida no navegador de projeto bem como na tabela, na qual é possível controlar a visibilidade.

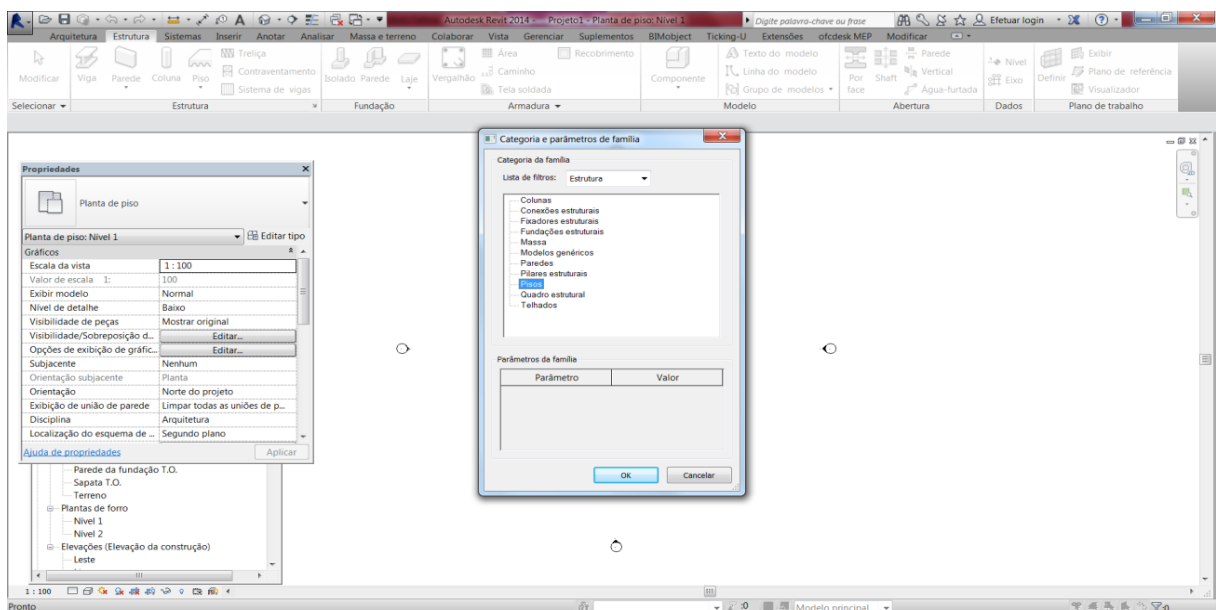


Figura 4.24 - Categoria e parâmetros da família.

Depois de clicar “OK”, na caixa de diálogo “Nome”, insere-se o nome de “Laje Aligeirada” (Figura 4.25) e confirma-se em “OK”.

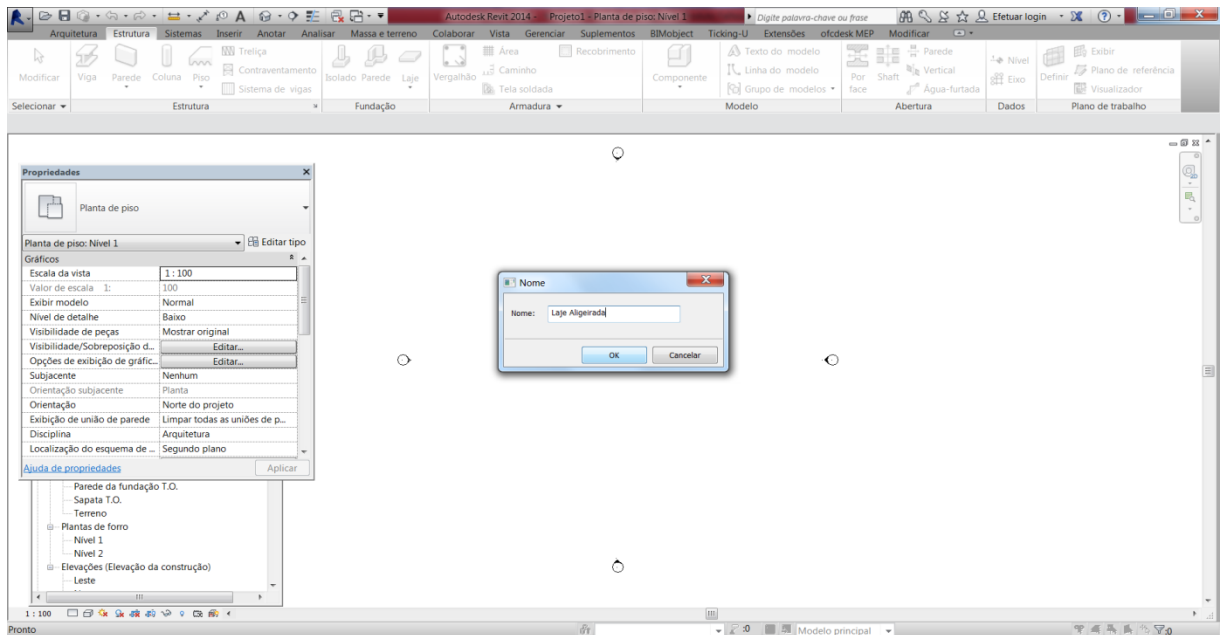


Figura 4.25 - Visualização da caixa de diálogo “Nome”.

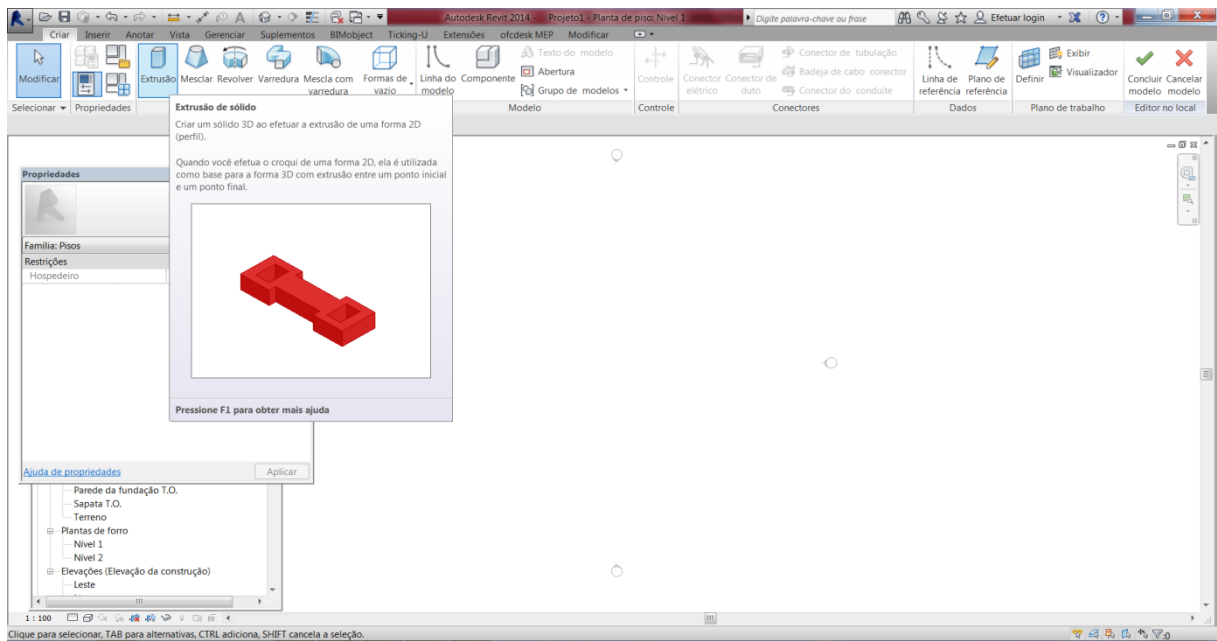


Figura 4.26 - Visualização da extrusão.

Seguidamente, utiliza-se as ferramentas na barra de projeto do editor de famílias para criar a laje, através de uma extrusão (Figura 4.26). A título de exemplo, na Figura 4.27 pode-se observar a geometria pretendida (5 m x 3 m) da laje. Após a geometria da laje concluída, elabora-se a extrusão de vazio para os blocões, como pode-se constatar nas Figuras 4.27, 4.28 e 4.29. Concluído a extrusão do vazio, define-se as várias propriedades de parâmetros (Figura 4.30).

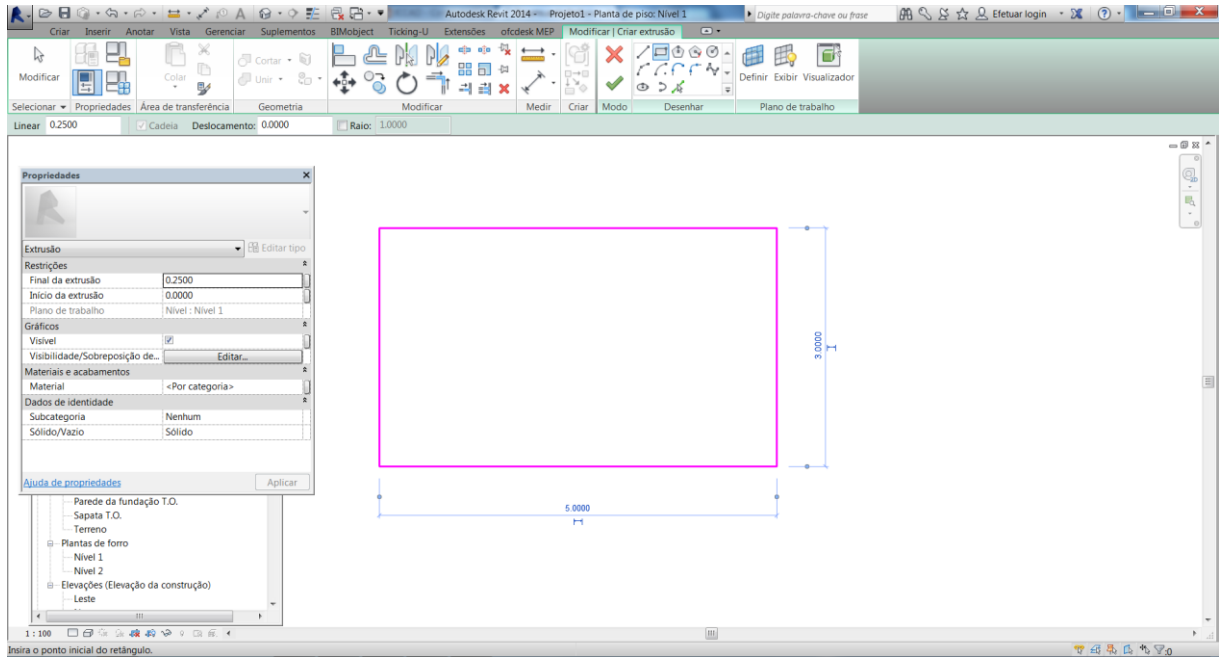


Figura 4.27 - Execução da extrusão.

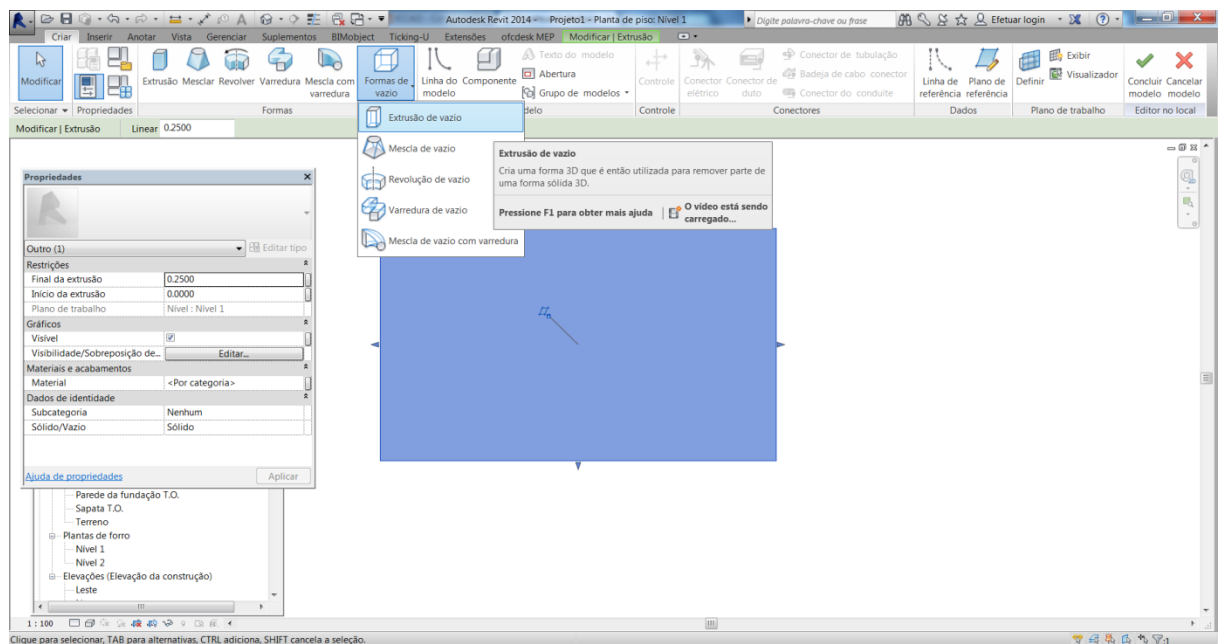


Figura 4.28 - Visualização da extrusão de vazio.

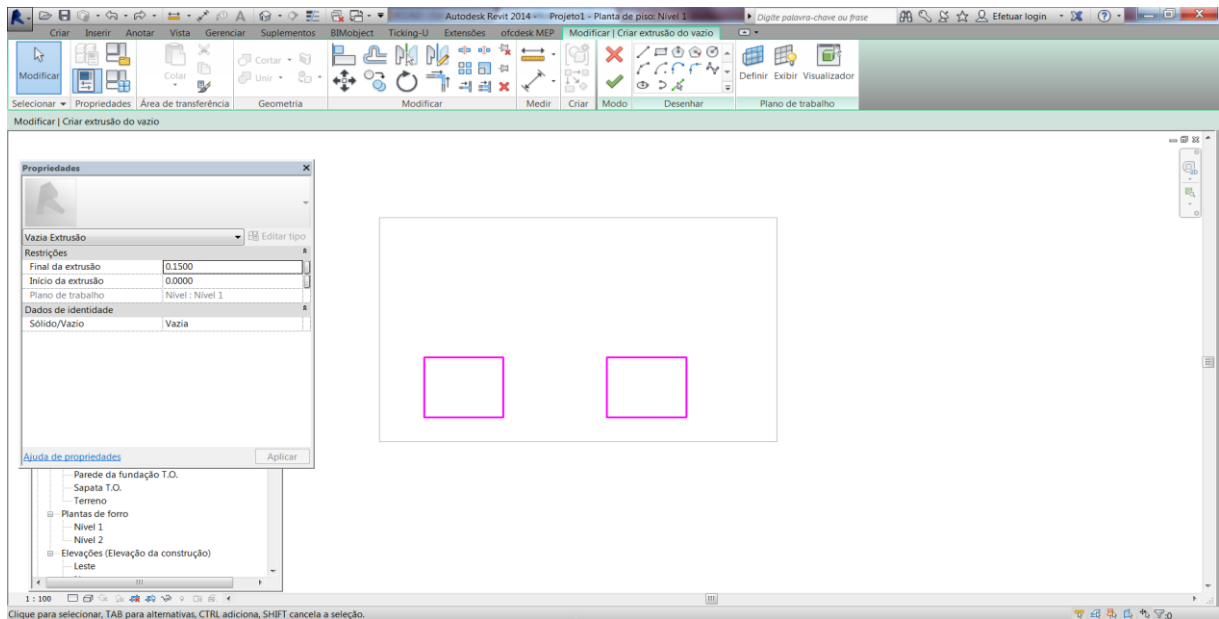


Figura 4.29 - Execução da extrusão de vazio.

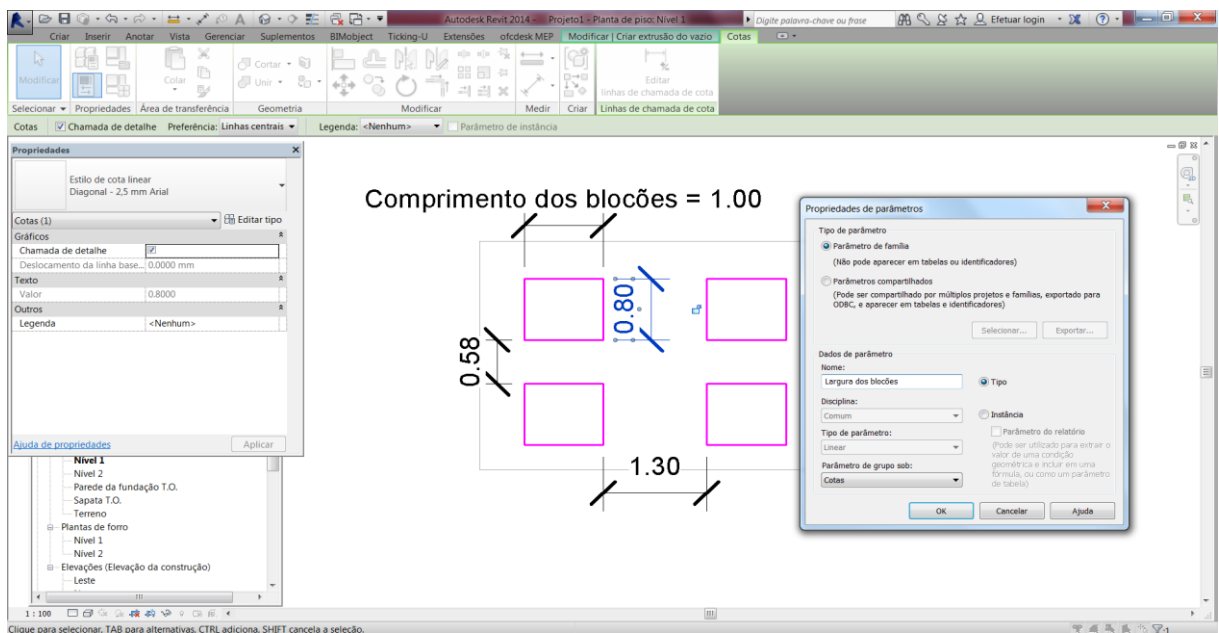


Figura 4.30 - Definição das propriedades de parâmetros.

Definida a geometria do padrão pretendido (Figura 4.31), pode-se parametrizar as dimensões do elemento, proporcionando com isso, que esta nova família de lajes seja interiorizada no “Projeto Revit” não só com determinadas dimensões pré-definidas, mas podem ser modificadas. Na Figura 4.32, encontra-se os seguintes parâmetros definidos: comprimento dos blocões, largura dos blocões e largura entre blocões.

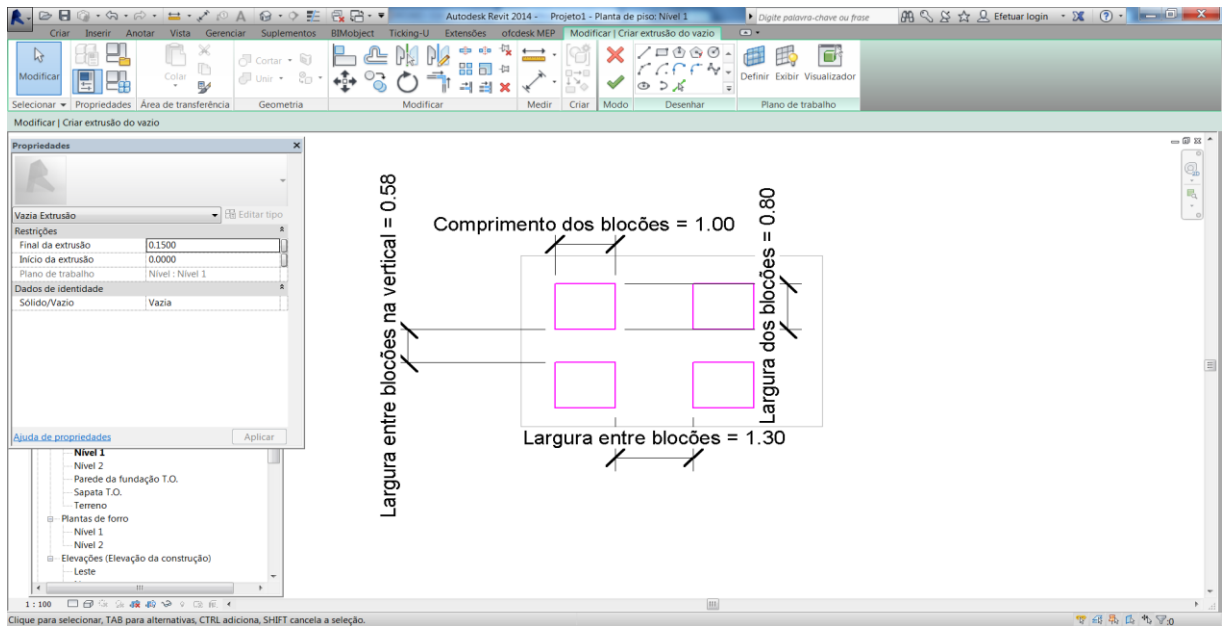


Figura 4.31 - Definição da geometria padrão da laje.

