

Aplicação do BIM a uma infraestrutura técnica: Sistema de Climatização

MIGUEL ALEXANDRE LOURENÇO MARTINS
(Licenciado)

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, na área de
especialização de edificações

Orientador:

Especialista João António Antunes Hormigo

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Vogais:

Doutor Carlos Manuel Moura Penim Loureiro

Especialista João António Antunes Hormigo

Setembro 2017

Agradecimentos

Este documento só foi possível ser realizado com a preciosa ajuda de diversas pessoas a quem desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro, quero agradecer ao meu orientador, o Prof. Eng.º João Hormigo, pela sua disponibilidade, desde a primeira hora, que demonstrou na orientação e revisão dos temas que aqui foram abordados.

Quero deixar um agradecimento especial à empresa MyTeam, nomeadamente à Arq.^a Maria Pinto, pela prestabilidade em ceder os elementos do projeto que foram apresentados neste trabalho.

Ao Eng.º Eduardo Neves, com o seu vasto conhecimento no programa Autodesk Revit, socorreu-me prontamente sempre que foi necessário.

Não podia deixar de referir os meus pais, que dedicaram muito do seu tempo a educar os seus dois filhos, demonstrando total devoração e apoio em todos os nossos projetos de vida.

Por último, quero agradecer a todos os meus amigos, colegas e professores pelo apoio constante, pela motivação e conselhos transmitidos.

Sem isto, era impossível ter alcançado esta meta na minha vida. Muito Obrigado!

Resumo

Ao longo do tempo, a humanidade tem evoluído e tem-se adaptado a novas tecnologias, criando e utilizando novas ferramentas que permitem melhorar a qualidade de vida das próprias pessoas e da sociedade onde estão inseridas.

Atualmente, está desenvolvida uma ferramenta para projetos de investimento imobiliário que se revela de grande utilidade para os projetistas. Esta ferramenta é denominada por Building Information Modeling, ou BIM. O BIM à primeira vista parece ser apenas a modelação de um empreendimento em três dimensões, mas na realidade é muito mais do que um modelo tridimensional.

O modelo BIM é constituído por componentes, em que cada componente poderá ser um objeto devidamente parametrizado, isto é, cada componente do modelo tem incorporado um conjunto de informações, como por exemplo, o preço de custo, modo de fabrico, prazo de vida útil, entre outras. Esta característica do modelo é muito benéfica para todos os seus utilizadores, desde a fase de anteprojecto até ao final da vida útil do edifício, ou seja, a sua demolição e reaproveitamento para novas construções. Isto permite que a perda de informação que geralmente ocorre na transição entre os vários projetistas, na elaboração do projeto, e o dono de obra, durante as várias fases do ciclo de vida do edifício seja minimizada. A utilização do modelo BIM permite uma melhor comunicação e interligação com as várias áreas de projeto, nomeadamente a arquitetura, estruturas e especialidades, o controlo de obra e a gestão e manutenção do edifício porque toda a informação está contida num modelo único.

É sobre umas das áreas dos projetos de especialidades que a dissertação terá maior incidência, explanando a sua utilidade e benefícios, demonstrando assim que o BIM será necessariamente o futuro do desenvolvimento de projeto em Portugal, sendo já uma realidade no estrangeiro. Atualmente os erros mais frequentes num projeto de especialidades devem-se à dificuldade da visualização do projeto em plantas e alçados, sendo muitos desses erros apenas detetados durante a fase de execução da obra. Com o BIM, esses problemas passam a ser resolvidos ainda na fase de projeto, pois os projetistas ao trabalharem no modelo tridimensional conseguem ver e identificar erros de conceção à medida que os vários projetos vão sendo elaborados. O modelo BIM é um modelo colaborativo, o que permite que vários projetistas, de diferentes áreas, estejam a trabalhar em simultâneo. Assim, erros que aconteciam no passado, deixam de existir porque a comunicação entre parceiros se torna muito mais fluída e depois, em obra, praticamente os erros de projeto são inexistentes, como por exemplo, uma conduta estar a atravessar uma viga.

Palavras chave

Building Information Modeling; Dimensões do BIM; Projeto em BIM

Abstract

Over time, humanity has evolved and adapted to new technologies, developing and using new tools to improve people's quality of life and the society in which they operate.

Nowadays, when it comes to project development there is a tool which can be very useful to designers. This tool is called Building Information Modeling, or BIM. BIM at first glance seems to be just the modeling of a three-dimensional project, but actually it's much more than that.

The BIM model consists of components, where each component may be a properly parameterized object, i.e., each component of the model has a set of information incorporated, such as price cost, manufacturing methods, building life cycle, among others. This feature is very beneficial to all its users ranging from the pre-project phase to the end of the building's life, that is, its demolition and reuse for new constructions. This allows the loss of information that generally occurs in transition between designers, in project design, and the developer, during the various phases of the building's life cycle to be minimal. The use of the BIM model allows for a better communication and interconnection with the various project areas, including architecture, structures and specialties, construction control and building management and maintenance because all information is contained in a single model.

It is about one of the areas of the specialties project that this dissertation will focus on, explaining its utility and benefits, thus demonstrating that BIM will necessarily be the future of project development in Portugal, being already a reality abroad. Currently the most frequent mistakes in a specialties project are due to the difficulty of visualizing the project in plants and elevations, many of these errors are only detected during the construction phase. With BIM these problems can be solved during the design phase, because when working with a three-dimensional model, designers can see and identify mistakes as the various projects are being developed. The BIM model is a collaborative model that allows several designers from different areas to be working at the same time. Thus, mistakes that happened in the past cease to exist because communication between partners becomes more fluid and then, in construction, virtually any design errors are nonexistent, like for example, a conduit crossing a beam.

Key words

Building Information Modeling; BIM dimensions; BIM projects

Lista de Siglas

3D	Três dimensões
4D	3D + tempo
5D	4D + custos
6D	5D + sustentabilidade
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	American Institute of Architects
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BCA	Building and Construction Authority
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CEN	Comité Europeu de Normalização
CT	Comissão Técnica
EUA	Estados Unidos da América
GSA	General Services Administration
IFC	Industry Foundation Classes
LOD	Level of Development
IPQ	Instituto Português da Qualidade
MEP	Mechanical, Electrical and Plumbing
TFM	Trabalho Final de Mestrado
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

Conteúdo

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Lista de Siglas	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e Motivação	2
1.3 Estrutura do Documento	2
2 Estado de aplicação do BIM	5
2.1 Nas várias geografias	5
2.2 Em Portugal	6
3 BIM e a Modelação 3D	9
3.1 Enquadramento	9
3.2 Benefícios do BIM	11
3.3 Modelo Tridimensional (Modelo 3D)	14
3.4 Níveis de Desenvolvimento (Levels of Development)	14
3.5 Objetos Paramétricos	15
3.6 Interoperabilidade	15
3.7 IFC	17
3.8 Identificação de Interferências	19
4 Outras Ferramentas BIM	21
4.1 Nuvem de Pontos	21
4.2 BIM 4D	22
4.3 BIM 5D	24
4.4 BIM 6D	25
5 Caso de Estudo	27
5.1 Descrição Sumária	27

5.2	Apresentação do software utilizado (Autodesk Revit)	28
5.3	Aplicação e desenvolvimento do caso- Sistema de climatização	29
5.3.1	Sistema de condutas	31
5.3.2	Sistema de tubagens	51
5.4	Tabelas extraídas do <i>software</i>	54
5.4.1	Equipamentos do Sistema de AVAC	64
5.4.2	3D do sistema completo de AVAC	65
6	Conclusão	67
6.1	Considerações finais	67
6.2	Considerações futuras	68
	Bibliografia	72

Lista de Figuras

3.1	Ciclo de vida dum edifício no processo BIM. Adaptado (Lino et al., 2012)	10
3.2	Esquema do potencial do modelo central. (Hormigo, 2015)	11
3.3	Esquema de comunicação entre intervenientes de projeto com ferramentas CAD. (Hormigo, 2015)	12
3.4	Esquema de comunicação entre intervenientes de projeto com ferramentas BIM. (Hormigo, 2015)	12
3.5	Modelo de interoperabilidade, apoiado por produtos disponibilizados pela BuildingSMART (BuildingSMART, 2016)	18
3.6	Deteção de colisões entre os projetos de MEP e de estruturas (ndBIM Virtual Building, 2016).	20
3.7	Combinação dos modelos de arquitetura, estrutura e MEP (ndBIM Virtual Building, 2016).	20
4.1	Simulação criada pelo Naviswork (Autodesk, 2016)	23
4.2	Processo Esquemático da tecnologia 5D (RIB U.S.COST Inc., 2017)	24
4.3	Integração entre o modelo 3D, a programação 4D e a estimativa 5D (Vicco, 2015)	25
5.1	Legenda das cores das condutas.	30
5.2	Legendas dos isolamentos das condutas.	30
5.3	Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição <i>realista</i> , à escala 1:300.	31
5.4	Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição <i>linha oculta</i> , à escala 1:300.	32
5.5	Planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:250.	33
5.6	Secções da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:250.	34
5.7	Seção 1.1 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, escala 1:100.	35
5.8	Seção 1.2 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:100.	36
5.9	Seção 1.3 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:100.	37
5.10	Seção 1.4 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.	38

5.11	Seção 1.5 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.	39
5.12	Seção 1.6 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.	40
5.13	Seção 1.7 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.	41
5.14	Planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:250.	42
5.15	Secções da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:250.	43
5.16	Seção 2.1 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	44
5.17	Seção 2.2 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	45
5.18	Seção 2.3 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	46
5.19	Seção 2.4 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	47
5.20	Seção 2.5 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	48
5.21	Seção 2.6 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	49
5.22	Seção 2.7 da planta geral do traçado das condutas na <i>mezzanine</i> à escala 1:100.	50
5.23	Planta do traçado das tubagens de água no piso térreo à escala 1:250.	51
5.24	Planta do traçado das tubagens de água na <i>mezzanine</i> à escala 1:250.	52
5.25	Imagem representativa em 3D do sistema de tubagem de água (sem escala).	53
5.26	Imagem representativa de uma UTA utilizado no projeto à escala 1:25.	64
5.27	Imagem representativa de um depósito utilizado no projeto à escala 1:25.	64
5.28	Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição <i>realista</i> , sem escala.	65

Lista de Tabelas

3.1	Classificação do nível de desenvolvimento (LOD) (Fernandes, 2013)	16
5.1	Quantitativos dos equipamentos dos terminais de ar - Ar de exaustão	54
5.2	Quantitativos dos equipamentos dos terminais de ar - Ar de retorno	54
5.3	Quantitativos dos equipamento dos terminais de ar - Suprimento de ar	55
5.4	Quantitativo das condutas - ar de exaustão	56
5.5	Quantitativo das condutas - ar de retorno	57
5.6	Quantitativo das condutas - Suprimentos de ar	58
5.7	Quantitativo do sistema de tubagens - Ar de exaustão	60
5.8	Quantitativo do sistema de tubagens - Ar de retorno	61
5.9	Quantitativo do sistema de tubagens - Suprimento de ar	61

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Em Portugal, começou a aparecer recentemente o conceito de BIM (Building Information Modeling) e muitas pessoas perguntam “o que é?”, “qual a vantagem em o utilizar?” entre muitas outras questões.

Na década de 90 utilizava-se para projetar e desenhar edifícios, o estirador, lápis, réguas de escalas, entre outros acessórios úteis ao desenho manual. Quando aos arquitetos e desenhadores foram apresentados os softwares CAD com todas as vantagens que representavam, a resistência à mudança foi expressiva, pois, até ao desenvolvimento do CAD, a representação usual das peças desenhadas dos projetos era completamente manual. Mas a mudança ocorreu, tendo em menos de uma década sido implementado o CAD, por razões que se prendiam com o menor tempo de execução e consequentemente da redução de custos. Foi praticamente imperativa a mudança devido às exigências do mercado. Hoje em dia o paradigma é semelhante, e passados todos estes anos o sistema CAD, estando completamente implementado, ficou obsoleto face ao BIM.

Em Portugal, os processos BIM estão a dar os primeiros passos, enquanto noutros países são prática corrente, existindo normas para a utilização dos processos BIM em projeto, nomeadamente nos EUA, Reino Unido e países nórdicos. Portanto, tal como aconteceu no passado com a mudança do desenho manual para os softwares CAD, mais cedo ou mais tarde a maneira de se projetar em Portugal vai sofrer uma profunda alteração, à medida que o BIM for sendo implementado.

Atualmente, há alguns gabinetes de projeto a entregar projetos em BIM para as construtoras, geralmente quando os donos-de-obra são empresas multinacionais ou fundos de investimento estrangeiros. Ou seja, o conceito BIM não irá apenas alterar o modo de ação dos projetistas, mas também irá modificar o modo de planear e preparar a obra; consequentemente em obra os engenheiros, gestores e demais intervenientes na cadeia de produção, também irão usufruir dos benefícios associados ao BIM.

1.2 Objetivos e Motivação

Como já foi referido, o BIM representará, a curto ou médio prazo, a forma de desenvolver projetos de arquitetura e especialidades, em Portugal. Em muitos outros países os processos BIM já estão arraigados e constituem a base de qualquer projeto.

Com base no cenário descrito e numa visão de projeção futura, propõe-se o desenvolvimento de um trabalho final de mestrado sobre a ferramenta BIM. Para além do estudo geral sobre o BIM e sobre a sua aplicação à arquitetura, projetos de especialidades e coordenação de projeto, ir-se-á apresentar a vantagem e a grande utilidade da aplicação dos processos de BIM a um sistema de climatização.

Para tal, ao longo do documento explicar-se-á o que é o BIM, qual a sua utilidade, quais as suas vantagens e qual a sua aplicabilidade quer na conceção do projeto, quer durante o ciclo de vida útil do edifício, até à sua demolição.

Por fim apresentar-se-á um exemplo prático de um sistema de climatização de grandes dimensões completamente modelado em software BIM, podendo comprovar-se os benefícios da utilização do sistema BIM numa grande infraestrutura.

1.3 Estrutura do Documento

Capítulo 1:

O Capítulo 1 é um capítulo de introdução, onde é feito um enquadramento do documento. São apresentados, também, os objetivos e motivações que levaram à escolha do tema do presente trabalho. Por fim, é apresentado o plano de trabalhos a executar até à data da entrega do TFM.

Capítulo 2:

O capítulo 2 apresenta o estado atual do BIM em diversas geografias. Descreve-se o que os países pioneiros em BIM já desenvolveram e que medidas aplicaram de forma a adotar o BIM como metodologia de trabalho e de apresentação de projetos.

Também é referido neste capítulo em que fase de progresso se encontra em Portugal, o que já foi realizado e o que está a ser desenvolvido para a divulgação e uma boa utilização da ferramenta BIM.

Capítulo 3:

No capítulo 3 é efetuada uma análise do estado de arte do BIM aplicado ao projeto, com o desenvolvimento do enquadramento desta ferramenta no projeto e quais os benefícios reais da sua aplicação. Nesta fase, a conceção do projeto recorre ao modelo 3D o que torna fundamental perceber se o modelo 3D do BIM é meramente um modelo tridimensional ou algo mais expressivo. Portanto é explanado neste capítulo o que é um modelo 3D, a sua constituição por objetos paramétricos e quais são os seus níveis de detalhe ou desenvolvimento. E para que este sistema de trabalho seja mais fluente e sem perdas de informação é abordada a interoperabilidade entre softwares de forma a que projetistas de empresas diferentes, que utilizem softwares distintos, possam trabalhar de forma mais eficiente.

Por fim, é feita uma abordagem da ferramenta de identificação de interferências que é de extrema importância, nomeadamente entre o projeto de estruturas e o de outras especialidades.

Capítulo 4:

Neste capítulo são abordadas outras características do BIM, para além das apresentadas em capítulos anteriores. As ferramentas BIM poderão ser auxiliares preciosos ao nível de levantamento de edificações que necessitam de reabilitação e em relação às quais haja muito pouca informação sobre os projetos de arquitetura das mesmas, como por exemplo edifícios antigos ou históricos de grande valor patrimonial.

Também neste capítulo é abordada a utilidade da utilização de ferramentas do modelo BIM durante toda a execução do projeto em obra.

E por fim, pode-se constatar a vantagem de um edifício concebido num modelo BIM na gestão do mesmo, ou seja, na área do *Facility Management*.

Capítulo 5:

Este capítulo é constituído pelo estudo de um caso, onde é realizada uma descrição sumária de um projeto referente a um sistema de climatização executado em BIM. É feita uma breve apresentação do software Autodesk Revit, base onde o sistema referido foi concebido.

Por fim é demonstrado qual o resultado final de um projeto BIM, neste caso um sistema de climatização, recorrendo a imagens do modelo e tabelas que é possível extrair diretamente da informação que é inserida no modelo *a priori*.

Capítulo 6:

O capítulo 6 apresenta as conclusões de todo o trabalho realizado. Analisam-se neste capítulo as eventuais vantagens na utilização de metodologias BIM na execução de um projeto de especialidades num empreendimento, neste caso, um projeto do sistema de climatização.

Capítulo 2

Estado de aplicação do BIM

2.1 Nas várias geografias

Em várias geografias, um grande número de autoridades públicas tem incentivado a utilização do uso dos processos em BIM, exigindo que os projetos sejam executados em BIM. Para tal a criação e a adoção de normas é fundamental. Apresentam-se alguns exemplos:

Estados Unidos da América

Nos Estados Unidos da América, a Administração Geral de Serviços (GSA) — agência governamental que constrói e gere as instalações federais é a maior proprietária dos edifícios públicos nos Estados Unidos. A GSA começou a exigir a entrega da Modelação de Informação da Construção para os principais projetos de edificação federal em 2006. A partir de 2008, o Corpo de Engenheiros do Exército Americano exige o uso do BIM para todos os projetos de construção militar (Autodesk, 2013).

Singapura

Singapura implementou o Sistema de aprovação de projetos mais rápido do mundo. O sistema foi implementado em 2008 pela *Building Construction Authority* (BCA). Os projetistas apenas precisam submeter os Projetos para aprovação, através de um portal eletrónico, num modelo que contenha as informações necessárias para a sua aprovação. Em 2011 foram incluídos também os projetos de Instalações Hidráulicas, Elétricas e Ar Condicionado (Manziona, 2013a).

União Europeia

O Parlamento Europeu aprovou no início de 2014 uma Diretiva para Aquisições do Setor Público que estimula as autoridades públicas a considerarem o uso do BIM em obras públicas, chamando a atenção sobre oportunidades e benefícios que o BIM apresenta para os projetos de construção de obra pública (Autodesk, 2013). É importante referir que alguns países europeus avançaram autonomamente com estratégias BIM, como descrito adiante.

Reino Unido

Em 2011, o governo do Reino Unido anunciou uma estratégia de BIM que exige o BIM 3D colaborativo em projetos do governo a partir de 2016. Uma vez que o governo tem despendido aproximadamente 40% do seu orçamento em construções no Reino Unido, considera-se ser uma exigência agressiva (Autodesk, 2013). O objetivo é incentivar a indústria a participar neste esforço, e pretende também posicionar o Reino Unido como um líder mundial em BIM (Manziona, 2013a).

Dinamarca

A empresa estatal Palaces & Properties Agency, e o Defense Construction Service exigem o BIM em todos os seus projetos (Manziona, 2013a)

Finlândia

A estatal finlandesa Senate Properties, obriga o uso do BIM em seus projetos desde 2007 (Manziona, 2013a).

Holanda

O uso de BIM passou a ser obrigatório, em 2012, para o Facility Management de grandes projetos (Manziona, 2013a).

Hong Kong

A Hong Kong Housing Authority exige, desde 2014, que todos os novos Projetos utilizem o BIM (Manziona, 2013a).

Coreia do Sul

O Public Procurement Service obriga o uso do BIM desde 2016 para projetos superiores a 50 milhões de dólares (setor privado) e para todos os edifícios públicos (Manziona, 2013a).

2.2 Em Portugal

Em Portugal foi recentemente criada no IPQ a Comissão Técnica (CT) 197, coordenada pelo Instituto Superior Técnico com o Organismo de Normalização Setorial(ONS/IST), que irá desenvolver a normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção (CT197, 2017b).

A CT197 -BIM é a *mirror committee* do CEN/TC442, o que significa que em Portugal esta é a Comissão Técnica que representa este grupo do CEN. Os principais objetivos da Comissão Técnica Europeia de Normalização BIM, são (CT197, 2017b):

- Harmonizar as iniciativas BIM europeias no que toca à normalização;
- Potenciar uma construção mais sustentável, que pense o ciclo de vida dos empreendimentos de forma integrada e considerando análises de ciclo de vida;
- Contribuir para o aumento da competitividade do setor da construção europeu;

- Mapear processos e trocas de informação na fileira da construção e potenciar o trabalho colaborativo devidamente estruturado;
- Estabelecer orientações para o desenvolvimento de taxonomias integradas no âmbito da construção;
- Contribuir para a inovação tecnológica do setor e aumento de interoperabilidade entre as tecnologias disponíveis;
- Definir *guidelines* para a implementação do BIM a nível europeu;
- Estabelecer uma base comum para a investigação e desenvolvimento no âmbito do BIM.

A CT 197 é constituída por representantes dos vários quadrantes da indústria, desde pequenas a grandes empresas, passando por fornecedores, arquitetos, engenheiros, construtores, gestores de edifícios ou donos de obra. Participam, como membros, especialistas das seguintes entidades: AECOPS; AICCOPN; ANIPB; APFM; APIRAC; APOGEP; Arktec; bimK; Broadway Malya; CENOR; CMM; Concepsys; Construsoft; Consulgal; CSI Portugal; CTCV; DDN; EDP; EFACEC; El Corte Inglés; Evolution FAUP; FEUP; Hilti; Imperialum; IMPIC; Infraestruturas de Portugal; ISCTE; IST; Lecma; Leica Geosystems; LNEC; Universidade Lusófona; Mota-Engil; MSF; MyTeam; ndBIM; Newton; Ordem dos Arquitectos; Ordem dos Engenheiros; Parque Escolar; Plano Oblíquo; PTPC; QualiCAD; S+A; Sener; Somague; Sonae Sierra; Teixeira Duarte; Top-Informática; Univ. Minho (CT197, 2017a).

Sobre a CT 197, o seu responsável refere que: “A nível nacional, será particularmente importante para trabalhar em manuais de entrega BIM, objetos BIM catálogos e sistemas de classificação de informações de construção. Importância estratégica será dada ao plano de execução BIM e especificações de entrega de informação, que será particularmente focado na avaliação de energia, a avaliação do custo do ciclo de vida, automação de gerenciamento de instalações e edifícios e operação” (Costa, 2015).

No Relatório CT 197 - BIM (2016) indica que foram criadas quatro subcomissões de trabalho visando o desenvolvimento de normas:

- **Subcomissão 1 – Plano de Ação e Maturidade**

“Está a desenvolver um modelo de avaliação de maturidade BIM que permitirá apoiar a implementação do BIM nas organizações. Prepara também o “Observatório BIM”, que irá fazer auscultações periódicas à indústria no sentido de avaliar o grau de implementação BIM. Não se pretende encontrar dificuldades, mas oportunidades e desafios”;

- **Subcomissão 2 – Trocas e Requisitos de Informação**

“Está a trabalhar na estruturação da informação da construção e dos respetivos modelos de troca de dados. Neste âmbito já iniciou o trabalho em duas tabelas taxonómicas, de objetos BIM e espaços. Também se encontra já a aprofundar a interoperabilidade IFC e sua capacidade de transmitir a informação classificada”;

- **Subcomissão 3 – Metodologias BIM**

“Está neste momento em fase avançada de disponibilizar o primeiro draft do modelo de Plano de Execução BIM e prepara também uma adenda para contratação BIM. Entretanto, está a acompanhar o desenvolvimento da ISO19650 e a rever a Portaria701-H”;

- **Subcomissão 4 – Modelação e Objetos BIM**

“Está a desenvolver uma matriz de dupla entrada que permitirá definir os parâmetros a incluir nos objetos BIM para cada tipo de uso BIM, por nível de desenvolvimento do modelo. Esta matriz passou por uma fase inicial de desenvolvimento que contou com a participação de cerca de 150 pessoas, distribuídas por duas reuniões, no Porto e em Lisboa”.

Capítulo 3

BIM e a Modelação 3D

3.1 Enquadramento

Existem duas teorias possíveis para a origem da sigla BIM. No final dos anos 70 do século XX, o Professor Charles M. Eastman, do Instituto de Tecnologia da Geórgia, utilizou pela primeira vez o termo *Building Information Modeling*, termo esse que é extensivamente usado nos seus livros e documentos. Pode-se constatar que o termo utilizado pelo Professor Eastman é o mesmo que *Building Information Model*. Uma segunda teoria afirma que Charles Eastman criou o conceito e não o termo porque a primeira vez que foi usado o acrónimo BIM para *Building Information Modeling* terá sido pelo arquiteto e estratega da empresa Autodesk Phil Bernstein. Já a sigla BIM foi popularizada por Jerry Laiserin com o objetivo de padronizar o termo como um nome comum para a representação digital de um processo de construção de edifícios (Ferraz and Morais, 2012).