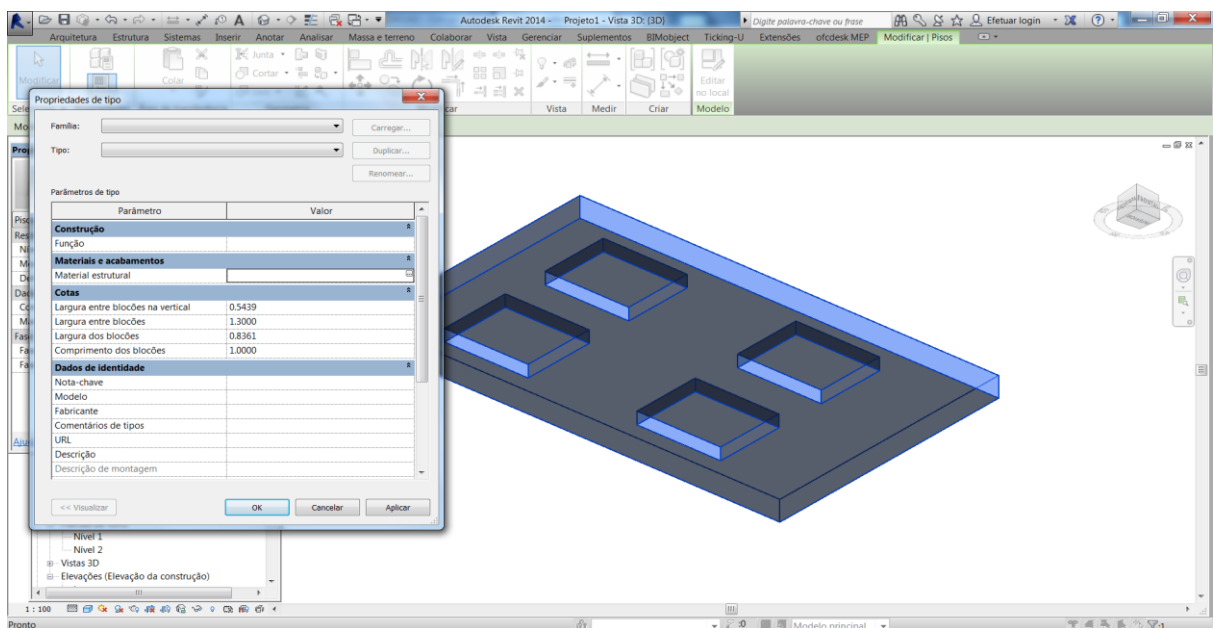
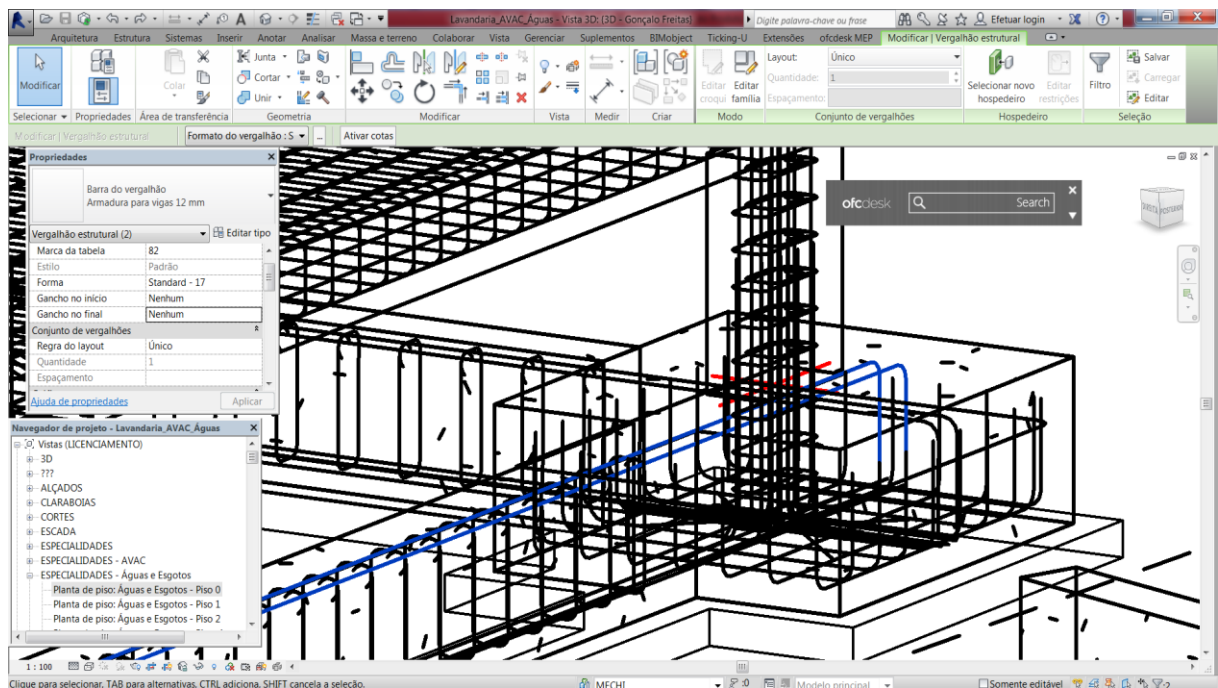


Figura 4.32 - Parâmetros do objeto (laje) BIM.

Importa salientar, que o utilizador pode criar uma biblioteca de novos elementos, uma vez que as novas famílias podem ser armazenadas e recarregadas em distintos projetos, sempre que seja necessário. Uma condição importante é a existência de uma biblioteca eficaz para a rentabilização dos recursos, independentemente da especialidade/ *software* Revit (Architecture, Structural, MEP).

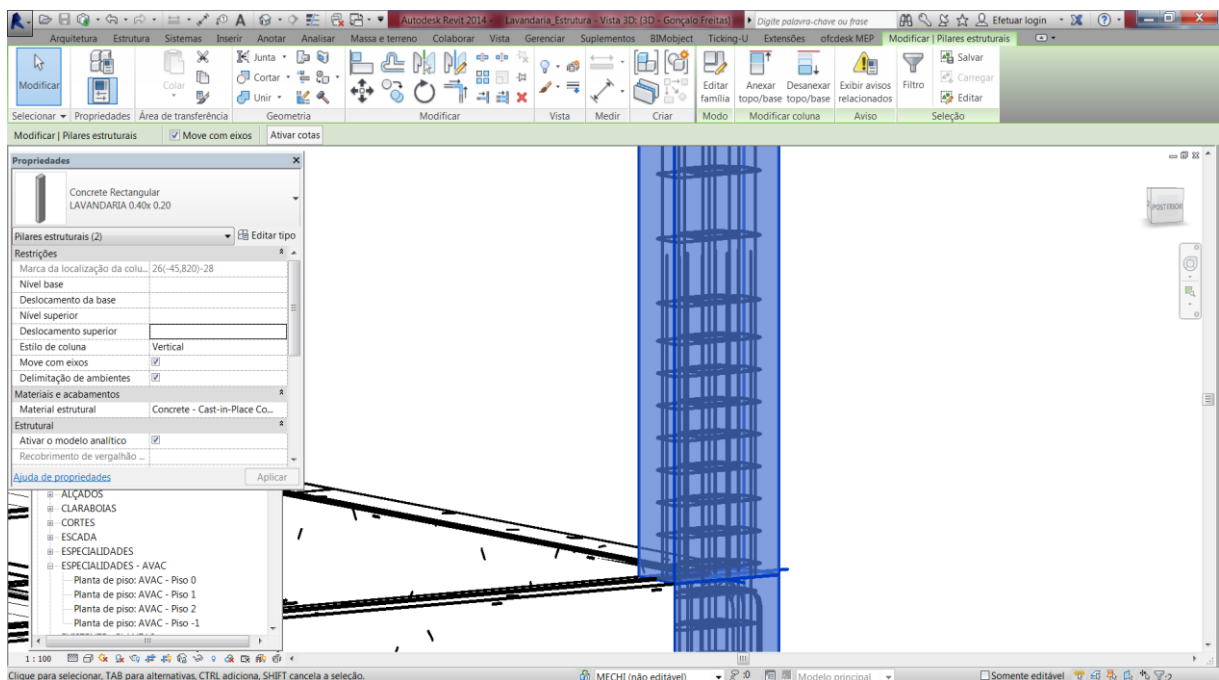
#### 4.4.1.3. ARMADURA

Entre as várias componentes do BIM, tem-se a pormenorização estrutural, sendo as armaduras um dos pontos mais relevantes no projeto de estruturas. Pode-se constatar nas Figuras 4.33 e 4.34, o nível de detalhe que possibilita uma cuidada apreciação às soluções de armadura a adotar, ajudando na conjugação dos espaçamentos dos varões entre distintos elementos, evitando sobreposições e outros conflitos. A título de exemplo, se as emendas de armaduras selecionadas na Figura 4.34 não forem corretamente distanciadas no elemento, essa informação poderá passar despercebida pelos intervenientes do projeto.



**Figura 4.33 - Pormenor da armadura na interseção de uma viga de fundação com uma sapata.**

Referente às visualizações acima mencionadas, existem outras formas de visualização, onde é possível atribuir cores distintas aos diferentes conjuntos de varões, assistindo especificamente em zonas com grande concentração de armadura.



**Figura 4.34 - Visualização tridimensional de uma emenda de armadura entre dois pilares da mesma seção.**

Existem dois métodos para a modelação das armaduras no modelo BIM, sendo essas dependentes do elemento estrutural em causa:

- Modelar diretamente as armaduras nos elementos estruturais:** Este método de modelação da armadura é possível em qualquer elemento estrutural. Neste coloca-se diretamente nos elementos de betão os varões pretendidos, sendo possível a escolha precisa do posicionamento pretendido para estes (Figuras 4.35 e 4.36). Sendo esta a que possibilita maior caracterização, melhor solução para elementos estruturais com geometrias menos usuais e para soluções de armadura mais complexas. Existe ainda a possibilidade de definir as malhas de armadura, nos elementos estruturais como lajes e paredes. Este método de modelação é moroso e pouco automatizado, ainda que seja versátil e não especificamente complexo. Ainda que não seja possível modelar a armadura da escada na extensão “Reinforcement”, é necessário modelar diretamente a armadura na escada.

Capítulo 4 - Caso de estudo

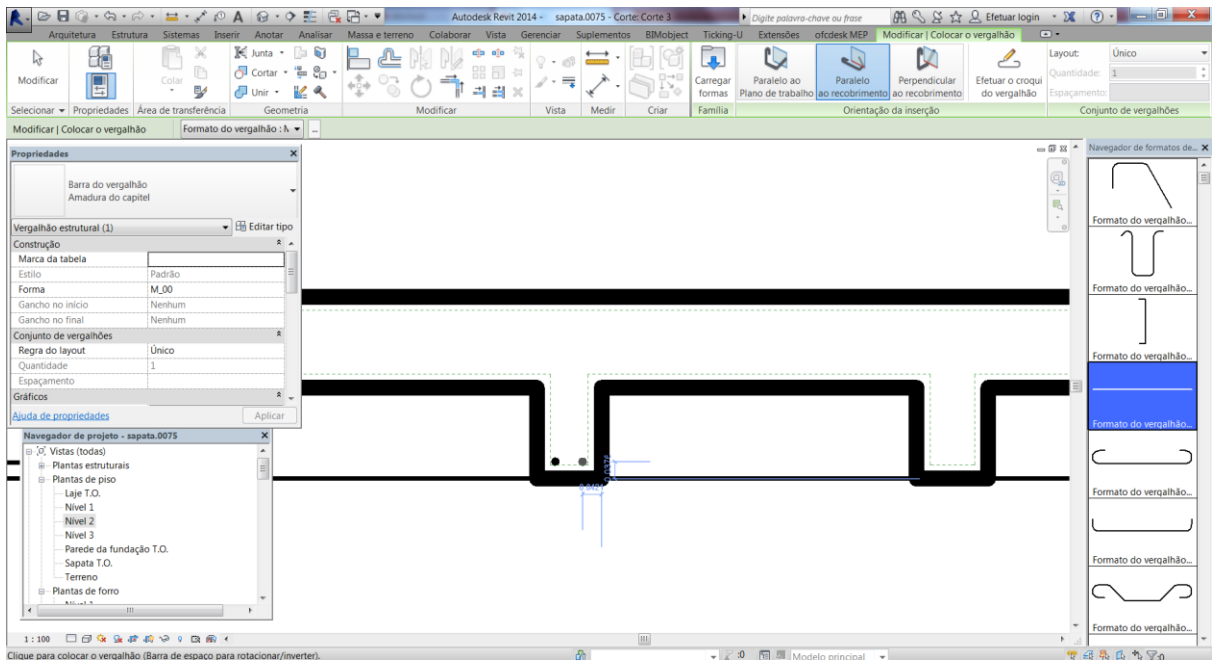


Figura 4.35 - Aplicação direta da armadura nas nervuras.

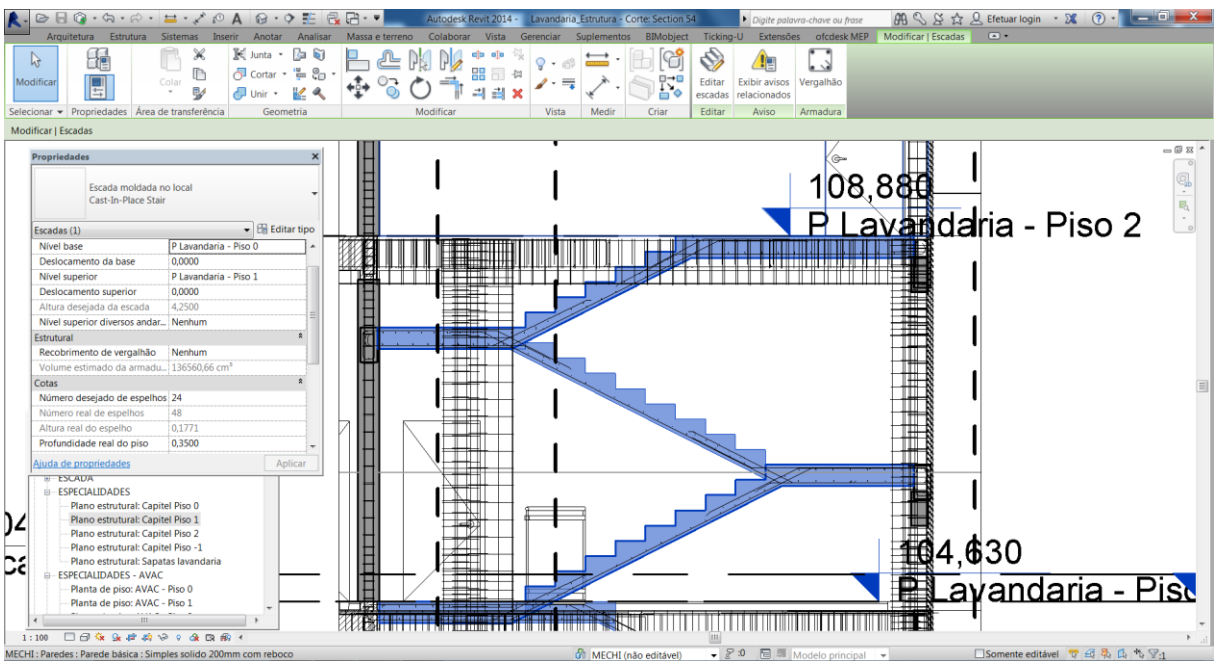


Figura 4.36 - Aplicação direta da armadura numa escada.

- **Modelar com recurso à extensão do Revit Structure (Reinforcement, secção 4.3) para armaduras:** É possível nesta extensão modelar a armadura em vários elementos estruturais de betão: sapatas distribuídas e contínuas, paredes, vigas, pilares. Permite a modelação da armadura que ocorre através do número, diâmetro dos varões, valores de espaçamento e recobrimento. Contudo, o seu uso é limitado pelas formas geométricas dos elementos, por exemplo, esta considera apenas vigas e pilares retangulares e circulares ou paredes retangulares. Isto não se adequa nem é funcional em escadas e paredes com redondo. A Figura 4.37 representa o exemplo do uso da extensão “Reinforcement” num pilar. Assim é possível colocar as armaduras longitudinais, cintas, comprimento de emendas e seus respetivos espaçamentos, tendo para cada país as configurações, como consta a Figura 4.38.

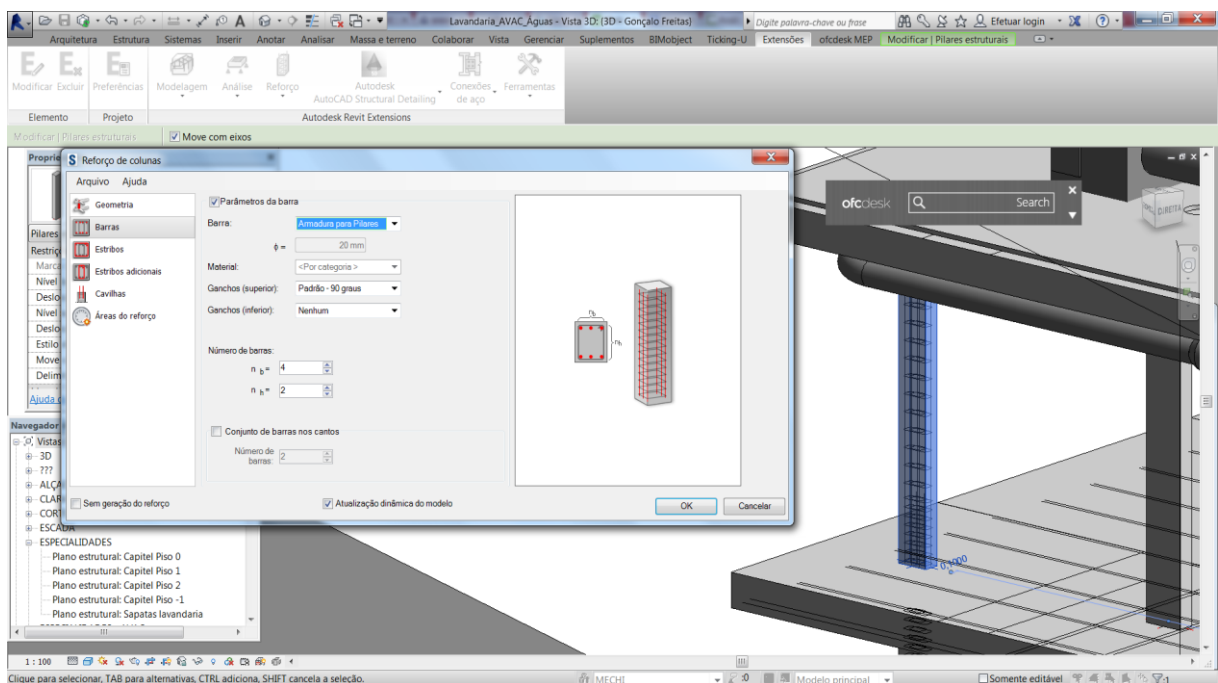


Figura 4.37 - Uso da extensão “Reinforcement” na modelação da armadura num pilar de betão.

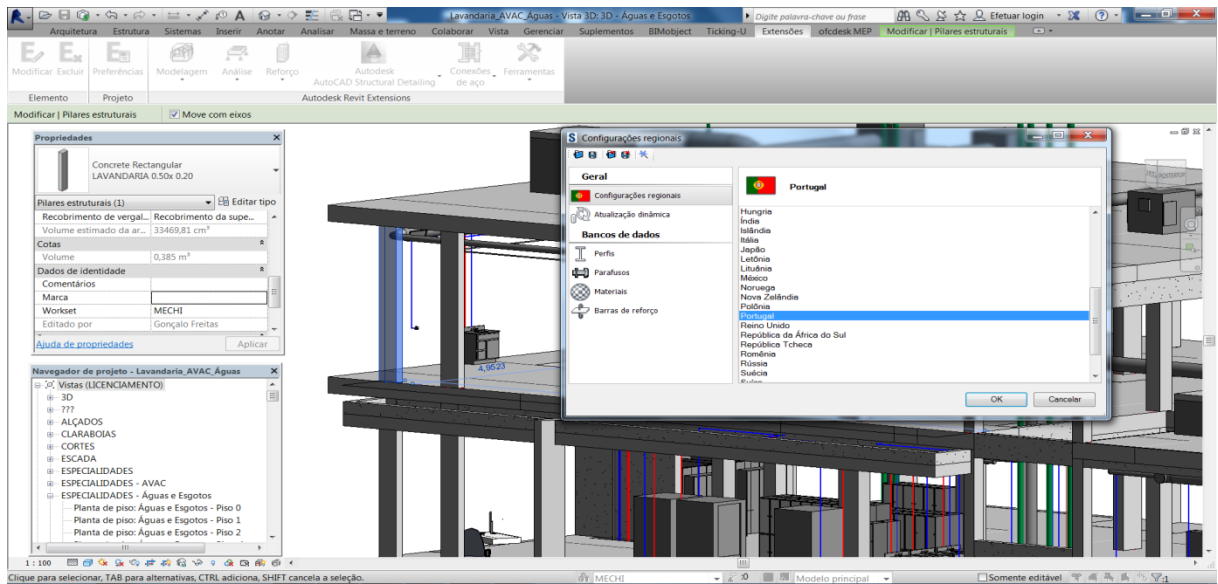


Figura 4.38 - Configurações nacionais, na aplicação “Reinforcement”.

No projeto de estruturas, a modelação da armadura pode-se assumir como um processo lento, especialmente quando existe uma elevada quantidade de elementos estruturais com geometrias menos convencionais. Na Figura 4.39, evidencia-se a zona onde tem maior número de armaduras de distintos elementos estruturais, mas para que seja possível obter a combinação dos vários varões desejados e sem sobreposições, tem-se de “estender” alguns varões manualmente. A definição das trajetórias desejadas para os varões é um processo relativamente moroso e pouco evidente.

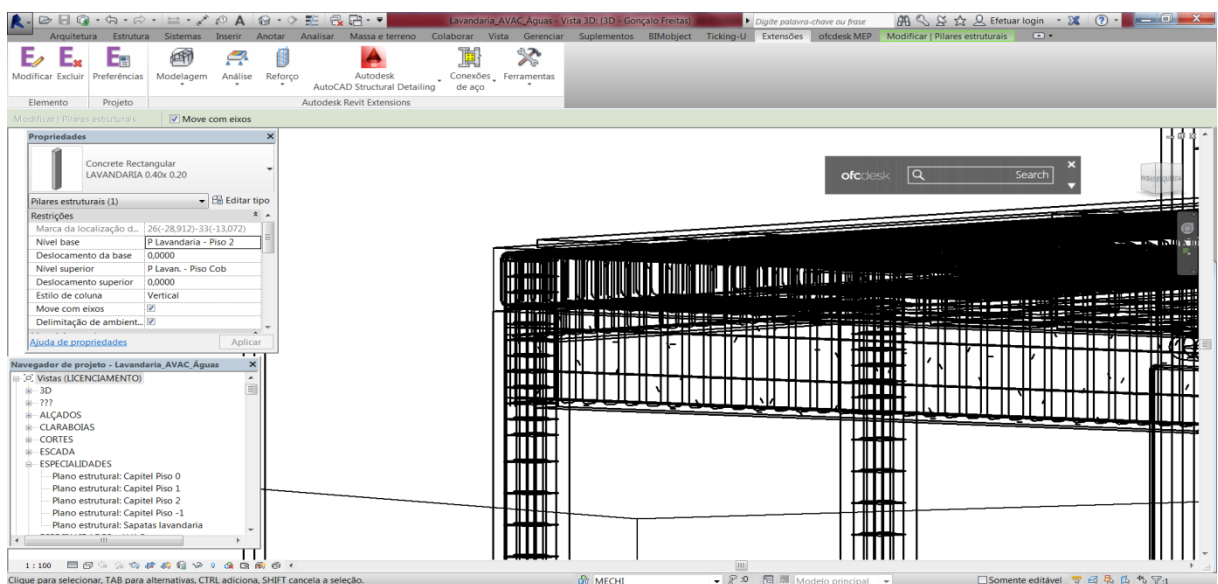


Figura 4.39 - Visualização tridimensional da armadura na interseção de duas vigas com um pilar.

Em relação, à falta de objetos (capiteis), pode-se realizar esta de duas formas diferentes, sendo numa primeira instância, “enganando” o *software* com a elaboração de uma viga com a dimensão pretendida (medida do capitel), assim não existindo a dificuldade de atravessar a armadura da laje na viga. Neste contexto tem-se com desvantagem a armadura da viga, isto é, ao modelar a armadura da viga vai ocorrer estribos dentro do suposto capitel não estando projetado no pormenor do capitel. Na segunda instância, opta-se pela realização de uma laje dentro de outra, tendo de utilizar a ferramenta “desunir”, para poder quantificar o volume de betão quer da laje quer do capitel. Nesta instância tem-se como obstáculo a introdução da armadura da laje na zona do capitel (por defeito o *software* considera que quando se tem duas lajes contíguas a armadura de cada laje é interrompida no final da respetiva laje), tendo de ser “prolongada” para dentro do capitel.

Neste caso de estudo, a realização dos capitéis foi executada através da segunda instância mencionada anteriormente, para tal considera-se as seguintes etapas:

1. Criar a laje, como consta na Figura 4.40;

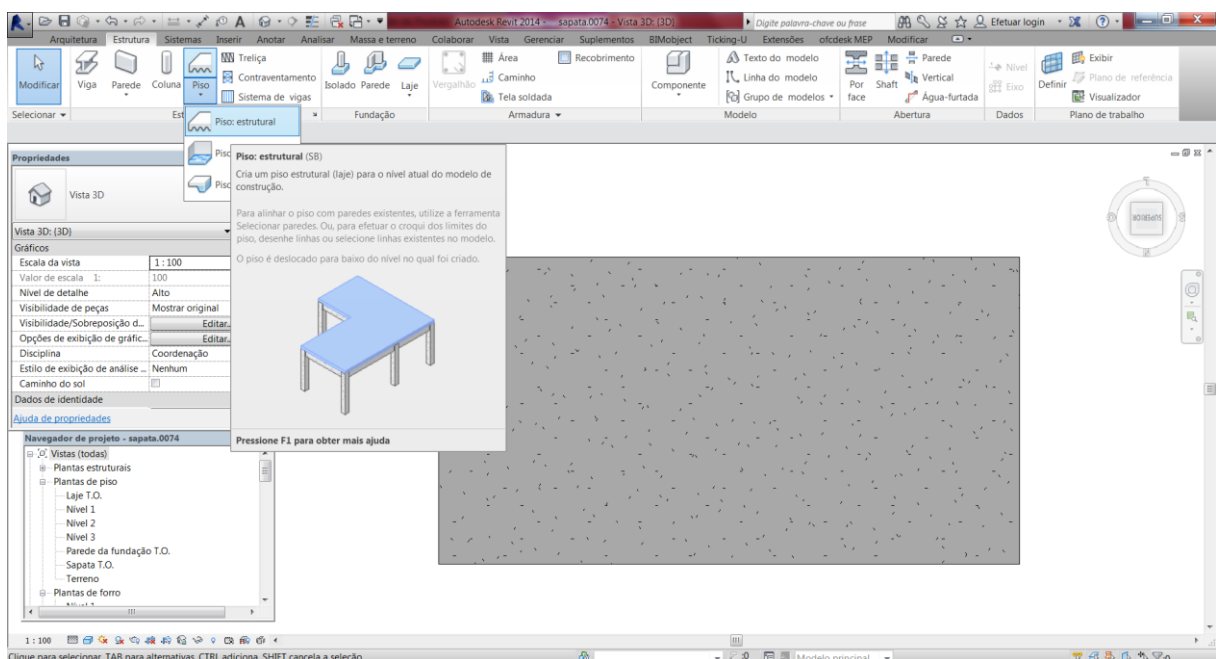


Figura 4.40 - Visualização da laje.

2. Criar o capitel, como consta a Figura 4.41;

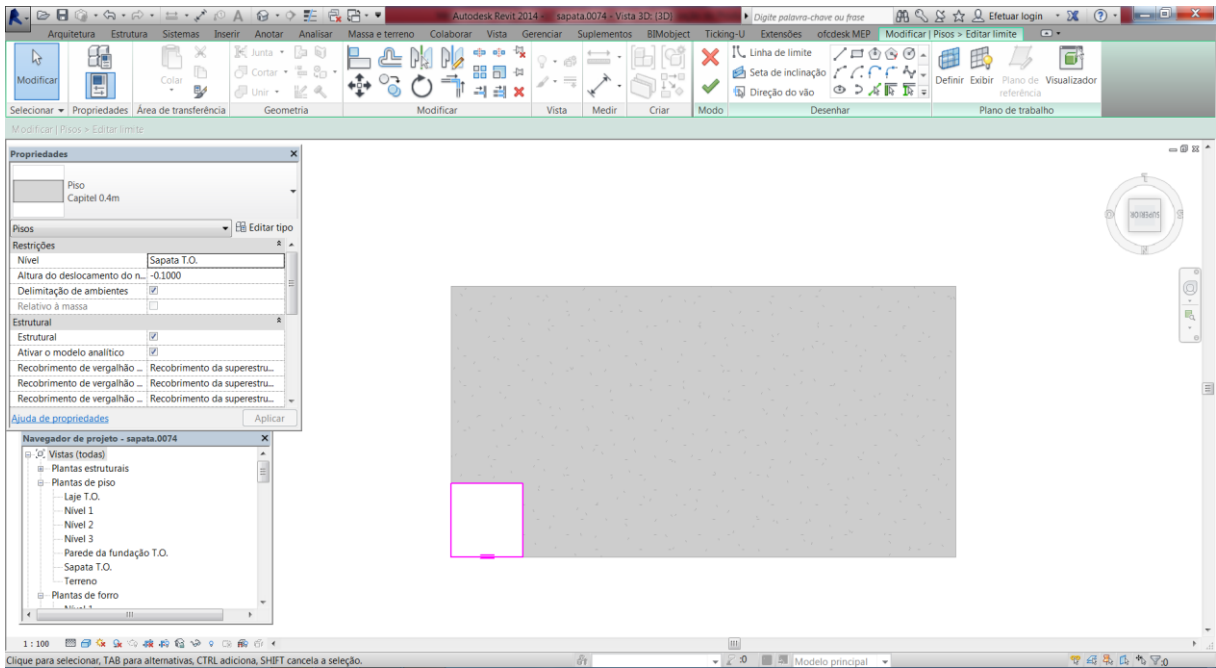


Figura 4.41 - Visualização da criação do suposto capitel.

3. Desunir os elementos (para que não ocorra sobreposição de betão), como consta a Figura 4.42;

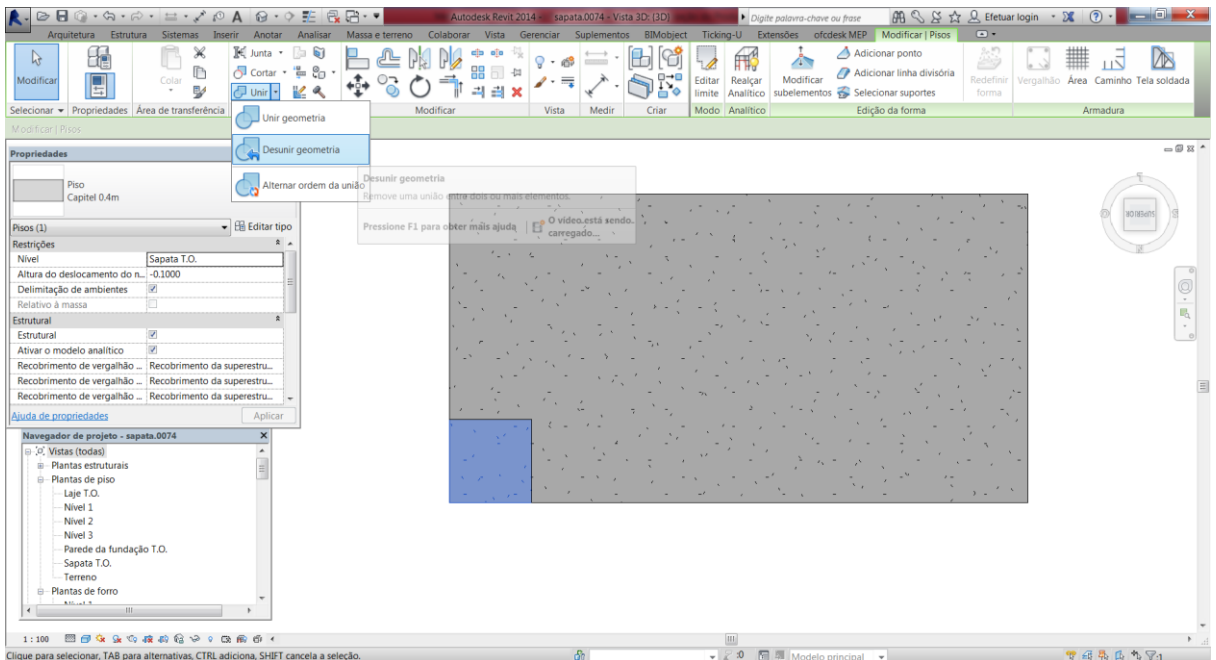


Figura 4.42 - Visualização da ferramenta “desunir”.

4. Criar a armadura do capitel da mesma forma como a laje (Área), como consta a Figura 4.43;

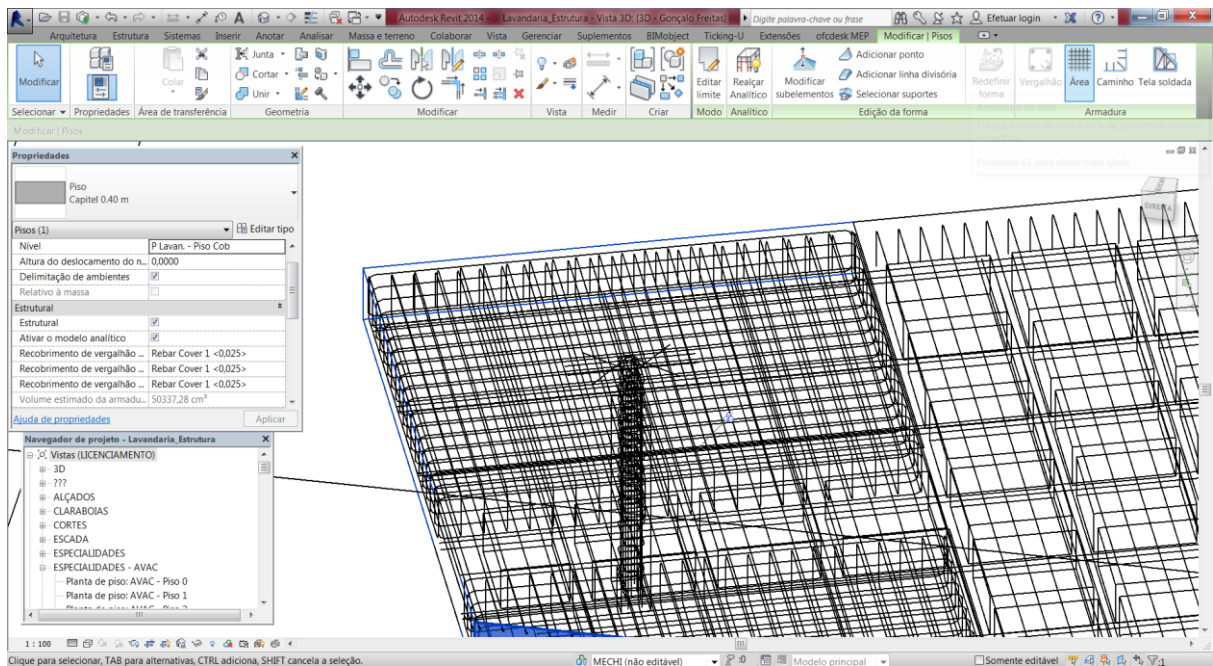


Figura 4.43 - Visualização da armadura do capitel.

5. Estender a armadura das nervuras da laje para o capitel, como consta a Figura 4.44;

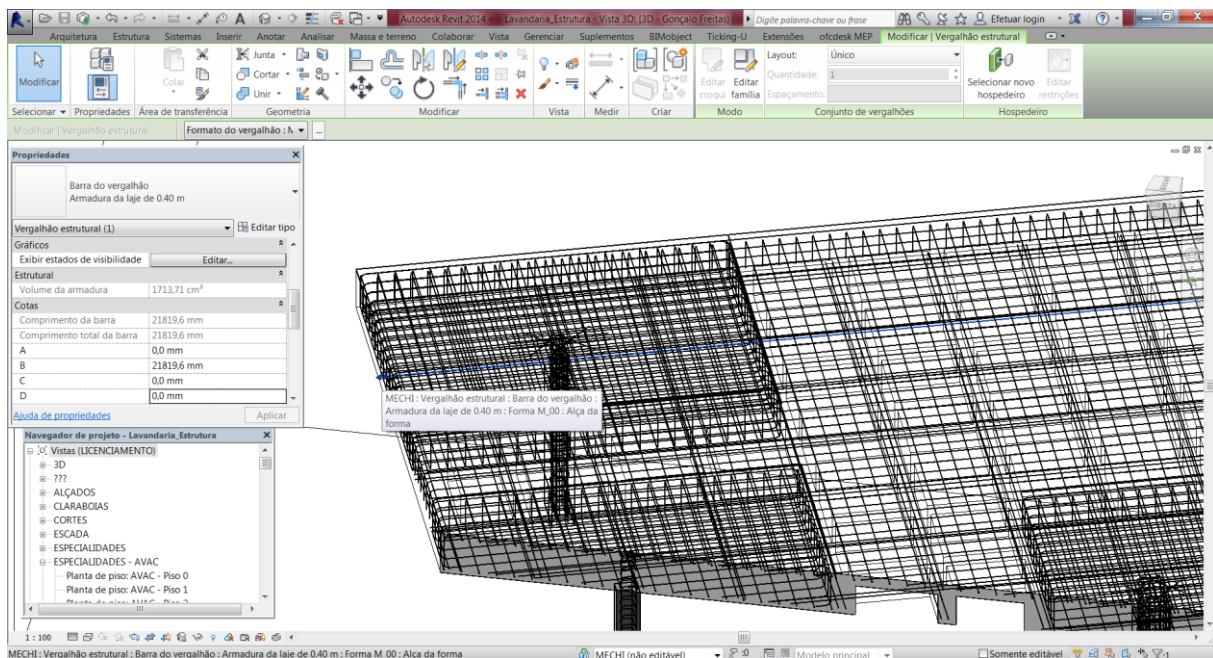


Figura 4.44 - Visualização do “estender” a armadura da laje para o capitel.

Deste modo, segundo Tarrafa, D.G.P [32] o processo de modelação da armadura ainda não está razoavelmente acessível para converter os métodos tradicionais CAD para a modelação BIM, pois o processo de pormenorização da armadura recorrendo ao CAD é notavelmente mais rápido. A título de exemplo deste caso, pode-se mencionar a empresa NEWTON que, até Março de 2012, continuava de preferência a recorrer ao CAD para o processo de pormenorização da armadura nos elementos de betão, também com a facilidade de exportar os elementos modelados em BIM para formatos CAD.

A modelação em BIM é um processo moroso, mas porém não deixa de auxiliar os processos de orçamentação e facilitar a análise das pormenorizações dos elementos estruturais em obra.

#### 4.4.2. MODELO ANALÍTICO

O termo modelo analítico refere-se ao modelo para análise estrutural de um modelo geométrico. Este consiste nas componentes estruturais, geometrias da estrutura, propriedades do material, graus de liberdade existentes nas ligações entres elementos e nos apoios da estrutura, cargas e combinações. A criação deste modelo é automática na elaboração do modelo geométrico e é possível ser exportado para *softwares* de análise e dimensionamento estrutural.

Na Figura 4.45 evidencia-se um pórtico simples onde pode-se observar o seu modelo geométrico (lado esquerdo) e o modelo analítico (lado direito).

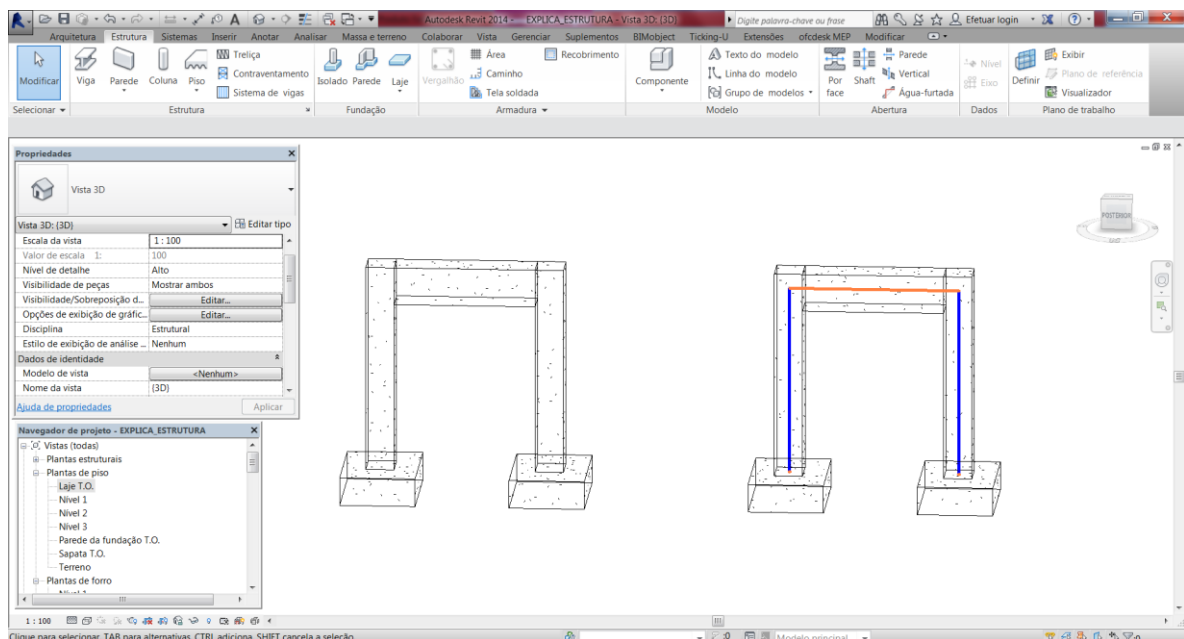


Figura 4.45 - Visualização do modelo geométrico e analítico.

No caso do bloco de aligeiramento das lajes aligeiradas, ou seja, as aberturas modeladas não atravessam a totalidade dos elementos, o que torna impossível de informar o modelo analítico que se trata apenas de “aberturas parciais”, isto é, aberturas que atravessam todo o elemento (laje). Em determinados *softwares* de cálculo estrutural, quando as lajes aligeiradas são modeladas no próprio programa de cálculo, estas são analisadas como lajes maciças de rigidez equivalente (a título de exemplo, do Robot ou do SAP2000).

Ao simplificar as lajes aligeiradas para lajes maciças, ocorrem erros de cálculo pois o elemento utilizado no cálculo estrutural é distinto do correspondente elemento modelado em BIM. Presentemente, esta situação representa a necessidade de que alguns elementos devem ser reconhecidos pelos *softwares* de cálculo, pois tem que existir um paralelismo entre os elementos modelados no modelo BIM e os modelos analíticos disponíveis nesses de *softwares* cálculo. Neste aspeto, o uso do BIM não se traduz num progresso em relação ao CAD.

#### 4.4.3. MEDIÇÕES, QUANTIDADES E CUSTOS

A metodologia BIM tem como benefício apoiar a orçamentação de forma automatizada para a obtenção de dados relativos a medições, quantidades e custos, por exemplo dos pilares. Estes dados são expostos através de tabelas que podem conter diversos parâmetros de quantificação (comprimento, área, volume, custo) (Figuras 4.46 e 4.47) e qualificação (descrição, comentários, nome da empresa produtora, nome do elemento) sendo identicamente possível criar novos parâmetros.

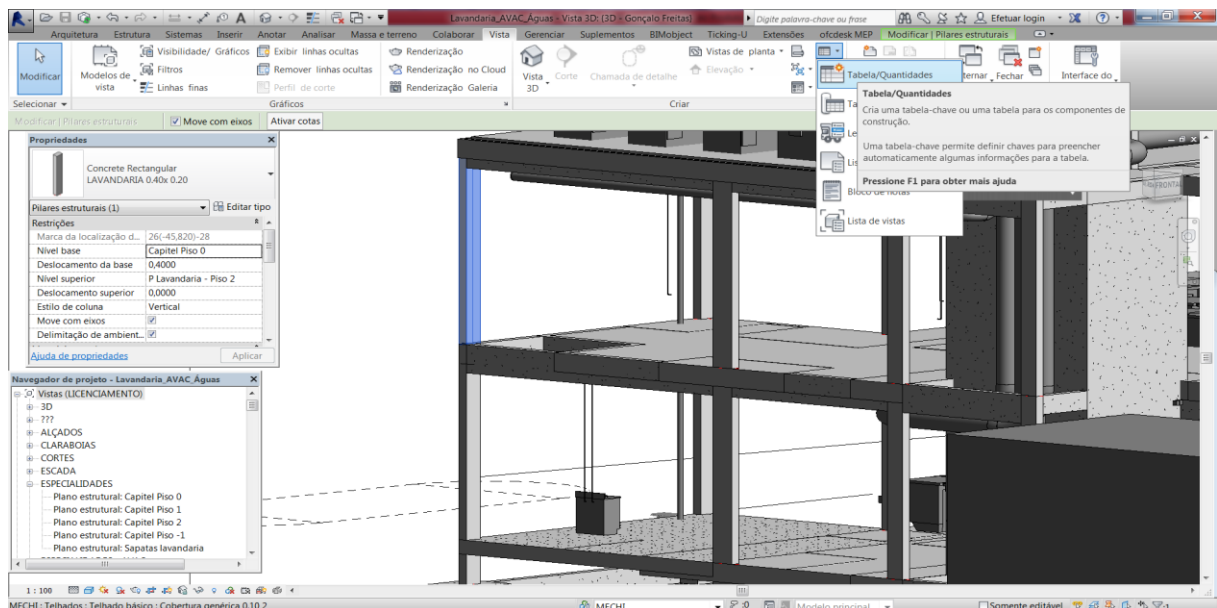


Figura 4.46 - Modo de efetuar a tabela do pilar selecionado.

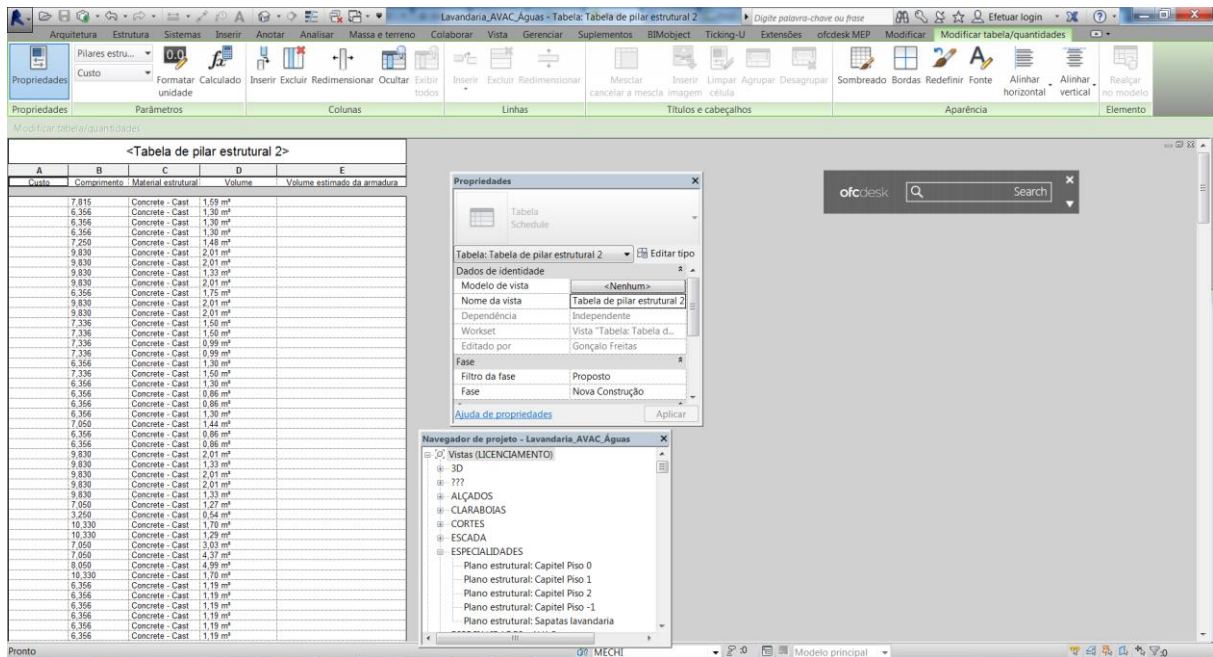


Figura 4.47 - Tabela com o comprimento dos pilares, material e volume dos pilares.

O BIM permite aos colaboradores do projeto avaliar de forma eficaz a nível económico diferentes opções estruturais, simplificando também a correção da orçamentação no que diz respeito às modificações de última hora propostas ao projeto inicial, sendo essencial atualizar o modelo com as modificações pretendidas.

Não obstante a elevada exatidão permitida pelo BIM, em Revit desconhece-se a possibilidade do utilizador modificar a ordem de prioridades concedidas nas medições por este aos diferentes elementos estruturais, sendo que algumas vezes as medições e quantidades não respeitam as recomendações do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), que são utilizadas em Portugal. Pode-se comparar algumas considerações adotadas pelo Revit, apoiadas pelas seguintes Figuras 4.48, 4.49, 4.50, 4.51, 4.52, 4.53 e 4.54, com as regras de medição do LNEC [43] podem ser expostas algumas diferenças.

O Revit considera que a altura dos pilares vai apenas até a base da laje (viga ou capitel) (Figura 4.48), diferente do recomendado pelas regras de medição do LNEC [43], Figura 4.49 - As alturas serão determinadas entre as faces superiores das lajes ou das vigas de betão.