O *Building Information Modeling* (BIM) é um processo que armazena e facilita a troca de informação entre todos os intervenientes do projeto, criando digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção, oferecendo suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo uma melhor análise e controle do que os processos manuais. Quando concluídos, esses modelos gerados por computador contêm geometria e dados precisos necessários para o apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada (Eastman et al., 2011).

O conceito BIM visa resolver e antecipar os problemas que tipicamente ocorrem em fases mais avançadas, para fases mais embrionárias. Isto permite reduzir os custos nas fases a jusante. É muito importante a antecipação dos vários tipos de problemas, pois deste modo consegue-se agilizar o processo de decisão mesmo antes de um empreendimento começar a ser construído.

Resumidamente, um modelo BIM é acima de tudo uma base de dados que reúne todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde a ideia inicial até à sua demolição (Figura 3.1).

Consequentemente, a metodologia BIM traz consigo uma mudança de paradigma muito diferente relativamente à abordagem tradicional, uma vez que os seus processos são obrigatoriamente mais colaborativos, tornando o projeto mais transparente para todos os intervenientes no mesmo. Ou seja, a comunicação e a partilha de informação entre as várias

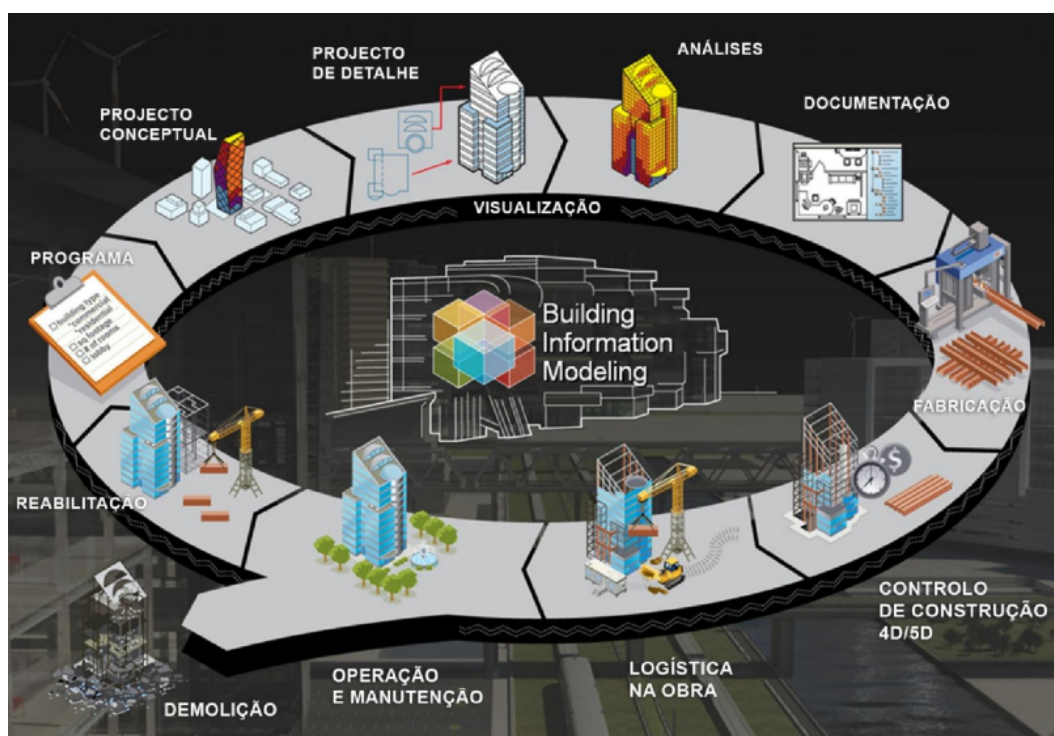


Figura 3.1 Ciclo de vida dum edifício no processo BIM. Adaptado (Lino et al., 2012)

especialidades do projeto é mais eficaz comparativamente com o método tradicional.

A finalidade do BIM é a manipulação de modelos, apresentando duas características fundamentais (Parreira, 2013):

- A primeira é a construção de um modelo tridimensional com elementos parametrizados que representam a realidade dos componentes, as suas relações e outros dados não geométricos.
- A segunda é a interligação entre as diversas vistas que resultam de uma única fonte, o próprio modelo, o que vai permitir uma atualização automática em todo o modelo quando houver uma alteração numa das vistas, seja em alçados, cortes, vistas 3D ou lista de quantidades.

O BIM envolve várias utilizações para além da ferramenta de desenho; conceptualmente pode ser abordado como ferramenta, plataforma e ambiente. Como ferramenta, o BIM tem como objetivo realizar tarefas específicas como o desenho do modelo, deteção de conflitos, visualização, calendarização, estimativa de custos, entre outras. Como plataforma é uma aplicação, normalmente de conceção, que gera informação para múltiplas utilizações onde os dados primários do modelo são armazenados e suportados por uma plataforma. O ambiente integra a ferramenta e a plataforma num conjunto de políticas e práticas de suporte à informação com vista à automatização de dados (Parreira, 2013).

3.2 Benefícios do BIM

A utilização de processos BIM tem muitos benefícios associados quando comparada com os métodos utilizados nos processos tradicionais, nomeadamente com a tecnologia CAD.

Os softwares BIM oferecem a possibilidade dos vários projetistas, das várias disciplinas, de trabalharem através de um modelo central, que será constantemente atualizado e compatibilizado (Figura 3.2). A utilização desta tecnologia durante a fase de projeto leva à redução de erros e omissões de documentos, redução do retrabalho e redução do tempo (Doubouya et al., 2016).

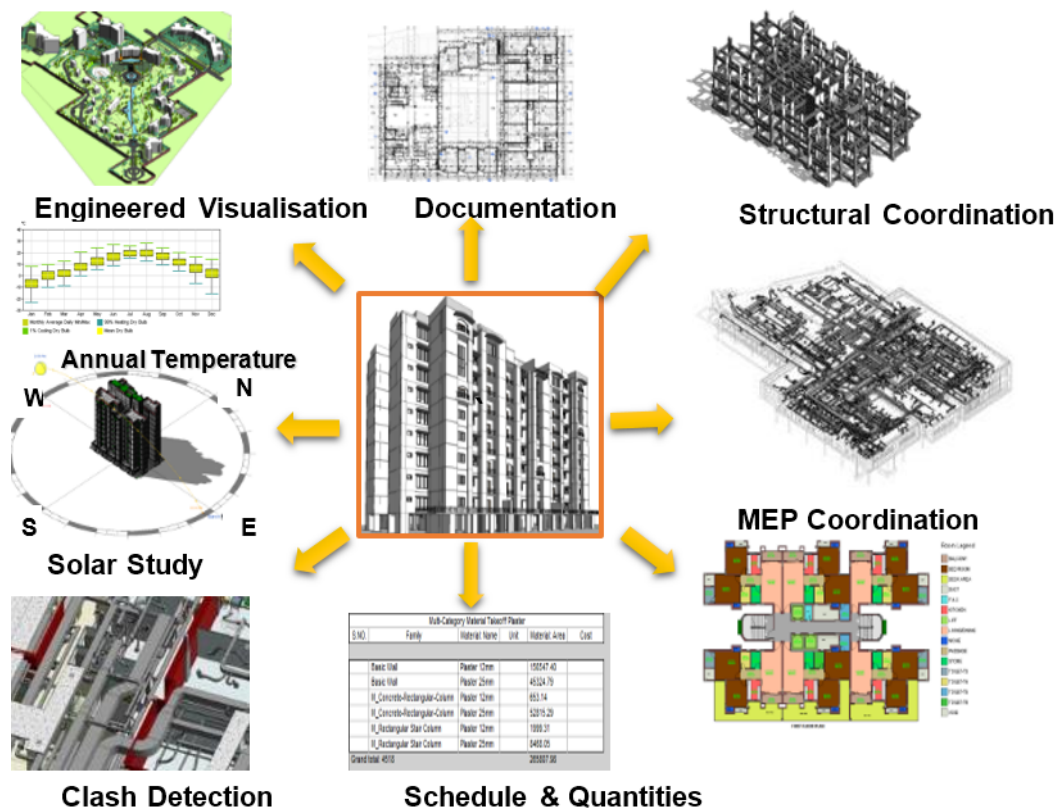


Figura 3.2 Esquema do potencial do modelo central. (Hormigo, 2015)

A compatibilização dos projetos, quando o trabalho é feito em colaboração, é simplesmente desnecessária. O mesmo não se aplica no sistema CAD: uma vez alterado um elemento importante do sistema estrutural da edificação, cada um dos desenhos relativos à mesma, devem ser revistos e alterados, um a um (Castelhano, 2013). O modelo tridimensional BIM pode ser acessível a qualquer altura e com certeza que se trata de um modelo confiável e fiel ao projeto (Ostrowski, 2016).

Comparando a Figura 3.3 com a Figura 3.4 é perceptível as diferenças da forma de comunicar entre cada interveniente ou especialidades do projeto. Na utilização de CAD a passagem de informação é executada através de ficheiros e documentação em 2D, o origina a perdas de informação. Em oposição o BIM trabalha com um modelo central que é comum a todos os intervenientes.

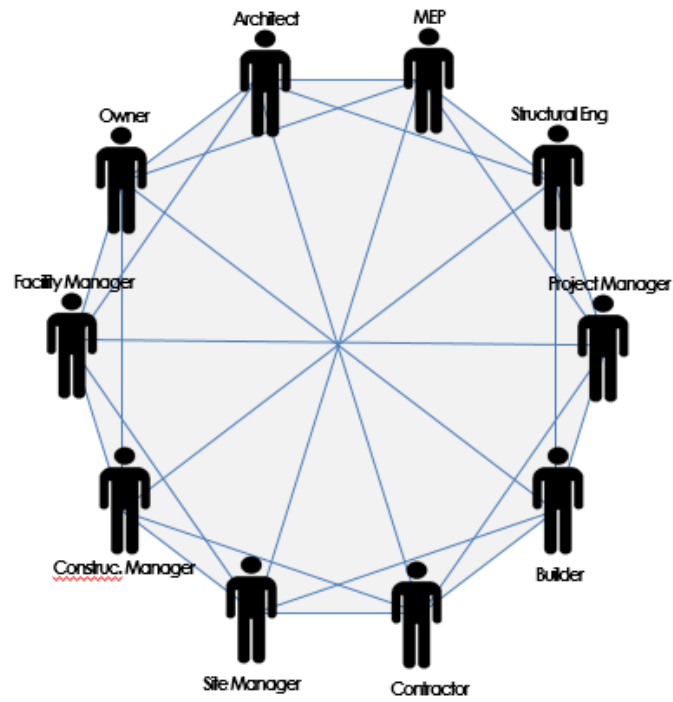


Figura 3.3 Esquema de comunicação entre intervenientes de projeto com ferramentas CAD. (Hormigo, 2015)

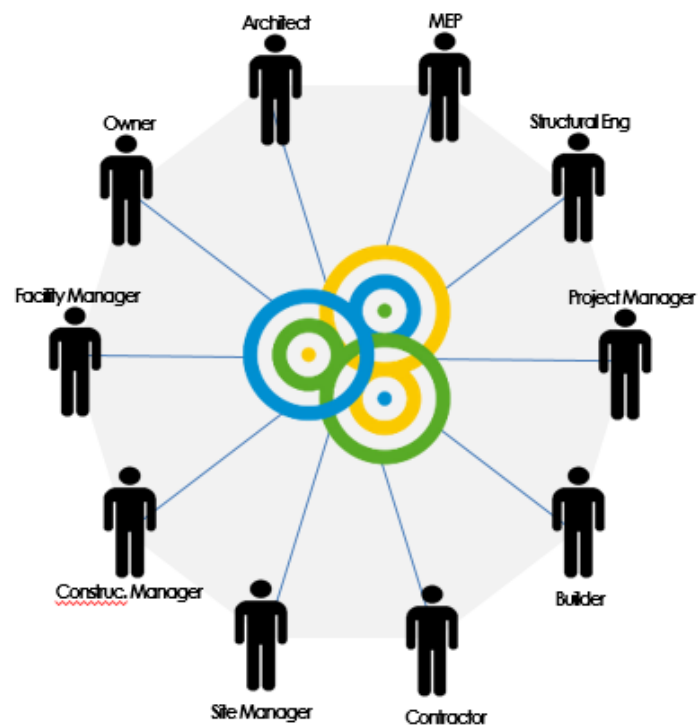


Figura 3.4 Esquema de comunicação entre intervenientes de projeto com ferramentas BIM. (Hormigo, 2015)

Em projetos de construção, o processo tradicional CAD é assente apenas em desenhos bidimensionais e tridimensionais, enquanto o BIM se estende para além da representação tridimensional, pois permite a relação com outras duas dimensões, o custo e o tempo. O BIM agiliza os processos de orçamentação, obtendo um maior controlo das necessidades de matéria-prima e mão-de-obra ao longo do processo construtivo, devido à possibilidade de retirar valores de quantidades e custos. Assim, é possível um planeamento de todo o processo construtivo da edificação através de um só modelo, facilitando a perceção do progresso da obra e o controlo de custos (Magalhães, 2014).

Outro benefício da metodologia BIM é a possibilidade de uma melhoria da eficiência energética e da sustentabilidade do projeto. O modelo tridimensional pode ser ligado a softwares de análises energéticas, em etapas iniciais do projeto, o que permite que sejam criadas alternativas e analisadas do ponto de vista energético antes que grandes investimentos tenham sido feitos no projeto inicial. (Ostrowski, 2016).

O uso da tecnologia BIM nas etapas finais do processo de documentação permite (Groetelaars, 2015):

- gerar produtos mais completos, precisos e sem ambiguidades, devido à centralização dos dados num modelo único;
- produzir desenhos com maior rapidez, devido à automatização de gerar plantas, cortes, fachadas e perspetivas a partir do modelo geométrico tridimensional;
- o levantamento de mapas de quantidades e a execução de orçamentos, facilitando a identificação de prioridades e definição de estratégias para alocação de recursos financeiros;
- o estabelecimento de uma base de dados confiáveis para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de intervenção (reforma, restauração, requalificação, etc.), facilitado também pela visualização tridimensional da edificação e de suas diversas alternativas de projeto;
- verificar interferências de conflitos, entre elementos arquitetónicos, estruturais e mecânicos, evitando erros entre as representações da situação existente e de propostas de intervenção;
- analisar o comportamento e desempenho da edificação durante seu ciclo de vida, facilitando o desenvolvimento de ações visando o uso sustentável da mesma;
- realizar análises e simulações (de estrutura, eficiência energética, desempenho térmico e acústico, iluminação natural e artificial, etc.) e a disseminação das informações registadas, na medida em que o modelo pode ser exportado para outros programas (inclusive sistemas disponíveis na web) para ser manipulado, visualizado e gerido.

Em suma, as principais vantagens associadas à utilização do BIM na indústria AEC pela generalidade dos utilizadores são as seguintes (Meira, 2016):

- Melhor compilação de informação que se reflete na eficiência da pesquisa e consulta de documentos específicos nos processos de produção;

- Simplificação da introdução de alterações e consequente atualização imediata;
- Automatização dos fluxos de trabalhos e otimização de prazos;
- Economia de esforços ao nível administrativo;
- Melhor cooperação interdisciplinar;
- Possibilidade da realização simultânea de trabalhos de diferentes especialidades num modelo centralizado de acesso imediato à última atualização eliminando-se assim a problemática das precedências;
- Maior produtividade por força da partilha instantânea de informação e isenção de ruído;
- Celeridade na deteção e eliminação de erros e omissões.

3.3 Modelo Tridimensional (Modelo 3D)

Num projeto em BIM começa-se primeiramente pela modelação, ou representação 3D, do edifício que se quer construir. Existem atualmente diversos softwares no mercado especificamente para esse efeito, tais como: Revit da Autodesk (?), ArchiCAD da Graphisoft (Graphisoft, 2016), MicroStation da Bentley (Bentley, 2017), entre outros.

A criação e desenvolvimento do modelo BIM pode acontecer na fase da criação do projeto ou posteriormente quando uma construtora recebe o projeto para a execução e este está em representação CAD. Neste caso a modelação é executada, baseada no levantamento geométrico das peças desenhadas 2D (Parreira, 2013).

A modelação é um processo dinâmico que passa por diversos estados de desenvolvimento, aumentando o nível de detalhe dos seus componentes e parâmetros geométricos com o avançar do projeto.

3.4 Níveis de Desenvolvimento (Levels of Development)

O American Institute of Architects (AIA), em 2008, definiu cinco níveis de desenvolvimento (*Levels of Development* - LOD 100-500), para definir a quantidade de detalhes que um dado modelo BIM pode conter. O AIA também referiu que as definições realizadas são livres de serem interpretadas, ou seja, não impondo uma definição concreta ou científica que explicita os vários níveis do LOD, o que quer dizer que estas definições estão abertas dentro de certos parâmetros (Fernandes, 2013).

O LOD (*Levels of Development*) é a informação quantitativa e pormenorizada fornecida pelo autor do projeto. O LOD identifica qual a quantidade de informação que será obtida relativamente a um objeto do modelo, num dado momento. Esta quantidade de informação dos objetos de modelação cresce normalmente à medida que o projeto se aproxima da sua efetiva concretização (Barbosa, 2014).

No que se refere ao desenvolvimento do modelo BIM, o AIA define cinco níveis de detalhe:

- LOD 100 – Modelo Conceptual (“Conceptual”)
- LOD 200 – Modelo de geometria aproximada (“Approximate Geometry”)
- LOD 300 – Modelo de geometria mais precisa (“Precise Geometry”)
- LOD 400 – Modelo de fabrico (“Fabrication”)
- LOD 500 – Telas Finais (“As-built”)

Na Tabela 3.1 é apresentado um resumo dos níveis de desenvolvimento.

3.5 Objetos Paramétricos

A singularidade dos projetos em BIM são as relações que poderão estar incorporadas no modelo de construção. A criação e manipulação dessas relações consistem no ato de projetar. Essas relações são fornecidas pelos projetistas através de parâmetros.

Essencialmente existem dois tipos de parâmetros: os que armazenam informação sobre a forma dos elementos - como posição, dimensão ou transformações geométricas – e os que armazenam características funcionais dos elementos, como material, especificações, requisitos legais, procedimentos de montagem, preço, fabricante, entre outros. Os objetos paramétricos em BIM têm as seguintes características (Manziona, 2013b):

- Consistem em definições geométrica, associadas a regras e dados;
- A Geometria é integrada e não redundante;
- As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente a geometria associada quando inseridas no modelo do edifício ou quando modificações são feitas nos objetos associados;
- Os objetos podem ser definidos por diferentes níveis de agregação, o que permite definir uma parede, bem como componentes com ela relacionados;
- Os objetos têm a capacidade de ligar ou receber uma ampla variedade ou conjuntos de propriedades e atributos;
- O utilizador tem a possibilidade de desenvolver os seus próprios objetos paramétricos por meio da criação de bibliotecas de classe de objetos.

3.6 Interoperabilidade

Ao longo do ciclo de vida, uma edificação passa por diferentes fases, em que cada fase é sustentada por informações. Posteriormente serão partilhadas durante todo o ciclo de vida em diferentes formatos e por diversos especialistas. A interoperabilidade é a condição essencial para que o intercâmbio das informações ocorra de forma eficaz entre os diferentes softwares usados no projeto (Martins, 2011).

Segundo Hamil (2012) a interoperabilidade pode-se dividir em três níveis:

Tabela 3.1 Classificação do nível de desenvolvimento (LOD) (Fernandes, 2013)

<p>LOD100</p> <p>O elemento do modelo pode ser representado graficamente através um símbolo que seja intuitivo, através de uma representação genérica, mas que com isto não satisfaça os requisitos mencionados no LOD 200. Esta informação está relacionada apenas com as várias massas do edifício, isto é, pode oferecer uma estimativa de custo inicial, por exemplo.</p>	
<p>LOD 200</p> <p>Representação do elemento graficamente como uma reprodução esquemática genérica. Tem como finalidade estimar aproximações do tamanho, forma, quantidade, orientação e localização. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos que constituem o modelo.</p>	
<p>LOD 300</p> <p>Um determinado elemento do modelo já contém informação gráfica como elemento específico. É possível extrair desenhos de construção, podendo ser usados também, para simulações detalhadas dos elementos previstos</p>	
<p>LOD 400</p> <p>O elemento encontra-se no modelo com capacidades para fabricação, montagem e já dispõe de informações sobre a instalação. Este LOD é indicado para ser utilizado por empreiteiros durante o processo construtivo, o qual contém informações precisas sobre geometria, localização e quantidades.</p>	
<p>LOD 500</p> <p>Último dos níveis de representação reproduz o modelo final tal e qual foi construído (<i>as-built</i>). O modelo é configurado para ser armazenado numa base de dados central para integração em sistemas e operações de manutenção. Irá incluir parâmetros e atributos específicos nas especificações de entrega do BIM aos proprietários.</p>	

- **A interoperabilidade entre softwares do mesmo fornecedor.** Este tipo de interoperabilidade acontece quando os vários intervenientes usam o mesmo software ou outros softwares da mesma empresa. Além de ser a mais simples, permite grandes benefícios em termos de coordenação e planeamento do projeto, sendo capaz de efetuar a deteção de erros e conflitos, entre estrutura e especialidades, em tempo útil;
- **Interoperabilidade entre softwares de diferentes fornecedores.** Ao longo do projeto e com os diferentes intervenientes de projeto é natural que as várias equipas de trabalho usem softwares de empresas diferentes, o que torna este tipo de interoperabilidade muito importante porque permite uma redução significativa do número de erros e facilita a coordenação da informação num projeto;
- **Interoperabilidade através de normas abertas de dados (*open data standards*).** Neste nível de interoperabilidade, o *open data standards* define a informação a ser exibida ou transferida entre diferentes aplicações e softwares, permitindo melhorar os fluxos de trabalho.

No caso das metodologias BIM a interoperabilidade define-se como a capacidade de diferentes sistemas ou programas informáticos partilharem informação entre si e de a reutilizar para diferentes objetivos. Este conceito é a base do sucesso de implementação do BIM (da Silva, 2012).

A fim de promover o progresso da interoperabilidade entre os vários softwares e aplicações BIM, de diferentes empresas, foi criado o *Industry Foundation Classes* (IFC), um formato de ficheiro aberto e independente não detido pelos fabricantes. O ficheiro IFC foi desenvolvido pela *BuildingSMART*, organização internacional que visa melhorar o intercâmbio de informações entre aplicações informáticas utilizadas na indústria AEC, para facilitar a sua interoperabilidade (Tarrafa, 2012).

Na figura 3.5 é apresentado o modelo de interoperabilidade, apoiado por produtos disponibilizados pela *BuildingSMART*. Estes mecanismos certificam a implementação e o desenvolvimento de software compatível com o formato IFC. Esta certificação, realizada pela *BuildingSMART*, fornece garantias ao utilizador que o software que está a utilizar satisfaz as normas IFC e clarifica o âmbito da sua interoperabilidade (Soares, 2013).

3.7 IFC

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é um formato neutro, aberto e independente, de armazenamento de dados, desenvolvido pela *BuildingSMART*, que permite a partilha de informação entre os diferentes softwares utilizados entre os diferentes intervenientes ao longo do Projeto (Barbosa, 2014). O formato IFC foi registado inicialmente pela ISO como ISO/PAS 16739 (ISO, 2005) e posteriormente tornou-se um formato internacional ISO 16739:2013 (ISO, 2013).

Os principais objetivos do IFC passam por (Ferraz and Morais, 2012):

- A coordenação interdisciplinar de modelos de informação de edifícios;

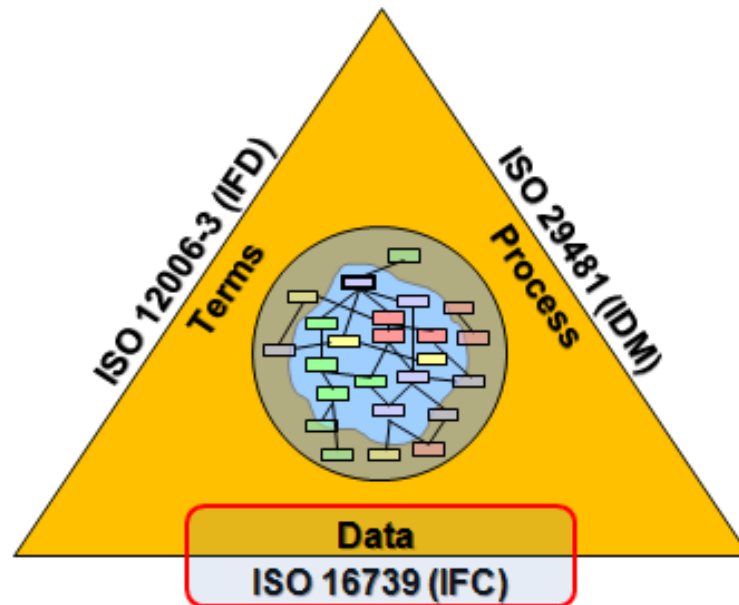


Figura 3.5 Modelo de interoperabilidade, apoiado por produtos disponibilizados pela BuildingSMART (BuildingSMART, 2016)

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

A existência de um formato universal de intercâmbio permite, não só, que a comunicação entre dono de obra e projetistas seja mais fluida e com menor perdas de informação, mas também permite que as indústrias de fabrico de componentes ligadas à construção civil possam facultar uma base de dados com os produtos em formato de IFC de modo a reduzir significativamente o esforço e o tempo necessários à modelação do edifício. Para além do projeto ficar mais detalhado e realista, também permite uma divulgação do próprio produto (Ferraz and Moraes, 2012).

O esquema criado pela *BuildingSMART*, o IFC, é composto por quatro camadas conceptuais, distribuídas numa estrutura hierárquica de forma a ser representada nos vários domínios da indústria AEC. Dentro de cada camada são definidos vários esquemas modelos, que por sua vez distribuem-se pelas seguintes formas (Fernandes, 2013):

- Primeira camada – classe de recursos, fornece categorias de entidades que representam propriedades básicas (exemplos: geometria, quantidades, datas, tempos e custos);
- Segunda camada – modelo nuclear do projeto, contém entidades que representam conceitos abstratos, os quais são definidores das entidades das camadas superiores e também possui extensões do núcleo *kernel*, ou seja, define a ponte entre o *hardware* e o *software*, definindo quais os recursos de *hardware* mobilizados para cada *software*;
- Terceira camada – elementos partilhados, abrange as categorias de entidades que definem especializações intermédias, sendo usadas e partilhadas entre várias aplicações

relacionadas com a construção e gestão de operação;

- Quarta camada – domínios, contém um conjunto de definições e conceitos específicos a domínios individuais (exemplos: Arquitetura, Engenharia Civil, MEP, entre outros).

O IFC tende a ser uma norma de aceitação universal para a partilha de dados de modelos BIM de edifícios, que inclui a geometria, a estrutura do objeto, atributos de material e de desempenho (Lino et al., 2012). No entanto, para os mesmos autores, a standardização pela *“sua tentativa de ser o mais abrangente possível (projeto, construção, dados dos produtos), tem limitações, tais como a representação de geometrias complexas, pelo que se torna crucial a contínua promoção do estudo e desenvolvimento de linhas de investigação que identifiquem a troca de informações entre os fluxos de trabalho do projeto de edifícios e especifiquem os seus conteúdos e o seu nível de detalhe”*.

3.8 Identificação de Interferências

No caso de um projeto estar em fase de construção, o aparecimento de erros ou incompatibilidades pode causar danos desastrosos no cumprimento do prazo de conclusão da obra, até porque a distância temporal entre a conclusão do projeto e o arranque da obra pode ser longo. Podendo mesmo as equipas autoras do projeto já estarem envolvidas noutros projeto, ou até, em alguns casos, estar a trabalhar noutras empresas. Além disso, o custo financeiro para a análise e correção do projeto pode ser extremamente elevado (ndBIM Virtual Building, 2016).

Construir um edifício é, sem dúvida, uma operação complexa. As equipas de projeto terão grandes vantagens de coordenarem de maneira mais eficiente os grandes fluxos de informação, provenientes dos diversos intervenientes e, conseqüentemente, antecipando os erros e as incompatibilidades da obra (ndBIM Virtual Building, 2016).

Como tal em ambiente de desenho em 2D, os conflitos são detetados pelo processo manual de sobreposição de desenhos de sistema individuais em uma mesa de luz. Num ambiente BIM, aplica-se o mesmo princípio, pelo qual o designer pode sincronizar e sobrepor vários desenhos CAD e, novamente visualmente, identificar conflitos potenciais ou reais (Hormigo, 2015).

Desde uma fase inicial, os modelos provenientes das diversas especialidades podem ser combinados numa única base de dados e verificados através de processos automatizados (Figura 3.6 e Figura 3.7). Os erros, omissões ou conflitos entre diversas especialidades são detetados virtualmente e, conseqüentemente, resolvidos antes mesmo de iniciar as fases de licenciamento e de construção, reduzindo assim os riscos de derrapagens orçamentais (ndBIM Virtual Building, 2016).

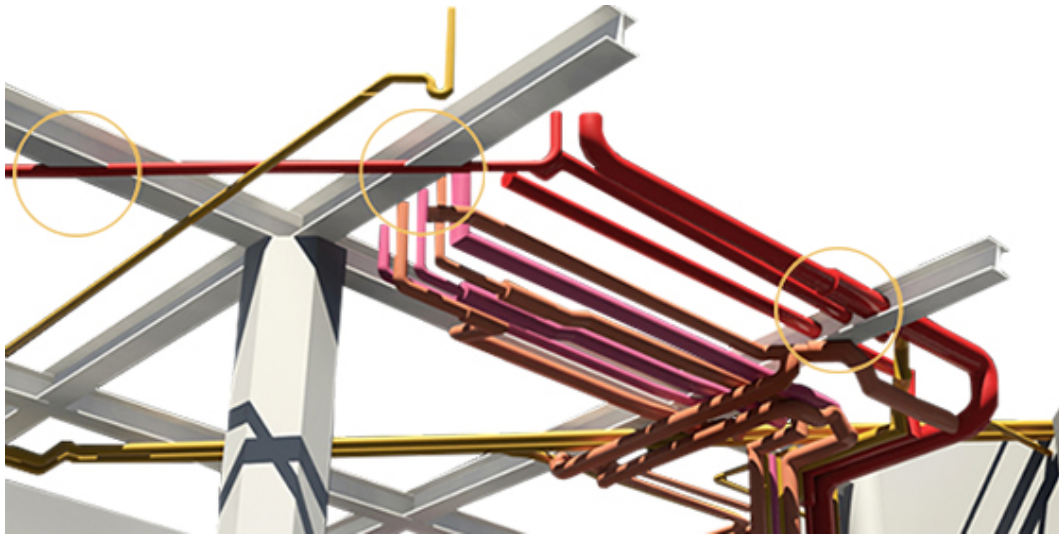
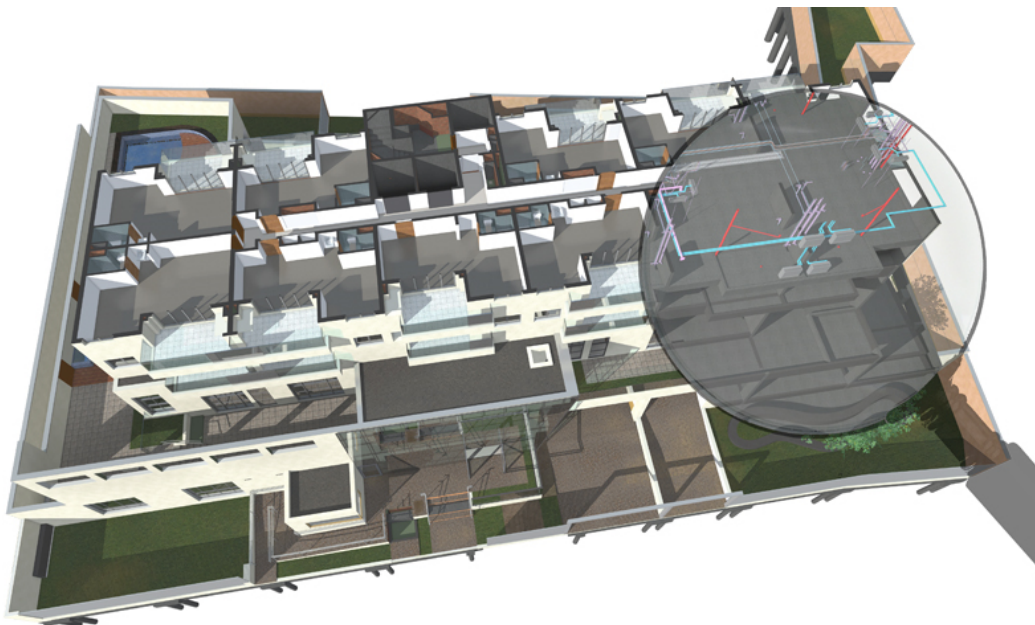


Figura 3.6 Detecção de colisões entre os projetos de MEP e de estruturas (ndBIM Virtual Building, 2016).



Combinação dos modelos de arquitetura, estrutura e MEP. Fonte: ndBIM Virtual Building

Figura 3.7 Combinação dos modelos de arquitetura, estrutura e MEP (ndBIM Virtual Building, 2016).

Capítulo 4

Outras Ferramentas BIM

4.1 Nuvem de Pontos

O modelo geométrico “nuvem de pontos” é o conjunto de pontos medidos pertencentes à superfície de um objeto. Os pontos possuem coordenadas cartesianas no espaço tridimensional (x, y, z) , resultantes de várias medições de diferentes perspectivas. A densidade da nuvem é diretamente proporcional à dispersão dos pontos ao longo do espaço, sendo que as regiões vazias entre os aglomerados de pontos indicam locais onde não foi possível fazer medições de pontos (Videira, 2016).

A produção dos pontos pode ser efetuada de duas formas (Estima, 2016)Ī:

- Aquisição direta (Varrimento por Laser);
- Aquisição indireta (*image matching*);

Denomina-se *image matching* à extração de pontos-chave de duas ou mais imagens e à procura dos seus pontos correspondentes (Estima, 2016).

O panorama atual, ao nível da documentação gráfica, é estimulado pela introdução do Scanner Laser. É um dispositivo com um elevado grau de automatização, possibilitando obter em tempo muito reduzido uma grande quantidade de informação (Coelho, 2016). Dependendo das características do equipamento e da distância, pode ser usado na recolha de informação em diversos tipos de geometria, de pequenas ou grandes dimensões (elementos decorativos, edificações, centros urbanos), simples ou complexos, tendo uma precisão inferior a um milímetro (Groetelaars and Amorim, 2011).

Este recurso tem enumeras finalidades, como medição, visualização tridimensional, “renderização”, animação, mas foi desenvolvido principalmente para criação de modelos geométricos básicos a serem retrabalhados com ferramentas CAD, e mais recentemente em ferramentas BIM. A maioria das aplicações requer a conversão do modelo básico de “nuvem de pontos” em modelos mais complexos como de superfície ou de sólido, que podem ser paramétricos ou não (Groetelaars and Amorim, 2011).

4.2 BIM 4D

O BIM 4D é a junção do parâmetro tempo ao modelo 3D, o que torna possível a visualização do processo de construção em qualquer ponto no tempo, dando uma configuração espacial ao projeto. Esta configuração espacial não é possível nos tipos de diagramas que atualmente se utilizam para planejar as atividades de obra de construção em Portugal.

Os modelos BIM 4D agregam melhorias significativas ao nível da visualização que contribuem para a clarificação da sequência de construção e para a diminuição na percepção de constrangimentos espaciais. A exploração de cenários “se” antes da execução dos trabalhos, ou seja, a experimentação de diversas soluções, é outra aplicação possível para a funcionalidade 4D (Monteiro and Martins, 2011).

Espera-se que a integração do BIM no planeamento permita uma visualização virtual e ajude a compreender facilmente a progressão da obra. Este mecanismo auxilia os engenheiros a serem mais assertivos em relação aos prazos de execução. Tal precisão decorre principalmente da maior confiabilidade das informações do modelo e da possibilidade que é oferecida às equipas de planeamento de explorar diversas formas de executar a obra, escolhendo entre as opções existentes a melhor estratégia de ação (Nakamura, 2014).

Usando softwares dedicados ao BIM 4D, como por exemplo o Naviswork da Autodesk, o resultado da modelação em 4D são filmes ou simulações virtuais do cronograma da construção. Torna-se assim uma ferramenta muito útil para os engenheiros no apoio à decisão, na análise de viabilidade do projeto e nas operações de construção, para desenvolver estimativas e gerir recursos, e para comunicar e colaborar com clientes e outros *stakeholders* (Nakamura, 2014).

Para que uma simulação seja o mais real possível é necessário dar ao modelo 3D o maior nível de detalhe possível (Figura 4.1). Por exemplo para a construção de laje aligeirada pré-fabricada é necessário indicar o faseamento construtivo, ou seja, devem estar representadas as vigotas, as abobadilhas e o revestimento.

Com a simulação é possível otimizar o plano de ataque da obra e consequentemente gerir todas as fases da mesma e analisar como está a decorrer. Os softwares também possibilitam fazer comparações da construção entre o planeado e o executado que poderão ser benéficas nas reuniões de avaliação de uma obra.

As vantagens do BIM 4D são (Barbosa, 2014):

- **Comunicação**- a comunicação pode ser visual o que facilita uma melhor comunicação entre os vários intervenientes do projeto;
- **Melhor visualização dos trabalhos a executar**- Permite que sejam detetados conflitos entre os vários especialistas durante o processo de planeamento de obra;
- **Plano de trabalhos mais preciso e detalhado**- permite simular e verificar a viabilidade do plano de trabalhos elaborado, confirmando se todas as atividades estão ligadas entre si;
- **Replaneamento**- as alterações são introduzidas com maior flexibilidade e o tempo gasto é mais reduzido;



Figura 4.1 Simulação criada pelo Naviswork (Autodesk, 2016)

- o Utilização do espaço- capacidade de visualização do espaço que é necessário utilizar durante as diferentes fases da construção. Os profissionais podem organizar as áreas de acesso ao local, a localização dos equipamentos de grande porte, reboques, etc.;
- o Alocação de Recursos- facilita a identificação dos recursos necessários às atividades da construção.

Contudo, os autores Monteiro e Martins Monteiro and Martins (2011) apontam quatro grandes deficiências no uso dos modelos 4D: “Primeiro, a visualização de um planeamento num modelo tridimensional é realizada de forma contínua, estilo filme, o que não permite visualizar todo o planeamento numa única janela. Segundo, a duração das atividades não é apresentada de forma quantitativa, sendo antes representada pela duração do tempo de simulação da atividade. Terceiro, a relação entre as entidades não é clara na medida em que se encontra limitada pela sequência de visualização, negligenciando a distinção clara das atividades a executar ao mesmo tempo e a concretização das relações entre atividades antecessoras e sucessoras. Por fim, é difícil comparar o ritmo de produção real com o ritmo de produção planeado, na medida em que é complicado representar tridimensionalmente a comparação entre duas escalas temporais”.

4.3 BIM 5D

O conceito BIM 5D resulta da associação do parâmetro custo ao modelo 4D, tornando possível prever e controlar os custos em todas as fases de construção (Figura 4.2).

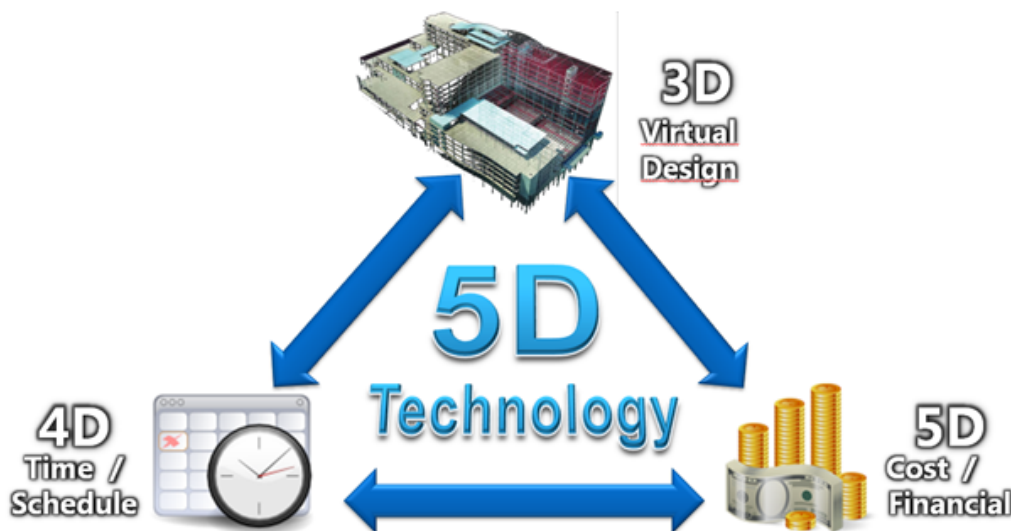


Figura 4.2 Processo Esquemático da tecnologia 5D (RIB U.S.COST Inc., 2017)

Este novo conceito é uma nova forma de trabalhar com o proprietário e os participantes do projeto, que oferecerá uma abundância de informações e de experiências para o projeto de uma forma visualmente comunicativa. O BIM 5D tem capacidades de Vicco (2015):

- Mostrar ao proprietário o que acontece com o cronograma e orçamento, quando é feita uma alteração no projeto;
- Organizar uma base de dados *in-house* com informações de custos e preços, taxas de rendimentos, entre outras;
- Permitir diversos cenários de evolução com estimativas para que o proprietário possa decidir onde canalizar o seu investimento.

No método tradicional de projeto, em CAD, as únicas quantidades disponíveis para as estimativas são aquelas associadas às áreas, volumes, perímetro, etc. Portanto a transição para processos BIM, utilizando software próprio, com parâmetros associados a materiais vai permitir a extração de quantidades e elaborar uma estimativa de custo associado.

Por exemplo, para a construção de um pilar é necessário extrair quantidades para a sua execução, nomeadamente, a armadura, a cofragem, o betão e o revestimento final. Além da quantificação das áreas medidas é necessário identificar os recursos que estão envolvidos, os equipamentos, a mão-de-obra e os materiais associados à sua construção (Figura 4.3).

Outra potencialidade ligada ao modelo 5D é a análise de custo que se pode extrair, podendo ser também utilizada para avaliar o desempenho financeiro do estado atual da obra. Com isto é possível determinar o estudo de diferentes alternativas de custo para qualquer fase do projeto (Barbosa, 2014).

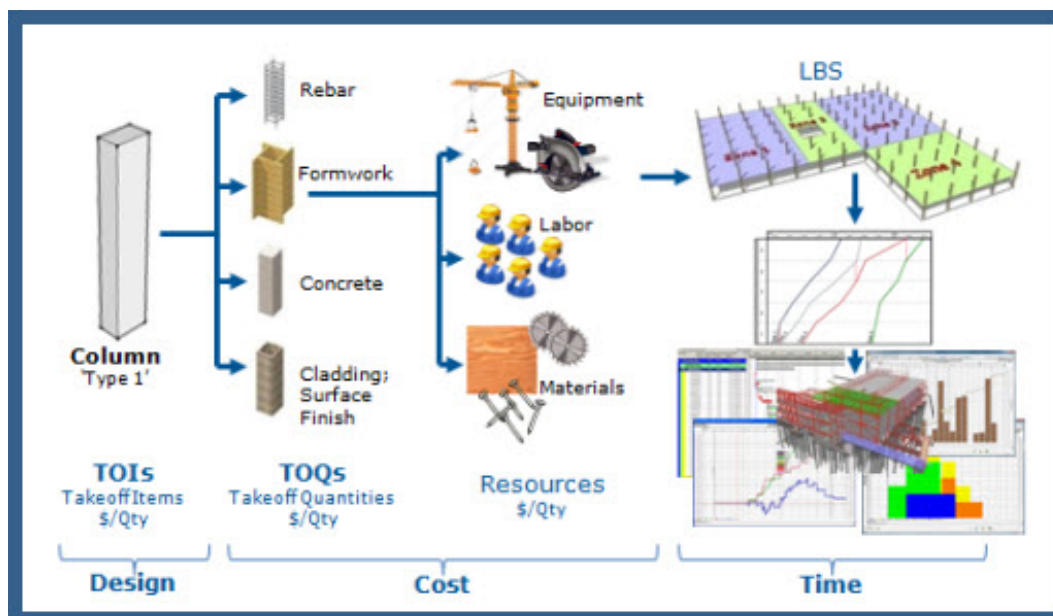


Figura 4.3 Integração entre o modelo 3D, a programação 4D e a estimativa 5D (Vicco, 2015)

A utilização do modelo 5D, em que todas as quantidades do projeto estão definidas no modelo 3D, permite que se trabalhe apenas com um único mapa de quantidades, extraído no início da obra, ao longo de todo o seu projeto de execução. Evitando assim divergências nas quantidades do orçamentista, do engenheiro de obra ou do empreiteiro. Esta característica torna-se uma vantagem principalmente na contratação de subempreitadas.

Em suma, os benefícios do 5D são (Barbosa, 2014):

- Rapidez no processo de extração das quantidades de material com elevado detalhe diretamente do modelo de construção e conseqüentemente a identificação real das quantidades nos autos de medição;
- Caso haja necessidade de alterações no projeto de construção, as estimativas de custos associadas e elaboradas a partir do BIM 5D são atualizadas automaticamente, permitindo uma rápida análise do impacto das mudanças;
- Existe um maior controlo dos custos, evitando assim as derrapagens de orçamento;
- Apresentação de relatórios ao dono de obra com maior rigor;
- Projeção de vários cenários para auxílio às tomadas de decisões.

4.4 BIM 6D

O 6D é por vezes designado como BIM - *Facilities Management*. Enquanto por outro lado é atribuído a outros aspetos do processo de construção (BIMTalk, 2013).

A sexta dimensão do BIM, ou BIM 6D, engloba informações que visam apoiar a gestão e operação das instalações para gerar melhores resultados comerciais. As informações

são dadas sobre o fabricante de um componente, a sua data de instalação, a manutenção requerida e detalhes sobre como o item deve ser configurado e otimizar o seu rendimento, desempenho energético, entre outros (McPartland, 2017).

Um modelo BIM permite facilmente uma extrapolação de dados que pelo processo tradicional provavelmente seriam ocultos em arquivos de papel. Com este tipo de abordagem permite aos gestores de edifícios planejar potenciais planos de manutenção com anos de antecedências e desenvolver um plano de custos ao longo do ciclo de vida de um edifício, prevendo quando as reparações são ineficientes ou os sistemas existentes são ineficientes. este tipo de abordagem planeada e pró-ativa oferece benefícios significativos em relação a processo reativo, inclusive em termos de custos (McPartland, 2017).

O modelo é criado na fase de projeto e atualizado ao longo da fase de construção, tornando-se um modelo *as built*, que posteriormente é entregue ao proprietário (BIMTalk, 2013). Deve ser continuamente alimentada durante a fase de uso, com atualizações sobre reparações e substituições de componentes (McPartland, 2017). O modelo poderá conter todos os manuais de especificações, operação e manutenção e informações de garantia, úteis para manutenção futura (BIMTalk, 2013). Existe ainda uma infinidade de informações que um modelo BIM pode conter sobre dados operacionais e diagnóstico que poderão ter relevância em tomadas de decisões futuras (McPartland, 2017).

Nesta dimensão do BIM, a NdBIM (2017) define as seguintes as principais áreas do BIM 6D como:

- **Gestão de Espaços:** a gestão de um empreendimento tem como base a gestão de espaços. Num modelo BIM pode-se guardar e gerir uma elevada quantidade de informação, tornando as tarefas operacionais mais eficazes.
- **Gestão de Imobilizado:** gestão do portefólio de propriedades numa forma integrada e visual. Permite registar dados dos arrendamentos bem como definir a localização de mobiliário e equipamento com atualizações em tempo real no seu modelo BIM.
- **Gestão de Inquilinos:** permite a introdução de todos os dados de contratos (valores, datas de início, termos, etc.) para preparação de relatórios e avisos de expiração automática de contratos. Os custos de manutenção e operação encontram-se integrados nos dados dos arrendamentos e métricas pré-definidas.
- **Gestão de Avarias:** os utilizadores podem reportar falhas e avarias, permitindo planejar as reparações e gerir as fichas e ordens de trabalho.
- **Manutenção Preventiva:** possibilita a preservação dos ativos imobiliários, garantindo a manutenção prevista na lei. A gestão dos contratos e custos associados permite a criação de um plano de manutenção atualizado, que pode ser posteriormente comparado com a realidade.
- **Relatórios:** ajuda os utilizadores no processo de tomada de decisão com dados precisos, atualizados e de simples compreensão. O BIM apoia a análise de duas formas: com métricas para intervenção imediata e com relatórios.