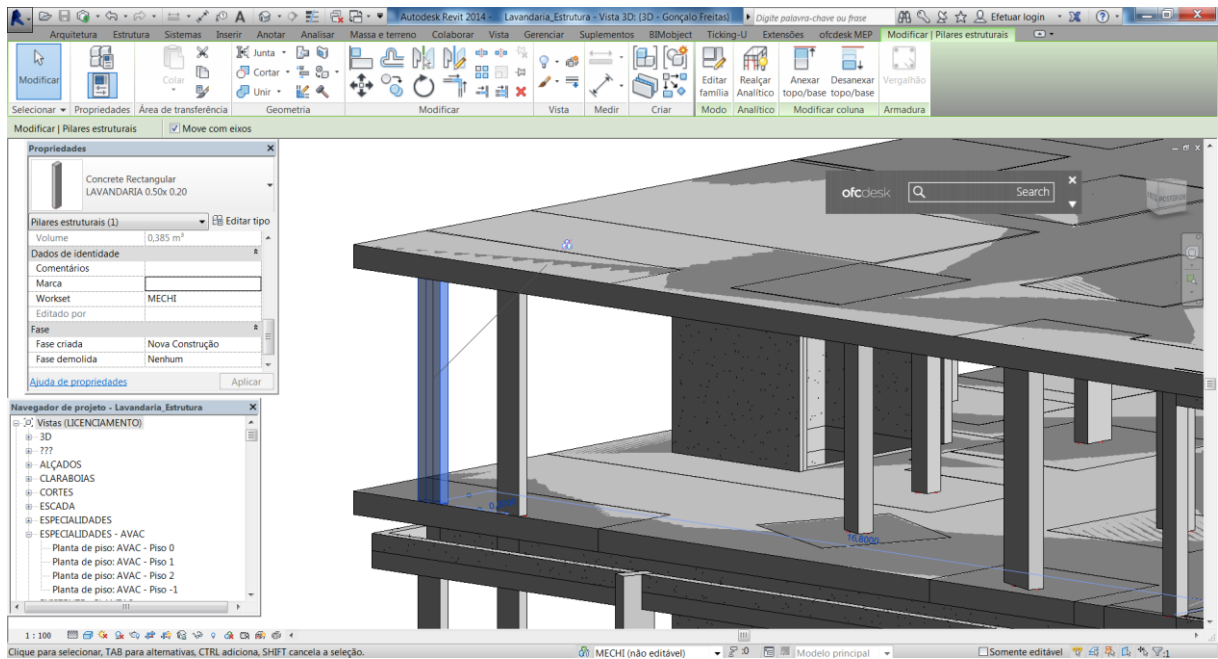


Figura 4.48 - Visualização da altura do pilar selecionado.

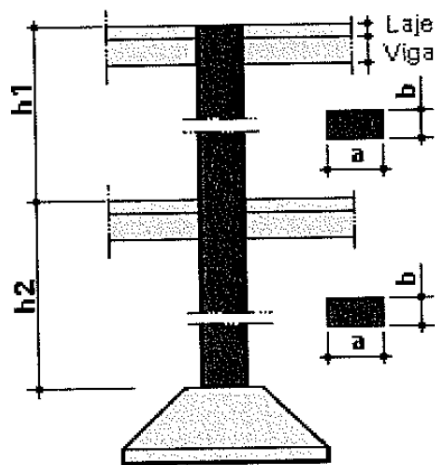


Figura 4.49 - Visualização da altura do pilar [43].

O Revit considera que a altura das paredes vai apenas até a base da laje (Figura 4.50), diferente do recomendado pelas regras de medição do LNEC [43], Figura 4.51 - As alturas serão determinadas entre as faces superiores das lajes ou das vigas de betão.

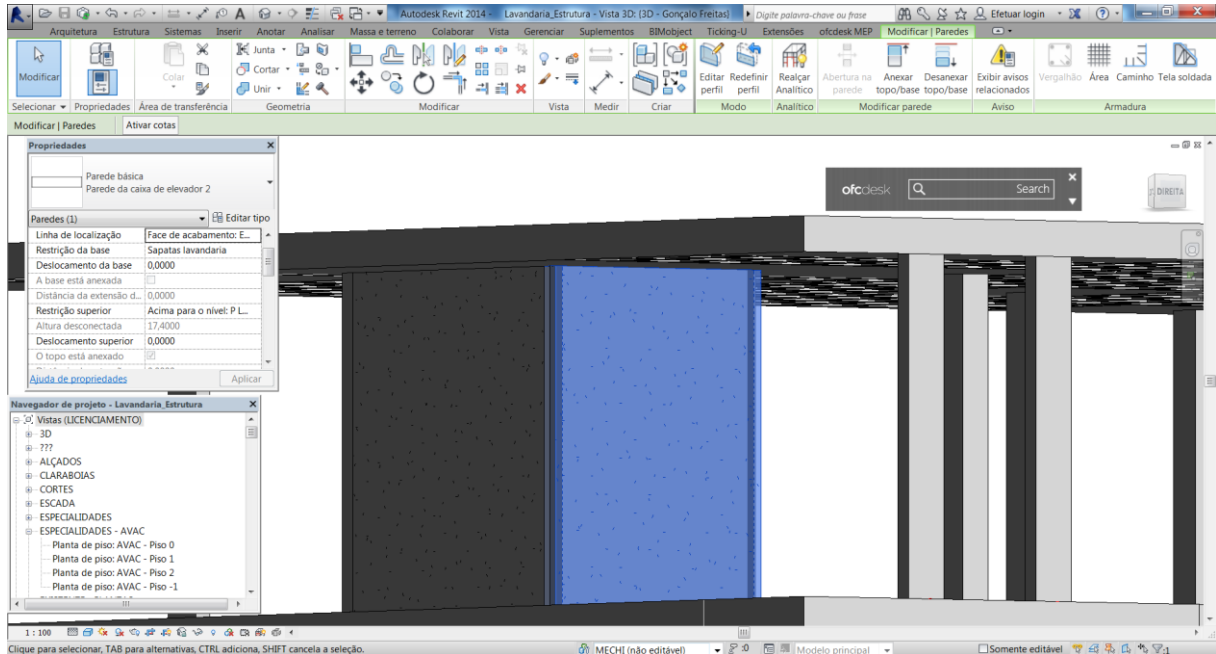


Figura 4.50 - Visualização da parede selecionada.

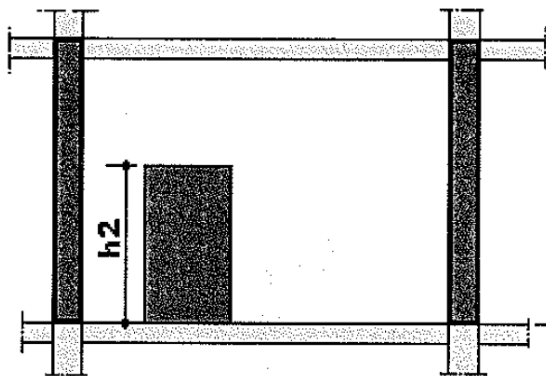


Figura 4.51 - Visualização da altura da parede [43].

Identicamente no Revit, o volume da zona da viga incorporada na laje (Figura 4.52) é incluído na medição da laje ao contrário do recomendado pelas regras de medição do LNEC [43], Figura 4.53 - A

medição dos volumes incorporados na espessura das lajes será incluída na medição do betão das vigas, lintéis e cintas.

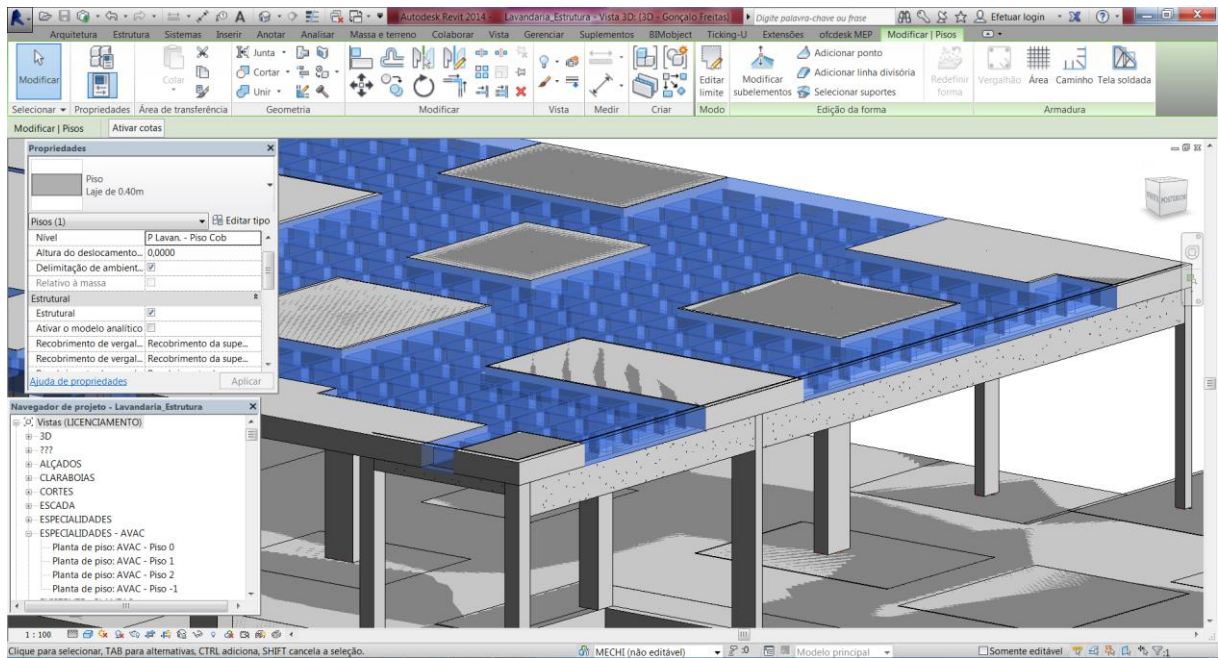


Figura 4.52 - Visualização da medição laje selecionada.

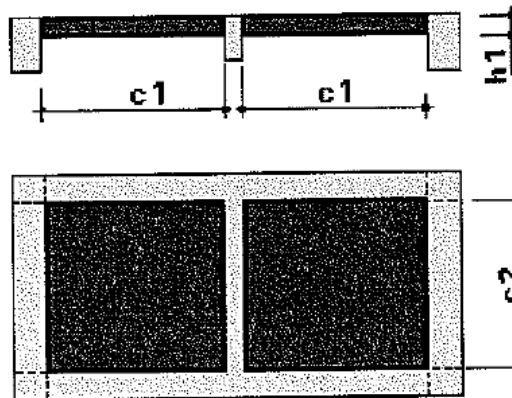


Figura 4.53 - Visualização da medição laje [43].

De com as regras de medição do LNEC [43] - a medição das armaduras será realizada em Kg, ao contrário do Revit em que é medido o volume da armadura [ $\text{cm}^3$ ]. Assim, é necessário multiplicar pela densidade do aço ( $7850 \text{ Kg/m}^3$ ) para alcançar o peso da armadura em Kg.

No pilar selecionado Figura 4.54, nas suas propriedades é nos fornecidos o seu volume de betão e de armadura, sendo o de betão  $0,385 \text{ m}^3$ , como é de acordo com as regras do LNEC, mas já o volume de armadura é  $0,0335 \text{ m}^3$  e seguindo as regras do LNEC, obtemos uma massa de armadura de  $M = 0,0335 * 7850 = 262,98 \text{ Kg}$ .

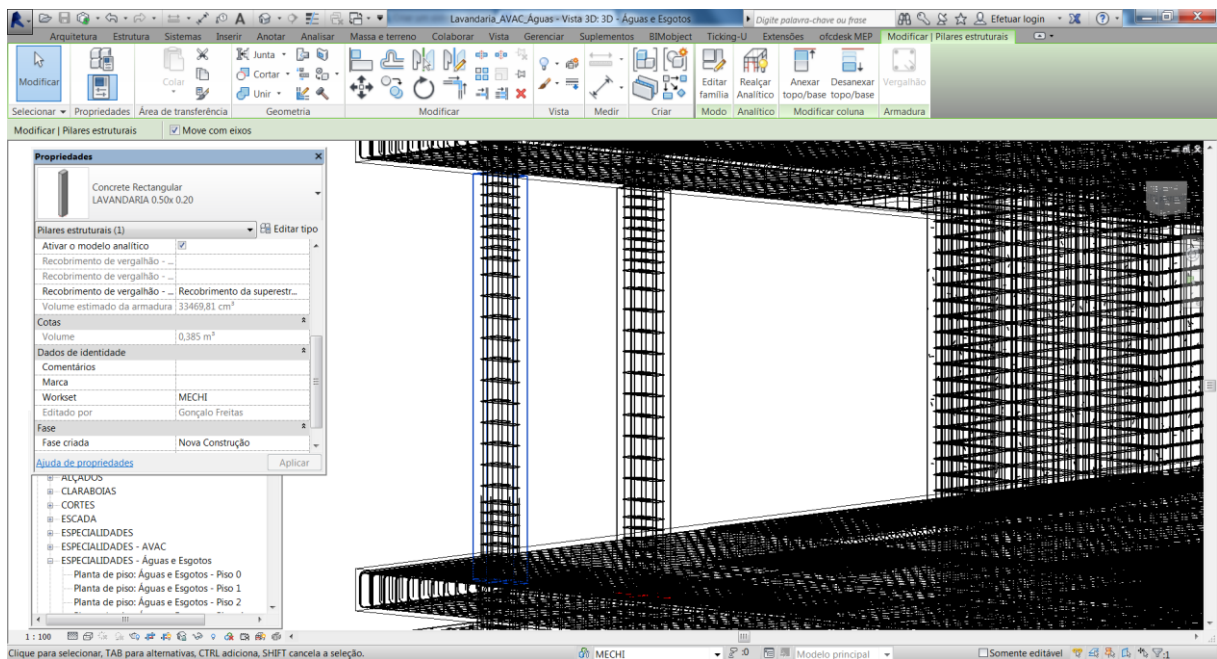


Figura 4.54 - Visualização da armadura do pilar selecionado.

Os exemplos referidos anteriormente, são considerações assumidas pelo Revit que não encontram semelhanças nas regras de medição do LNEC, tendo atenção na sua quantificação. Esta limitação poderá ser ultrapassada facilmente num progresso futuro. Porém, deveria o utilizador definir a ordem de prioridades atribuída aos elementos nas medições em Revit.

#### 4.5. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE SISTEMAS DE ÁGUAS E ESGOTOS, DE AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO (AVAC) E SISTEMAS ELÉTRICOS

O Revit MEP torna mais fácil a colaboração entre os membros de equipa de desenvolvimento de projetos de instalações e equipamentos de sistemas de águas e esgotos, AVAC e sistemas elétricos para construção e contribui para minimizar os erros de coordenação no desenvolvimento dos projetos de construção. As ferramentas de análise integradas e as aplicações de parceiros permitem que os engenheiros, tomem decisões mais eficientes no que respeita a projeto de águas e esgotos, AVAC e

eletricidade, aumentando assim a eficácia ecológica, os custos dos projetos e a eficiência energética dos edifícios.

As principais funcionalidades do Revit MEP permitem [44]:

- Modelação de informação do edifício (BIM) para as especialidades de águas e esgotos, AVAC e eletricidade;
- Suporte para análise e desenvolvimento de projetos sustentáveis;
- Análise nativa de cargas de aquecimento e arrefecimento;
- Modelação de esquemas de tubagens e sistemas mecânicos;
- Iluminação elétrica, esquematização de cablagens e esquematização de circuitos elétricos;
- Compensação de cargas de alimentação elétrica, dimensionamento de cablagens e criação de tabelas de quadros;
- Modelação de sistemas de canalização de águas;
- Modelação de sistemas de proteção contra incêndio;
- Coordenação multidisciplinar e deteção de interferências;

A modelação das instalações é de elevada importância para a análise de interferência, pois são sistemas de grande complexidade. As instalações geralmente são modeladas preservando as características não físicas. A função desses sistemas é relevante para a realização de análises mecânicas, onde é possível calcular o rendimento dos equipamentos, os caudais nas condutas, o consumo de energia entre outros. Neste caso de estudo, as análises dos sistemas de instalações não foram realizadas, tais como dimensionamento dos equipamentos. A modelação concentrou-se mais nas características físicas, isto é, dimensões das condutas, tubos, equipamentos bem como suas localizações espaciais.

Para que a estrutura física fosse o mais próximo do projeto original (fornecido em CAD), em alguns pontos não foram inseridas as conexões, isso fez com que o sistema ficasse descontínuo. A título de exemplo, nas esteiras, algumas curvas de conexão ocupam mais espaço do que as conexões do projeto original impedindo de realizar algumas curvas mais acentuadas existentes no projeto executivo. Algumas das conexões tiveram que ser interrompidas para que a sua representação 3D fosse mais próxima do projeto em CAD. Assim, a conexão não foi inserida e foram feitas aproximações com a própria conduta, impedindo que sejam feitas análises já que não foi possível formar sistemas completos. Neste caso de estudo, esta aproximação não afetou o resultado deste trabalho já que foi

dada a prioridade da modelação e não a de estudo de sistemas. Importa realçar que este problema se deve ao facto de ser bastante oneroso a elaboração destas especialidades do projeto em CAD com elevado rigor e detalhe. De facto, a modelação em BIM implica maior rigor do que é vulgarmente aplicado nos projetos realizados em CAD (exemplo: que normalmente o trajeto das instalações elétricas em CAD são apenas indicativas, não sendo fornecidas as cotas - dado que é necessário na modelação em BIM).

Refira-se que podem ser criados diversos sistemas dentro de cada tipo de instalação. A título de exemplo, as condutas de ventilação podem ser divididas em ar condicionado, insuflação, extração, enquanto as instalações hidráulicas podem ser divididas em água fria, água quente, esgoto, entre outros. Apenas para demonstração das vantagens que a metodologia BIM pode oferecer, foram criados alguns desses sistemas mais específicos. Esses sistemas serão vistos nas seções específicas de cada tipo de instalação, sendo fundamentais para a gestão das informações de projeto.

A verificação dessas informações é importante num modelo paramétrico 3D, pois permite que uma série de automatizações no projeto possam ser realizadas, como criar filtros ou gerar a lista detalhada de materiais. Como se visualiza na Figura 4.55, pode-se gerar uma lista de diferentes materiais de tubos.

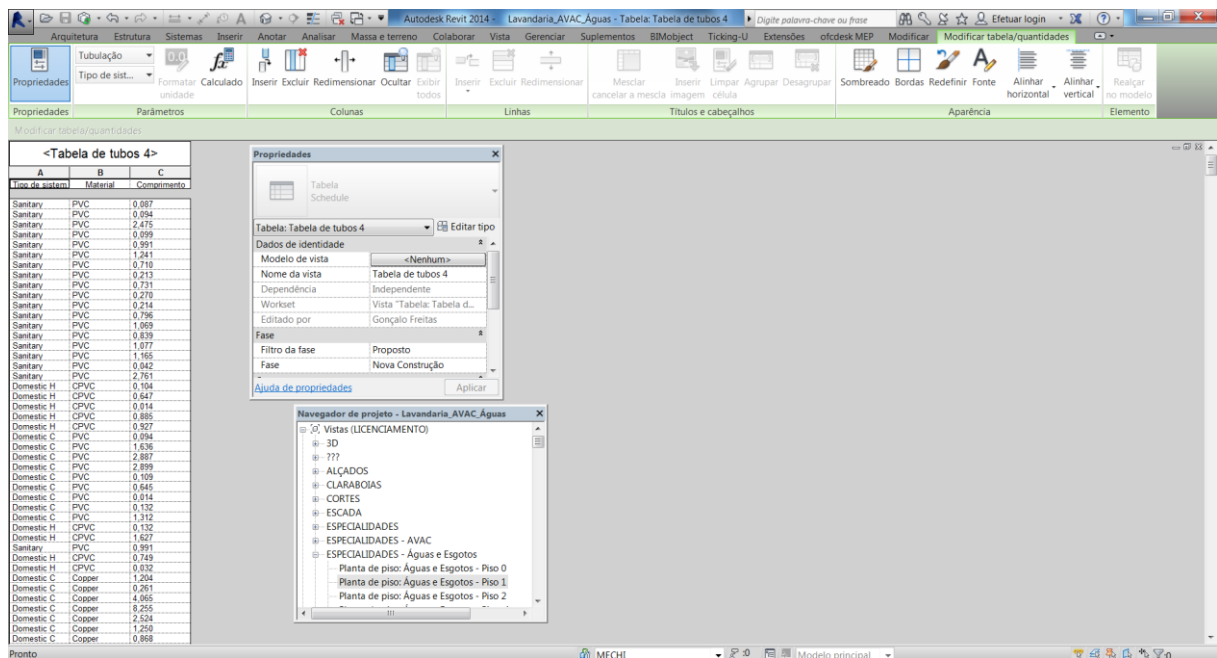


Figura 4.55 - Lista de material, tipo de sistema e respetivo comprimento.

Perante as análises deste caso de estudo, essas informações não terão importância, mas para um projeto real, quanto mais completa for a definição dos atributos de cada objeto, mais facilmente as vantagens do BIM serão atingidas. Por exemplo, ao atribuir um valor de custo do tubo, tal irá facilitar a orçamentação.

#### 4.5.1. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM PROJETO DE INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE ÁGUAS E ESGOTOS

O procedimento mais indicado para a execução dos sistemas de canalizações utilizando a tecnologia BIM é inserir o equipamento, logo de seguida seleccionar o equipamento e desenhar a canalização referida ao sistema em que o equipamento está inserido, como consta nas seguintes Figuras 4.56 e 4.57.

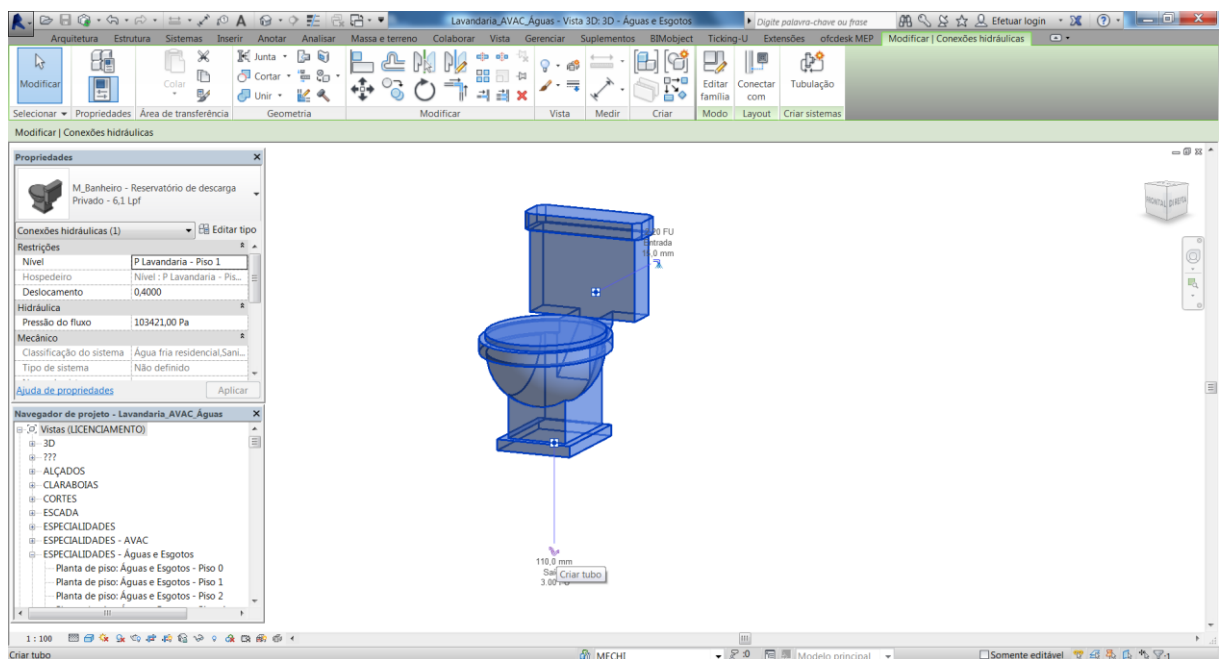


Figura 4.56 - Visualização do equipamento selecionado.