Capítulo 5

Caso de Estudo

5.1 Descrição Sumária

O presente estudo de caso foi possível ser realizado graças ao apoio da empresa My Team. Esta empresa que fornece soluções e serviços, está fortemente ligada à Autodesk, o que permite dotar os seus consultores de um profundo conhecimento em produtos Autodesk, fruto de 10 anos de dedicação à venda, implementação e integração de projetos baseados em tecnologia Autodesk.

A My Team tem como principais pontos fortes os serviços de consultadoria na área de BIM e CAD, CARTOGRAFIA.DMI (gestão de cartografia integrado com o AutoCad Map 3D da Autodesk e Gestão Documental Técnica, entre outras.

Por motivos éticos e de confidencialidade será ocultado o nome da empresa cliente, designado adiante de “cliente”, e o tipo de edifício à qual este projeto está associado.

O cliente procurou na My Team as diretrizes para integrar os seus projetos com as restantes disciplinas e assim capacitar as equipas para a modelação dos diferentes projetos, com elevada precisão tanto ao nível do uso do espaço como também à própria caracterização dos elementos que compõem cada um dos sistemas mecânicos e elétricos. A My Team auxiliou as equipas do cliente na compatibilização dos modelos BIM das diferentes disciplinas através da utilização de coordenadas partilhadas e assim podendo garantir, por um lado, a georreferenciação de todos os projetos, e por outro lado, a não interferência entre componentes estruturais e mecânicos. A implementação das metodologias BIM possibilitou ao cliente ficar na posse de *templates* próprios, capacitando-se assim para a abordagem de trabalhos futuros com os mesmos pressupostos BIM.

O cliente compreendeu desde cedo que a utilização de software robusto e metodologias de projeto de engenharia em processo BIM lhe traria inúmeras vantagens. A parametrização completa de equipamentos de AVAC ao nível do tipo de fluxos associados aos diferentes sistemas – Ar e Águas possibilitou a caracterização total dos mesmos para requisitos (*outputs*) de projeto.

A quantificação dos caudais associados a cada sistema de Ar (insuflação, retorno e extração), possibilitou a análises de desempenho das redes em questão. Este desenvolvimento permitiu calcular automaticamente diâmetros das condutas e tubagens tendo em conta os requisitos de velocidade dos fluídos de cada rede. Esta análise foi comparada com

os processos tradicionais de cálculo iterativo em Excel e verificou-se que a viabilidade de utilização de uma ferramenta BIM capaz de integrar o modelo e uma análise de desempenho do sistema, apresenta claramente uma vantagem competitiva que o cliente aproveitará no futuro.

Relativamente ao projeto de eletricidade, em particular no caso dos equipamentos, as características principais parametrizadas foram: o nível de tensão; a potência dos equipamentos e a frequência. Para os dispositivos de iluminação os principais parâmetros foram: a fonte de luz; a potência da lâmpada, o índice de restituição cromática. A integração deste tipo de famílias e outras, tais como: tomadas, alimentadores, e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas no projeto de eletricidade, possibilitou à equipa desta especialidade criar os respetivos circuitos de interligação entre equipamentos e dispositivos, mapas de equipamentos e dispositivos e *panel schedules* com a informação sobre cada um dos circuitos a instalar e a possibilidade de estudar o rebalanceamento de cargas.

A implementação de metodologias de trabalho BIM no desenvolvimento dos projetos MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing), capacitou toda a equipa do cliente para de uma forma autónoma extrair telas finais automaticamente, rever, alterar e controlar os seus projetos.

5.2 Apresentação do software utilizado (Autodesk Revit)

O Autodesk Revit é um software desenvolvido e comercializado pela empresa Autodesk e utiliza a metodologia BIM para realizar trabalhos de arquitetura, estruturas e MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing).

Ribeiro (2016), refere que “o software Autodesk Revit permite a visualização do modelo BIM em 3D e a parametrização de elementos no modelo no sentido de potenciar a melhoria da qualidade e eficiência das construções ao conciliar a visualização 3D do projeto de construção com as informações paramétricas”.

A Autodesk (2017) enumera o potencial das ferramentas do Revit que permitem a utilização do software nos processos inteligentes baseados em modelos que permitem planear, projetar, construir e gerir edifícios.

Em resumo:

- Projetar – Modelar componentes de construção, analisar e simular sistemas e estruturas e iterar projetos. Permite também gerar a documentação a partir dos modelos;
- Colaborar – permite que vários colaboradores do projeto trabalhem a partir de modelos partilhados, aumentando assim a coordenação, o que ajuda a reduzir as interferências e as correções do trabalho;
- Visualizar – a utilização de modelos para criar visualizações 3D aumenta a eficiência na comunicação entre intervenientes e proprietários do projeto;
- Uma plataforma de BIM multidisciplinar – o Revit inclui funcionalidades para todas as áreas envolvidas num projeto de construção. Permite aos arquitetos, engenheiros

e profissionais de construção trabalharemos numa plataforma unificada. Isto reduz o risco de erros de tradução de dados e o processo de conceção pode ser mais previsível;

- Interoperabilidade – ajuda no trabalho de uma ou mais equipas de várias pessoas. O Revit importa, exporta e liga os seus dados aos formatos mais utilizados, incluindo IFC, DWGTM e DGN

Segundo Velho (2016) uma das principais vantagens do software Autodesk Revit é a possibilidade de *worksharing* (partilha de trabalho). Refere que este conceito consiste na possibilidade de diferentes utilizadores e inclusive de diferentes especialidades poderem aceder simultaneamente ao modelo partilhado, num servidor central e atualizarem o seu trabalho individual, refletindo as mudanças num único modelo.

A versão atual disponibiliza em um único software as funcionalidades para projetos de arquitetura, engenharia de estruturas e produção de MEP (mecânica, elétrica e hidráulica) (Autodesk, 2017).

Em resumo:

- Arquitetura – o Revit permite conduzir o projeto conceitual até à documentação de construção dentro de um único ambiente de software;
- Engenharia de Estruturas - a utilização de ferramentas específicas para projetos de estruturas permite criar modelos de estrutura inteligentes em coordenação com outros componentes de construção. Permite também avaliar se estão realmente em conformidade com as normas de construção e de segurança;
- Engenharia MEP – oferece maior precisão e coordenação com componentes arquitetónicas e estruturais no projeto MEP, utilizando as informações consistentes e coordenadas inerentes aos modelos inteligentes.

A extensão dos ficheiros do Autodesk Revit é RVT (*.rvt). No que diz respeito aos componentes paramétricos, o formato do ficheiro é RFA (*.rfa) (Velho, 2016).

5.3 Aplicação e desenvolvimento do caso- Sistema de climatização

O presente caso prático foi desenvolvido com auxílio do software Autodesk Revit. Como referido anteriormente, devido a questões éticas e de confidencialidade foi ocultado o nome da empresa cliente e o tipo de edifício à qual este projeto está associado. Portanto todos os desenhos de arquitetura e projeto de estruturas que complementam este projeto tiveram que ser necessariamente ocultados.

De seguida serão evidenciadas as potencialidades da utilização das metodologias BIM num sistema de climatização.

O presente projeto é de uma edificação que será climatizada por um sistema de AVAC no piso térreo e numa *mezzanine*. O piso térreo é constituído por um espaço de área técnica e um espaço central aberto. A *mezzanine* apenas cobre toda a área técnica.

De forma a otimizar e a usufruir em pleno das capacidades do software, a metodologia adotada pela equipa de projeto foi identificar todos os caudais de equipamentos de saída de ar. À medida que o projetista definiu os traçados das condutas, sua forma e dimensão, o Autodesk Revit, de forma automática calculou a velocidade do ar nas condutas. Este método é muito prático se forem definidas regras *a priori*, por exemplo um código de cores consoante as velocidades do ar nas condutas, de forma a que o projetista iterativamente consiga ajustar o dimensionamento das condutas de acordo com a legislação em vigor.

Para melhor análise e leitura dos desenhos apresentados, a Figura 5.1 e Figura 5.2, apresentam, respetivamente, o código de cores e o tipo de isolamento das condutas.

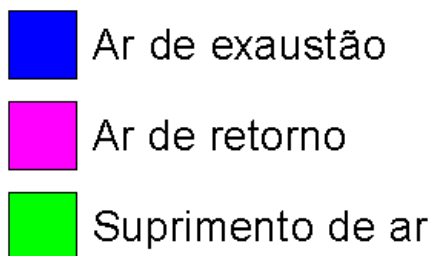


Figura 5.1 Legenda das cores das condutas.

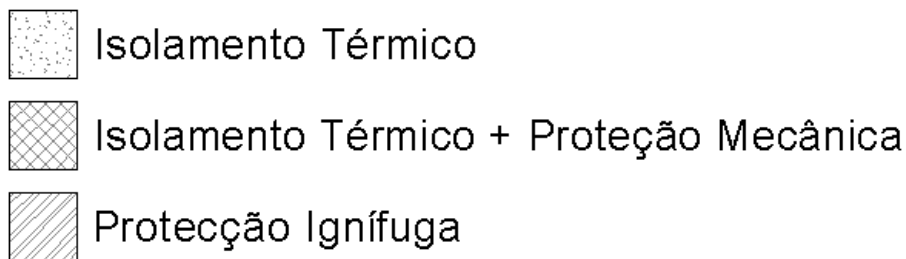


Figura 5.2 Legendas dos isolamentos das condutas.

5.3.1 Sistema de condutas

Nesta secção serão exibidas algumas plantas que é possível extrair do software Autodesk Revit. De referir que as definições das imagens extraídas estão num nível de detalhe "alto" e estilo visual "linha oculta", segundo os parâmetros do Autodesk Revit.

Sistema de condutas a 3D

As figuras 5.3 e 5.4 representam, tridimensionalmente o sistema de AVAC, com o código de cores mencionado na figura 5.1.

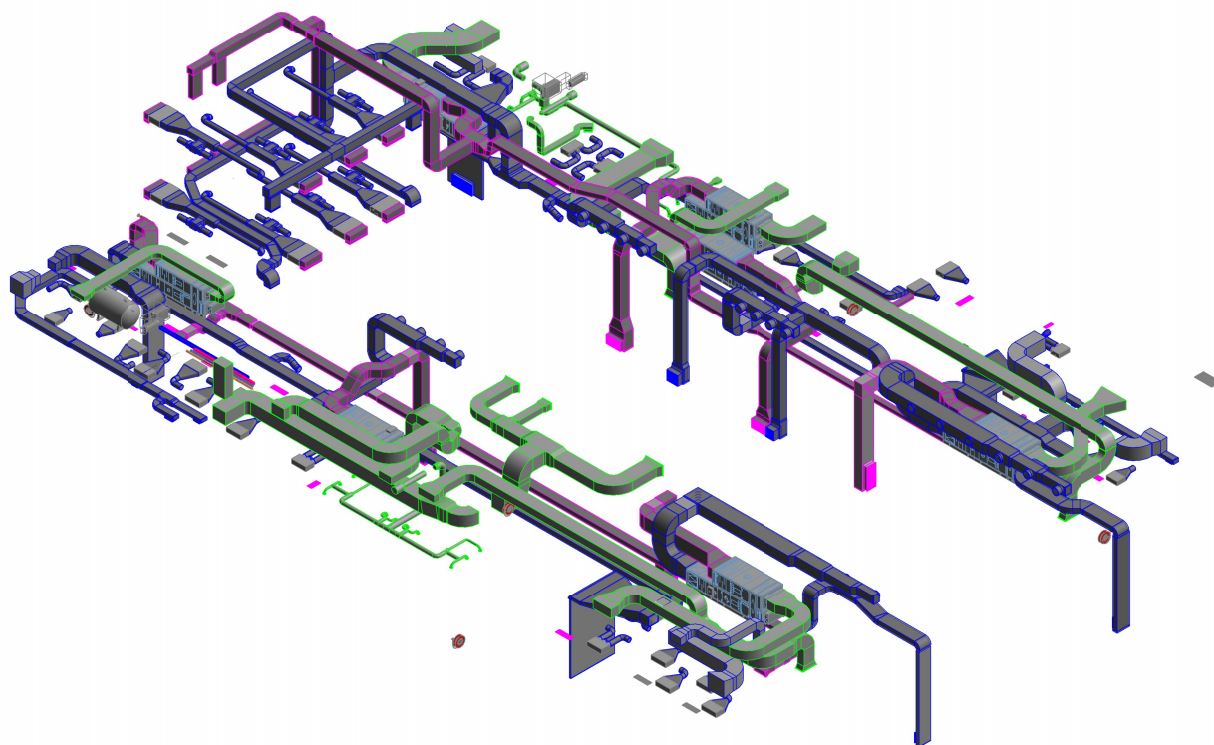


Figura 5.3 Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição *realista*, à escala 1:300.

Traçados de Piso térreo

A Figura 5.5 mostra o traçado geral das condutas de AVAC à escala 1:200. Para se entender melhor os detalhes do traçado, a planta foi dividida em várias secções (Figura 5.6).

Nas figuras 5.7 a 5.13 são representadas as secções à escala 1:100.

Traçados de *Mezzanine*

A Figura 5.14 mostra o traçado geral das condutas de AVAC à escala 1:200. Para se entender melhor os detalhes do traçado, a planta foi dividida em várias secções (Figura 5.15).

Nas figuras 5.16 a 5.22 são representadas as secções à escala 1:100.

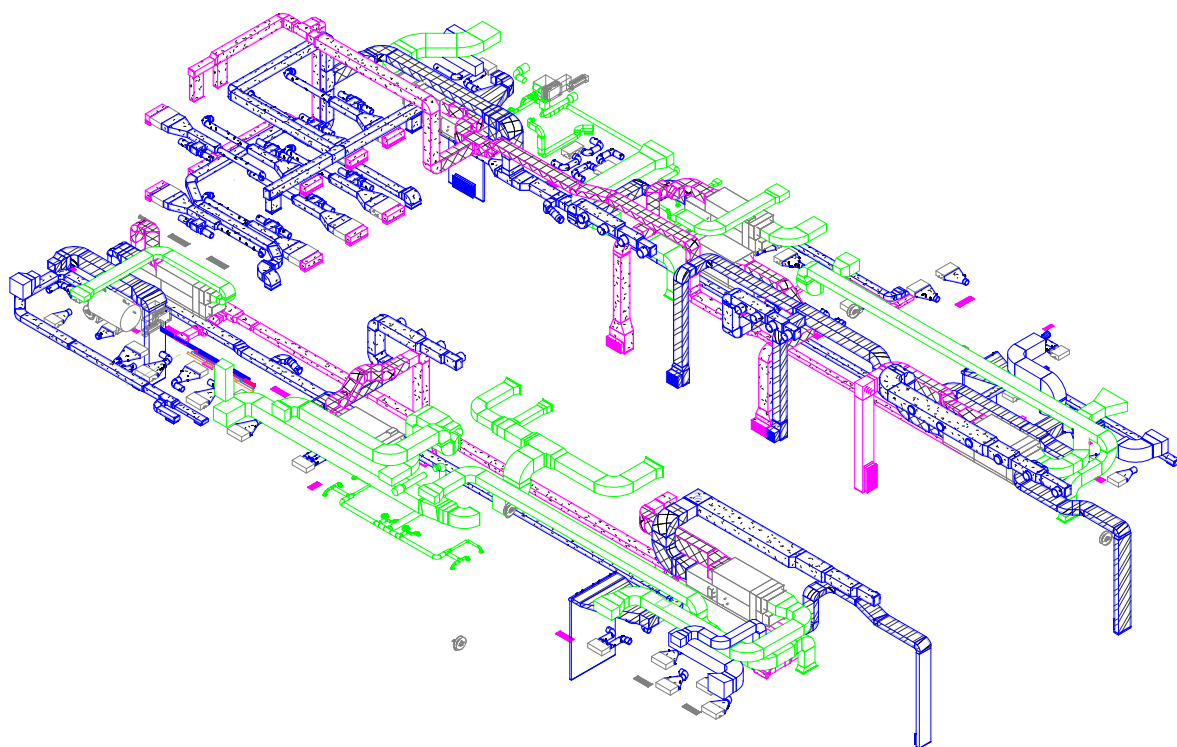


Figura 5.4 Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição *linha oculta*, à escala 1:300.

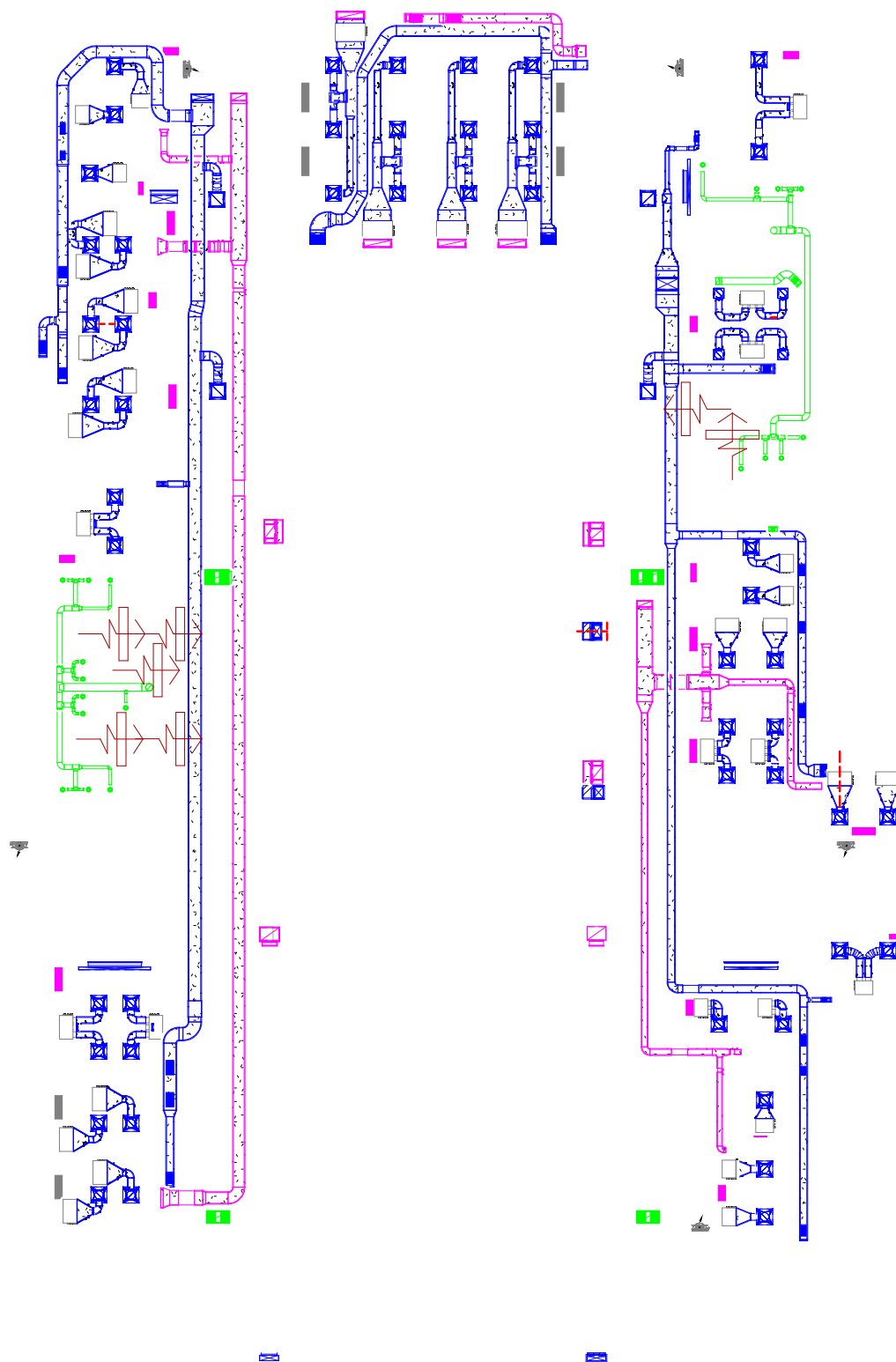


Figura 5.5 Planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:250.

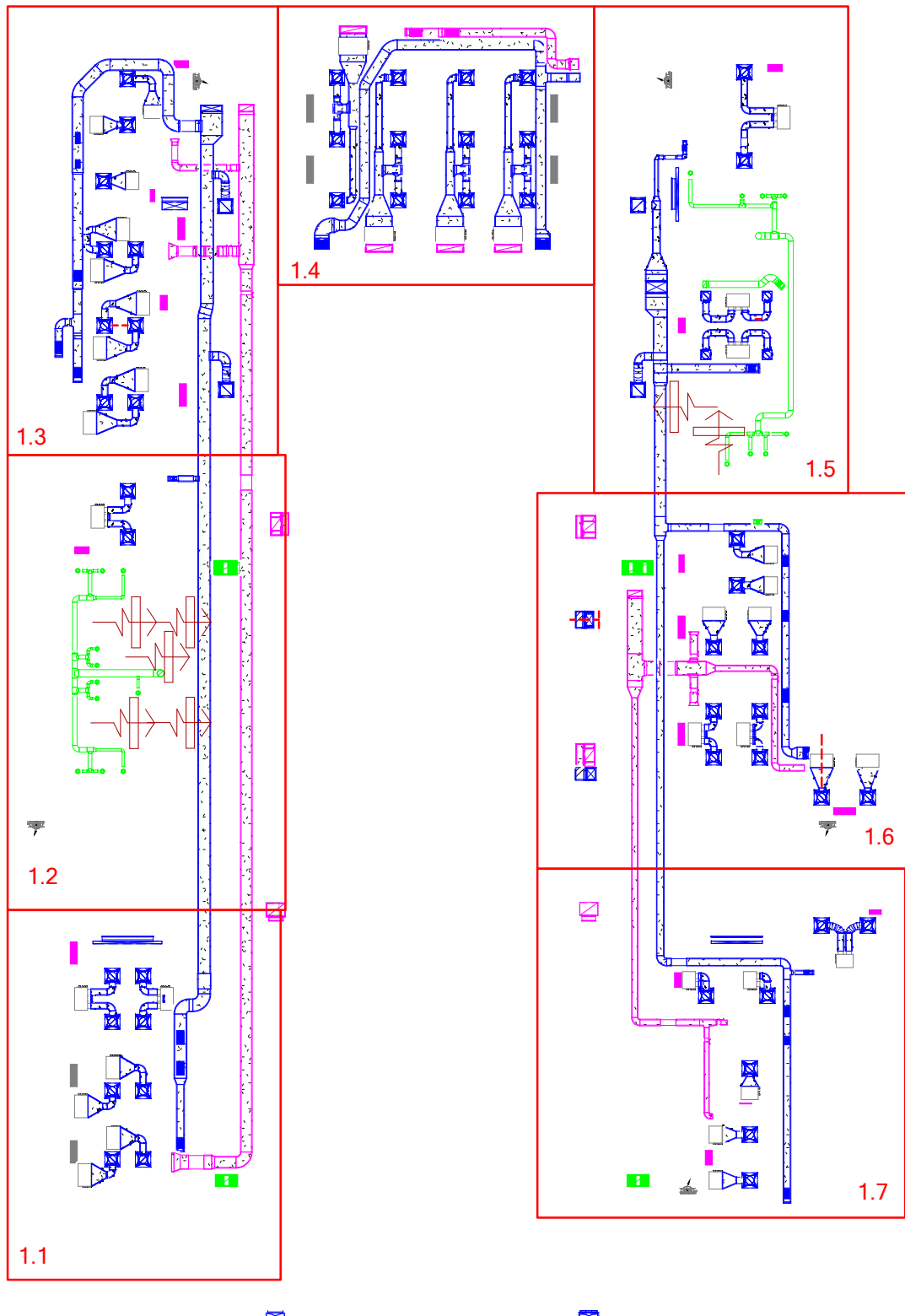


Figura 5.6 Seções da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:250.

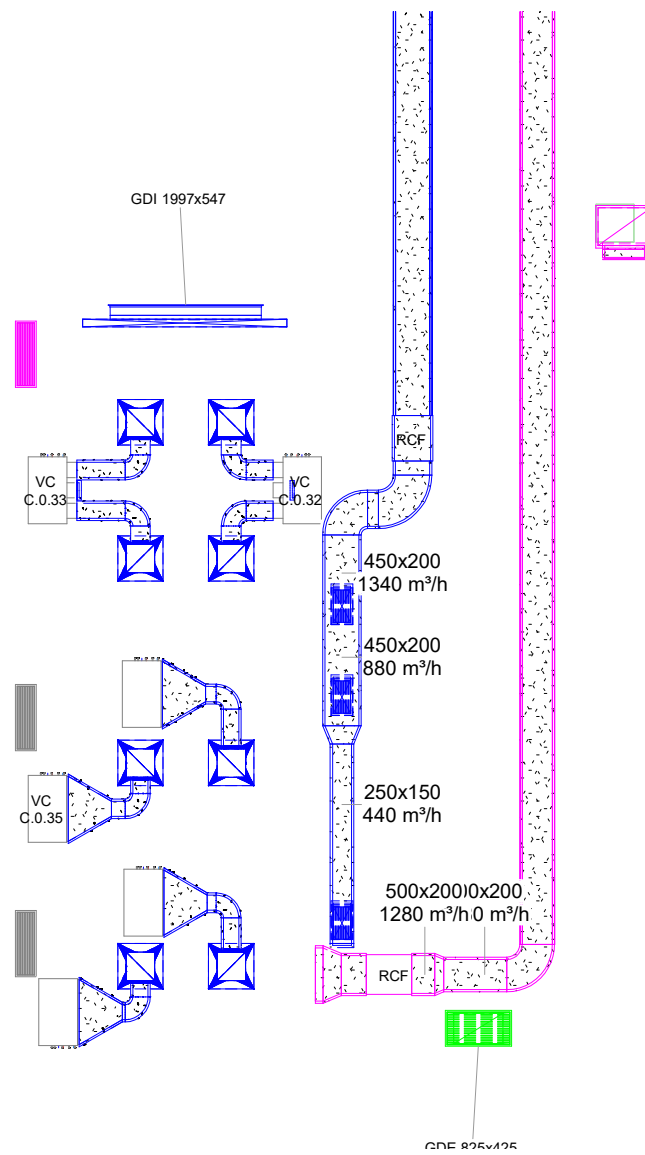


Figura 5.7 Seção 1.1 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, escala 1:100.

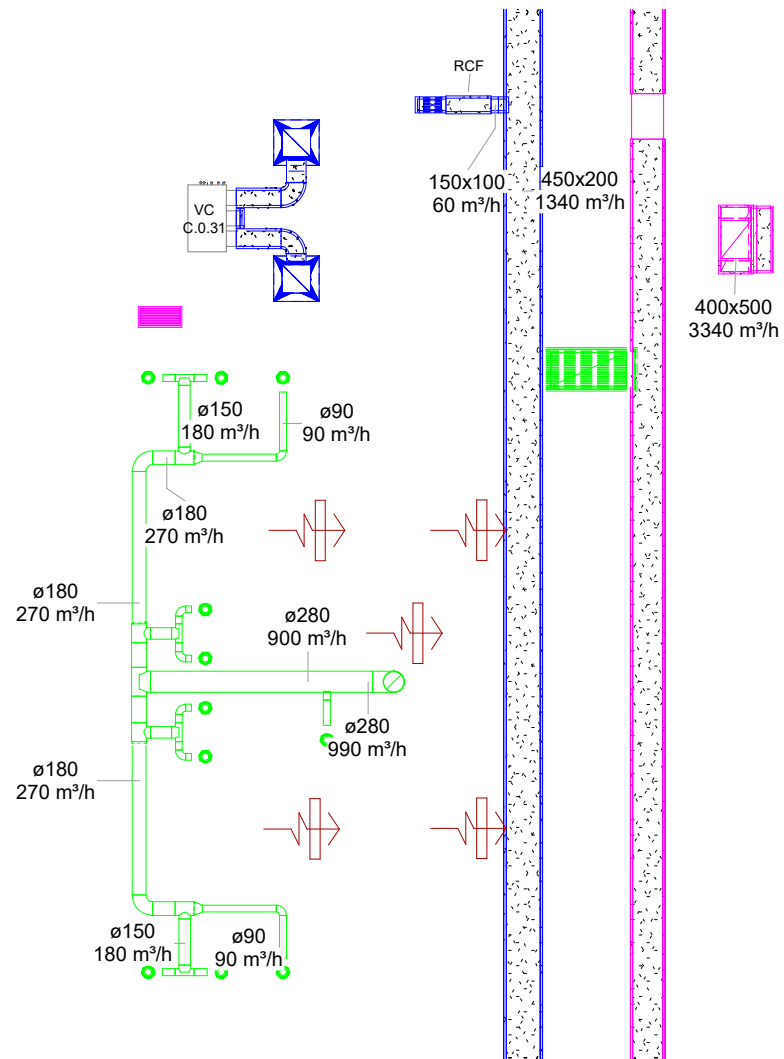


Figura 5.8 Seção 1.2 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:100.

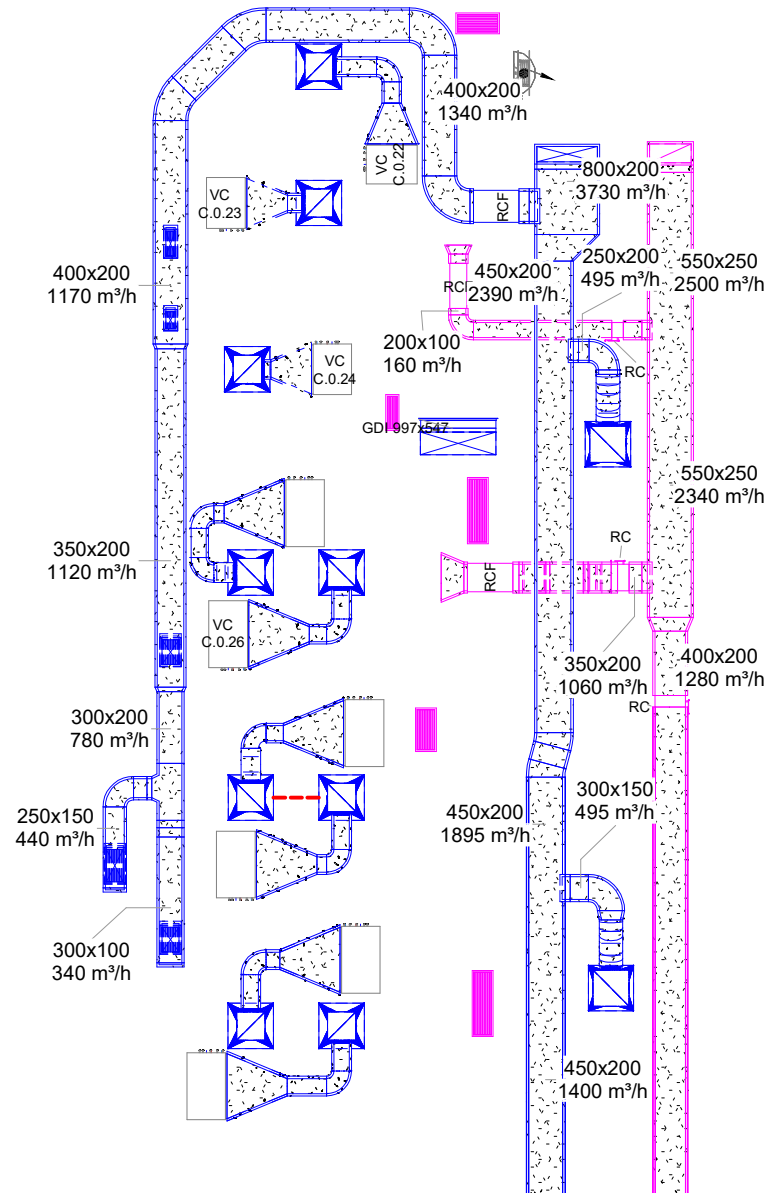


Figura 5.9 Seção 1.3 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo, à escala 1:100.

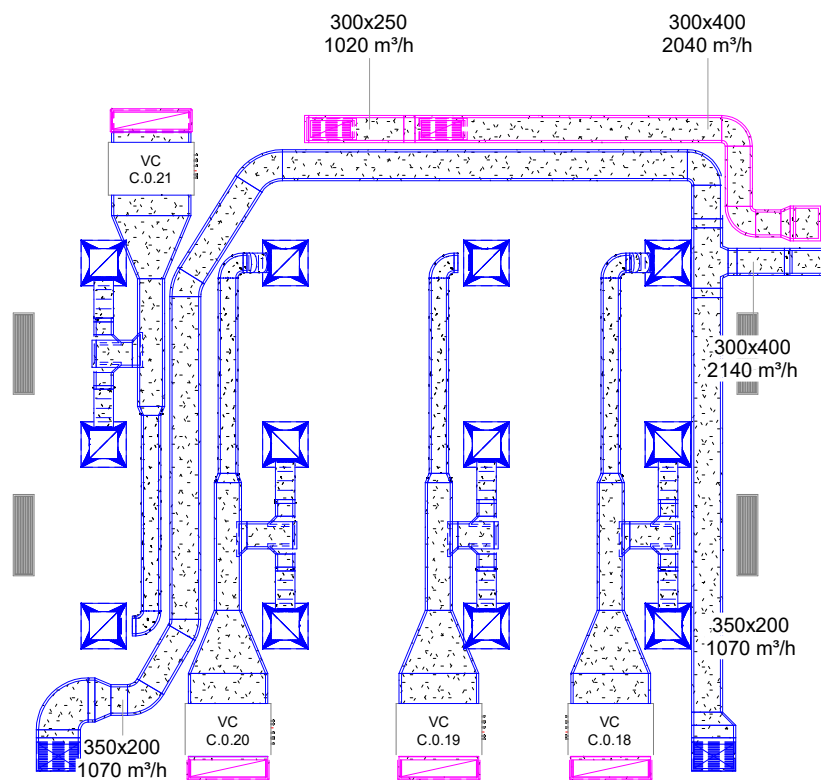


Figura 5.10 Seção 1.4 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.

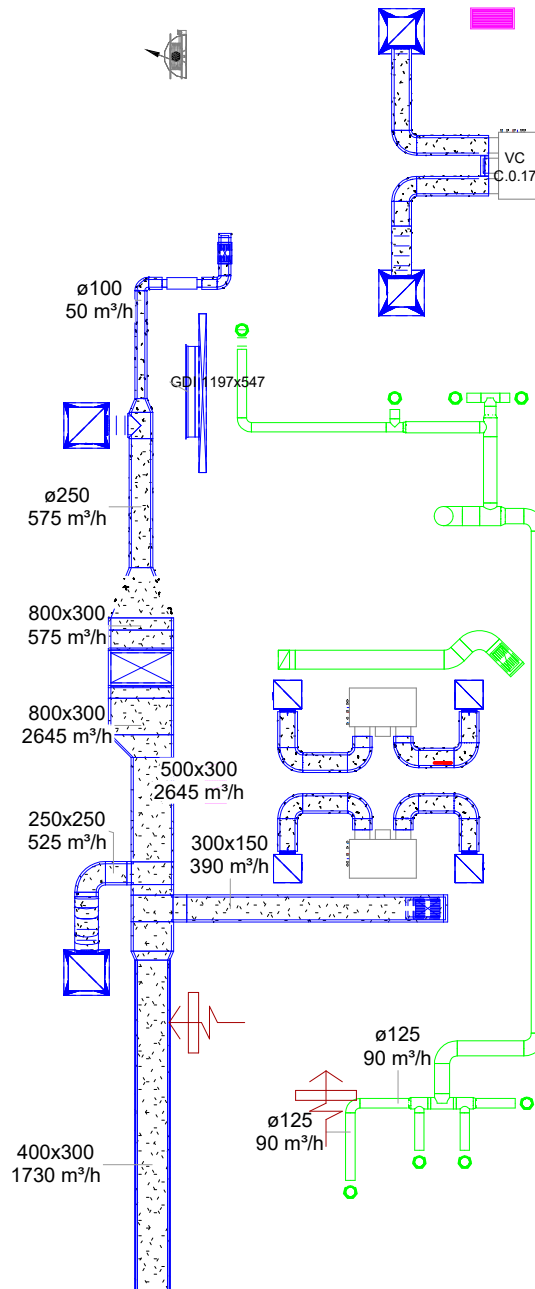


Figura 5.11 Seção 1.5 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.

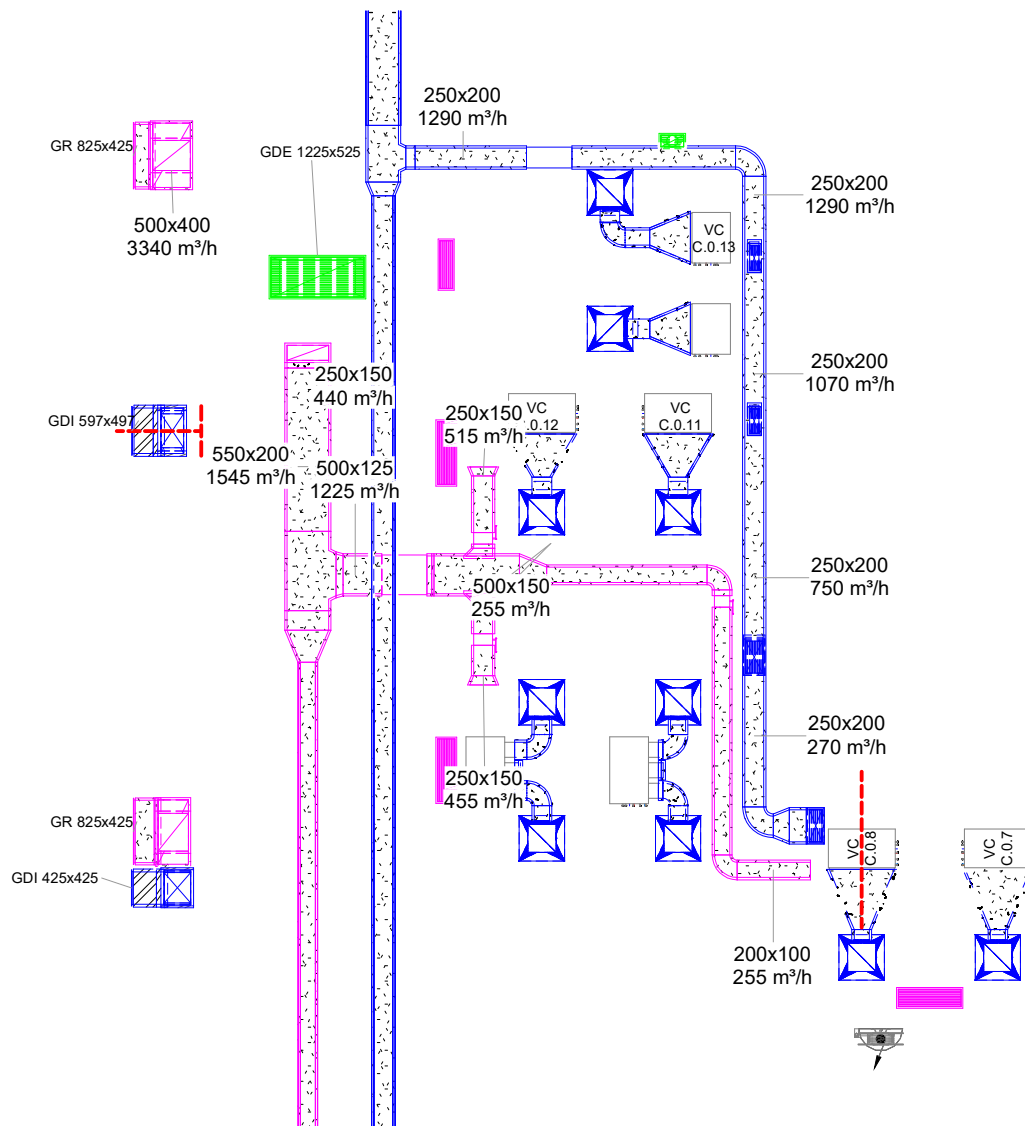


Figura 5.12 Seção 1.6 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.

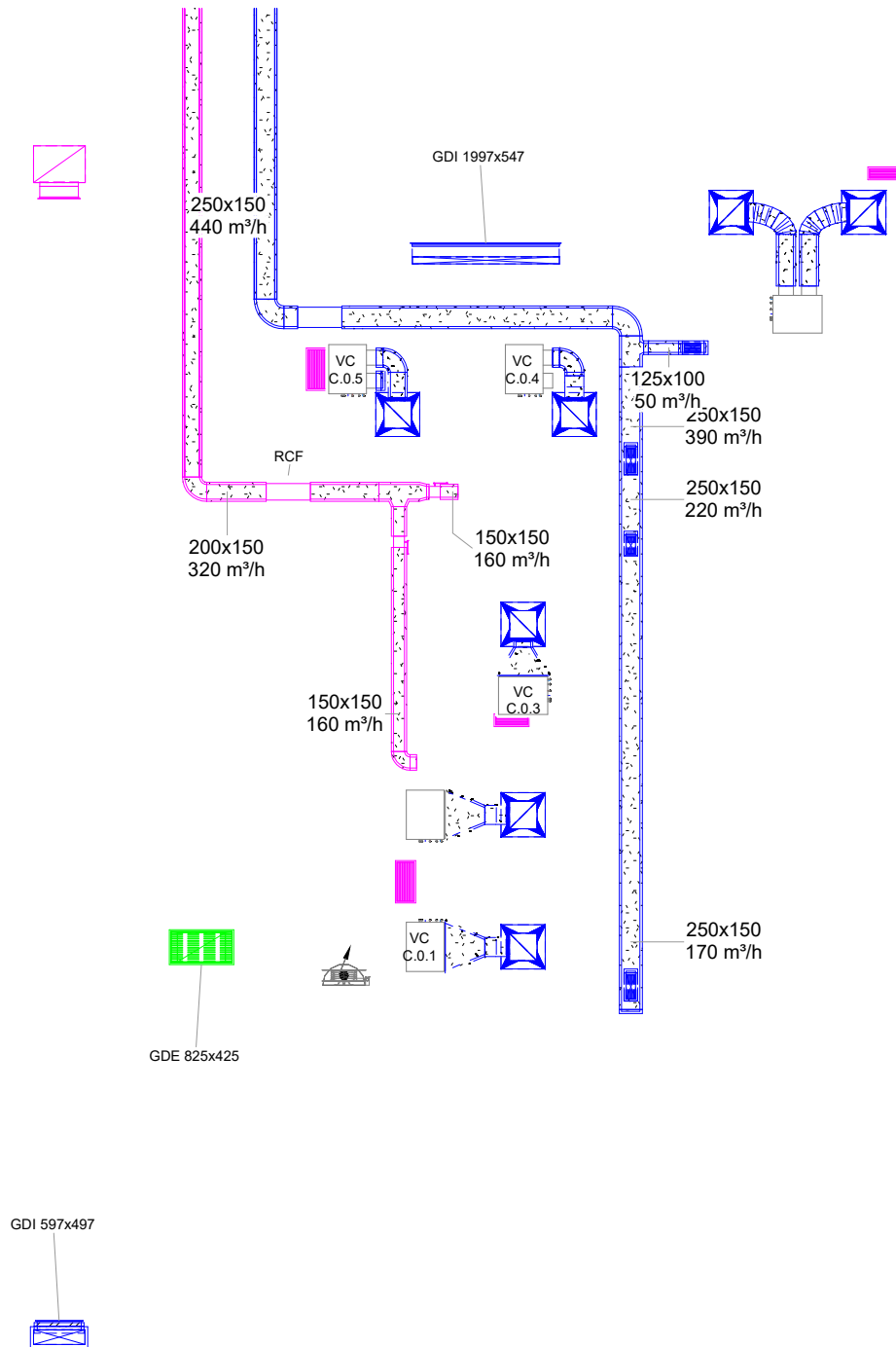


Figura 5.13 Seção 1.7 da planta geral do traçado das condutas no piso térreo à escala 1:100.

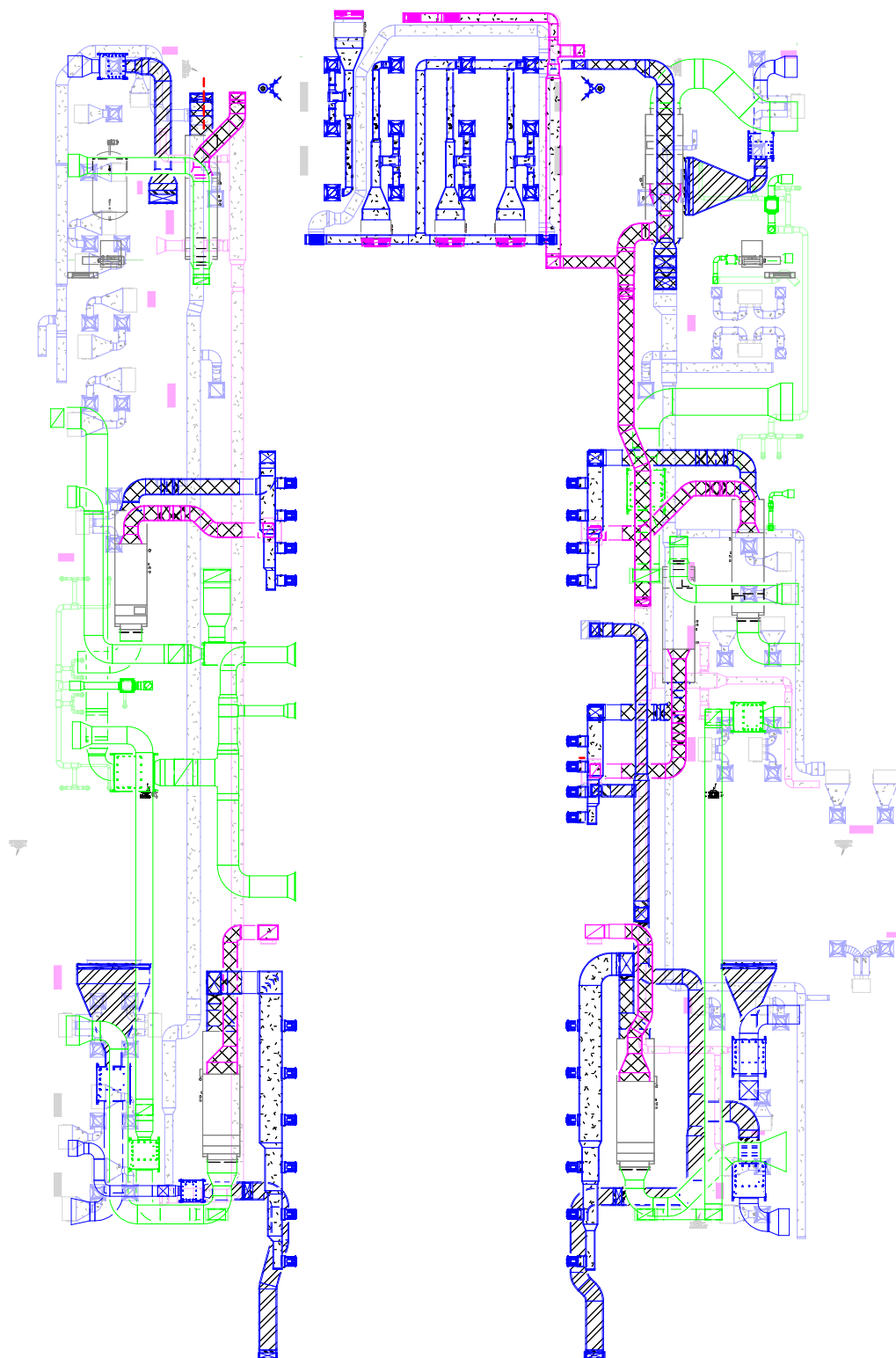


Figura 5.14 Planta geral do traçado das condutas na *mezzanine* à escala 1:250.