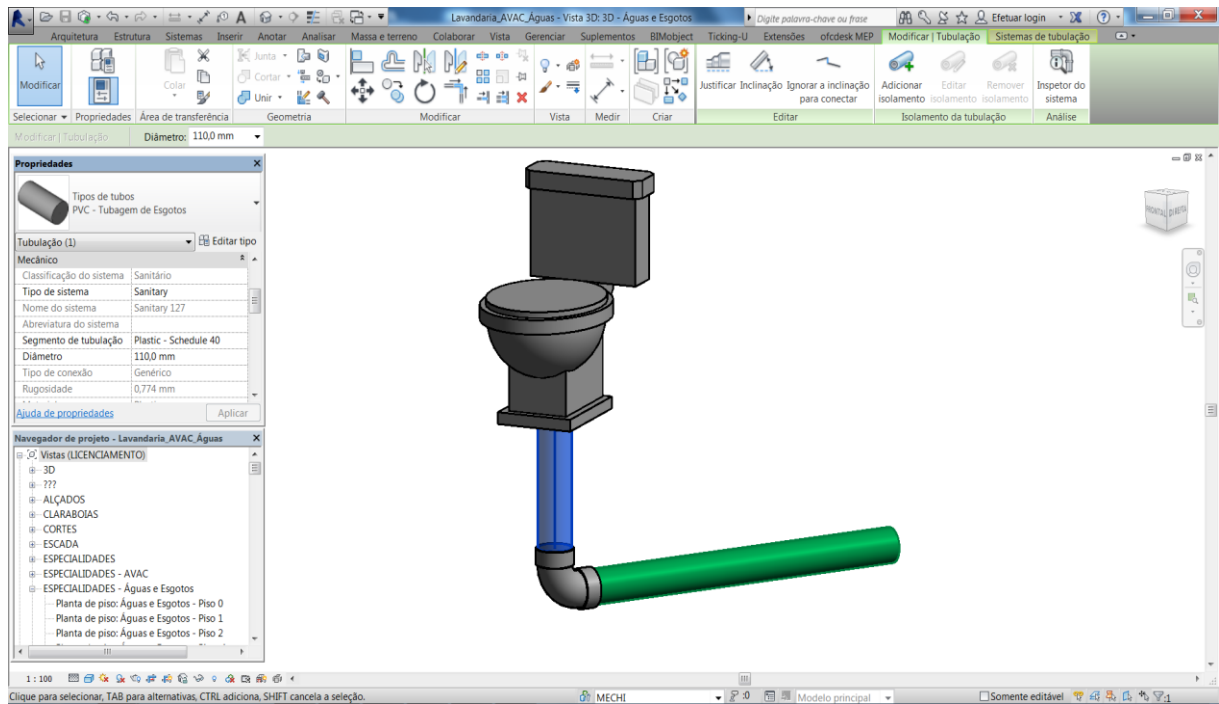


Figura 4.57 - Visualização da criação da canalização de esgoto.

Antes de iniciar a modelação, foi necessário criar novos sistemas de canalização, pois os objetos já existentes definidas no “*template*” do *software* não continham algumas particularidades deste projeto (Figura 4.58). Foram criados novos tipos de sistemas e de materiais distintos:

- Sistema de abastecimento (água fria e água quente);
- Sistema residual (esgotos);
- Sistema de incêndios.

## Capítulo 4 - Caso de estudo

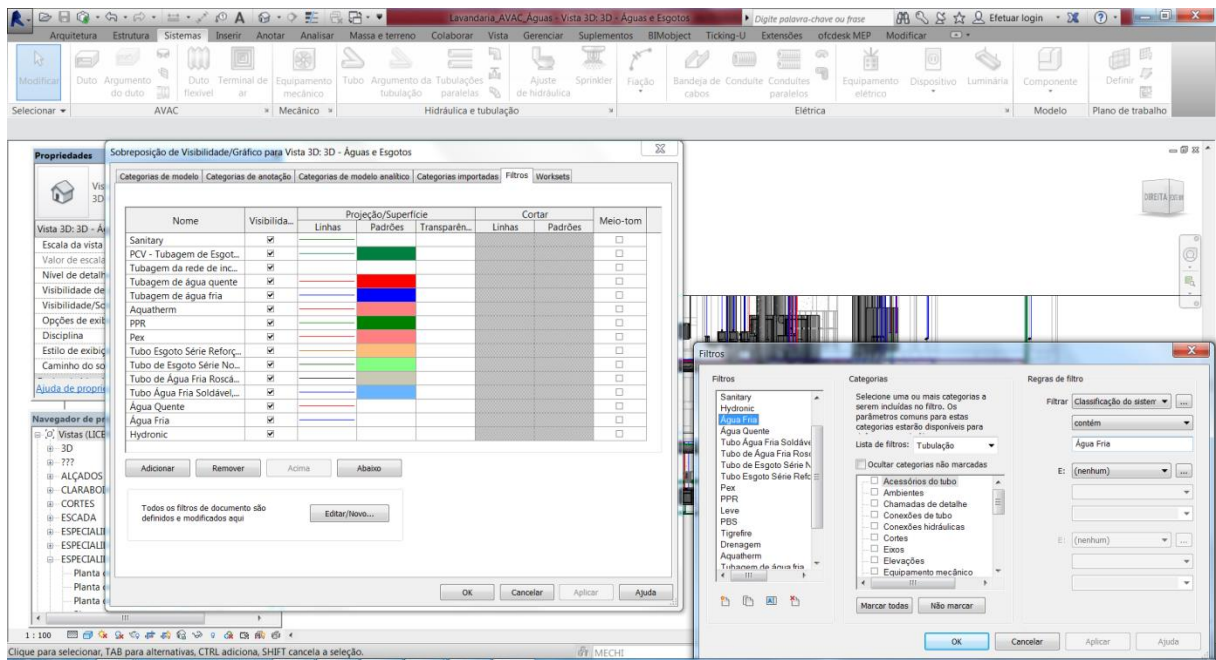


Figura 4.58 - Visualização da criação de sistemas hidráulicos.

No decorrer de todo o processo de modelação foram geradas imagens, como apresenta-se na Figura 4.59, de forma a clarificar aspetos fundamentais das instalações a efetuar.

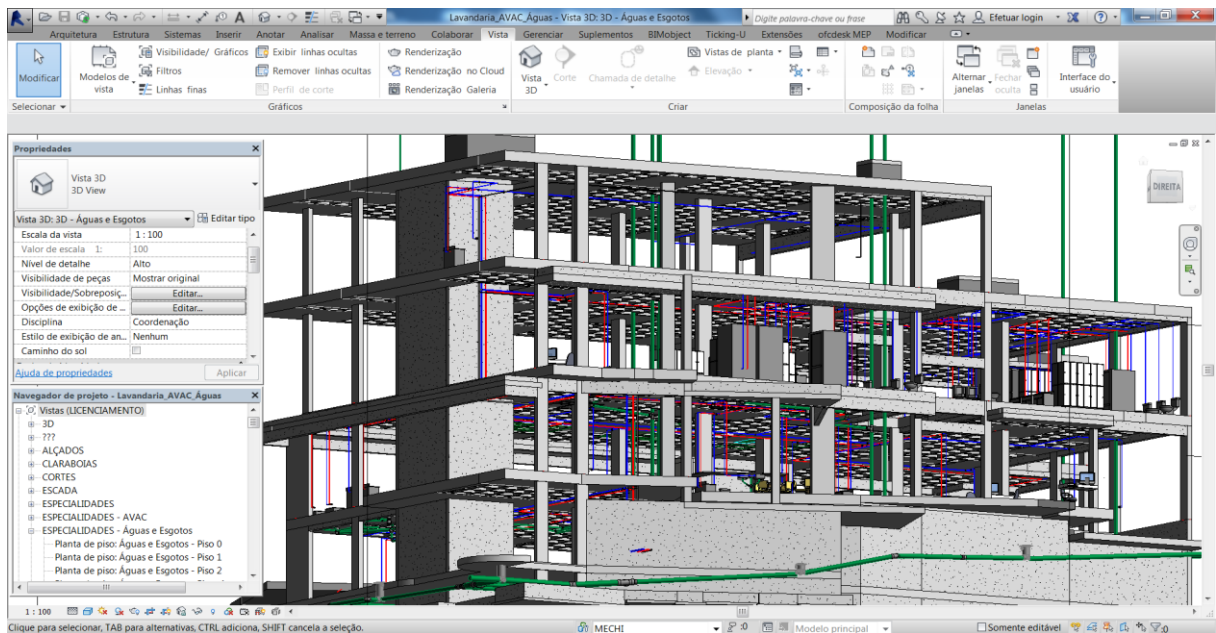
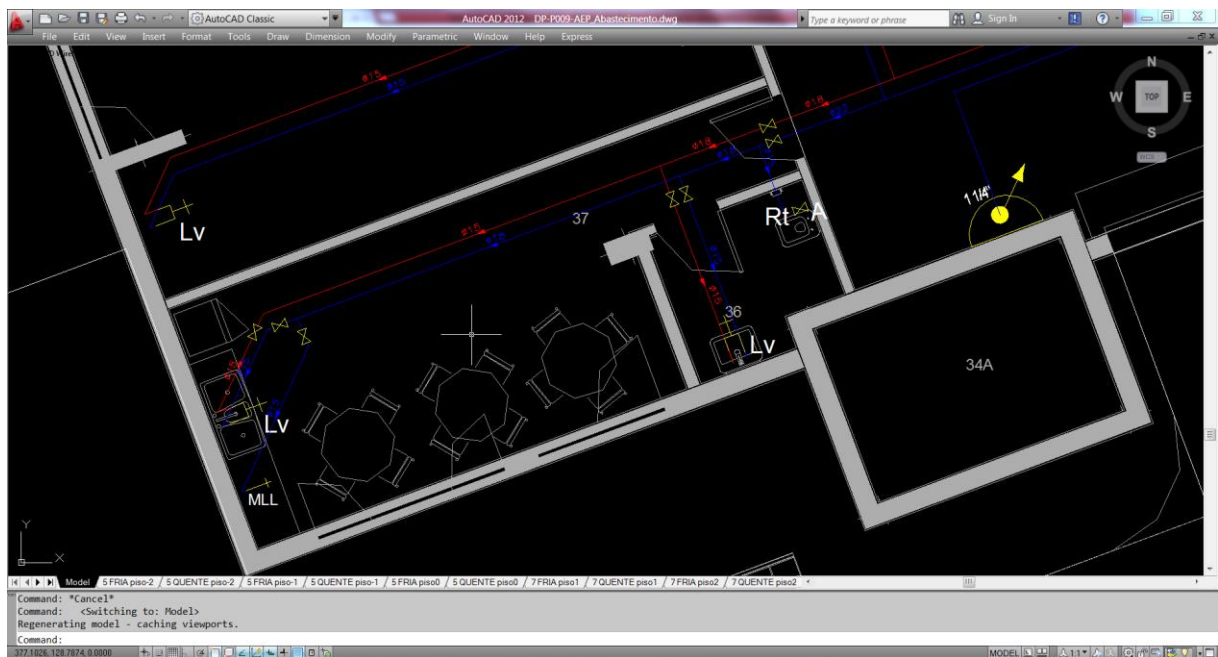


Figura 4.59 - Visualização da instalações hidráulicas ativas.

A principal dificuldade encontrada para o posicionamento das canalizações no ambiente 3D (Figura 4.60) é que no projeto em CAD 2D, (vistas em planta), a informação com a cota das canalizações não é fornecida (Figura 4.61). Além disso, não há cortes de modo a representar as elevações de todas as canalizações. De facto, tal como explicado já explicado, por ser demasiado oneroso, frequentemente os projetistas não produzem os projetos das especialidades em CAD 2D com rigor necessário à sua correta modelação em ambiente 3D (como é o caso da modelação utilizando BIM).



**Figura 4.60 - Visualização de uma parcela do projeto de águas e esgotos em CAD.**

Em muitos casos o processo é mais moroso porque obriga a fazer o projeto de um modo mais correto/detalhado e completo, ou seja, num projeto CAD pode-se colocar o traçado, sem ser o efetivo, aliás isso faz-se quase sempre para ser visível (por exemplo traçado fora das parede como aparece na imagem) e sem altimetria. A execução é mais rápida mas deixa uma série de indefinições que podem em alguns casos ser eliminadas nas peças escritas (embora sejam poucos os casos em que isso acontece). De modo idêntico o traçado em CAD não serve para as medições ou servirá de modo aproximado, sendo normalmente considerado + 10 a 15 %. São estas situações que tornam por um lado mais fácil trabalhar em CAD, mas que por outro podem levar a grandes sobrecustos nas outras fases. Trata-se de uma imprecisão dos projetos que deveriam ser ultrapassadas independentemente de se usar CAD 2D ou BIM, visto que a responsabilidade da altimetria ou qualquer outra definição jamais deveria ser do construtor.

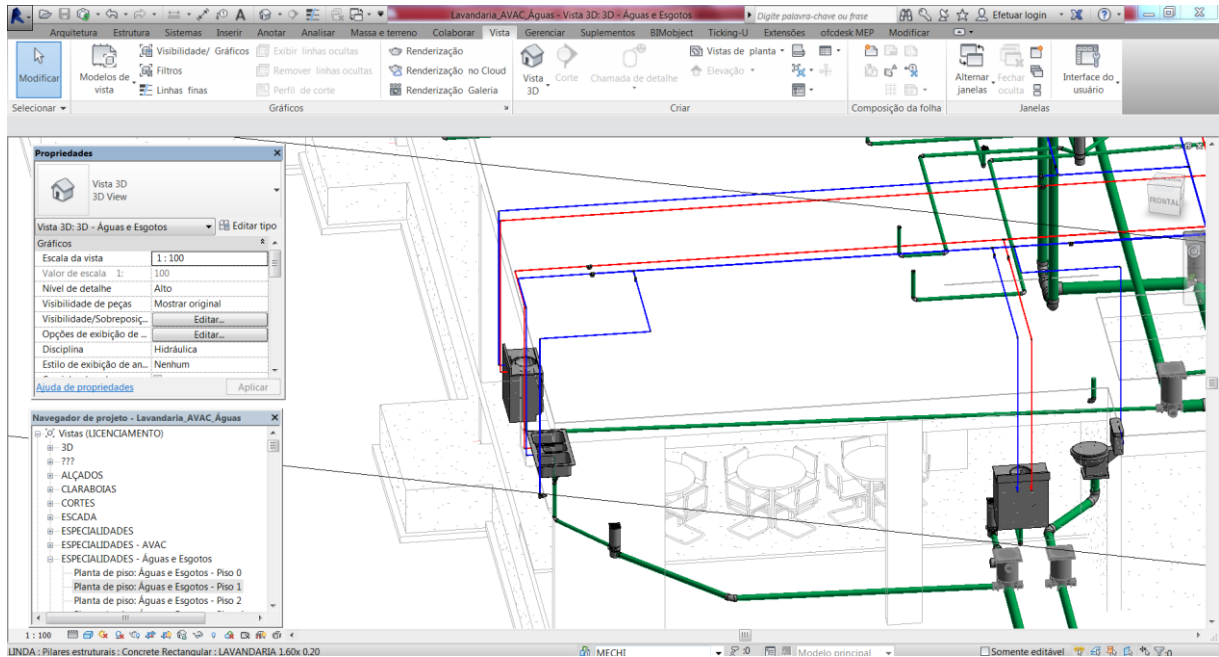


Figura 4.61 - Visualização tridimensional de uma parcela do projeto águas e esgotos em Revit.

Na Figura 4.62, encontra-se dois projetos (instalações, equipamentos e sistemas de águas, piso 01 e instalações, equipamentos e sistemas de esgotos, piso 0), onde se pode verificar que no de abastecimento de águas as canalizações passam pelo teto, o que não se verifica no projeto residual passando pela laje inferior. Assim, está-se perante colisões de canalizações que facilmente seriam detetadas utilizando BIM.

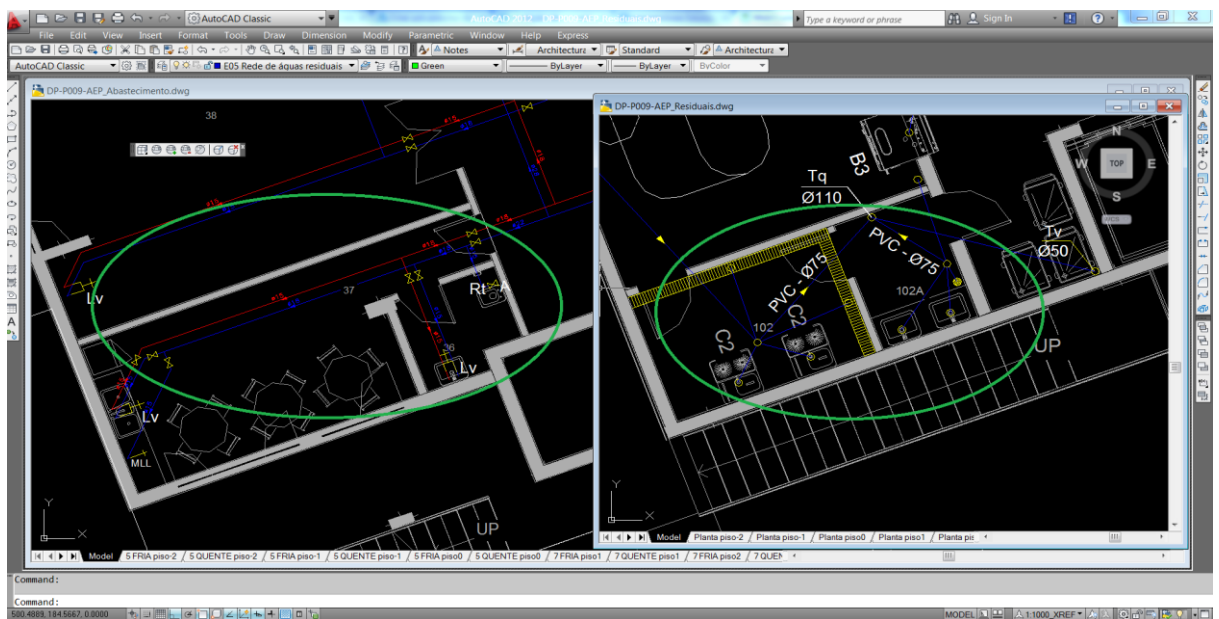


Figura 4.62 - Projeto de abastecimento de água e projeto residual.

#### 4.5.2. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM PROJETO DE INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE AVAC

Os sistemas responsáveis por ventilação, insuflação, extração e aquecimento, são conhecidos como sistemas AVAC. O procedimento mais indicado para a execução dos sistemas de AVAC utilizando a metodologia BIM é inserir os terminais, os equipamentos mecânicos e em seguida defini-los como parte de um sistema para que a geração das condutas seja feita automaticamente. Neste caso de estudo, este procedimento foi realizado manualmente (Figura 4.63).

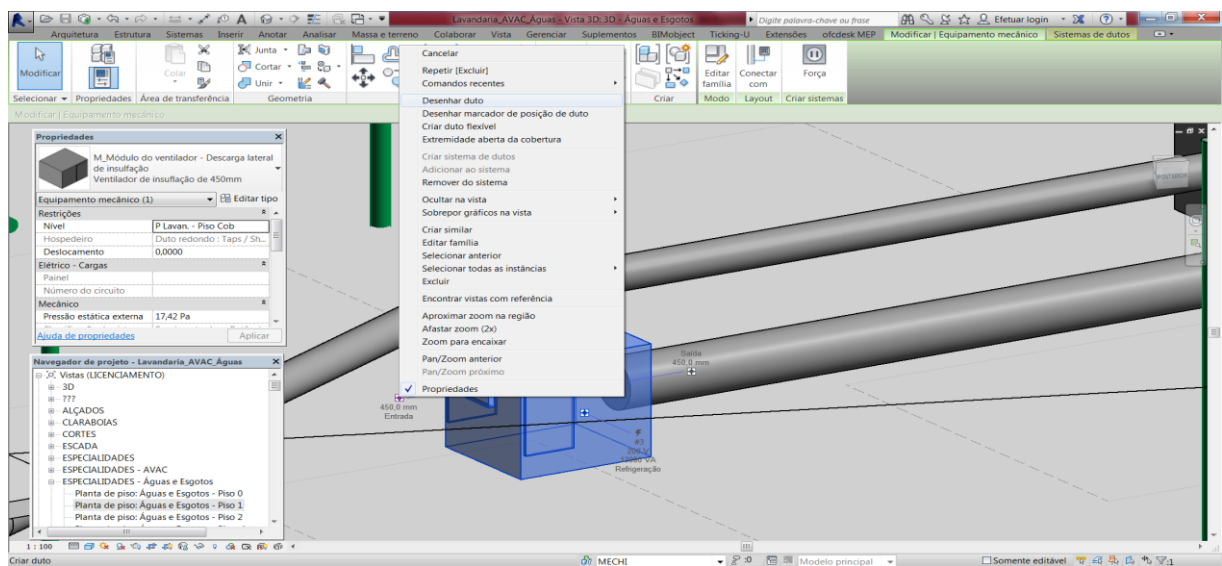


Figura 4.63 - Visualização da criação da conduta.

Neste caso, as condutas foram inseridas manualmente a fim de manter o mesmo posicionamento do projeto original para que se possa realizar a análise de interferência. As condutas são de extrema importância para a análise de interferência já que geralmente possuem grandes dimensões e, portanto, maior probabilidade de colisão com outros objetos.

Para as condutas de ventilação foram criados os seguintes sistemas (Figura 4.64):

- De insuflação;
- De extração.

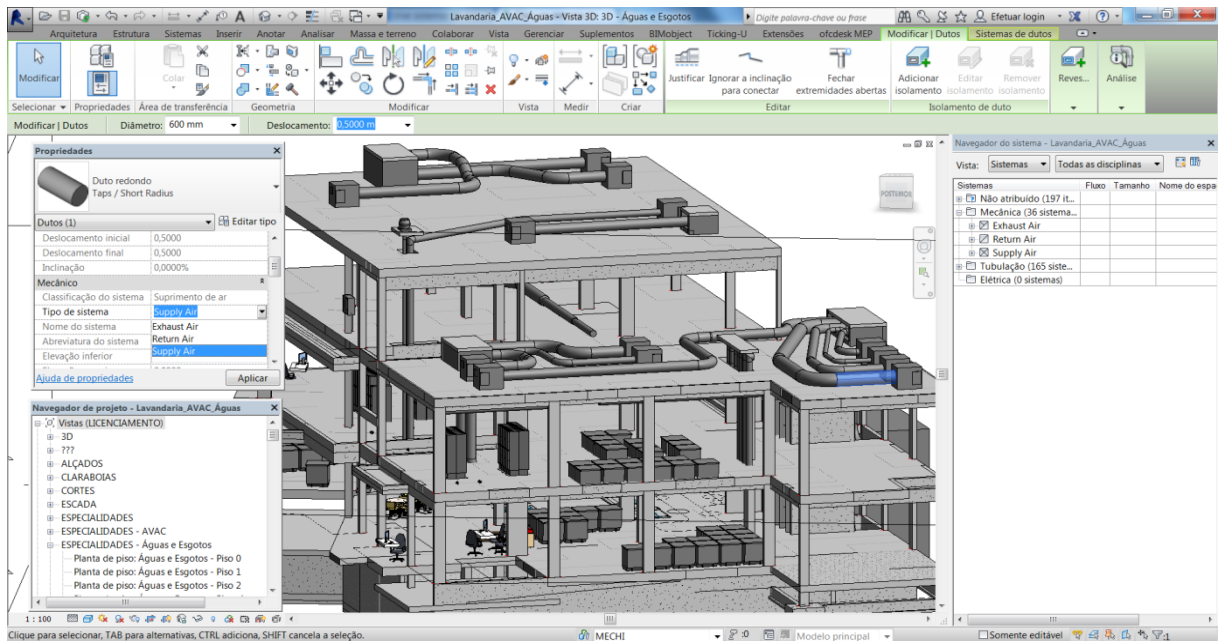


Figura 4.64 - Visualização do tipo de sistema de AVAC.