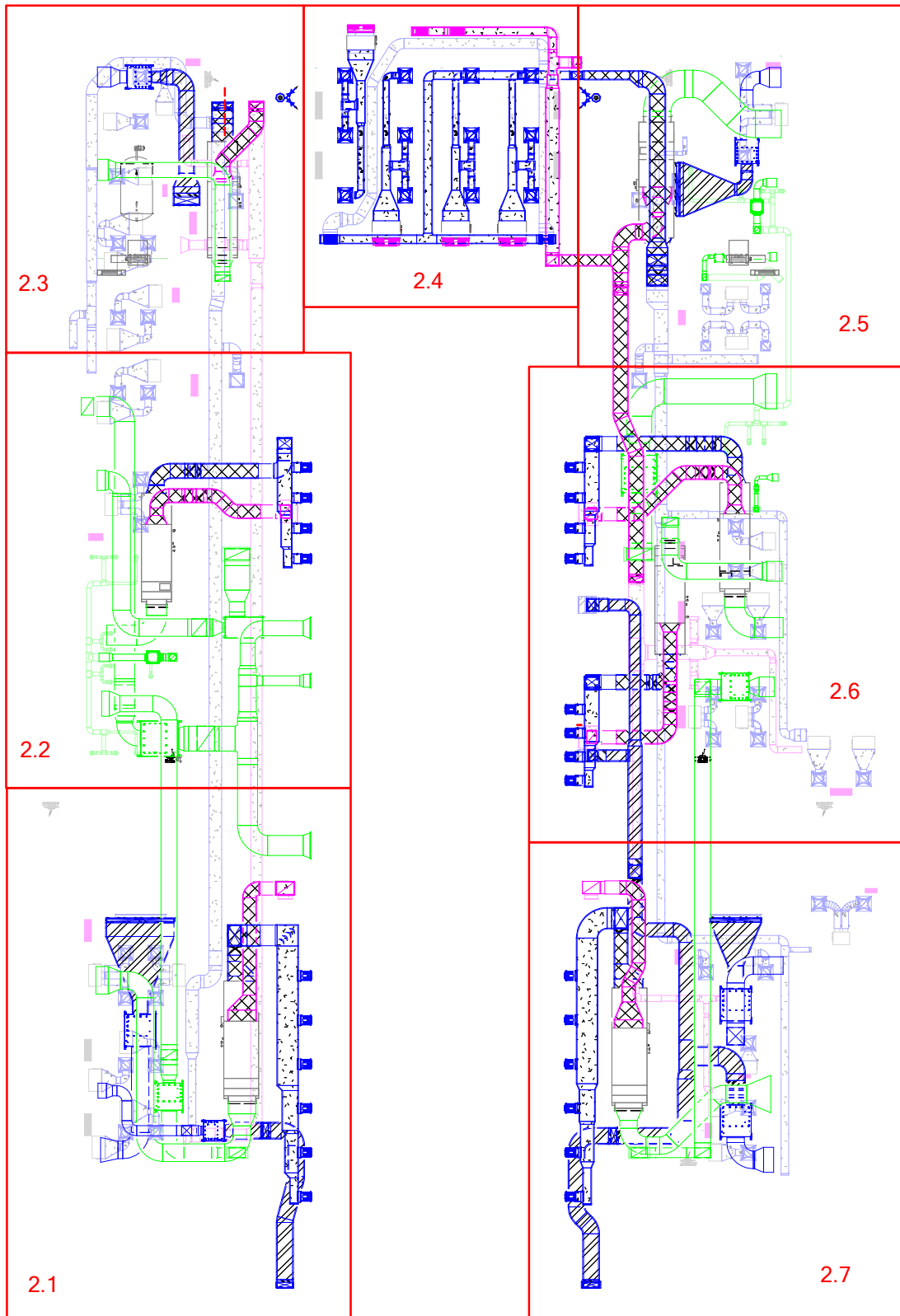


Figura 5.15 Seções da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:250.

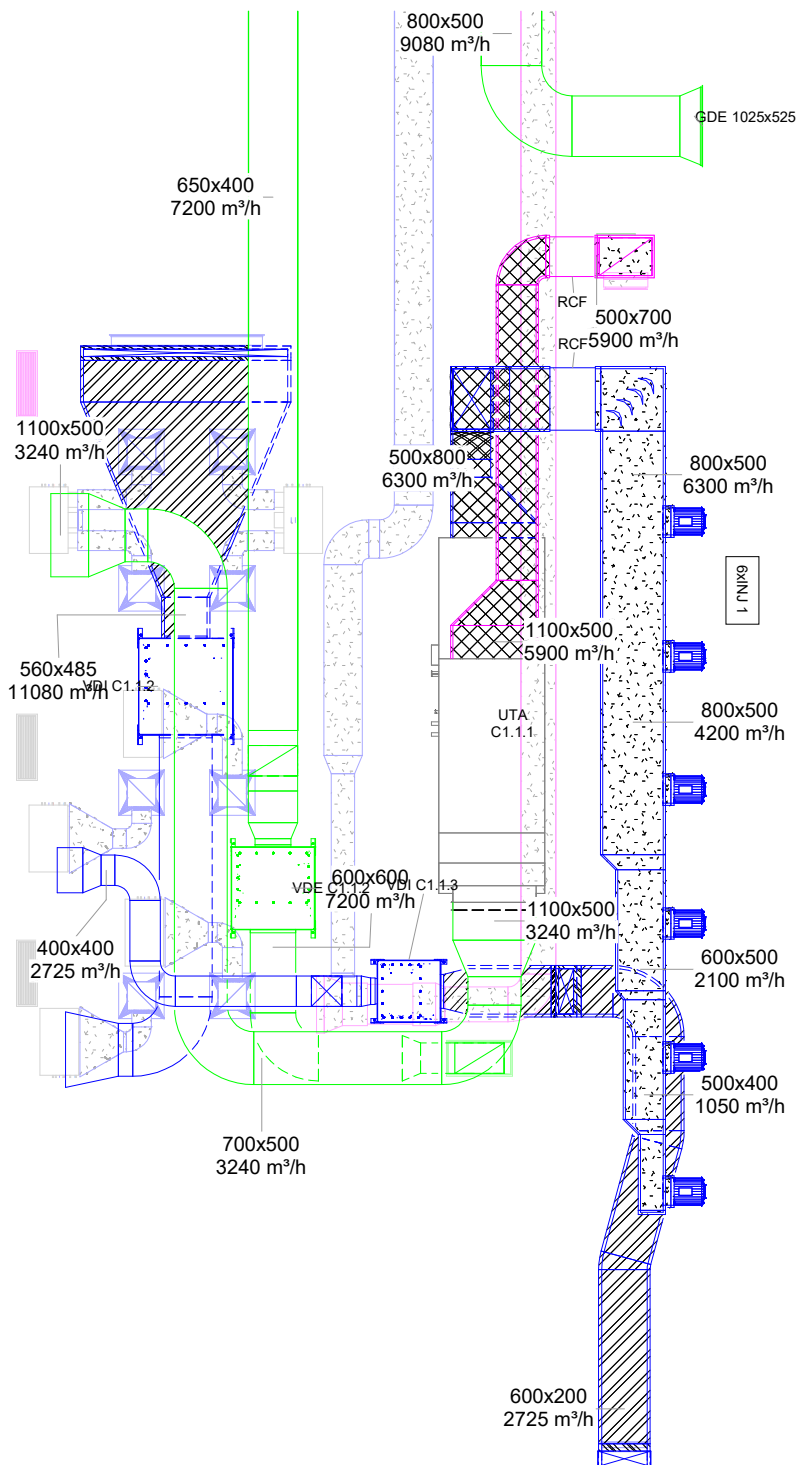


Figura 5.16 Seção 2.1 da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:100.

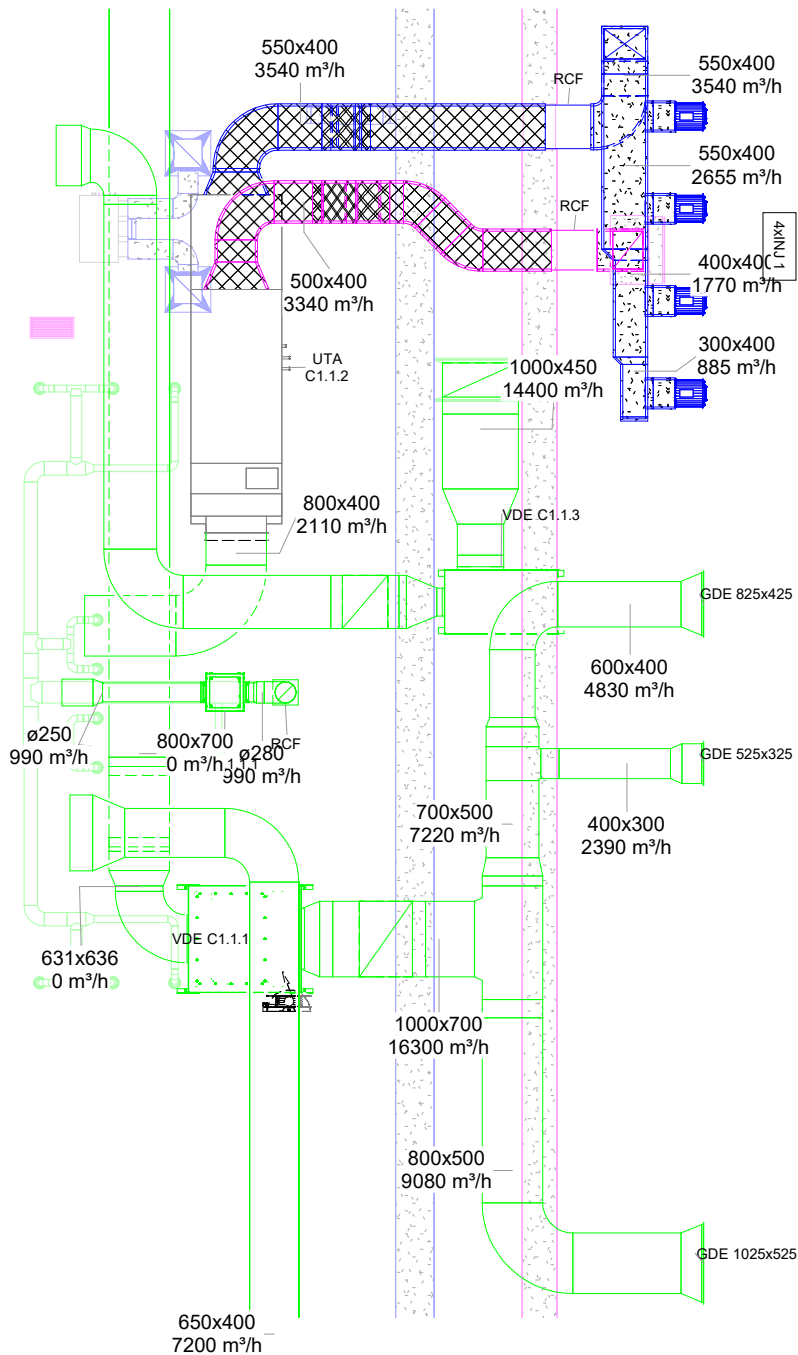


Figura 5.17 Seção 2.2 da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:100.

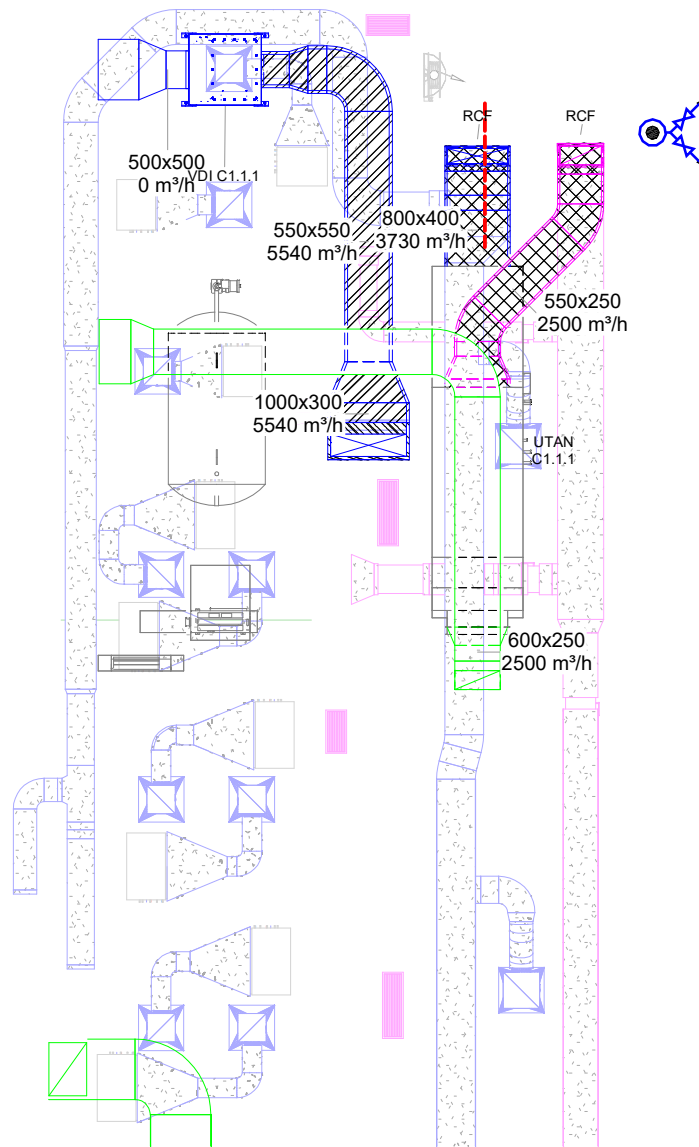


Figura 5.18 Seção 2.3 da planta geral do traçado das condutas na *mezzanine* à escala 1:100.

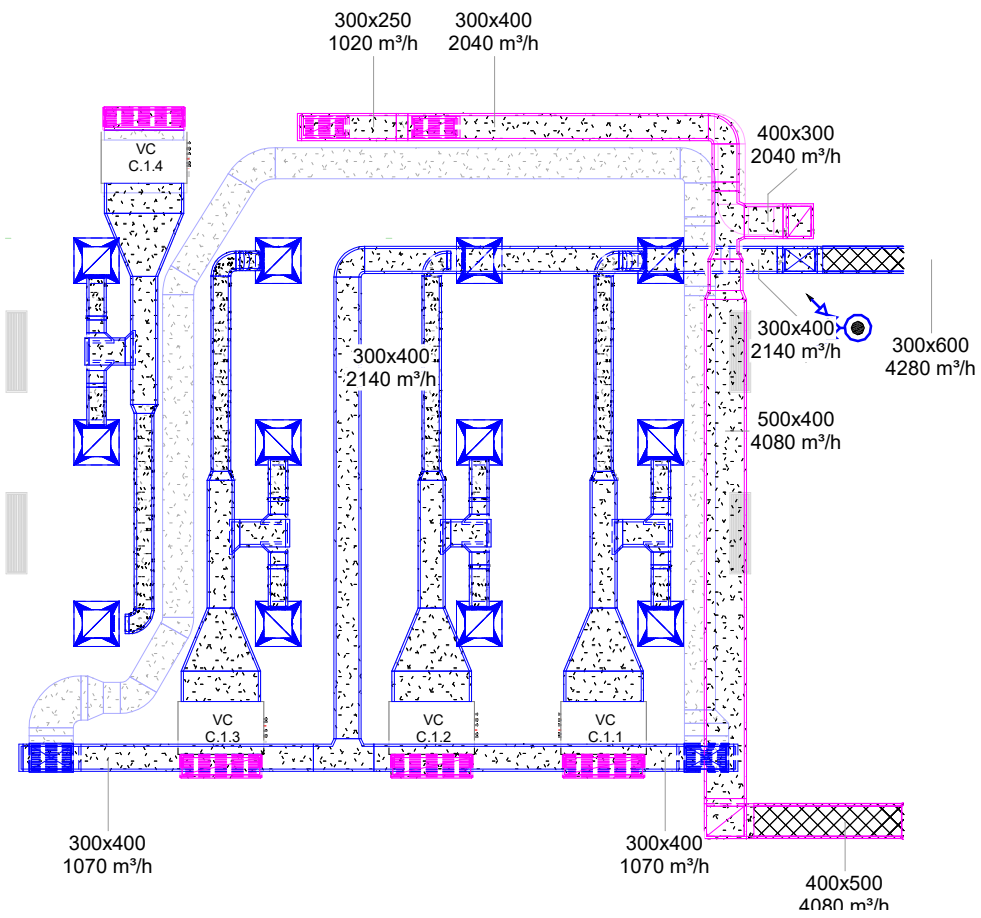


Figura 5.19 Seção 2.4 da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:100.

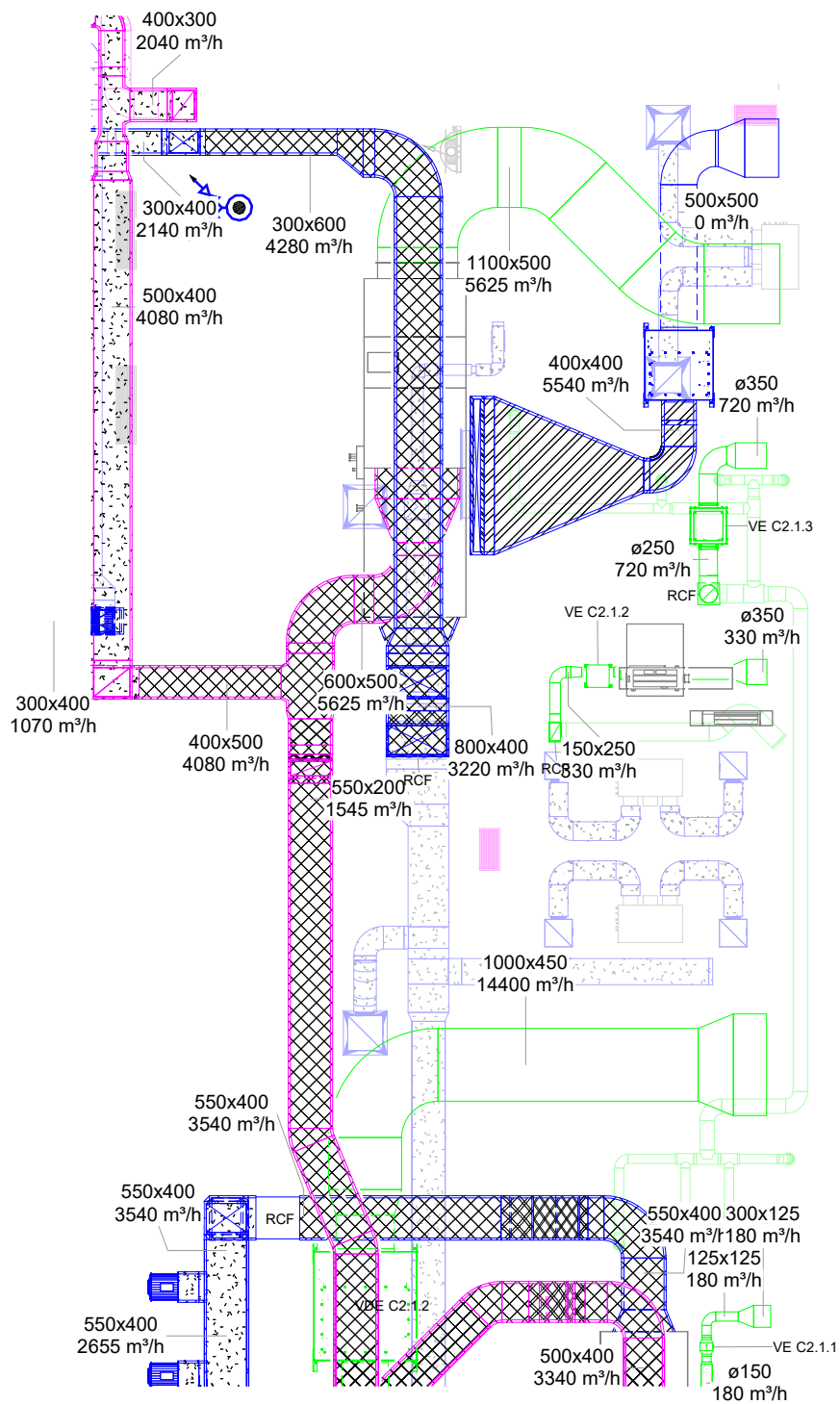


Figura 5.20 Seção 2.5 da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:100.

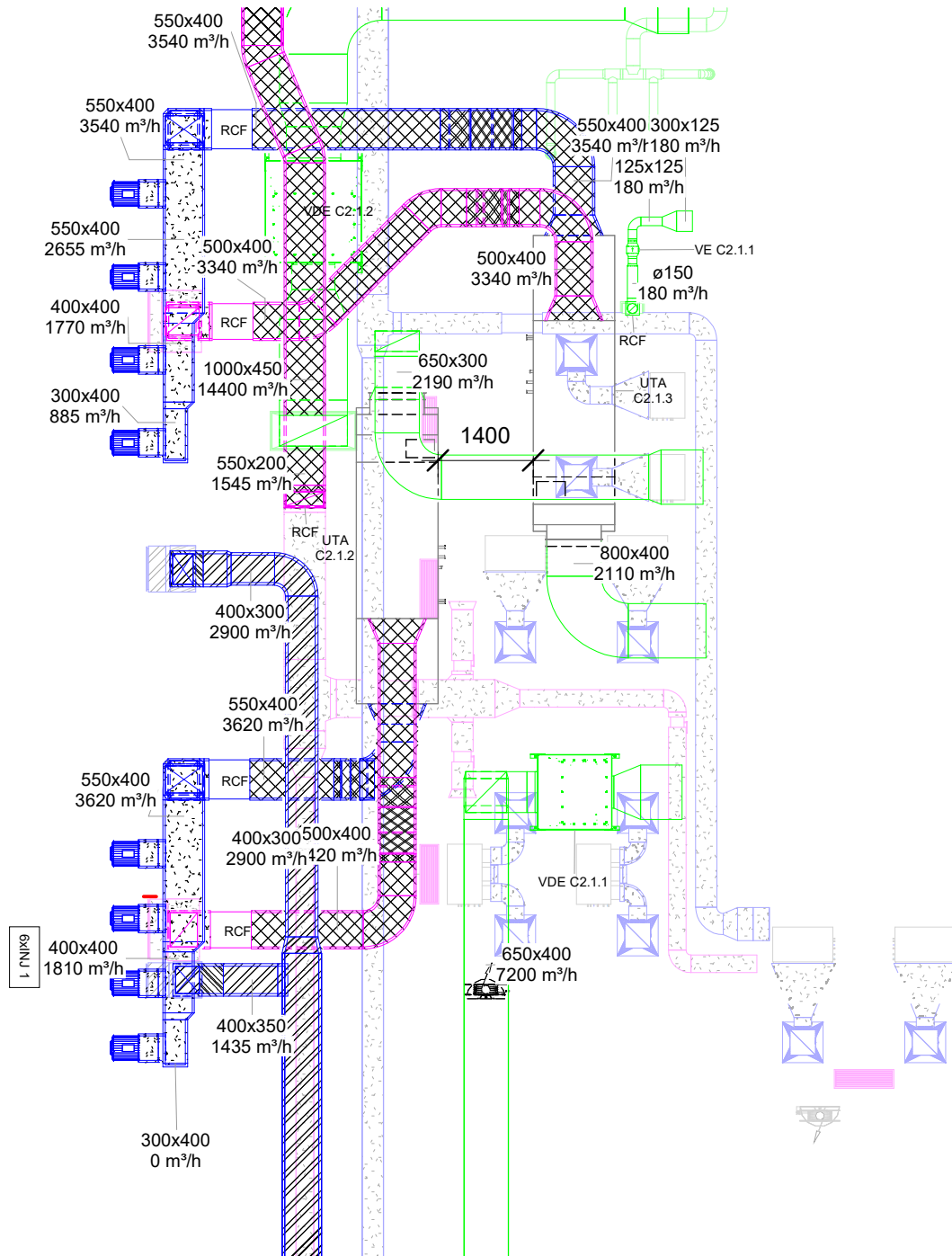


Figura 5.21 Seção 2.6 da planta geral do traçado das condutas na mezzanine à escala 1:100.

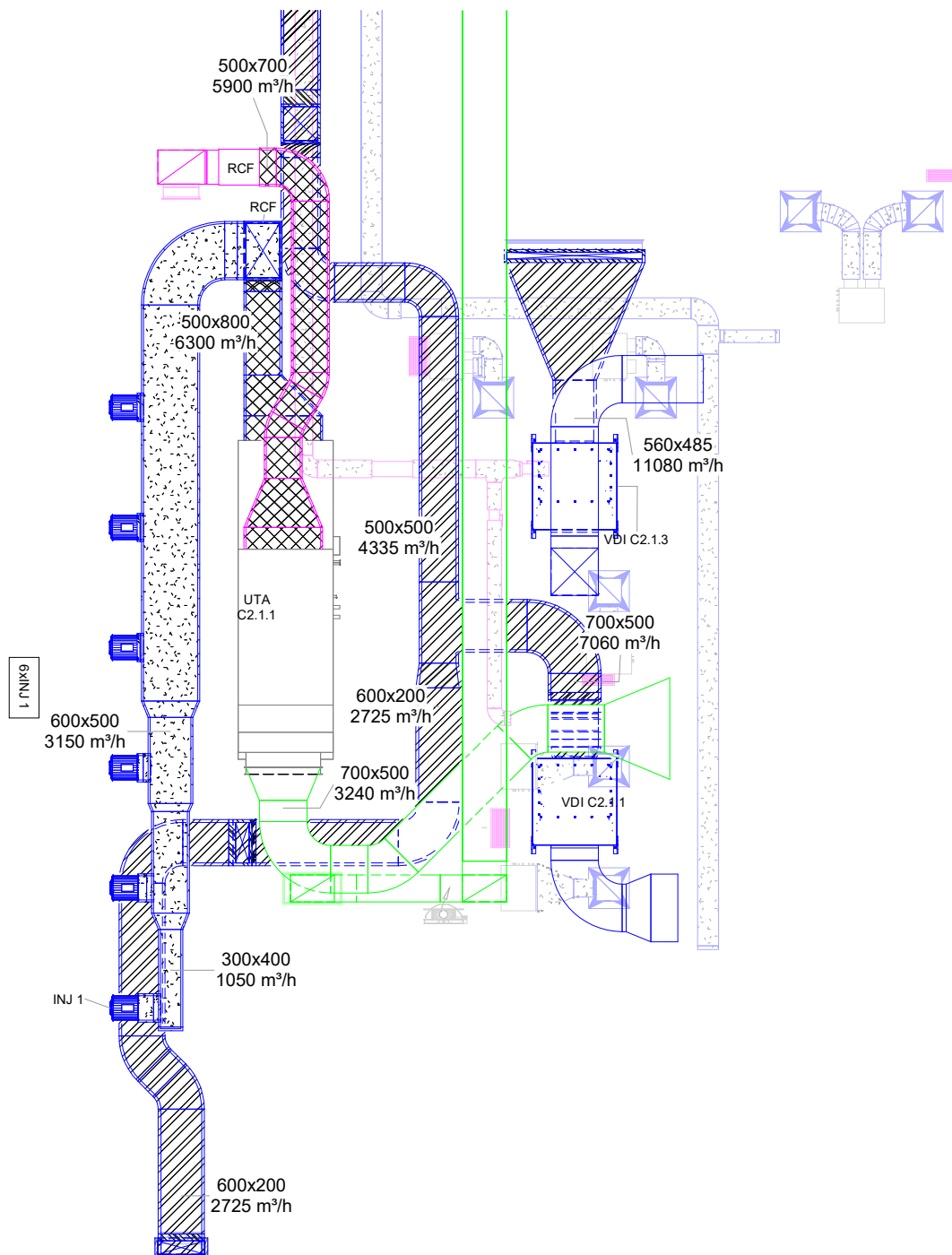


Figura 5.22 Seção 2.7 da planta geral do traçado das condutas na *mezzanine* à escala 1:100.