Neste trabalho, a principal dificuldade encontrada para o posicionamento das condutas no ambiente 3D (Figura 4.65) foi que o projeto usado como referência feito em CAD em 2D, nas vistas em planta, a informação com a cota das condutas não é, uma vez mais, fornecida (Figura 4.66). Além disso, no projeto de execução não foram elaborados desenhos com os cortes de modo a representar as elevações de todas as condutas, tais factos constituem indefinições do projeto que o construtor teria de resolver em obra.

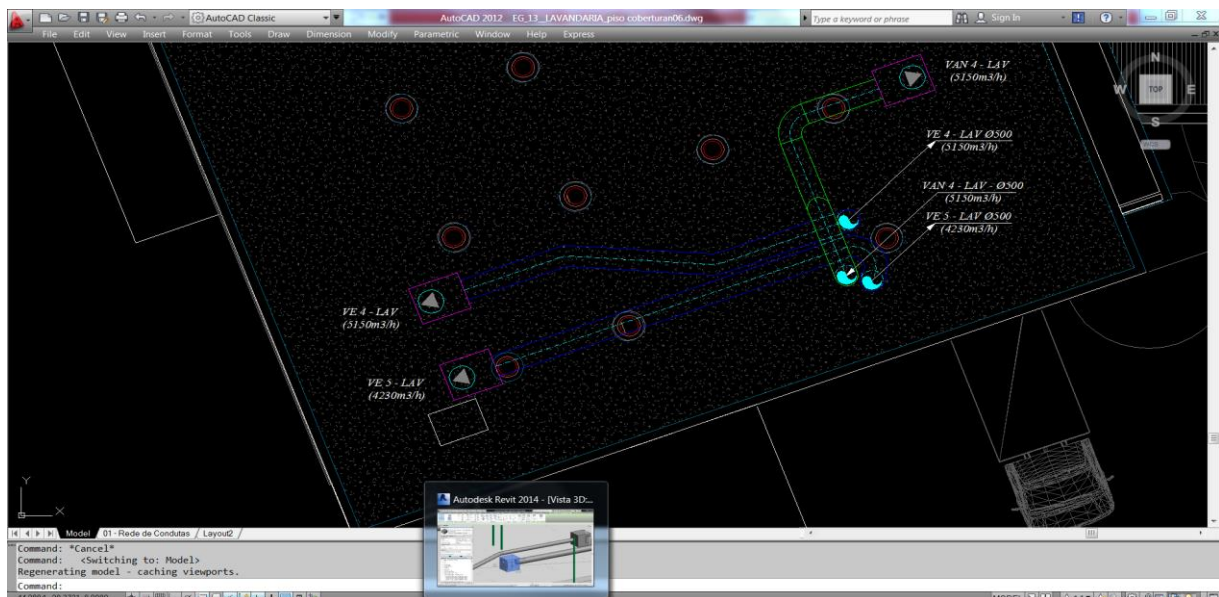


Figura 4.65 - Visualização de uma parcela do projeto AVAC em CAD.

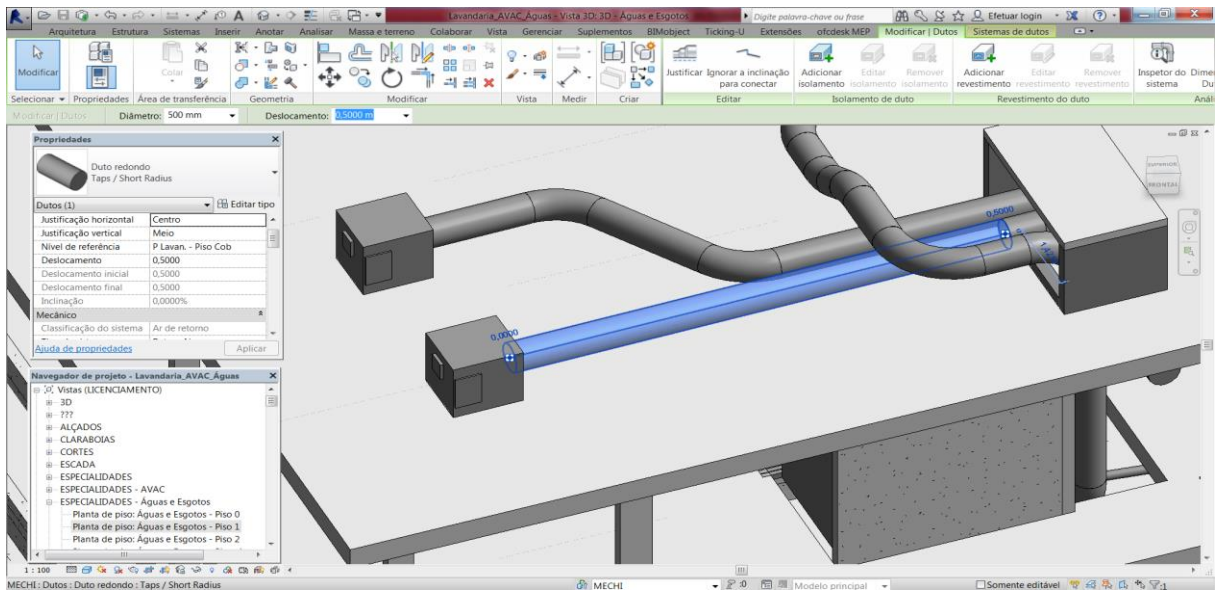


Figura 4.66 - Visualização tridimensional de uma parcela do projeto de AVAC em Revit.

Na Figura 4.67, encontra-se dois projetos (instalações, equipamentos e sistemas de águas, piso 0 e instalações, equipamentos e sistemas de AVAC, piso 0), onde se pode verificar que no de abastecimento de águas as canalizações passam pelo teto, assim como no projeto de AVAC. Logo, estamos perante colisões entre canalizações e condutas.

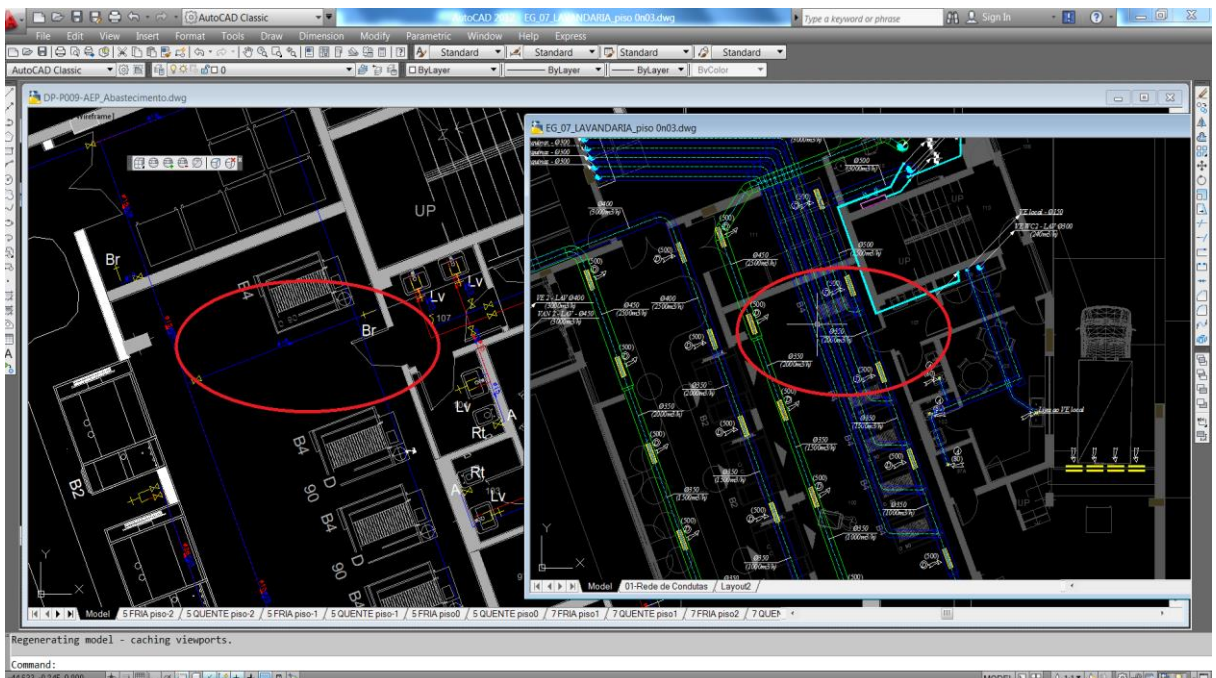


Figura 4.67 - Projeto de abastecimento de água e projeto de AVAC em CAD.

O projeto de execução de AVAC não possui todas as informações necessárias para representar exatamente o que será construído. Conclui-se que essa falta de informação está ligada ao facto da própria incerteza do projetista de AVAC quanto às outras especialidades, mostra que está ciente de que não é possível especificar com clareza o projeto prenunciado que futuramente poderão haver inconsistências e necessidades de adaptações durante a fase de construção. Este é um dos pontos fracos da metodologia atual (CAD) que poderia ser facilmente resolvido utilizando as ferramentas BIM.

#### 4.5.3. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM PROJETO DE INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉTRICOS

Em geral a modelação das esteiras foi relativamente simples quando comparada às outras instalações. Como mencionado na secção 4.5.2., foram detetados alguns problemas com os objetos de conexões, como podemos verificar nas Figuras 4.68, 4.69 e 4.70, compara um pequeno trecho do projeto original (Figura 4.68) com o projeto modelado para este caso de estudo (Figuras 4.68 e 4.69). É possível visualizar que as curvas de 90 graus são diferentes no projeto de CAD e com isso o projeto não fica totalmente igual.

De igual modo a dificuldade encontrada nas especialidades anteriores, também verificou-se nesta secção.

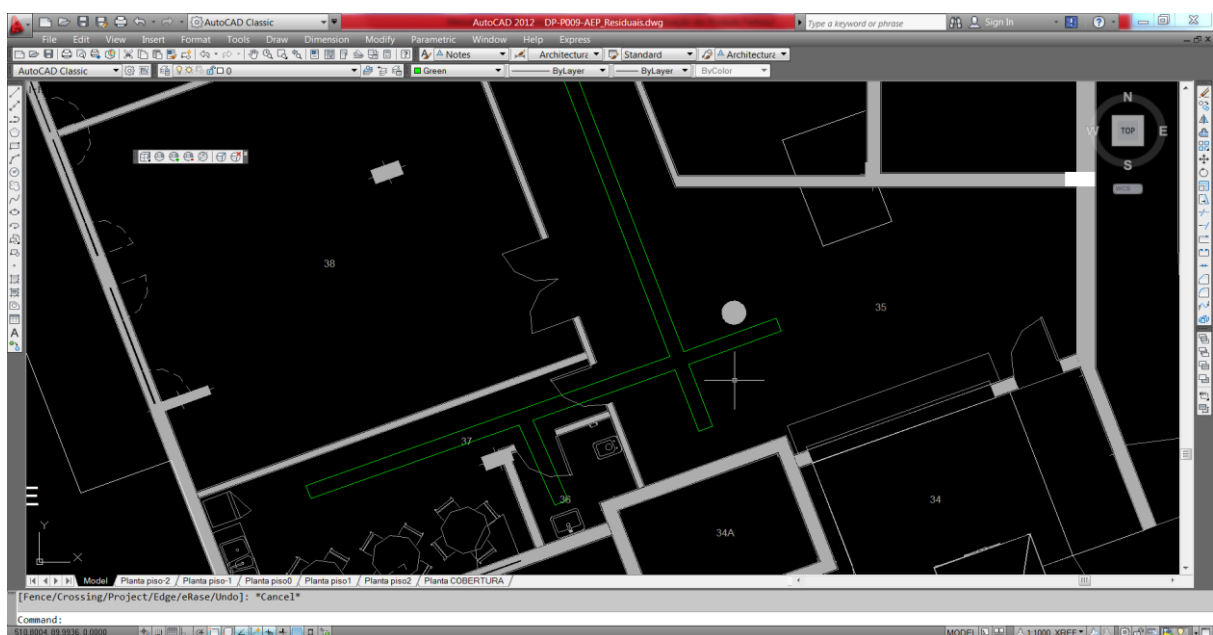


Figura 4.68 - Visualização de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em CAD.

## Capítulo 4 - Caso de estudo

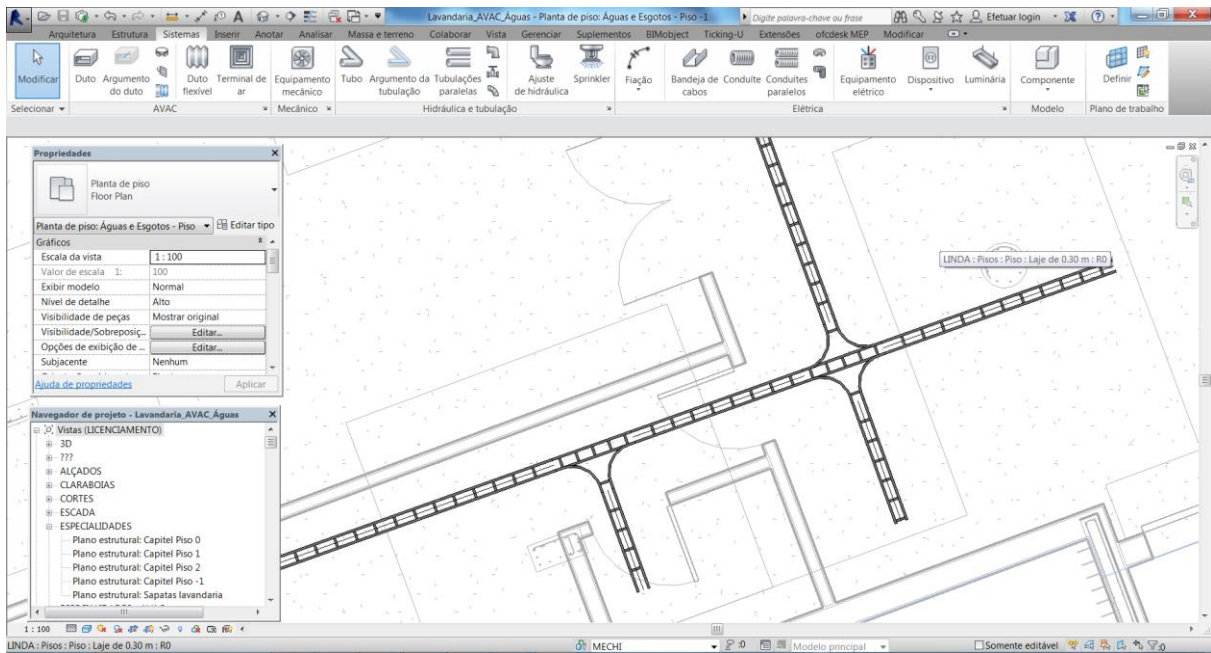


Figura 4.69 - Visualização 2D de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em Revit.

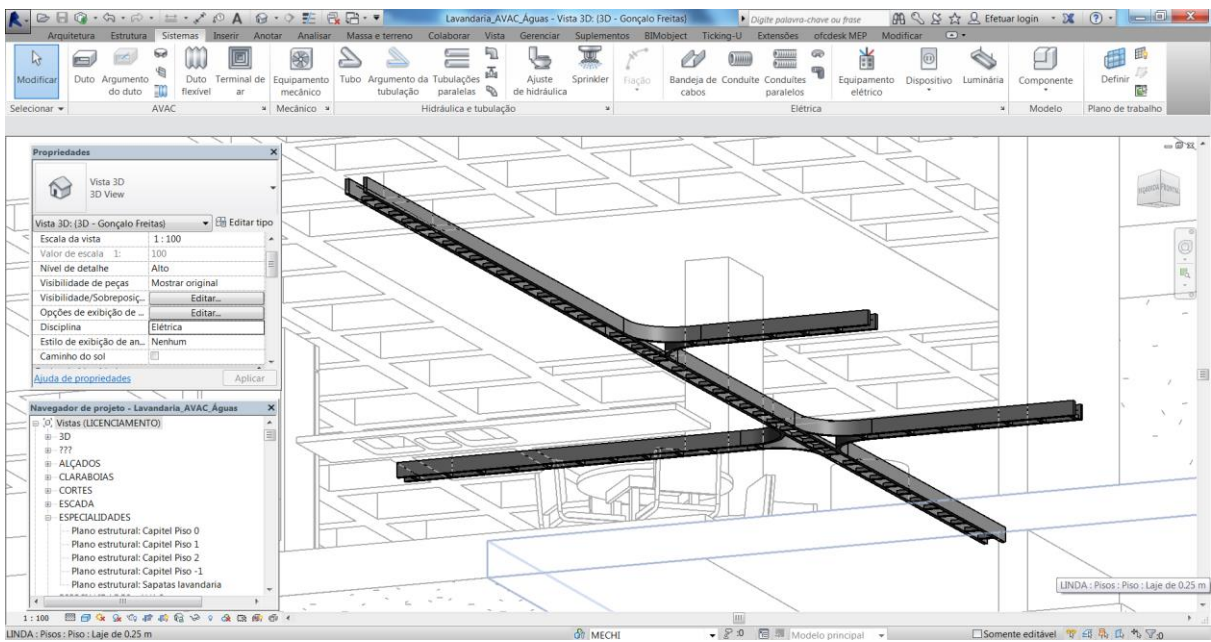


Figura 4.70 - Visualização 3D de uma parcela das esteiras do projeto de eletricidade em Revit.

Na Figura 4.71, encontram-se dois projetos (instalações, equipamentos e sistemas de elétricos, piso 01 e instalações, equipamentos e sistemas de águas, piso 01), onde se pode verificar que no de abastecimento de águas as canalizações passam pelo teto, assim como esteiras passam pelo mesmo. Logo, estamos perante colisões entre canalizações e esteiras que seriam facilmente identificadas utilizando a metodologia BIM.

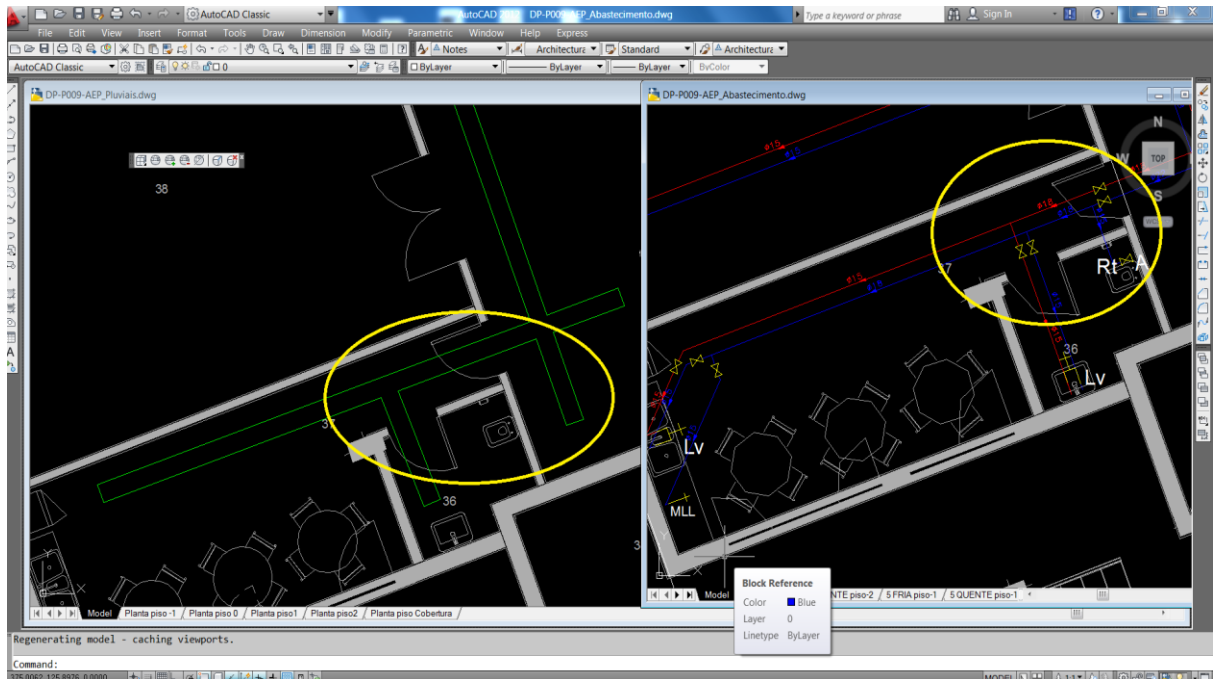


Figura 4.71 - Projeto de eletricidade e projeto de abastecimento de água em CAD.

Assim, analisando os erros de colisões, as omissões e imprecisões observadas no projeto em CAD 2D conclui-se que a modelação utilizando BIM apresenta também um elevado potencial para a revisão de projeto, visto que com a metodologia BIM as indefinições geométricas não são permitidas e as colisões de elementos são facilmente detetadas.



# 5

## NOTAS FINAIS, CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

### 5.1. NOTAS FINAIS

Durante a elaboração desta dissertação, surgiram várias dificuldades na modelação do edifício. Uma das dificuldades foi a falta de conhecimento e prática no Revit, tornando a modelação do edifício mais moroso e com um longo processo de aprendizagem. Verificou-se também que devido a quantidade de informação a ser inserida no Revit o tempo gasto para um projeto que utiliza a modelação BIM é consideravelmente maior nas fases iniciais do que nas fases mais avançadas.

No projeto de fundações e estruturas, a falta de bibliotecas fez com que fosse necessário criar objetos, tais como blocões e capiteis. A armadura das escadas e das nervuras entre blocões foram modeladas diretamente nos elementos, não havendo nenhuma extensão disponível para estes.

A aplicação da metodologia BIM exige elevadas necessidades dos computadores, ou seja, grande capacidade de memória RAM, uma vez que ao executar uma modelação da armadura através da extensão “Reinforcement” pode demorar alguns minutos.

### 5.2. CONCLUSÕES

O *software* Revit de modelação BIM, utilizado mostrou-se acessível, empírico e capaz de fornecer aos colaboradores a maior parte das funcionalidades de modelação necessárias aos projetos. Contudo, para o sucesso da implementação da metodologia BIM no projeto de edifícios alguns campos de atuação requerem melhorias, tais como, tornar mais prática a modelação das armaduras e reconsiderar o aumento da automatização do processo da modelação das mesmas.

Quando elaborados segundo a metodologia tradicional (CAD 2D), tipicamente os projetos das especialidades (instalações, equipamentos e sistemas águas e esgotos, instalações, equipamentos e sistemas de AVAC e instalações, equipamentos e sistemas elétricos), são elaborados com pouco detalhe (por exemplo: falta de cotas dos elementos, ocorrência de colisões de elementos). A utilização da metodologia BIM permite ultrapassar com pouco esforço tal falta de detalhe. Nesse sentido, concluiu-se que a metodologia BIM é melhor aproveitada quando o projeto é pensado desde o início de forma tridimensional para que o projetista possa considerar maiores detalhes desde o início do projeto evitando a falta e omissões de informações. No entanto, concluiu-se também que metodologia BIM apresenta grande potencial para a revisão de projeto, nomeadamente na detecção de erros e omissões de projetos elaborados sobre a metodologia tradicional (CAD 2D).

Ao longo desta dissertação foi confirmada a competência da metodologia BIM em automatizar processos devido à capacidade de parametrização dos objetos BIM, à aptidão de se obter diretamente do modelo BIM medições, quantidades e custos.

A metodologia BIM permite a elaboração automática das medições, contudo é necessário corrigir os *softwares* de modelação para que estes realizem as medições segundo as regras legalmente em vigor.

### **5.3. PERSPETIVAS FUTURAS**

Na área de AEC a metodologia BIM compreende vários conhecimentos, desde ferramentas computacionais, funcionalidades e gestão da informação de todo o ciclo de vida de um edifício, pois existem algumas áreas a serem exploradas.

Uma das áreas a ser explorada é o formato IFC, que está em processo de aperfeiçoamento, os *softwares* CAD/BIM cada vez mais adaptam-se ao formato de interoperabilidade. Há uma crescente necessidade de compreender o funcionamento deste formato. Neste sentido, torna-se também fundamental aumentar as bibliotecas dos objetos a modelar.

É essencial aprofundar a interoperabilidade entre distintas ferramentas computacionais envolvidas nos diferentes tipos de análise, provenientes de diversas empresas. É pertinente para que os envolvidos no projeto possam selecionar as melhores ferramentas computacionais que melhor se adequam à metodologia BIM e com isso, criar as suas metodologias de trabalho.

## REFERÊNCIAS

1. Unimar, A., *Arquitetura Digital: BIM, Inovação e Sustentabilidade*. 2011.
2. Wikipédia. *Desenho Assistido por Computador*. 26 de Junho de 2014; Available from: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenho\\_assistido\\_por\\_computador](http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenho_assistido_por_computador).
3. Porto, G.d.F.d.E.d.U.d. *Interoperabilidade*. 2013 22 de Agosto de 2014; Available from: [http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Interoperabilidade\\_BIM](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Interoperabilidade_BIM).
4. Antunes, J.M.P., *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*, in *Engenharia Civil*. 2013, Universidade do Minho.
5. Pinhal. *O que é as built?* 27 de Julho de 2014; Available from: <http://www.colegiodearquitectos.com.br/dicionario/2014/03/as-built/>.
6. termos, G.d. *Glossário de AVAC*. 2012 19 de Agosto de 2014; Available from: <http://www.sobre.com.pt/aquecimento-ventilacao-e-ar-condicionado-avac>.
7. Micrograf. *BIM - Building Information Modeling. Plataformas BIM na redução de custos de obra e no suporte de novas tendências de mercado*. 7 de Julho de 2014; Available from: [http://micrografico.micrograf.pt/mic\\_37/3710.pdf](http://micrografico.micrograf.pt/mic_37/3710.pdf).
8. Reis, C. *A evolução do desenho técnico*. 18 de Julho de 2013; Available from: <http://engenhatura.com.br/evolucao-desenho-tecnico/>.
9. Gianaccini, T. *O surgimento do Autocad e a sua importância para a indústria*. 20 de Julho de 2012; Available from: <http://cad.cursosguru.com.br/novidades/como-surgiu-autocad-qual-sua-importancia/>.
10. Morais, M.F.e.R., *O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão*, in *Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL*. 2012: FEUP.
11. Andreia Cardoso, B.M., Diogo Santos, João Neves e Maragarida Martins, *BIM: O que é?*, FEUP, Editor. 2013.
12. Saepro. *Diferenças entre o CAD tradicional e o conceito BIM*. 19 de Julho de 2014; Available from: <http://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/diferencas-entre-o-cad-tradicional-e-o-conceito-bim/>.
13. M., N., *Structural Engineering Transition to 3D Digital Design Is Toughest for Small Firms*. 2007.

## Referências

14. Construction, M.G.H., *Green BIM How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction*. 2010.
15. Eastman, T., Sacks & Liston. *What is BIM?* 7 de junho de 2011; Available from: <http://www.tekla.com/company/building-construction/what-is-bim>.
16. Eastman, T., *Handbook of BIM*. 2011.
17. Vasconcelos, T.M.N.R.F.d., *BUILDING INFORMATION MODEL – AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL COMO SOLUÇÃO PARA OS PRINCIPAIS ATRASOS E DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO PORTUGUESA*, in *Engenharia Civil*. 2010, Universidade de Lisboa.
18. CodeBIM, *Collaborative Design Education using BIM*. 2013.
19. informática, T., *Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício*. 2013.
20. Cachadinha, J.P.N., *IMPLEMENTAÇÃO BIM E INTEGRAÇÃO NOS PROCESSOS INTRAORGANIZACIONAIS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO ESTUDO DE CASO*. 2012.
21. Impararia. *6D CAD OR HOW TO OPTIMIZE THE ENERGY CONSUMPTION*. 16 de Agosto de 2014; Available from: <http://www.impararia.com/en/services/bim/bim-3d?id=243>.
22. Impararia. *7D CAD OR HOW TO MANAGE ASSETS LIFE CYCLE*. 16 de Agosto de 2014; Available from: <http://www.impararia.com/en/services/bim/bim-3d?id=244>.
23. MARTINS, A.M.e.J.P., *BUILDING INFORMATION MODELING - FUNCIONALIDADES E APLICAÇÃO*. 2011: FEUP.
24. Rodrigo, B., *Guia BIM*. 2014.
25. Porto, G.d.F.d.E.d.U.d. *Desvantagens do BIM*. 12 de Julho de 2014; Available from: <http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>.
26. Azevedo, O., *Metodologia BIM : building information modeling na direcção técnica de obras*. 2009, Universidade do Minho.
27. Sousa, P.M.e.H.d., *Intruductory concepts on BIM - The importance of information*. 2013.
28. Guy, R. *IFC has no place in your Revit BIM workflow*. 4 de Junho de 2012; Available from: <http://redbolts.com/blog/post/2010/05/20/IFC-has-no-place-in-your-Revit-BIMworkflow>.
29. Roy, A., *Bridging the Gap between BIM & Residential Owners*. BIM Journal, 2011.
30. Carina. *Geração BIM revoluciona estruturas*. 19 de Junho de 2011; Available from: <http://www.construir.pt/2007/09/21/gerao-bim-revoluciona-estruturas/>.
31. Guimarães, A.B., *Edifício da Vodafone*. 2009.
32. Tarrafa, D.G.P., *Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas*. 2012, Universidade de Coimbra.

## Referências

33. AECbytes. *Around the World with BIM*. 8 de Agosto de 2012; Available from: <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>.
34. ação, C.-C.d. *Adoção crescente do BIM nos países desenvolvidos*. 2 de Junho de 2013; Available from: <http://www.coordenar.com.br/adocao-do-bim-nos-paises-desenvolvidos/>.
35. TEKLA, *Museu ArtScience*. 2011.
36. Utzon, J. *Sydney Opera House*. 11 de Julho de 2014; Available from: <http://www.sydneyarchitecture.com/ROC/QUA01.htm>.
37. Levitsky, I., *Wiip ExportSchedules for Autodesk Revit*. 2013.
38. Antunes, D.A.E., *Integração de Modelos BIM com Redes de Sensores num Edifício*. 2013, Universidade Nova de Lisboa.
39. Thein, V., *Industry Foundation Classes (IFC), BIM Interoperability Through a Vendor-Independent File Format*. 2011.
40. Mcgough, D. *What does openBIM, IFC's and COBie actually mean for BIM?* 9 de Setembro de 2013; Available from: <http://www.architect-bim.com/what-does-openbim-ifcs-and-cobie-actually-mean-for-bim/#.VA9w1fldWSp>.
41. Graitec. *GRAITEC Advance® suite compliant with Autodesk Revit® 2012*. 9 de Agosto de 2013; Available from: <http://www.graitec.com/en/news.asp?NewsID=541>.
42. Datech. *Funcionalidades de Revit Structure*. 12 de Agosto de 2013; Available from: <http://www.micrograf.pt/aec/revitstruct/features.asp>.
43. Fonseca, M.S., *Curso sobre regras de medição na construção*. 2010.
44. Datech. *As principais funcionalidades do Autodesk Revit MEP*. 12 de Agosto de 2013; Available from: <http://www.micrograf.pt/aec/revitmep/>.



Anexo

**ANEXO**



## METODOLOGIA BIM, UMA NOVA ABORDAGEM – CASO PRÁTICO DE CRIAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS



Lino Maia

Docente CCCEE/UMa Funchal  
Investigador LABEST/FEUP Porto  
[www.uma.pt](http://www.uma.pt) [www.fe.up.pt](http://www.fe.up.pt)



Pedro Mêda

Investigador IC-FEUP Porto  
[www.fe.up.pt](http://www.fe.up.pt)



João G. Freitas

Estudante CCCEE/UMa Funchal  
[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

### SUMÁRIO

A metodologia BIM tem vindo a ganhar grande importância na indústria da construção. Esta metodologia introduz alterações muito significativas na forma como tradicionalmente se aborda a conceção, construção e manutenção de edifícios.

Neste trabalho avaliam-se as vantagens e desvantagens da aplicação da metodologia BIM na elaboração, revisão e coordenação de projetos e analisam-se algumas das ferramentas computacionais disponíveis no mercado. Utilizando o *software* Revit procedeu-se à modelação em BIM de um edifício (lavandaria de um hospital) tendo como ponto de partida os projetos execução elaborados segundo a metodologia tradicional em CAD 2D.

**Palavras-chave:** BIM, IFC, Interoperabilidade, Revit.

### 1. INTRODUÇÃO

A metodologia BIM (Building Information Modeling) tem como princípios a integração das fases do processo construtivo, ou seja, a integração e trabalho colaborativo de todas as especialidades envolvidas na fase de projeto, sendo apoiada por aplicações de visualização tridimensional. O grande potencial do conceito BIM está também na normalização da informação, sendo suportada entre outros aspetos na normalização do método como se devem modelar os objetos. Apoiada nesta base são várias as potencialidades que daqui

decorrem, desde a elaboração, coordenação ou revisão de projetos à gestão e manutenção do edifício construído [1].

Assim, foi desenvolvido um trabalho no âmbito de uma tese de mestrado [2] com o objetivo de aprofundar e esclarecer o conceito de regras de modelação e níveis de desenvolvimento, quando é proposta a execução e a gestão de um projeto com a metodologia BIM. Tendo como ponto de partida um projeto de execução elaborado segundo a metodologia tradicional (peças desenhadas em CAD 2D) realizou-se a modelação do projeto de estruturas e vários projetos de especialidades segundo a metodologia BIM para (i) avaliar a capacidade de comunicação e troca de informação entre o projeto realizado para as diferentes especialidades, assim como para avaliar a capacidade de agregação e gestão de toda a informação respeitante ao projeto (com especial atenção para o projeto de estruturas) num só modelo BIM; (ii) identificar casos em que é conveniente a criação de modelos de objetos para poderem ser utilizados posteriormente na elaboração de outros projetos com vista ao aumento da produtividade; (iii) identificar e avaliar casos em que a aplicação da metodologia BIM apresenta elevado potencial para gerar mais-valias relativamente à metodologia tradicional de execução e gestão de projetos, nomeadamente para fazer medições e em revisão de projeto. Este artigo será focado no ponto (ii) nomeadamente na criação de elementos estruturais (nomeadamente, lajes aligeiradas fungiformes e capiteis) não previstos nas bibliotecas da aplicação.

## 2. BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

O conceito BIM tem vindo a assumir diferentes definições e a sua utilização em massa tem gerado discussões sobre a validade do termo e mesmo sobre a sua aplicabilidade. No âmbito deste artigo, considera-se BIM uma apresentação digital das características físicas e funcionais de uma construção. Como tal, essa apresentação digital serve como um recurso de conhecimento partilhado para obter informações sobre a construção, permitindo a criação de uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde a conceção até ao fim da vida útil. BIM poderá também ser entendido de forma ampla para a criação e utilização de modelos digitais e processos de colaboração relacionados entre empresas para promover o valor dos modelos [3]. Ou seja, o BIM é a representação digital partilhada baseada em normas abertas de interoperabilidade. Esta interoperabilidade deverá incluir todos os relacionamentos e heranças de cada uma das componentes da construção descrita no modelo – fazendo do BIM um modelo inteligente [4].

Através desta metodologia, podem ser construídos digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção, seja ela um edifício, obra de arte ou infra-estrutura. Estes modelos apoiam o projeto nas suas fases de elaboração, permitindo uma melhor análise e controlo de processos manuais. Quando concluído, esses modelos gerados, deverão conter as geometrias e os dados necessários para apoiar todo o processo de construção, fabricação e atividades de aquisição por meio da qual a construção é constituída [5, 6].

Pode afirmar-se que é um modelo inteligente porque a informação pode estar inserida num modelo virtual tridimensional. Alguma desta informação é de natureza física, já que vai conter dados sobre a natureza de um objeto, como a sua dimensão, a sua localização em relação aos outros objetos do modelo, a quantidade de objetos e outra informação parametrizada sobre o próprio objeto. A título de exemplo, considerando o objeto 'parede', a informação parametrizada do próprio objeto refere-se àquela que distingue um componente específico de outro idêntico. Na verdade, as paredes têm qualidades em comum, mas cada uma pode possuir características diferentes, tais como, as suas dimensões, o tipo de material que a constitui (betão, madeira, entre outras.) e informações do seu fornecedor/preço/durabilidade. Cada aspeto deste tipo pode ser programado no objeto para que ele represente exatamente o que o projeto exige [4].

Este modelo inclui tanto informação gráfica (desenhos – Figura 1.a)) como informação não-gráfica (especificações, cronogramas e outros dados – Figura 1.b)), sendo que a modelação de ambas permite uma gestão de dados que serve de apoio para uma futura criação e utilização de coordenadas dessa informação [6].

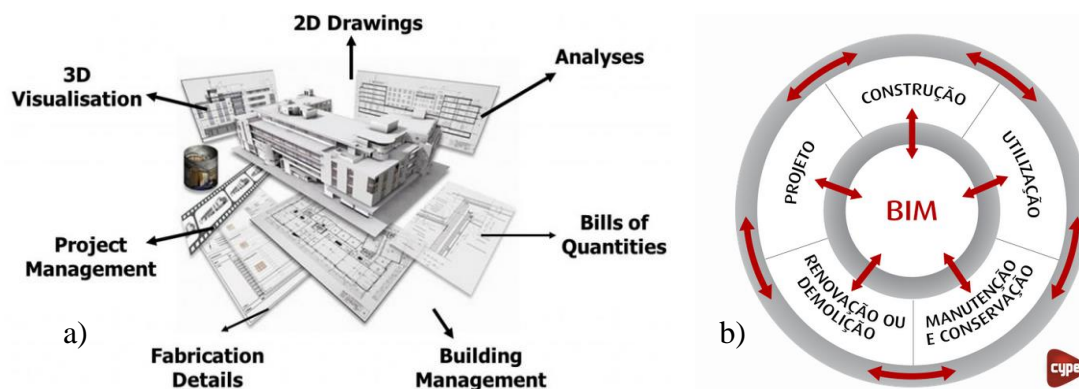


Figura 1 – a) Modelo inteligente; b) Modelo BIM do ciclo de vida de um edifício [7,8].

A principal característica do BIM é o seu sistema de modelação 3D acompanhado pelos mecanismos de gestão, partilha e introdução e troca de dados durante a vida útil da construção, ou seja, o resultado desejado é um modelo que contenha imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada objeto carrega na realidade dados físicos.

## 2.1 Troca de informação entre especialidades no Revit

Na implementação do BIM, para que seja rentável e a sua utilização potenciada, é crucial a comunicação eficaz entre todas as especialidades. Para ultrapassar esse problema, o *software* Revit incorpora na plataforma Revit Suite as aplicações Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP, que são aplicações orientadas às especialidades de arquitetura, estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações de AVAC e de eletricidade, respetivamente. A base dos programas é a mesma, apenas são alteradas ferramentas e funcionalidades para possibilitar uma modelação mais fácil dos diversos elementos das várias especialidades.

Ao serem proporcionadas ferramentas e funcionalidades adequadas às distintas especialidades, numa só plataforma BIM, os diversos projetos de especialidades criados nos respetivos módulos são totalmente compatíveis com os restantes, permitindo o trabalho colaborativo, melhor visibilidade sobre o processo de partilha e sincronização de modelos Revit sem necessidade de qualquer tipo de conversão [9].

Na cooperação entre especialidades, o Revit apresenta ainda a ferramenta 'Coordenação'. Tendo em conta esta ferramenta, a sua análise pode propor alterações aos projetos, evitar conflitos e respeitar condicionantes arquitetónicas.

De modo a facilitar a análise dos diversos projetos de especialidades quando integrados com os restantes, existem opções de filtro para que nas diversas vistas 2D e 3D a informação visual disponível seja apenas a relevante. Como última opção das distintas disciplinas referentes às respetivas especialidades, temos a ferramenta 'Coordenação', onde todos os modelos dos diversos projetos de especialidade ficam ativos. A Figura 2 evidencia a referida capacidade, no qual projeto de fundações e estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações de AVAC e de eletricidade encontram-se ativos.

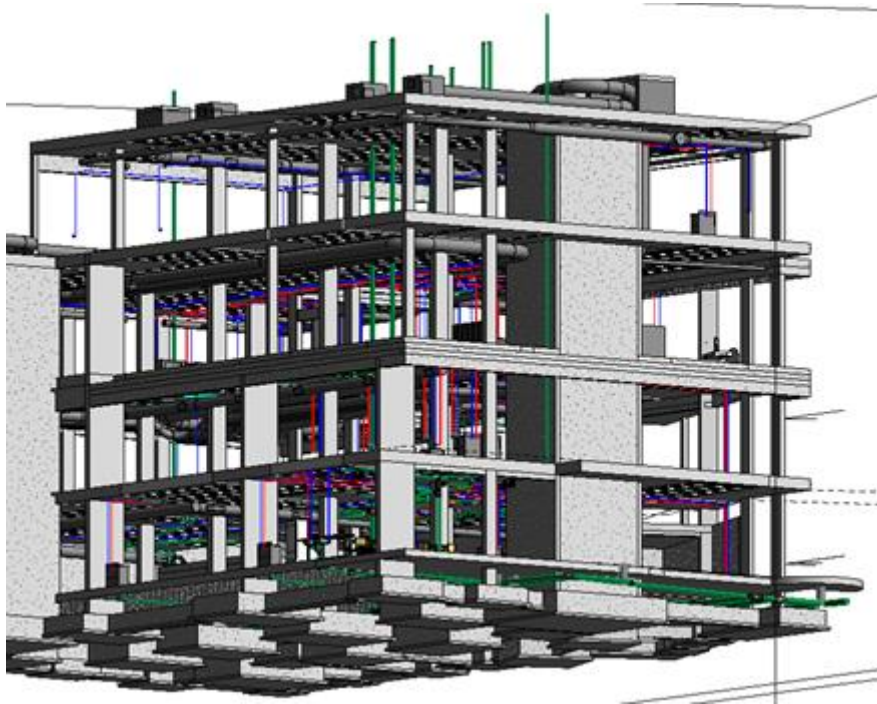


Figura 2 – Modelo BIM com as diversas especialidades modeladas ativas.

## 2.2 Extensões e Suplementos do Revit

No *software* Revit existem menus de extensões e suplementos que adicionam capacidades e funcionalidades ao *software*. As extensões distinguem-se dos suplementos na medida em que as extensões são totalmente desenvolvidas e fornecidas pela Autodesk, enquanto os suplementos são produzidos e fornecidos por outras empresas que trabalham em parceria

com a Autodesk para facilitar a modelação dos seus produtos. Por exemplo, para o Revit Structure, as extensões disponibilizadas são as seguintes [6]:

- Modeling: acrescenta algumas ferramentas e capacidades que podem facilitar/agilizar o processo de modelação. A título de exemplo, uma funcionalidade que permite criar o modelo BIM através da introdução de dados em Excel, ou outra funcionalidade que permite automatizar a definição das linhas estruturais em planta e dos níveis de cota pretendidos, eliminando a necessidade da sua introdução de forma individual.
- Analysis: fornece possibilidades de cálculo para pré-dimensionamento de elementos estruturais numa primeira abordagem ao processo de modelação da estrutura.
- Reinforcement: permite modelar a armadura em elementos de betão de forma automatizada.
- AutoCAD Structural Detailing: permite a comunicação com o AutoCAD Structural Detailing.
- Steel Connections: possibilita a modelação de ligações metálicas, embora de momento seja ainda limitada apenas a dois tipos de ligações (banzo do pilar com viga; e, pilar à base do pilar). Ou seja, o seu uso é ainda extremamente limitado.
- Bridges: introduz capacidades de modelação e funcionalidades direcionadas a pontes.

Relativamente aos suplementos, estes podem dividir-se em dois grupos distintos. O primeiro referente a aplicativos que introduzem novas ferramentas de modelação em Revit, a título de exemplo IDAT (desenvolvido pela empresa IDAT) orientado para o projeto de estruturas pré-fabricadas de betão ou o SDS/2 Connect (desenvolvido pela empresa SDS/2) que introduz capacidades de modelação de ligações metálicas. Por sua vez, o segundo grupo é referente a aplicativos que permitem ou otimizam a troca de informação entre o Revit e outros programas informáticos externos à Autodesk. A título de exemplo, o suplemento de nome, BIMLink, que permite a interoperabilidade entre Revit e Excel, suplementos de conversão que permitem a interoperabilidade do modelo estrutural entre Revit e programas de cálculo estrutural como o STAAD.pro ou RAM Structural System, ambos da Bentley [10]. Existem ainda suplementos de interoperabilidade entre distintos programas de modelação, que otimizam a capacidade de comunicação entre estes (já possível através do formato padrão IFC), como é exemplo entre Revit Structure e Tekla Structures ou Revit Structure e Graitec Advance [11].

### 2.3 Formato IFC

Para estimular a interoperabilidade entre aplicações BIM das diversas empresas foi criado o formato IFC, especificado e desenvolvido pela buildingSMART. O formato IFC é um repositório de dados abertos para a informação semântica de objetos de construção, incluindo geometria, propriedades associadas e relações para facilitar [12]: (i) a coordenação interdisciplinar de construção de modelos de informação, incluindo a

arquitetura, serviços estruturais e construção; (ii) a partilha de dados e a troca entre aplicativos IFC; (iii) a transferência e reutilização de dados para análise e outras tarefas a posteriores.

A iniciativa de criação do IFC começou em 1994 quando a Autodesk procurou desenvolver um conjunto de classes C++ que poderiam apoiar o desenvolvimento de aplicativos integrados. Doze outras empresas americanas juntaram-se à iniciativa, inicialmente definida como a Alliance for Interoperability. Em 1997, o nome foi alterado para International Alliance for Interoperability devido à junção de mais empresas internacionais. Esta nova aliança foi reconstituída como uma organização sem fins lucrativos, com o objetivo de desenvolver o IFC como um produto neutro na indústria da arquitetura engenharia e construção. A designação desta iniciativa foi de novo alterada para buildingSMART em 2005 [12].

Em 1997 foi lançada a primeira normalização do formato IFC. Ao longo dos anos, o formato IFC tem sido alvo de melhorias com o lançamento de novas versões. As melhorias assentam, não só na otimização das várias funcionalidades já suportadas pelo formato, mas também no aumento da variedade de informação comportada. A título de exemplo, apenas após a versão IFC 2x2 foi possível transferir modelos estruturais, pois os módulos de aplicações BIM dedicados ao projeto de estrutura surgiram também mais tarde. Contudo, só na mais recente versão, IFC 2x4, se tornou possível, por exemplo, transferir através do IFC a armadura modelada em elementos parede ou laje [9, 13].

### 3. CASO DE ESTUDO

O caso de estudo deste trabalho incidiu sobre a modelação do edifício de lavandaria do Hospital Dr. Nélio Mendonça (Funchal) com a metodologia BIM. A modelação foi efetuada com base nas peças desenhadas do projeto de execução de fundações e estruturas, instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e instalações, equipamento e sistemas elétricos – que foram elaboradas pela metodologia tradicional CAD 2D.