5.3.2 Sistema de tubagens

De seguida são apresentadas os traçados para as águas que servem de aquecimento ou arrefecimento às bombas de calor (Figuras 5.23 e 5.24) e o respetivo 3D (Figura 5.25).

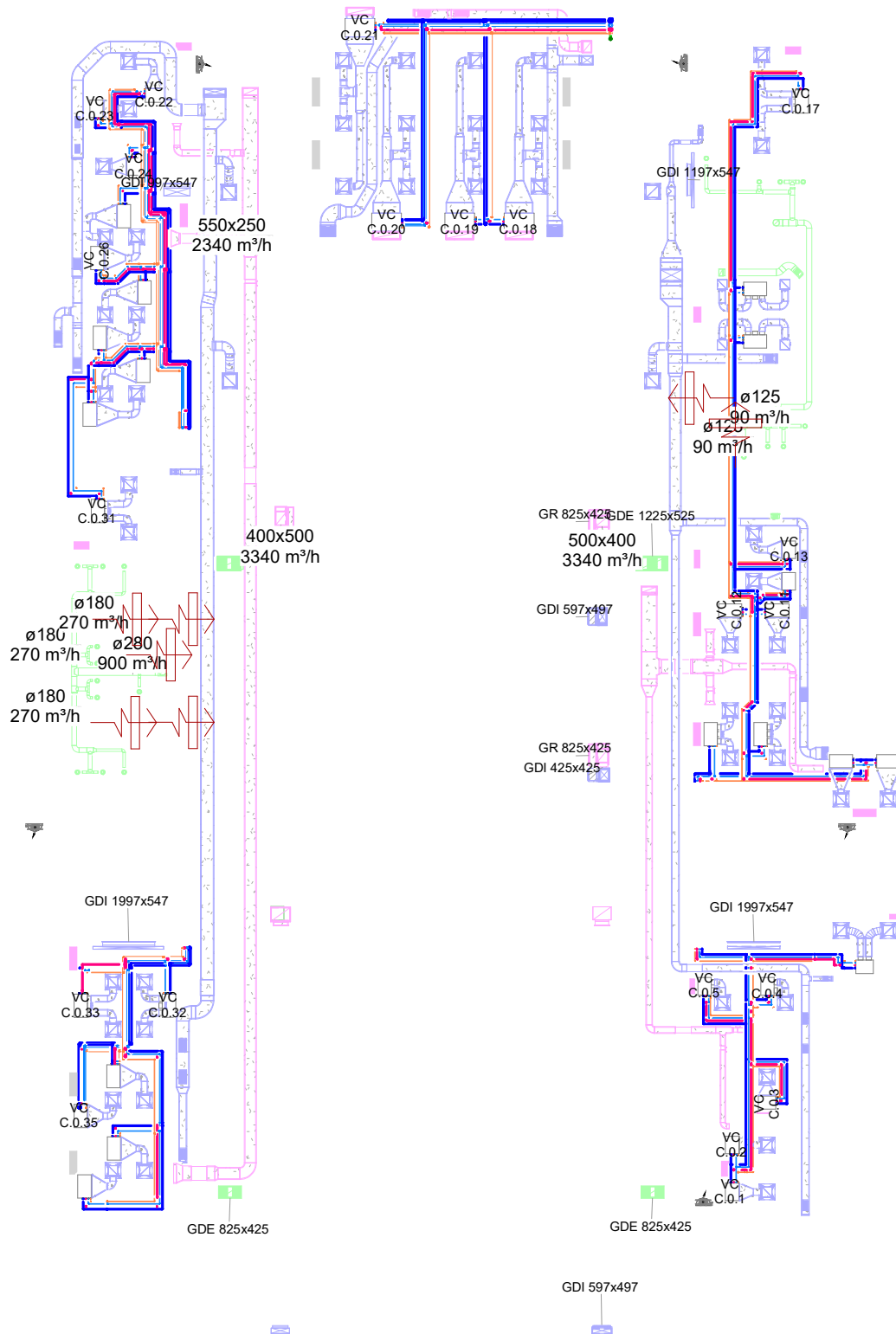


Figura 5.23 Planta do traçado das tubagens de água no piso térreo à escala 1:250.

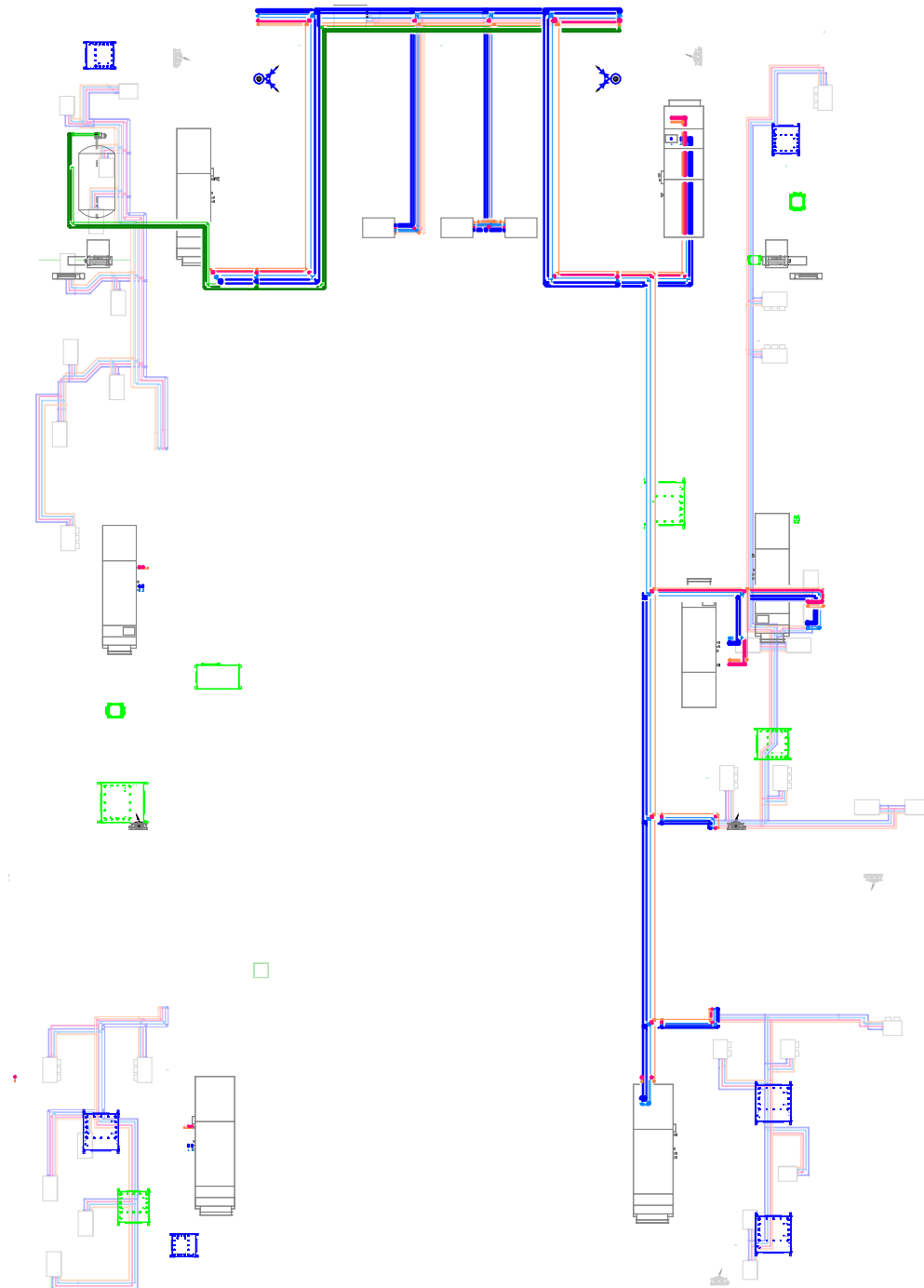


Figura 5.24 Planta do traçado das tubagens de água na *mezzanine* à escala 1:250.

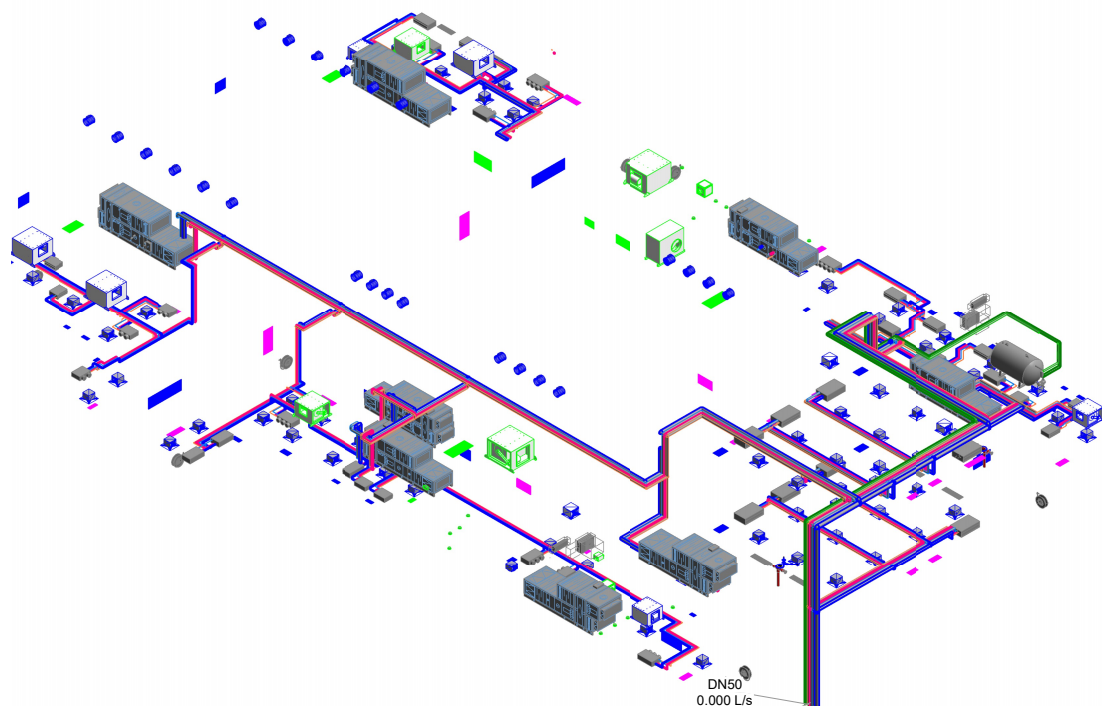


Figura 5.25 Imagem representativa em 3D do sistema de tubagem de água (sem escala).

5.4 Tabelas extraídas do *software*

Nesta secção é possível verificar algumas tabelas de quantidades e de cálculo que são possíveis extrair diretamente do Autodesk Revit (Tabela 5.1 a ??). Cada projetista cria as tabelas e define os seus campos consoante as necessidades do projeto e as exigências do cliente.

Tabela 5.1 Quantitativos dos equipamentos dos terminais de ar - Ar de exaustão

Tabela de terminal de ar - Ar de exaustão		
Família	Tipo	Contador
Exhaust_Air_Grille	300 x 150	2
Exhaust_Air_Grille	325 X 165	1
Exhaust_Air_Grille	525 x 325	1
Exhaust_Air_Grille	825 x 425	3
Exhaust_Air_Grille	1225 X 525	2
Exhaust_Air_Grille_0_Blades_Horizontal_15967	1025 x 525	2
Trox_LVS_100-125-160-200	LVS vel. 125	29

Tabela 5.2 Quantitativos dos equipamentos dos terminais de ar - Ar de retorno

Tabela de terminal de ar - Ar de retorno		
Família	Tipo	Contador
Retarn_Air_Grille	425 X 125	3
Retarn_Air_Grille	525 X 225	11
Retarn_Air_Grille	525 x 1225	2
Retarn_Air_Grille	625 x 165	1
Retarn_Air_Grille	825 x 225	8
Retarn_Air_Grille	825 X 425	3
Retarn_Air_Grille	1025 x 225	12

Tabela 5.3 Quantitativos dos equipamentos dos terminais de ar - Suprimento de ar**Tabela de terminal de ar - Suprimento de ar**

Família	Tipo	Contador
DIF	DIF	24
Difusor 593x3	Difusor 593x3	64
Difusor 593x5	Difusor 593x5	10
Difusor_DI2	Difusor_DI2	4
Supply_Air_Grille	225 x 125	5
Supply_Air_Grille	300 x 150	1
Supply_Air_Grille	325 X 125	5
Supply_Air_Grille	325 X 225	3
Supply_Air_Grille	425 X 165	1
Supply_Air_Grille	425 X 225	5
Supply_Air_Grille	425 x 425	1
Supply_Air_Grille	525 X 225	1
Supply_Air_Grille	525 X 325	4
Supply_Air_Grille	597 X 497	3
Supply_Air_Grille	997 x 547	1
Supply_Air_Grille	1197 x 547	1
Supply_Air_Grille	1997 X 547	2

Tabela 5.4 Quantitativo das condutas - ar de exaustão

Tamanho	Comprimento (mm)	Tipo	Tamanho livre
125x125	443	Radius Elbows / Taps	125 mm x 125 mm
150x250	490	Radius Elbows / Taps	150 mm x 250 mm
150x300	120	Radius Elbows / Taps	150 mm x 300 mm
250x150	2894	Radius Elbows / Taps	250 mm x 150 mm
300x125	234	Radius Elbows / Taps	300 mm x 125 mm
325x165	77	Radius Elbows / Taps Beveled	325 mm x 165 mm
368x697	100	Radius Elbows / Taps	368 mm x 697 mm
400x300	1473	Radius Elbows / Taps	400 mm x 300 mm
400x650	1529	Radius Elbows / Taps	400 mm x 650 mm
476x407	80	Radius Elbows / Taps	476 mm x 407 mm
500x700	1707	Radius Elbows / Taps	500 mm x 700 mm
525x325	260	Radius Elbows / Taps	525 mm x 325 mm
600x250	7479	Radius Elbows / Taps	600 mm x 250 mm
600x400	2529	Radius Elbows / Taps	600 mm x 400 mm
600x600	2477	Radius Elbows / Taps	600 mm x 600 mm
600x700	141	Radius Elbows / Taps	600 mm x 700 mm
614x614	411	Radius Elbows / Taps	614 mm x 614 mm
631x636	87	Radius Elbows / Taps	631 mm x 636 mm
636x631	394	Radius Elbows / Taps	636 mm x 631 mm
650x300	4819	Radius Elbows / Taps	650 mm x 300 mm
650x400	34790	Radius Elbows / Taps	650 mm x 400 mm
700x500	14003	Radius Elbows / Taps	700 mm x 500 mm
700x600	6607	Radius Elbows / Taps	700 mm x 600 mm
800x300	619	Radius Elbows / Taps	800 mm x 300 mm
800x400	3309	Radius Elbows / Taps	800 mm x 400 mm
800x500	3874	Radius Elbows / Taps	800 mm x 500 mm
800x600	943	Radius Elbows / Taps	800 mm x 600 mm
800x700	12797	Radius Elbows / Taps	800 mm x 700 mm
800x800	500	Radius Elbows / Taps	800 mm x 800 mm
850x250	418	Radius Elbows / Taps	850 mm x 250 mm
1000x400	300	Radius Elbows / Taps	1000 mm x 400 mm
1000x450	8446	Radius Elbows / Taps	1000 mm x 450 mm
1000x700	1069	Radius Elbows / Taps	1000 mm x 700 mm
1100x500	3929	Radius Elbows / Taps	1100 mm x 500 mm
1400x550	454	Radius Elbows / Taps	1400 mm x 550 mm
ø90	11816	Taps / Short Radius	ø90 mm
ø125	10171	Taps / Short Radius	ø125 mm
ø150	4914	Taps / Short Radius	ø150 mm
ø180	13494	Taps / Short Radius	ø180 mm
ø200	10386	Taps / Short Radius	ø200 mm
ø250	2639	Taps / Short Radius	ø250 mm
ø280	9724	Taps / Short Radius	ø280 mm
ø350	707	Taps / Short Radius	ø350 mm
ø355	413	Taps / Short Radius	ø355 mm

Tabela 5.5 Quantitativo das condutas - ar de retorno**Tabela de Condutas - Ar de retorno**

Tamanho	Comprimento (mm)	Tipo	Tamanho livre
150x150	3539	Radius Elbows / Taps	150 mm x 150 mm
200x100	8715	Radius Elbows / Taps	200 mm x 100 mm
200x150	14258	Radius Elbows / Taps	200 mm x 150 mm
250x150	1637		250 mm x 150 mm
300x250	2509	Radius Elbows / Taps	300 mm x 250 mm
300x400	9660	Radius Elbows / Taps	300 mm x 400 mm
350x200	970	Radius Elbows / Taps	350 mm x 200 mm
400x200	34665	Radius Elbows / Taps	400 mm x 200 mm
400x300	5829	Radius Elbows / Taps	400 mm x 300 mm
400x500	8662	Radius Elbows / Taps	400 mm x 500 mm
400x850	928	Radius Elbows / Taps	400 mm x 850 mm
500x125	572	Radius Elbows / Taps	500 mm x 125 mm
500x150	1130	Radius Elbows / Taps	500 mm x 150 mm
500x200	634	Radius Elbows / Taps	500 mm x 200 mm
500x400	25233	Radius Elbows / Taps	500 mm x 400 mm
500x700	17676	Radius Elbows / Taps	500 mm x 700 mm
500x850	940	Radius Elbows / Taps	500 mm x 850 mm
525x225	2610	Radius Elbows / Taps Beveled	525 mm x 225 mm
525x1225	247	Radius Elbows / Taps Beveled	525 mm x 1225 mm
550x200	15440	Radius Elbows / Taps	550 mm x 200 mm
550x250	8741	Radius Elbows / Taps	550 mm x 250 mm
600x500	592	Radius Elbows / Taps	600 mm x 500 mm
700x200	100	Radius Elbows / Taps	700 mm x 200 mm
800x400	109	Radius Elbows / Taps	800 mm x 400 mm
825x425	609	Radius Elbows / Taps Beveled	825 mm x 425 mm
850x400	738	Radius Elbows / Taps	850 mm x 400 mm
991x255	911		991 mm x 255 mm
1025x225	2188		1025 mm x 225 mm
1100x500	1179	Radius Elbows / Taps	1100 mm x 500 mm

Tabela 5.6 Quantitativo das condutas - Suprimentos de ar**Tabela de Condutas - Suprimento de ar**

Tamanho	Comprimento (mm)	Tipo	Tamanho livre
125x100	760	Radius Elbows / Taps Tees	125 mm x 100 mm
150x100	443	Radius Elbows / Taps	150 mm x 100 mm
200x200	2725	Radius Elbows / Taps Beveled	200 mm x 200 mm
225x125	366		225 mm x 125 mm
250x150	32745		250 mm x 150 mm
250x200	12107	Radius Elbows / Taps	250 mm x 200 mm
250x250	284	Radius Elbows / Taps Beveled	250 mm x 250 mm
300x100	1665	Radius Elbows / Taps	300 mm x 100 mm
300x150	3631		300 mm x 150 mm
300x200	1048	Radius Elbows / Taps	300 mm x 200 mm
300x250	19027	Radius Elbows / Taps Beveled	300 mm x 250 mm
300x400	25298		300 mm x 400 mm
300x600	1812	Radius Elbows / Taps Vanes	300 mm x 600 mm
325x125	279	Radius Elbows / Taps Beveled	325 mm x 125 mm
325x225	179	Radius Elbows / Taps Beveled	325 mm x 225 mm
350x200	22499		350 mm x 200 mm
350x250	4779	Radius Elbows / Taps	350 mm x 250 mm
350x300	59	Radius Elbows / Taps	350 mm x 300 mm
400x200	7567	Radius Elbows / Taps	400 mm x 200 mm
400x300	17551		400 mm x 300 mm
400x345	646	Radius Elbows / Taps	400 mm x 345 mm
400x350	5018	Radius Elbows / Taps	400 mm x 350 mm
400x400	7050	Radius Elbows / Taps	400 mm x 400 mm
425x165	295	Radius Elbows / Taps	425 mm x 165 mm
425x225	336	Radius Elbows / Taps Beveled	425 mm x 225 mm
425x325	16	Radius Elbows / Taps	425 mm x 325 mm
425x425	304	Radius Elbows / Taps Beveled	425 mm x 425 mm
450x200	35001	Radius Elbows / Taps	450 mm x 200 mm
450x300	4790	Radius Elbows / Taps	450 mm x 300 mm
450x350	779	Radius Elbows / Taps	450 mm x 350 mm
500x300	1910		500 mm x 300 mm
500x400	3079	Radius Elbows / Taps	500 mm x 400 mm
500x500	13674	Radius Elbows / Taps	500 mm x 500 mm
500x800	2194	Radius Elbows / Taps	500 mm x 800 mm
525x300	1340	Radius Elbows / Taps Beveled	525 mm x 300 mm
525x325	676	Radius Elbows / Taps Tees	525 mm x 325 mm

continua para próxima página

continuação da página anterior

Tamanho	Comprimento (mm)	Tipo	Tamanho livre
550x400	19641	Radius Elbows / Taps	550 mm x 400 mm
550x550	3561	Radius Elbows / Taps	550 mm x 550 mm
560x485	1466	Radius Elbows / Taps	560 mm x 485 mm
597x497	347	Radius Elbows / Taps Beveled	597 mm x 497 mm
600x200	17842	Radius Elbows / Taps	600 mm x 200 mm
600x250	273	Radius Elbows / Taps	600 mm x 250 mm
600x300	6808	Radius Elbows / Taps	600 mm x 300 mm
600x400	339	Radius Elbows / Taps	600 mm x 400 mm
600x500	2864	Radius Elbows / Taps	600 mm x 500 mm
700x200	10009	Radius Elbows / Taps	700 mm x 200 mm
700x500	1567	Radius Elbows / Taps	700 mm x 500 mm
700x700	6943	Radius Elbows / Taps	700 mm x 700 mm
800x200	1503	Radius Elbows / Taps	800 mm x 200 mm
800x300	642	Radius Elbows / Taps	800 mm x 300 mm
800x400	3334	Radius Elbows / Taps	800 mm x 400 mm
800x500	12702	Radius Elbows / Taps	800 mm x 500 mm
800x800	538	Radius Elbows / Taps	800 mm x 800 mm
991x255	4076		991 mm x 255 mm
997x547	104	Radius Elbows / Taps Beveled	997 mm x 547 mm
1000x300	4261	Radius Elbows / Taps	1000 mm x 300 mm
1000x700	400	Radius Elbows / Taps	1000 mm x 700 mm
1100x500	567	Radius Elbows / Taps	1100 mm x 500 mm
1197x547	95	Radius Elbows / Taps Beveled	1197 mm x 547 mm
1997x100	4272	Radius Elbows / Taps	1997 mm x 100 mm
1997x547	129		1997 mm x 547 mm
2100x100	4259	Radius Elbows / Taps	2100 mm x 100 mm
2700x100	4771	Radius Elbows / Taps	2700 mm x 100 mm
ø100	2308	Taps / Short Radius	ø100 mm
ø150	2098	Taps / Short Radius	ø150 mm
ø200	42636	Taps / Short Radius	ø200 mm
ø250	5924	Taps / Short Radius	ø250 mm
ø358	4302	Taps / Short Radius	ø358 mm