#### 3.1 Implementação do BIM em Projeto de Fundações e Estruturas

O Revit Structure, *software* de modelação, integra um modelo geométrico de vários materiais com um modelo analítico independente, o qual pode ser editado. Os recursos do Revit Structure incluem um modelo único para análise estrutural e de documentação, documentos da construção e pormenorização de estruturas. Para além disso, as diversas funcionalidades do Revit Structure permitem [15]: alocar a documentação de construção a cada objeto; gerar detalhes estruturais; o suporte para vários formatos de dados; a modelação multimateriais; utilizar componentes estruturais paramétricos; a colaboração multiutilizador; e a interoperabilidade com o Autodesk Revit Architecture e o Autodesk Revit MEP.

É importante referir que a plataforma Revit possui duas partições de nome, ‘Projeto Revit’ e ‘Revit Famílias’. O Projeto Revit é dedicado à modelação do próprio projeto, e a Revit Famílias, à criação de novos objetos BIM sendo possível, por exemplo, alterar as características físicas e a extrusão pré-definida do pilar selecionado na Figura 3 – inicialmente não disponíveis no Projeto Revit, os quais se tornam utilizáveis em modelação e que podem ser utilizadas na modelação de outros projetos. O Revit possui também uma segunda ferramenta para a criação de novos objetos, que se encontra no próprio Projeto Revit com o nome ‘modelar no local’ sendo que neste caso a sua utilização só é possível no atual modelo.

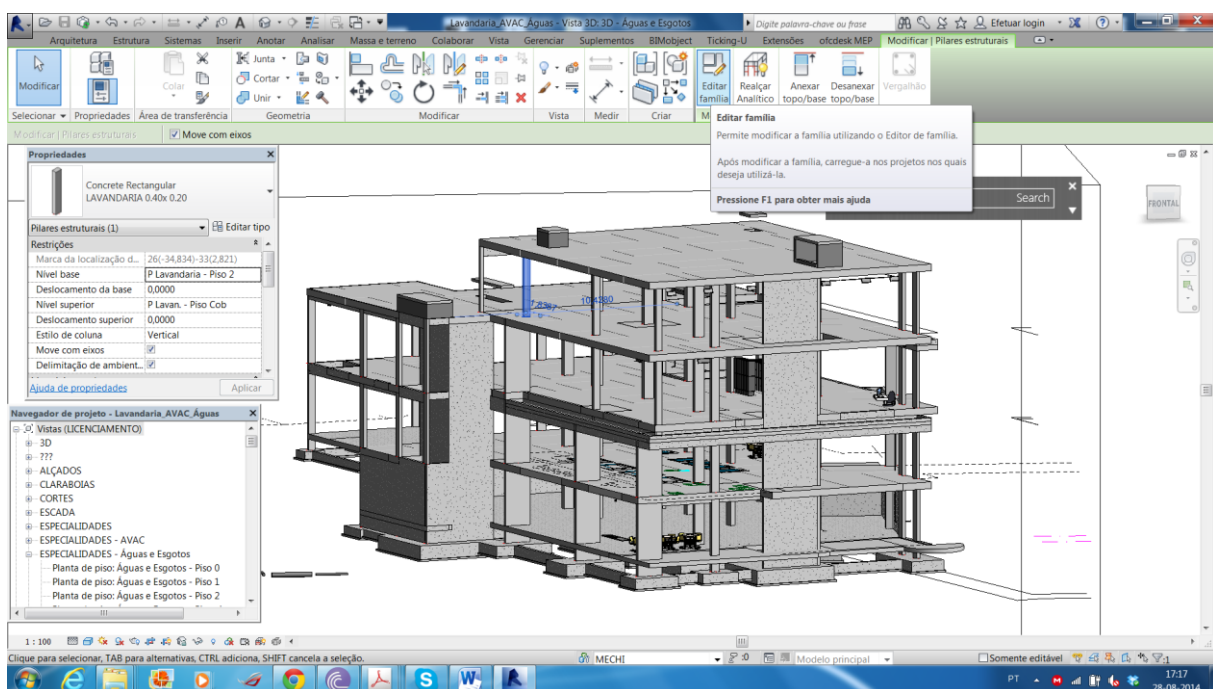


Figura 3 – Visualização da opção editar família para o elemento ‘pilar’.

O Revit divide os distintos projetos de especialidade por categorias, assim para que este reconheça os elementos modelados como estruturais e deste modo, referente à categoria do projeto de fundações e estruturas, é necessário defini-los como estruturais nas suas propriedades (Figura 4). No Revit Structure, os elementos modelados são em regra automaticamente considerados como estruturais, no entanto é possível fazer alterações, alterações essas que podem ser definidas pelo arquiteto quando este está a utilizar o Revit Architecture.

Refira-se que ao definir-se que um determinado elemento é estrutural, então caso este seja um elemento de betão fica também possibilitada a modelação de armaduras, a definição dos valores de recobrimento pretendidos, assim como, a possibilidade de ativar o modelo analítico desse elemento (Figura 4). Refira-se que a existência de um modelo analítico representativo do respetivo elemento físico estrutural é indispensável para que esse elemento estrutural seja transferível para programas de cálculo – por exemplo, o Robot

Structural Analysis. Sem modelo analítico a exportação do referido elemento fica impossibilitada.

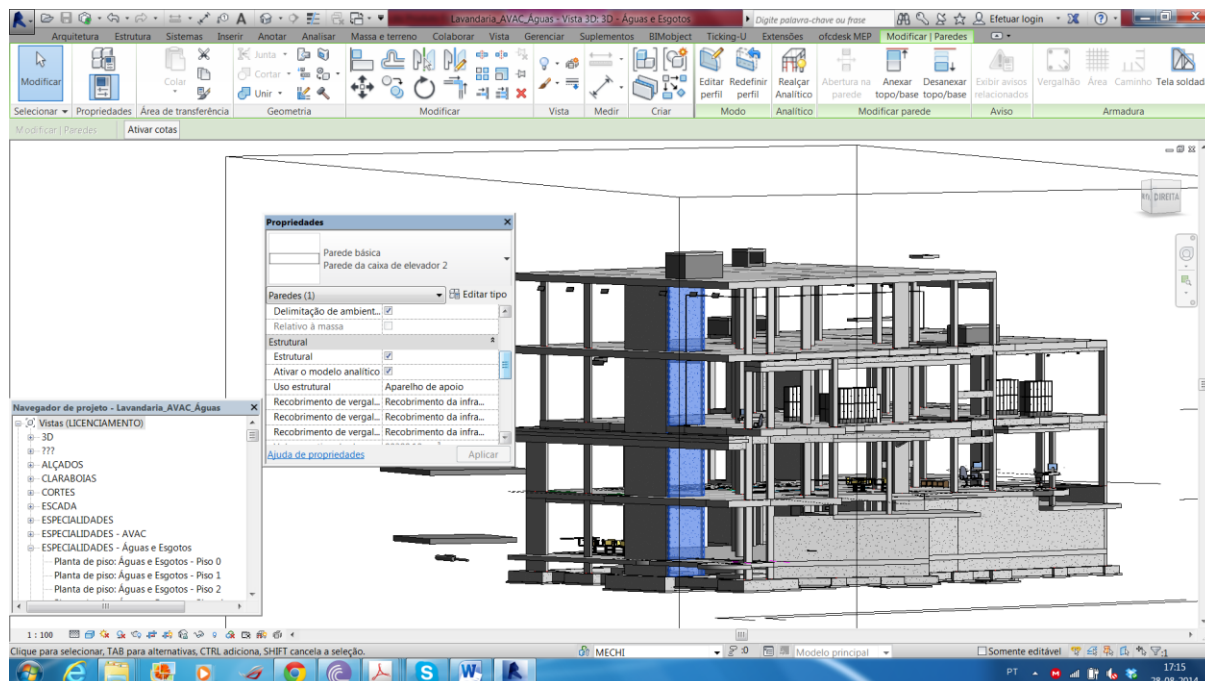


Figura 4 – Propriedades da parede selecionada.

A criação de objetos em BIM possui características não só geométricas como também físicas, pois a estes objetos são associados, entre outra informação, os tipos de materiais. No Revit, consta uma lista de materiais já pré-existente, onde é possível a adição e personalização de novos materiais e respetivas características físicas e não físicas. Deste modo, estes podem ser arquivados para futura utilização em outro projeto Revit como também caracterizar os objetos para serem compatíveis com outros *softwares*, utilizando por exemplo o formato IFC. A título de exemplo, refira-se que as propriedades físicas que podem ser introduzidas para o betão contemplam: resistência à compressão, módulo de elasticidade, módulo de distorção, coeficiente de expansão térmica e peso por unidade de volume.

### 3.2 Capacidade de criar novos objetos BIM

A importância de um modelo geométrico de qualidade em BIM pode requerer a criação de novos objetos, capazes de traduzir os elementos pretendidos para a construção e que uma vez criados podem ser utilizados na modelação de outros projetos. Em Revit, como já mencionado, para esse efeito existe o 'Revit Famílias' ou na própria construção 'Projeto Revit' a ferramenta 'modelar no local' (no caso de não ser utilizado em outros processos).

No Revit Famílias, existem vários menus destinados à criação de distintos tipos de objetos. Existem menus orientados para elementos arquitetónicos, estruturais, mecânicos, como igualmente menus 'neutros' com capacidades mais genéricas.

Neste caso de estudo, havia a necessidade de modelar um módulo das lajes aligeiradas fungiformes (neste trabalho designado de ‘blocão’). Assim, para a criação do objeto blocão utilizou-se a partição estrutural, tendo em conta as seguintes etapas: (i) criar o objeto, uma nova família; (ii) escolher modelo genérico métrico; (iii) desenhar referencial com duas linhas que representassem os planos de referência para a implantação do elemento; (iv) criar o blocão de betão desenhando os contornos do blocão em planta e fazendo a sua extrusão; (v) criar o vazio do blocão desenhando os contornos do vazio em planta e fazendo uma extrusão de vazio; (vi) proceder à parametrização do objeto para a definição das propriedades de parâmetros do blocão, (vii) definir o material do blocão; (viii) criar uma laje onde é inserido a família (blocão); (ix) inserir o componente na respetiva laje; (x) carregar a família (blocão); (xi) finalmente, selecionar o objeto e inserir o blocão na laje sem esquecer de atribuir os parâmetros corretos ao blocão (Figura 5). Informação mais detalhada sobre a criação deste objeto pode ser consultada na Referência [2] onde cada etapa é acompanhada por imagens.

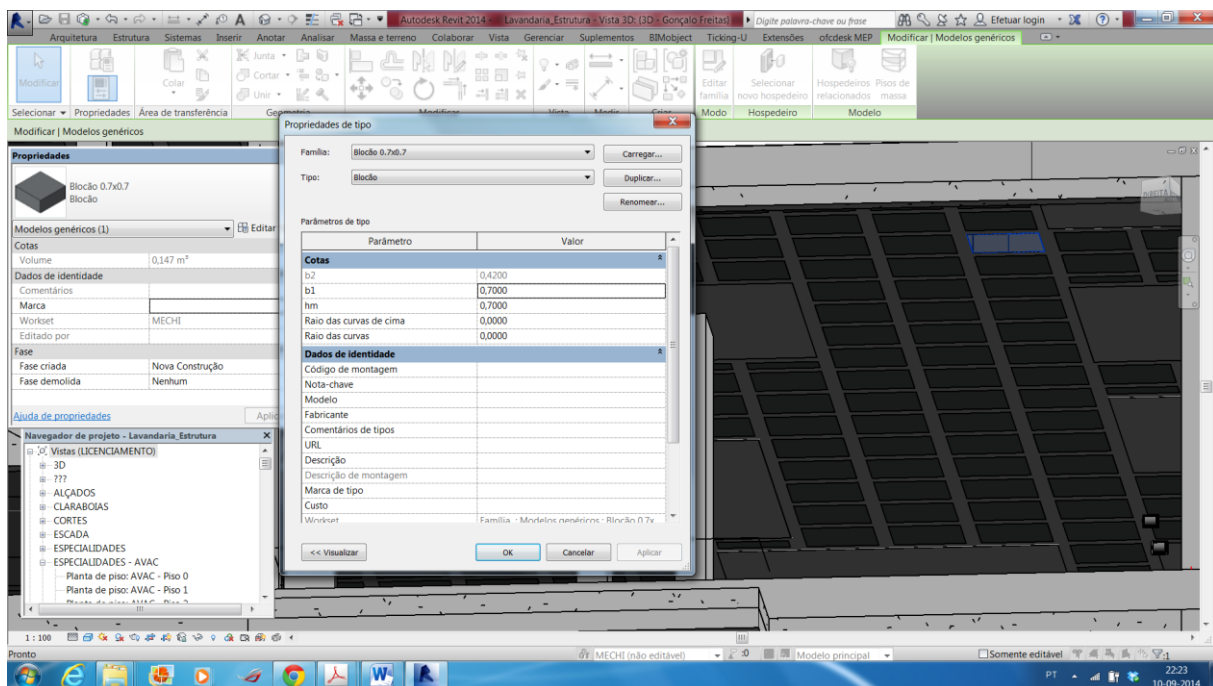


Figura 5 – Visualização do blocão inserido na estrutura e respetivos parâmetros.

Para além do blocão, neste trabalho houve também a necessidade de modelar os capitéis – objetos não contemplados no Revit. Em relação, à falta de objetos (capiteis), pode-se realizar de duas formas diferentes: (i) ‘enganando’ o *software* com a elaboração de uma viga (ou pilar) com a dimensão pretendida (medida do capitel), assim não existindo a dificuldade de atravessar a armadura da laje na viga – tem-se como desvantagem a armadura da viga, isto é, ao modelar a armadura da viga vai ter estribos dentro do suposto capitel; (ii) realizando de uma laje dentro de outra, tendo de utilizar a ferramenta ‘desunir’, para poder quantificar o volume de betão quer da laje quer do capitel (caso contrário o Revit contabiliza duas vezes o volume de interseção laje/capitel) – neste caso tem-se como desvantagem o

facto da introdução da armadura da laje na zona do capitel: por defeito o *software* considera que quando se tem duas lajes contíguas a armadura de cada laje é interrompida no final da respetiva laje, logo, a armadura da laje tem de ser 'prolongada manualmente' para dentro do capitel.

Neste caso de estudo, optou-se para segunda opção, tendo a realização dos capitéis sido executada através pelas seguintes etapas: (i) criar a laje e dar o nome de 'capitel'; (ii) criar o capitel; (iii) desunir os elementos (para que não ocorra sobreposição de betão); (iv) criar a armadura do capitel da mesma forma como a laje; por fim, (iv) estender a armadura das nervuras da laje pelo capitel. À semelhança do objeto bloção, informação mais detalhada (com imagens) sobre a criação deste objeto pode ser consultada na Referência [2].

Importa salientar que as novas famílias podem ser guardadas e reintroduzidas em diferentes projetos sempre que o seu uso seja necessário, permitindo que o utilizador vá criando uma biblioteca de novos elementos. De lembrar que um fator importante para a produtividade em BIM é a existência de uma boa biblioteca para a rentabilização dos recursos, independentemente da especialidade / aplicação Revit (Architecture, Structural, MEP).

### 3.3 Armadura

Como componente do BIM encontra-se também a pormenorização estrutural possível de alcançar com este, sendo as armaduras um dos vértices mais relevantes no âmbito do projeto de estruturas. O nível de detalhe possibilitado pela visualização 2D e 3D das armaduras no modelo permite uma cuidada apreciação às soluções de armadura a adotar, ajudando na conjugação dos espaçamentos dos varões entre distintos elementos, evitando sobreposições e outros conflitos. Refira-se que o Revit tem ferramentas dedicadas à deteção de sobreposição de varões. Para a modelação das armaduras no modelo BIM da estrutura, existem dois métodos para a modelação, sendo a sua aplicabilidade dependente do elemento estrutural em causa:

- Modelar diretamente as armaduras nos elementos estruturais: Este modo de modelação da armadura é possível em qualquer elemento estrutural. Neste método de modelação coloca-se diretamente nos elementos de betão os varões pretendidos, sendo possível a escolha precisa do posicionamento pretendido para estes. Sendo esta a que permite maior personalização, a melhor solução para elementos estruturais com geometrias menos usuais e para soluções de armadura mais complexas. Nos elementos estruturais como lajes e paredes, existe a possibilidade de definir malhas de armadura. Este método de modelação é moroso e pouco automatizado, apesar de ser versátil e não especificamente complexo. Atualmente, esta é a forma de modelar a armadura de escadas.
- Modelar com recurso à extensão 'Reinforcement' do Revit Structure para armaduras. Com esta extensão é possível modelar a armadura em vários elementos estruturais de betão: sapatas distribuídas e contínuas, paredes, vigas, pilares. Permite a modelação da armadura que ocorre através do número, diâmetro dos varões, valores de espaçamento e

recobrimento. Contudo, o seu uso é limitado pelas formas geométricas dos elementos, por exemplo, esta considera apenas vigas e pilares retangulares e circulares ou paredes retangulares. Isto não se adequa nem é funcional em escadas e paredes com partes redondas.

A modelação de toda a armadura no modelo BIM do projeto de estruturas poderá traduzir-se num processo moroso, principalmente quando o número de elementos estruturais com geometrias menos convencionais e/ou as soluções de armadura menos frequentes são dominantes. Em zonas onde existe uma afluência de armaduras de diferentes elementos estruturais, para que se consiga obter a conjugação dos vários varões desejada e sem sobreposições, é necessário 'estender' alguns varões manualmente. O processo torna-se especialmente moroso, pois a definição das trajetórias pretendidas para os varões é ainda um processo pouco intuitivo e de difícil definição.

De acordo com Tarrafa, D.G.P [9] o processo de modelação da armadura ainda não é suficientemente prático para facilmente converter os tradicionais e enraizados métodos CAD para a modelação em BIM, pois o processo de pormenorização da armadura recorrendo ao CAD é consideravelmente mais rápido. Contudo, importa realçar que apesar de ser um processo moroso, a sua modelação no modelo BIM permite auxiliar os processos de orçamentação, facilitar em obra a análise das soluções de armadura com a obtenção de desenhos completos.

### **3.4 Medições, quantidades e custos**

A metodologia BIM tem como benefício apoiar a orçamentação de forma automatizada para a obtenção de dados relativos a medições, quantidades e custos, por exemplo dos pilares. No Revit, estes dados são apresentados através de tabelas que podem conter diversos parâmetros de quantificação (comprimento, área, volume, custo) e qualificação (descrição, comentários, nome da empresa produtora, nome do elemento) sendo identicamente possível criar novos parâmetros. A metodologia BIM permite também aos colaboradores do projeto avaliar de forma eficaz a nível económico diversas opções estruturais, facilitando e agilizando igualmente a correção da orçamentação devido a alterações de última hora propostas ao projeto inicial, sendo para isso necessário apenas atualizar o modelo com as pretendidas modificações.

Apesar da elevada exatidão permitida pelo BIM, em Revit desconhece-se a possibilidade do utilizador alterar a ordem de prioridades atribuída nas medições por este aos diversos elementos estruturais, levando à obtenção de medições e quantidades que não respeitam as recomendações do LNEC [15], que são utilizadas em Portugal. Comparando algumas considerações assumidas pelo Revit, com as regras de medição do LNEC verifica-se o seguinte:

- O Revit considera que a altura dos pilares vai apenas até a base da laje (viga ou capitel), diferente do recomendado pelas regras de medição do LNEC – as alturas serão determinadas entre as faces superiores das lajes ou das vigas de betão.
- O Revit considera que a altura das paredes vai apenas até a base da laje, diferente do recomendado pelas regras de medição do LNEC – as alturas serão determinadas entre as faces superiores das lajes ou das vigas de betão.
- Identicamente no Revit, o volume da zona da viga incorporada na laje é incluído na medição da laje ao contrário do recomendado pelas regras de medição do LNEC – a medição dos volumes incorporados na espessura das lajes será incluída na medição do betão das vigas, lintéis e cintas.
- De com as regras do LNEC a medição das armaduras será realizada em Kg – no Revit são medidas em volume [cm<sup>3</sup>] (contudo, esta diferença é de fácil resolução, sendo apenas necessário multiplicar pela densidade do aço (0,007850 Kg/cm<sup>3</sup> para alcançar o peso da armadura em Kg).

#### 4. NOTAS FINAIS

Durante a execução deste trabalho verificou-se que devido a quantidade de informação a ser inserida no Revit o tempo gasto para um projeto que utiliza a modelação BIM é consideravelmente maior nas fases iniciais do que nas fases mais avançadas.

A aplicação da metodologia BIM exige elevadas necessidades dos computadores, ou seja, grande capacidade de memória RAM, uma vez que ao executar uma modelação da armadura através da extensão 'Reinforcement' pode demorar alguns minutos.

No projeto de fundações e estruturas, a falta de bibliotecas fez com que fosse necessário criar objetos (blocões e capiteis). A armadura das escadas e das nervuras entre blocões foram modeladas diretamente nos elementos, não havendo nenhuma extensão disponível para estes.

Foi confirmada a competência da metodologia BIM em automatizar processos devido à capacidade de parametrização dos objetos BIM, à aptidão de se obter diretamente do modelo BIM medições, quantidades e custos. No entanto, apesar do Revit permitir a elaboração automática das medições, é necessário adaptar o *software* para as regras de medição correntemente aplicadas em Portugal – por exemplo, permitindo que o utilizador pudesse definir a ordem de prioridades atribuída aos elementos nas medições.

#### AGRADECIMENTOS

Especial agradecimento à Fundação Para a Ciência e a Tecnologia pelo financiamento da inscrição do primeiro autor através do financiamento atribuído à unidade de investigação

LABEST/FEUP. Agradece-se também ao Gabinete de Arquitetura Nova Onda (LREC) pela colaboração e disponibilidade de utilização dos recursos necessários.

## REFERÊNCIAS

- [1] Mêda, P. – *Introductory concepts on BIM – The importance of Information*. I BIM International Conference, Porto, 20 e 21 de Junho, 2013.
- [2] Freitas, J. G. – *Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança*. Universidade da Madeira, 2014.
- [3] Constrution, M.G.H. – *Green BIM how building information modeling is contributing to green design and construction*. 2010.
- [4] Vasconcelos, T.M. – *Building Information Model – avaliação do seu potencial como solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa*. Universidade de Lisboa, 2010.
- [5] Eastman, T.; Sacks; Liston - *What is BIM?* 2011. Consultado em 16/09/2014 no site: <http://www.tekla.com/company/building-construction/what-is-bim>
- [6] Eastman, T. – *Handbook of BIM*. 2011.
- [7] CodeBIM – *Collaborative design education using BIM*. 2013.
- [8] Informática, T. – *Modelo BIM e o ciclo de vida de um edifício*. 2013.
- [9] Tarrafa, D.G.P. – *Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas*. Universidade de Coimbra, 2012.
- [10] Kfourri, E. – *Structural analysis links to Revit structure*. 2011. Consultado em 07/08/2014 no site: <http://bimapps.typepad.com/bim-apps/2011/02/structural-analysis-links-to-revit-structure-1.html>
- [11] Graitec – *GRAITEC Advance suite compliant with Autodesk Revit*. 2012. Consultado em 09/08/2014 no site: <http://www.graitec.com/en/news.asp?NewsID=541>
- [12] Thein, V. – *Industry foundation classes (IFC), BIM interoperability through a vendor-independent file format*. 2011.
- [13] Smart, B. – *What's new in ifc2x4*. 2013. Consultado em 05/08/2014 no site: [http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc1/html/change/IFC2x4-rc1\\_whats\\_new.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc1/html/change/IFC2x4-rc1_whats_new.htm)
- [14] Datech – *Funcionalidades de Revit Structure*. 2013. Consultado em 12/08/2014 no site: <http://www.micrograf.pt/aec/revitstruct/features.asp>
- [15] Fonseca, M.S. – *Curso sobre regras de medição na construção*. 2010.