Tabela 5.7 Quantitativo do sistema de tubagens - Ar de exaustão

Tabela do sistema de tubagens - Ar de exaustão					
Tamanho	Pressão de velocidade (Pa)	Velocidade (m/s)	Fluxo (m³/h)	Área (cm²)	Contador
ø90					36
ø125					17
ø150					13
ø180					8
ø200					7
ø250					7
ø280					10
ø350					2
ø355	4.6	2.8	990	4609	1
125x125	6.2	3.2	180		2
150x250	3.6	2.4	330		2
150x300	0.7	1.1	180	1080	1
250x150	3.6	2.4	330		5
300x125	1.1	1.3	180	1987	1
325x165	1.8	1.7	330	754	1
368x697	0.0	0.0	0	2130	1
400x300	18.4	5.5	2390	20621	1
400x650	35.6	7.7	7200		2
476x407	64.1	10.3	7200	1413	1
500x700	0.0	0.0	0	40978	1
525x325	9.1	3.9	2390	4420	1
600x250	12.9	4.6	2500		4
600x400	18.8	5.6	4830		2
600x600	18.6	5.6	7200		4
600x700	0.0	0.0	0	3653	1
614x614	67.7	10.6	14400	10097	1
631x636	0.0	0.0	0		2
636x631	59.7	10.0	14400	9983	1
650x300	5.9	3.1	2190		4
650x400	35.6	7.7	7200		8
700x500					10
700x600	0.0	0.0	0		3
800x300	3.9	2.5	2190	13617	1
800x400	2.0	1.8	2110		4
800x500	23.9	6.3	9080		2
800x600					2
800x700					5
800x800	23.5	6.3	14400	16000	1
850x250	6.4	3.3	2500	9201	1
1000x400	15.0	5.0	7200	8400	1
1000x450	47.5	8.9	14400		6
1000x700	25.2	6.5	16300		3
1100x500					6
1400x550	16.2	5.2	14400	17715	1

Tabela 5.8 Quantitativo do sistema de tubagens - Ar de retorno

Tabela do sistema de tubagens - Ar de retorno					
Tamanho	Pressão de velocidade (Pa)	Velocidade (m/s)	Fluxo (m³/h)	Área (cm²)	Contador
150x150	2.3	2.0	160		5
200x100					8
200x150	5.3	3.0	320		3
250x150					4
300x250	8.6	3.8	1020	13800	2
300x400	13.4	4.7	2040		5
350x200	10.6	4.2	1060		7
400x200	11.9	4.4	1280		4
400x300					3
400x500					3
400x850	4.5	2.7	3340	23188	1
500x125	17.8	5.4	1225		2
500x150	12.4	4.5	1225	14690	1
500x200	7.6	3.6	1280		2
500x400					22
500x700	13.2	4.7	5900		10
500x850	2.9	2.2	3340	25380	1
525x225	3.5	2.4	1020		4
525x1225	3.9	2.5	5900		2
550x200					9
550x250	15.3	5.1	2500		6
600x500	16.3	5.2	5625		3
700x200	3.9	2.5	1280	1800	1
800x400	2.8	2.2	2500	2626	1
825x425					3
850x400	4.7	2.8	3420	18438	1
991x255					8
1025x225					12
1100x500					3

Tabela 5.9 Quantitativo do sistema de tubagens - Suprimento de ar

Tamanho	Pressão de velocidade (Pa)	Velocidade (m/s)	Fluxo (m³/h)	Área (cm²)	Contador
ø100	1.9	1.8	50		4
ø150	0.0	0.0	0		5
ø200	0.0	0.0	0		87
ø250					7
ø358					24
125x100	0.7	1.1	50	3420	1
150x100	0.7	1.1	60		2

continua para próxima página

continuação da página anterior					
Tamanho	Pressão de velocidade (Pa)	Velocidade (m/s)	Fluxo (m ³ /h)	Área (cm ²)	Contador
200x200	0.0	0.0	0	1363	16
225x125					5
250x150					7
250x200					4
250x250	3.3	2.3	525	2842	1
300x100	6.0	3.1	340	13320	1
300x150					2
300x200					2
300x250	0.0	0.0	0		24
300x400					10
300x600	26.2	6.6	4280	32611	1
325x125					5
325x225					3
350x200					8
350x250	0.0	0.0	0		2
350x300	31.2	7.2	2725	771	1
400x200	13.0	4.7	1340		6
400x300					12
400x345	74.8	11.2	5540		2
400x350	4.9	2.8	1435		2
400x400					10
425x165	0.7	1.1	270		2
425x225					5
425x325	0.0	0.0	0	239	1
425x425	2.9	2.2	1435	5160	1
450x200					6
450x300	21.4	6.0	2900		2
450x350	3.9	2.5	1435	12463	1
500x300					3
500x400	5.1	2.9	2100		2
500x500					8
500x800	11.5	4.4	6300		5
525x300	2.1	1.9	1070	11052	2
525x325	1.8	1.7	1070		5
550x400					24
550x550	15.6	5.1	5540		2
560x485	77.2	11.3	11080		2
597x497					3

continua para próxima página

continuação da página anterior

Tamanho	Pressão de velocidade (Pa)	Velocidade (m/s)	Fluxo (m³/h)	Área (cm²)	Contador
600x200	23.9	6.3	2725		13
600x250	0.0	0.0	0		3
600x300					3
600x400	6.0	3.2	2725	6772	1
600x500	5.1	2.9	3150		2
700x200	17.6	5.4	2725	90077	2
700x500	18.9	5.6	7060		4
700x700	0.0	0.0	0		8
800x200	25.2	6.5	3730		4
800x300					2
800x400					7
800x500					6
800x800	0.0	0.0	0	17212	1
991x255	0.0	0.0	0		16
997x547	4.8	2.8	5540	3214	1
1000x300	15.8	5.1	5540		2
1000x700	0.0	0.0	0	13600	1
1100x500	6.1	3.2	6300		2
1197x547	3.3	2.4	5540	3314	1
1997x100	142.8	15.4	11080	179151	1
1997x547	4.8	2.8	11080		2
2100x100	32.3	7.3	5540		2
2700x100	78.1	11.4	11080		2

5.4.1 Equipamentos do Sistema de AVAC

Nas figuras 5.26 e 5.27 é possível visualizar equipamentos dimensionados para o projeto.

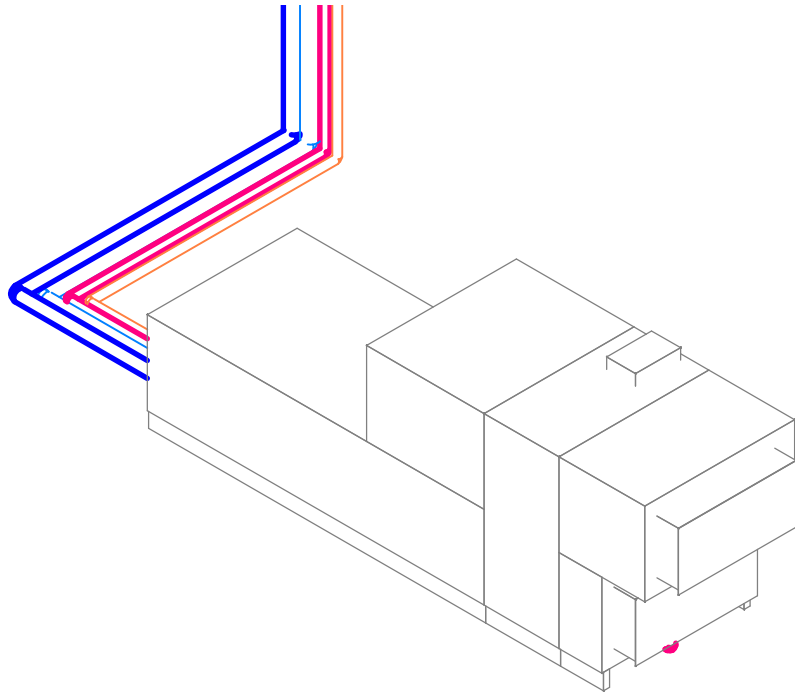


Figura 5.26 Imagem representativa de uma UTA utilizado no projeto à escala 1:25.

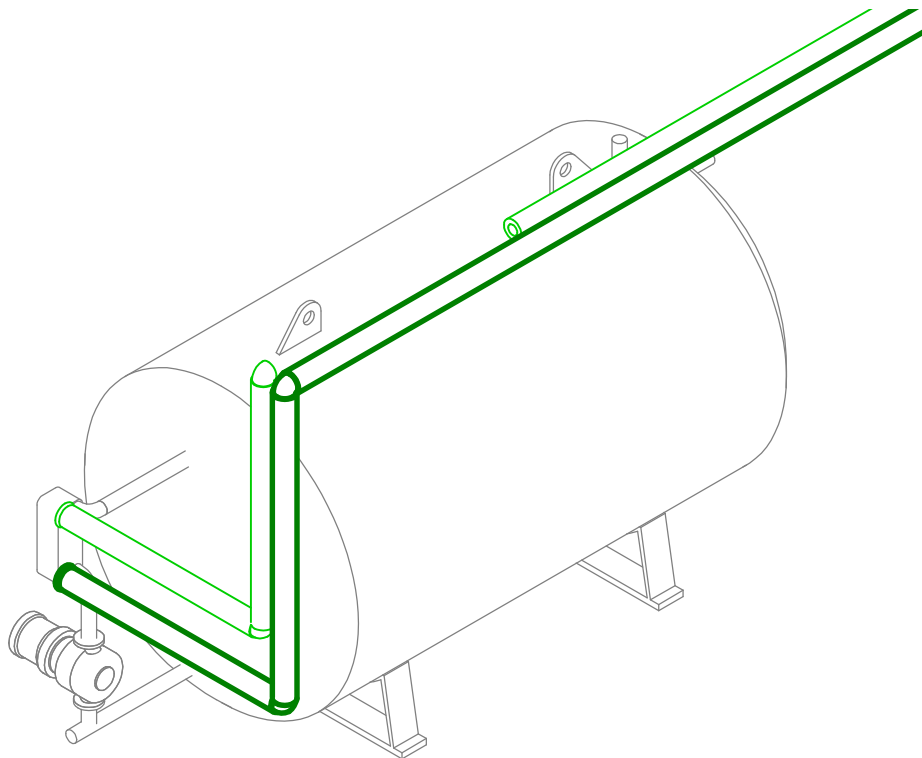


Figura 5.27 Imagem representativa de um depósito utilizado no projeto à escala 1:25.

5.4.2 3D do sistema completo de AVAC

A figura 5.28 representa a junção do sistema de condutas de ar com as da tubagem de água para formar um sistema de AVAC completo.

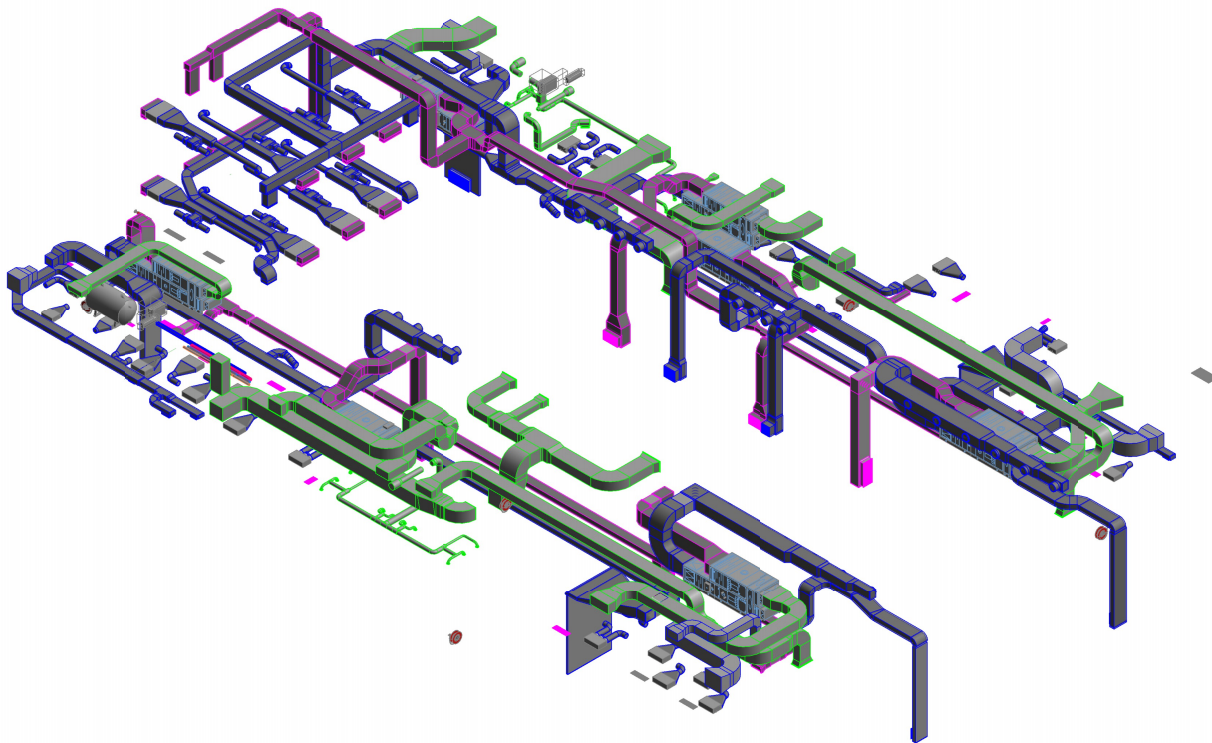


Figura 5.28 Imagem tridimensional do sistema de AVAC, com definição *realista*, sem escala.

Capítulo 6

Conclusão

6.1 Considerações finais

Na introdução do presente trabalho foi referido que estava a surgir em Portugal o conceito BIM, que representará a curto ou a médio prazo, a forma de desenvolver projetos de arquitetura e de especialidades, em Portugal. Como tal foi mencionado, no decorrer neste trabalho final de mestrado, foi proposto demonstrar as vantagens ao aplicar as metodologias BIM num cenário de um projeto de especialidades, mais concretamente num projeto de climatização.

O BIM, é já o “futuro” em alguns países desenvolvidos encontrando-se numa fase de implementação bastante avançada. Mas em Portugal o conceito BIM ainda é muito vago. Portugal encontra-se num estágio muito embrionário no que se refere a projetos BIM.

O conceito BIM visa resolver e antecipar os problemas que tipicamente ocorrem em fases mais avançadas, para fases mais embrionárias. Isto permite reduzir os custos nas fases a jusante. É fulcral a antecipação dos vários tipos de problemas, pois deste modo consegue-se agilizar o processo de decisão mesmo antes de um empreendimento começar a ser construído.

As vantagens do BIM passam por:

- Melhor compreensão do projeto durante as fases ou etapas iniciais;
- Melhor comunicação entre intervenientes do projeto;
- Melhor colaboração entre as várias especialidades do projeto;
- Utilização do modelo para o planeamento de obra e cronograma financeiro no decorrer da mesma;
- Facilidade na transição de dados para o *facility management*.

O caso prático apresentado no presente trabalho refere-se a um projeto já finalizado que teve o envolvimento de uma empresa de especialidade - MyTeam, empresa consultora do projeto de especialidades. Por questões de confidencialidade não foi possível identificar a obra nem apresentar peças desenhadas de arquitetura ou de estruturas. Perante a limitação exposta, foram apresentados peças desenhadas com os traçados de sistemas, imagens 3D e

tabelas de quantidades que são facilmente extraídas do software BIM utilizado, neste caso o Autodesk Revit. Todos estes desenhos são resultados de vistas que o utilizador define e em caso de necessidade de alteração, essa alteração refletir-se-á automaticamente em todas as vistas.

Algumas das vantagens referidas, ao longo de todo o TFM, foram demonstradas no caso apresentado, pois percebe-se que a visualização do projeto é muito mais facilitada em comparação aos métodos tradicionais que o usam o CAD. A mais valia significativa de uma modelação 3D, consiste no conhecimento de todos os intervenientes no projeto e na obra, relativamente aos traçados das condutas e tubagens, dissipando dúvidas e erros de leitura e interpretação do projeto.

Outra grande vantagem do BIM são os seus softwares, pois permitem facilmente obter uma expressiva diversidade de desenhos, vistas ou pormenores. Ao preparar-se a documentação final de projetos é possível em qualquer altura acrescentar novas plantas, cortes ou alçados em questão de segundos.

Neste caso, os projetistas utilizaram uma ferramenta de cálculo do Autodesk Revit que os auxiliou no dimensionamento das condutas, definido os caudais de saída de todas as extremidades do sistema de climatização e pré-definindo as dimensões das condutas. O software calcula a velocidade do fluxo de ar em cada troço das condutas. O resultado do cálculo pode ser expresso em cores, nas condutas, para melhor visualização do projetista. O código de cores pode ser definido pelos utilizadores e o ajuste das tubagens pode ser rapidamente acertado por um método iterativo.

Numa perspetiva pessoal, o desenvolvimento deste trabalho contribuiu substancialmente para o aumento dos conhecimentos BIM que possuía. Ampliei fortemente os meus conhecimentos no BIM MEP, muitas vezes uma “área cinzenta” nos currícula da formação de um engenheiro civil, mas de especial importância no que se refere a grandes obras de construção ou reabilitação de edifícios.

6.2 Considerações futuras

O BIM MEP é pouco explorado nas universidades portuguesas, sendo praticamente inexistente a informação existente em língua portuguesa sobre o tema.

Seria muito interessante haver maior abordagem e maior quantidade de pesquisa e trabalhos relacionando o BIM na arquitetura com os projetos de estruturas e de especialidades. Teria muito interesse estudar-se um projeto colaborativo e perceber efetivamente as grandes vantagens da ferramenta *clash detection* neste âmbito.

Na perspetiva do futuro dos projetos envolver fortemente a utilização do BIM, os alunos do ensino superior da área de engenharia poderiam ganhar competências relevantes sobre projeto colaborativo, dotando-os de ferramentas e conceitos inovadores para a sua vida profissional.

Bibliografia

- Autodesk (2013). Permanecendo competitivo. Consultado a 03 de março 2017 <http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/test-drive-bim-construction-br/bim-ebook.pdf>.
- Autodesk (2016). Navisworks | Project Review Software | Autodesk. Consultado a 03 de março 2017 <http://www.autodesk.ca/en/products/navisworks/overview>.
- Autodesk (2017). Família Revit - Software BIM - Autodesk. Consultado a 17 de abril 2017 <https://www.autodesk.pt/products/revit-family/overview>.
- Barbosa, A. (2014). *A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia*. Relatório de estágio, mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Bentley (2017). Software para Modelagem de Projeto - MicroStation. Consultado a 17 de abril 2017 <https://www.bentley.com/pt/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation>.
- BIMTalk (2013). BIM Dimensions. Consultado a 12 de setembro 2017 http://bimtalk.co.uk/bim_glossary:bim_dimensions#d_facilities_management.
- BuildingSMART (2016). Home — Welcome to buildingSMART-Tech.org. Consultado a 10 de março 2016 <http://www.buildingsmart-tech.org/>.
- Castelhano, P. J. (2013). *Aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura em madeira*. Monografia de pós-graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.
- Coelho, A. F. B. (2016). *Método de levantamento fotogramétrico - caso de estudo: a fachada da igreja do Mosteiro de Alcobaça. A cidade, o Porto e arte - residência artística em Sines. Ateliers para artistas plásticos e galeria expositiva*. Dissertação de mestrado, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa.
- Costa, A. A. (2015). Portuguese Technical Committee for BIM Standardization (CT 197). Consultado a 1 de abril 2017 <https://www.linkedin.com/pulse/portuguese-technical-committee-bim-standardization-ct-antonio>.
- CT 197 - BIM (2016). Relatório Ct 197 – Bim. Technical report.

- CT197 (2017a). MembrosCT197. Consultado a 14 de abril 2017 <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/membros>.
- CT197 (2017b). O CEN TC442. Consultado a 14 de abril 2017 <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/cen-tc442>.
- da Silva, A. J. E. (2012). *Metodologia BIM aplicada à preparação , controlo e gestão de obra*. Relatório de estágio, mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Doumbouya, L., Gao, G., and Guan, C. (2016). Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Effectiveness: The Review of BIM Benefits. *American Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 4, 2016, Pages 74-79, 4(3):74-79*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, 2nd edition.
- Estima, M. I. D. R. (2016). *Comparação de modelos tridimensionais produzidos com imagens adquiridas por UAV e avaliação de volumes*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro.
- Fernandes, J. (2013). *A metodologia Building Information Modeling aplicada ao projeto de estruturas*. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho.
- Ferraz, M. and Morais, R. (2012). *O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão*. PhD thesis, FEUP.
- Graphisoft (2016). About ARCHICAD — A 3D architectural BIM software for design & modeling. Consultado a 17 de abril 2017 <http://www.graphisoft.com/archicad/>.
- Groetelaars, N. J. (2015). *Criação de modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetónica*. Monografia de pós-graduação, Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia.
- Groetelaars, N. J. and Amorim, A. L. D. (2011). Tecnologia 3D Laser Scanning: características, processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos 3D Laser Scanning Technology: characteristics, processes and point cloud tools. *XV CONGRESSO SIGRADI 2011*.
- Hamil, D. S. (2012). Building Information Modelling and Interoperability. Consultado a 14 de março 2016 <http://www.thenbs.com/topics/BIM/articles/bimAndInteroperability.asp>.
- Hormigo, J. (2015). SOUTHZEB EN-Module 9 - Construction management and field supervision F. (Acesso restrito).
- ISO (2005). ISO/PAS 16739:2005 - Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). Consultado a 10 de março 2016 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38056.

- ISO (2013). BS ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Consultado a 10 de março 2016 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622.
- Lino, J. C., Azenha, M., and Lourenço, P. (2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas.
- Magalhães, M. J. (2014). *Reabilitação energética de um edifício de serviços: convergência para NZEB*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Manziane, L. (2013a). Adoção do BIM nos países desenvolvidos. Consultado a 14 de março 2016 <http://www.coordenar.com.br/adocao-do-bim-nos-paises-desenvolvidos/>.
- Manziane, L. (2013b). *Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM*. Tese de doutoramento, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Martins, P. C. F. (2011). *A Interoperabilidade entre sistemas BIM e Simulação Ambiental Computacional: estudo de caso*. Dissertação de mestrado, Unisversidade de Brasília.
- McPartland, R. (2017). BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained _ NBS. Consultado a 12 de setembro 2017 <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>.
- Meira, A. A. N. (2016). *Desenvolvimento de ferramentas compatíveis com modulação em BIM para análise do custo da habitação social*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Monteiro, A. and Martins, J. P. (2011). Linha de Balanço- Uma nova abordagem ao planeamento e controlo das actividades da construção.
- Nakamura, J. (2014). Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planeamento de obras. Consultado a 19 de setembro 2016 <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/artigo335226-4.aspx>.
- NdBIM (2017). Building Information Modeling. Consultado a 19 de setembro 2017 <http://www.ndbim.eu/index.php/pt/home-pt/bim>.
- ndBIM Virtual Building (2016). BIM na base de um verdadeiro Projeto Integrado. Consultado a 28 de julho 2017 <http://www.ndbim.pt/index.php/pt/noticias/noticias-2/item/3-bim-na-base-de-um-verdadeiro-projeto-integrado>.
- Ostrowski, R. A. P. (2016). *Estudo de Caso : O Planejamento e sua Integração com a Metodologia BIM como Ferramenta de Controle da Construção de um Edifício Residencial*. Trabalho para obtenção do grau de bacharel, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Parreira, J. (2013). *Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção - um caso de estudo*. Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa.

- RIB U.S.COST Inc. (2017). Sem título. Consultado a 20 de abril 2017
<http://www.uscost.com/5d-bim-education/>.
- Ribeiro, M. B. (2016). *Implementação do Modelo de Informação Integrado no BIM - Caso de Estudo*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Soares, J. (2013). *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático*. Relatório de estágio, mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Tarrafa, D. G. P. (2012). *Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas*. Dissertação de mestrado, Universidade de Coimbra.
- Velho, R. (2016). *Implementação de metodologias BIM na preparação e controlo de obras*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Vicco (2015). 5D BIM. Consultado a 18 de novembro 2015
<http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/>.
- Videira, B. M. d. S. (2016). *Verificação da Aplicabilidade da Técnica Structure From Motion na Modelação 3D de Componentes Mecânicos*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNL).