

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Miguel Lopes Salgado

Planeamento e controlo de
projetos em ambiente colaborativo
com recurso a ferramentas BIM

Pedro Miguel Lopes Salgado
Planeamento e controlo de projetos em ambiente
colaborativo com recurso a ferramentas BIM

UMinho | 2016

janeiro de 2016



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Miguel Lopes Salgado

Planeamento e controlo de
projetos em ambiente colaborativo
com recurso a ferramentas BIM

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Maia Couto
Engenheiro António Ruivo Meireles

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Doutor João Pedro Couto, pelo acompanhamento, orientações, conselhos transmitidos.

Ao meu coorientador Engenheiro António Ruivo Meireles, pela oportunidade, pelo tempo disponibilizado, pelas orientações onde transmitiu a sua experiência acerca do BIM

Ao Engenheiro Edgar Costa pelo tempo disponibilizado, pelos ensinamentos no *software* Vico Office®, e pelas orientações na escrita desta dissertação. ´

A toda a restante equipa da ndBIM que me acolheu durante a realização do caso de estudo deste trabalho.

Aos meus pais, pelo sacrifício, suporte, incentivo e todas as condições que possibilitaram a minha formação e educação.

Aos meus irmãos Filipe e Sandra, pelas conversas e incentivos.

Aos meus amigos, com quem durante estes cinco anos partilhei momentos únicos.

A Cândida, pela sua confiança, amor, paciência demonstrada nos últimos anos, principalmente ao longo deste trabalho em que a minha ausência era constante.

RESUMO

O setor da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) tem vindo a perder produtividade em relação aos outros setores da economia. Aliado ao fato do setor ter sido gravemente afetado pela crise económica na Europa, e de ainda ter uma importância considerável na economia dos Países Europeus.

Estes fatores levam a uma busca por métodos e inovações por parte das empresas da indústria AEC, que lhes permita aumentar a produtividade e consequentemente serem mais competitivas. Assim a adoção de metodologias BIM assume-se como um grande impulsionador na busca de um novo impulso para o setor.

Neste trabalho procurou-se demonstrar que apesar de recentes, os processos e metodologias BIM podem colmatar lacunas existentes no setor, mais particularmente na aplicação no planeamento de projetos de construção. Assim foi feita uma revisão bibliográfica a conceitos, métodos e processos utilizados tradicionalmente no planeamento de projetos na indústria AEC. Relativamente ao BIM foram estudados problemas como a interoperabilidade, novos formatos como o BCF. Dentro do estudo do BIM focou-se naturalmente o BIM 4D, estando diretamente ligado com o caso de estudo desta dissertação.

Com o desenvolvimento de um caso de estudo, aplicado a um edifício com características de construção repetitiva, pretende-se demonstrar que a adoção de metodologias BIM apoiadas em *softwares* BIM 4D pode traduzir-se num aumento de produtividade, resultado de novos processos de trabalho. No seu desenvolvimento foram utilizados *softwares* BIM 4D como Autodesk[®] Navisworks, Synchro[®] Pro e Vico Office[®]. Foram ainda utilizados outros *softwares* como o Microsoft[®] Project como base de dados do cronograma de trabalhos do caso de estudo. No desenvolvimento do caso de estudo foram desenvolvidos fluxos de trabalho para criação de planeamentos 4D e a sua respetiva utilização e resposta a alterações usuais durante a execução dos projetos de construção.

Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM), Planeamento, BIM 4D, Produtividade

Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

ABSTRACT

The architecture, engineering and construction industry sector (AEC) has been losing productivity relative to other sectors of the economy. Coupled with the fact the sector have been severely affected by the economic crisis in Europe, and still have a considerable importance in the economy of European countries.

These factors lead to a search for methods and innovations by the AEC industry companies, enabling them to increase productivity and hence be more competitive. Thus the adoption of BIM methodologies is assumed as a major driver in the search for a new impetus to the sector.

In this work we tried to show that despite recent, the processes and methodologies BIM can bridge gaps in the sector, more particularly, in the application of the planning of construction projects. So it made a literature review the concepts, methods and processes traditionally used in project planning in the AEC industry. In relation to BIM, problems were studied as interoperability, new formats such as BCF. Within the BIM study, focused in BIM 4D, being directly connected with the case study of this thesis.

With the development of a case study, applied to a building with repetitive construction characteristics, is intended to demonstrate that the adoption of BIM methodologies supported by BIM 4D software can lead to an increase in productivity as a result of new work processes. In its development BIM 4D software was used as Autodesk Navisworks, Synchron® Pro and Vico Office®. They were also used other software such as Microsoft Project as a database schedule of work of the case study. In developing the case study were developed workflows for creating schedules 4D and their respective use and response to usual changes during the execution of construction projects.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Planning, BIM 4D, Productivity

Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xv
SIGLAS E ACRÓNIMOS	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos da dissertação.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. Planeamento e Controlo de Projetos de construção.....	5
2.1.1. Planeamento.....	5
2.1.2. Controlo.....	6
2.1.3. Métodos de Planeamento e Controlo.....	7
2.1.3.1. Plano Estruturado de Projeto - <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	7
2.1.3.2. Método do caminho crítico (CPM).....	8
2.1.3.3. Método da Linha de Equilíbrio (LOB).....	10
2.1.3.4. Comparação entre CPM e LOB.....	16
2.2. BIM.....	17
2.2.1. O que é BIM?.....	17
2.2.2. Interoperabilidade.....	19
2.2.3. BCF (BIM collaboration format).....	21
2.2.4. Nível de Desenvolvimento- LOD.....	22
2.2.5. BIM 4D.....	24
2.2.5.1. Vantagens do BIM 4D.....	26
2.2.5.2. Limitações do BIM 4 D.....	30
2.2.5.3. Caso de implementação de BIM 4D – One Angel Court.....	30
2.2.5.4. <i>Softwares</i> BIM 4D.....	33
3. CASO DE ESTUDO	35
3.1. Enquadramento.....	35
3.1.1. Objetivos propostos.....	35
3.1.2. Metodologia.....	36
3.2. Descrição dos <i>softwares</i> utilizados.....	36

3.2.1.	Archicad® 18	37
3.2.2.	Microsoft® Project 2013	37
3.2.3.	Autodesk® Navisworks Manage 2015	37
3.2.4.	Synchro® Pro	38
3.2.5.	Vico Office®	38
3.3.	Descrição do modelo.....	39
3.4.	Planeamento em BIM 4 D	41
3.4.1.	BIM 4D no Navisworks®	42
3.4.1.1.	Importação e análise do modelo do caso em estudo em formato IFC para o Navisworks® 43	
3.4.1.2.	Alteração dos campos IFC no Archicad®	44
3.4.1.3.	Importação do modelo em formato IFC modificado para o Navisworks® e verificação dos campos IFC	45
3.4.1.4.	Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®	46
3.4.1.5.	Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos	48
3.4.1.6.	Simulação 4D	50
3.4.1.7.	Reflexão dos resultados	51
3.4.2.	BIM 4D no Synchro® Pro	52
3.4.2.1.	Importação e análise do modelo do caso em estudo em formato IFC para o Synchro® Pro	53
3.4.2.2.	Alteração dos campos IFC no Archicad®	54
3.4.2.3.	Importação do modelo modificado em formato IFC para o Synchro® Pro..	55
3.4.2.4.	Importação do ficheiro MS Project® para o Synchro® Pro	55
3.4.2.5.	Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos	57
3.4.2.6.	Simulação 4D	62
3.4.2.7.	Reflexão dos resultados	63
3.4.3.	BIM 4D no Vico Office®	63
3.4.3.1.	Importação e ativação do modelo em Formato IFC para o Vico Office®	65
3.4.3.2.	Criação de estrutura de orçamento	67
3.4.3.3.	Associação de elementos do modelo ao orçamento	69
3.4.3.4.	Criação de localizações e reativação do modelo.....	70
3.4.3.5.	Criação de tarefas.....	72
3.4.3.6.	Associação de orçamento as tarefas.....	74
3.4.3.7.	Planeamento em Linha de Equilíbrio	74
3.4.3.8.	Simulação 4D	76
3.4.3.9.	Reflexão dos resultados	77
3.5.	Introdução de alterações no decorrer da Obra	78

3.5.1.	Cenário de teste 1	78
3.5.1.1.	Teste 1 no Navisworks®	79
3.5.1.2.	Teste 1 no Synchro® Pro	82
3.5.1.3.	Teste 1 no Vico Office®	85
3.5.2.	Cenário de teste 2	88
3.5.2.1.	Teste 2 no Navisworks®	88
3.5.2.2.	Teste 2 no Synchro® Pro	91
3.5.2.3.	Teste 2 no Vico Office®	95
3.5.3.	Cenário de teste 3	99
3.5.3.1.	Teste 3 no Navisworks®	99
3.5.3.2.	Teste 3 no Synchro® Pro	101
3.5.3.3.	Teste 3 Vico Office®	105
3.5.4.	Cenário de teste 4	108
3.5.4.1.	Teste 4 no Navisworks®	108
3.5.4.2.	Teste 4 no Synchro® Pro	110
3.5.4.3.	Teste 4 Vico Office®	113
3.6.	Análise comparativa dos <i>Softwares</i>	116
4.	CONCLUSÃO.....	121
5.	BIBLIOGRAFIA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índice de produtividade da construção relativamente a outras indústrias desde 1964 (NIBS 2007).....	1
Figura 2 Parte de WBS de uma obra de um edifício (Formoso et al. 2001).....	8
Figura 3 Método do caminho crítico representado num gráfico de <i>Gantt</i>	9
Figura 4 Divisão de um projeto por níveis (VICO 2015).....	11
Figura 5 Divisão de um projeto, em localizações- divisão em zonas (VICO 2015).....	11
Figura 6 Gráfico da linha de equilíbrio (Sousa & Monteiro 2011).....	12
Figura 7 Identificação de lacunas no Planeamento através da linha de equilíbrio (Jongeling & Olofsson 2007).....	13
Figura 8 Otimização de um planeamento em linha de equilíbrio.....	14
Figura 9 Matriz de controlo de produção através de uma LOB (ndBIM 2015).....	15
Figura 10 Visualização do planeado, real e previsto na LOB (ndBIM 2015).....	15
Figura 11 Comparação de <i>Gantt</i> com LOB e otimização (ndBIM 2015).....	17
Figura 12 <i>BuildingSMART</i> : Triângulo padrão (BuildingSMART 2014).....	19
Figura 13 Histórico das versões IFC (BuildingSMART 2015c).....	20
Figura 14 Fluxo de utilização de um ficheiro BCF(Mogollon 2015).....	21
Figura 15 Diferenças entre LOD (Maritan 2014).....	23
Figura 16 Simulação 4D, no <i>software</i> Synchro® Pro (Synchro 2015b).....	24
Figura 17 Detalhe de uma parede.....	25
Figura 18 Processo BIM 4D (adaptado:(Eastman et al. 2011)).....	25
Figura 19 Utilização de Modelo 4D para coordenação de projetos(Tekla 2015).....	26
Figura 20 Matriz de controlo de produção, <i>software</i> Vico® Office (ndBIM 2015).....	27
Figura 21 Detecção de conflito entre tubagens MEP (Rendeiro 2015).....	28
Figura 22 Modelo BIM da organização do estaleiro (Matos 2014).....	29
Figura 23 Simulação 4D do caso de estudo, no <i>software</i> Synchro® Pro.....	29
Figura 24 Simulação construtiva do One Angel Court (Synchro 2015a).....	31
Figura 25 Processo de tentativas para encontrar um planeamento sem conflitos (Synchro 2015a).....	32
Figura 26 Piso em destaque a ser demolido (Synchro 2015a).....	32
Figura 27 Corte tipo do Edifício do caso de estudo.....	39
Figura 28 Planta tipo do Subsolo do Edifício do caso de estudo.....	40
Figura 29 Planta do piso tipo das torres A e B do Edifício do caso de estudo.....	41
Figura 30 Tarefas resumo do planeamento do Edifício do caso de estudo.....	42
Figura 31 Fluxo trabalho no Autodesk® Navisworks.....	42
Figura 32 <i>Selection tree</i> do Navisworks® com os objetos com nome de código, no Navisworks®.....	44
Figura 33 Janela de propriedades IFC com campo <i>Name</i> com código não nomeado pelo utilizador, no Navisworks®.....	45
Figura 34 <i>Selection tree</i> do Navisworks® com os objetos já renomeados, no Navisworks®.....	46
Figura 35 Caminho seguido para importar o cronograma de MS Project®, no Navisworks®.....	46
Figura 36 Atualização do Planeamento através do Ficheiro MS Project® importado, no Navisworks®.....	47
Figura 37 Exemplo de gráfico de <i>Gantt</i> no Navisworks®.....	47
Figura 38 Exemplo de <i>auto-attach</i> (2) entre <i>sets</i> (3) e tarefas (1) no Navisworks®.....	48
Figura 39 Exemplo de utilização da ferramenta <i>find items</i> na localização de objetos, no Navisworks®.....	49

Figura 40 Exemplo de ligação dos objetos localizados pelo "find Items" aos sets, no Navisworks [®]	50
Figura 41 Exemplo da simulação construtiva deste caso de estudo em Navisworks [®]	51
Figura 42 Fluxo de Trabalho no Synchro [®] Pro	52
Figura 43 Exemplo de todos os ficheiros .ifc que constituem o modelo, no Synchro [®] Pro.....	53
Figura 44 Janelas de recursos e objetos com nomes de código, no Synchro [®] Pro.....	54
Figura 45 Janelas de recursos e objetos com nomes dos layers a que pertencem, no Synchro Pro	55
Figura 46 Exemplo do processo de importação de ficheiro MS Project [®]	56
Figura 47 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro [®] Pro	56
Figura 48 Exemplo de gráfico de Gantt, no Synchro [®] Pro	57
Figura 49 Janela do Navegador, Janela de Recursos, Janela de Objetos (da esq. para a dir.), no Synchro [®] Pro	58
Figura 50 Exemplo da utilização da ferramenta "Encontrar objetos 3D", no Synchro [®] Pro.....	59
Figura 51 Exemplo da janela Navegador como filtro "Sapatos", no Synchro [®] Pro.....	60
Figura 52 Exemplificação de seleção de objetos atribuídos a uma tarefa, no Synchro [®] Pro	61
Figura 53 Exemplo de utilização de filtros na visualização 3D	61
Figura 54 Exemplo da simulação construtiva deste caso de estudo, no Synchro [®] Pro	62
Figura 55 Fluxo de trabalho, no Vico Office [®]	64
Figura 56 Importação e ativação dos modelos, no Vico Office [®]	65
Figura 57 Regras de organização e quantidades, no Vico Office [®]	66
Figura 58 Quantidades do modelo no takeoff model, no Vico Office [®]	66
Figura 59 Importação da estrutura de orçamento, no Vico Office [®]	67
Figura 60 Associação de Elementos da folha de MS Excel com elementos do Cost Planner, no Vico Office [®]	68
Figura 61 Estrutura de orçamento no Cost Plan,, no Vico Office [®]	68
Figura 62 Layout para associação de elementos ao orçamento, no Vico Office [®]	69
Figura 63 Associação de elementos e respetivas quantidades ao orçamento, no Vico Office [®] .	70
Figura 64 Floor Split, ferramenta de criação de níveis, no Vico Office [®]	71
Figura 65 Divisão por zonas no subsolo, no Vico Office [®]	71
Figura 66 LBS Manager com as Zonas e níveis criados, no Vico Office [®]	72
Figura 67 Copiar tarefas do cronograma para colar no Task Manager, no MS Project [®]	73
Figura 68 Inserção das tarefas no Task Manager, no Vico Office [®]	73
Figura 69 Associação do orçamento às tarefas, no Vico Office [®]	74
Figura 70 Quadro de tarefa onde contem todas as informações, no Vico Office [®]	75
Figura 71 Parte de planeamento em Linha de Equilíbrio.....	75
Figura 72 Configuração da Legenda da simulação 4D, no Vico Office [®]	76
Figura 73 Preenchimento do 4D Tak Groups com as tarefas, no Vico Office [®]	76
Figura 74 Simulação construtiva no Vico Office, no Vico Office [®]	77
Figura 75 Definição de zonas de trabalho nos subsolos	79
Figura 76 Exemplo de incompatibilidades optando pela primeira opção, no MS Project [®]	80
Figura 77 Agrupamento das tarefas através de tarefas resumo, no MS Project [®]	80
Figura 78 Exemplo do TimeLiner com o cronograma atualizado mas sem attaches, no Navisworks [®]	81
Figura 79 Exemplo da TimeLiner do cenário de teste 1 concluído, no Navisworks [®]	82
Figura 80 criação da tarefa resumo, no Synchro [®] Pro.....	83
Figura 81 Agrupamento das tarefas através de tarefas resumo, no Synchro [®] Pro.....	83
Figura 82 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project [®] , no Synchro [®] Pro.....	84

Figura 83 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro [®] Pro.....	84
Figura 84 Exemplo de Planeamento exportado do Synchro [®] Pro para MS Project [®]	85
Figura 85 Divisão de zonas inicial no <i>LBS Management</i> , no Vico Office [®]	85
Figura 86 Divisão de zonas no <i>LBS Management</i> , no Vico Office [®]	86
Figura 87 Reativação do modelo no <i>Model Management</i> , no Vico Office [®]	87
Figura 88 Divisão final de zonas no <i>LBS Management</i> , no Vico Office [®]	87
Figura 89 Exemplo de tarefas a eliminar, no MS Project [®]	88
Figura 90 Exemplo de troca de dependências das tarefas a eliminar, no MS Project [®]	89
Figura 91 Exemplo de eliminação das tarefas de forro de gesso, no MS Project [®]	90
Figura 92 Exemplo do <i>TimeLiner</i> com o cronograma atualizado mas sem <i>attaches</i> , no Navisworks [®]	90
Figura 93 Exemplo da <i>Timeliner</i> do cenário de teste 2 concluído, no Navisworks [®]	91
Figura 94 Exemplo de troca de dependências das tarefas a eliminar, no Synchro [®] Pro.....	92
Figura 95 Exemplo de eliminação das tarefas de forro de gesso, no Synchro [®] Pro.....	93
Figura 96 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project [®] , no Synchro [®] Pro	93
Figura 97 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro [®] Pro.....	94
Figura 98 Exemplo do Planeamento exportado do Synchro [®] Pro para MS Project [®]	94
Figura 99 Quadro de tarefa, dependências da tarefa, no Vico Office [®]	95
Figura 100 Gráfico de <i>Gantt</i> , eliminação da tarefa, no Vico Office [®]	96
Figura 101 Quadro de tarefa, verificação das dependências, no Vico Office [®]	96
Figura 102 Filtro de tarefas, deixa visível apenas o desejado, no Vico Office [®]	97
Figura 103 Criação de dependências na linha de equilíbrio, no Vico Office [®]	97
Figura 104 Quadro de dependências, no Vico Office [®]	98
Figura 105 Linha de equilíbrio com atividades com dependências criadas, no Vico Office [®]	98
Figura 106 Parte do planeamento a ser alterado, no MS Project [®]	99
Figura 107 Parte do planeamento já alterado, no MS Project [®]	100
Figura 108 Exemplo do <i>TimeLiner</i> com o cronograma atualizado mas sem <i>attaches</i> , no Navisworks [®]	100
Figura 109 Planeamento modificado e com <i>attachés</i> , no Navisworks [®]	101
Figura 110 Gráfico de <i>Gantt</i> após alteração da predecessora do pavimento 10, no Synchro [®] Pro	102
Figura 111 Gráfico de <i>Gantt</i> após reprogramação do projeto, no Synchro [®] Pro.....	102
Figura 112 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project [®] , no Synchro [®] Pro.....	103
Figura 113 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro [®] Pro.....	104
Figura 114 Exemplo do Planeamento exportado do Synchro [®] Pro para MS Project [®]	104
Figura 115 Linha de equilíbrio com tarefa a modificar, no Vico Office [®]	105
Figura 116 Ferramenta <i>Split</i> , que divide tarefas, no Vico Office [®]	106
Figura 117 Linha de equilíbrio com tarefa dividida em duas tarefas, no Vico Office [®]	106
Figura 118 Gráfico de <i>Gantt</i> com dependência entre as duas tarefas, no Vico Office [®]	107
Figura 119 Resultado do teste 3, no Vico Office [®]	107
Figura 120 Parte do Planeamento a modificar, no MS Project [®]	108
Figura 121 Parte do cronograma que foi invertida ordem de execução, no MS Project [®]	109
Figura 122 Exemplo do <i>TimeLiner</i> com cronograma atualizado mas sem <i>attaches</i> , no Navisworks [®]	109
Figura 123 Exemplo da <i>TimeLiner</i> do cenário de teste 4 concluído, no Navisworks [®]	110
Figura 124 Cronograma com a indicação de folgas depois de eliminar células das predecessoras, no Synchro [®] Pro.....	111
Figura 125 Gráfico de <i>Gantt</i> após reprogramação do projeto, no Synchro [®] Pro.....	111

Figura 126 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project [®] , no Synchro [®] Pro.....	112
Figura 127 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro [®] Pro.....	112
Figura 128 Exemplo de Planeamento exportado para Synchro Pro, no MS Project [®]	113
Figura 129 Linha de equilíbrio com filtro de tarefas ativo, no Vico Office [®]	113
Figura 130 Quadro de tarefa, no Vico Office [®]	114
Figura 131 Quadro de tarefa após opção reverse, no Vico Office [®]	114
Figura 132 Linha de equilíbrio com tarefa da torre B invertida, no Vico Office [®]	115
Figura 133 Linha de equilíbrio com sentido de tarefa invertido, no Vico Office [®]	115

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Principais ferramentas BIM 4D (<i>Eastman et al. 2011</i>)	33
Tabela 2 Comparação de <i>softwares</i> na criação de Planeamento	118
Tabela 3 Comparação de <i>softwares</i> nos cenários de testes	120

SIGLAS E ACRÓNIMOS

3D – Tridimensional

4D – 3D + variável “tempo”

AEC – Arquitetura Engenharia e Construção

AIA – American Institute of Architects

BCF – BIM Collaboration Format

BIM – Building Information Modeling

CPM – Método do Caminho Crítico

GSA – General Services Administration

IDM – Information Delivery Manual

IFC – Industry Foundation Class

IFD – International Framework for Dictionaries

LOB – Método da Linha de Equilibrio

LOD – Level of Development

NIBS – National Institute of Building Sciences

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

WBS – Work Breakdown Structure

WWP – Weekly Work Plan

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Ao longo da história, o setor da construção sempre foi um grande impulsionador da evolução tecnológica, no entanto, este estatuto foi-se perdendo progressivamente, sendo que na atualidade, tal afirmação não poderia encontrar-se mais distante da realidade. A indústria da construção foi seguramente um dos setores mais afetados pela crise económica na Europa (Fontes 2014).

No entanto a indústria da construção ainda tem uma importância considerável na economia de cada país e Portugal não é exceção (Martins 2008). Além de todo o peso que o setor ainda representa na economia, a construção civil desempenhou durante a mesma época um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico que desde então se tem perdido para outras atividades industriais (Martins 2009)

Recentemente, estudos revelam que a produtividade das empresas do setor da construção é consideravelmente mais baixa do que a do resto da economia. Analisando o gráfico representado na Figura 1, que indica para uma evolução ao longo das últimas quatro décadas revela mesmo que, apesar de todo o progresso tecnológico verificado, a produtividade na construção, tem sofrido ligeiras quedas enquanto a produtividade das restantes indústrias mais que duplicou.

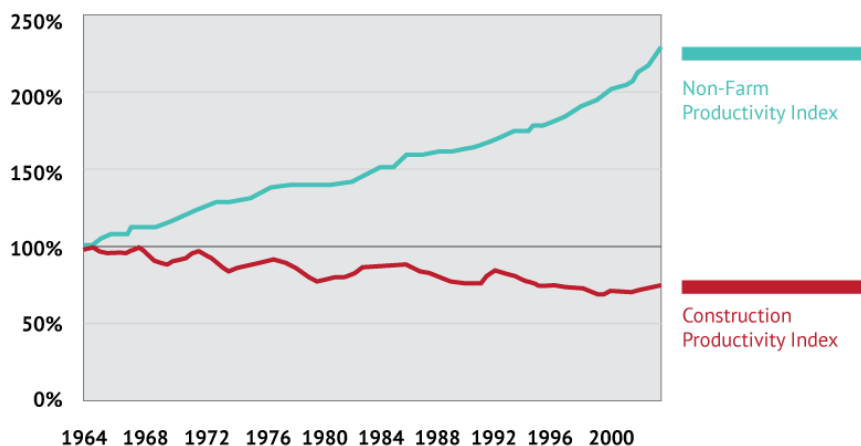


Figura 1 Índice de produtividade da construção relativamente a outras indústrias desde 1964 (NIBS 2007)

1.2. Objetivos da dissertação

Esta dissertação tem como principal objetivo estudar várias aplicações BIM para o Planeamento, e avaliar a sua aplicabilidade à realidade das nossas obras. Três *softwares* BIM 4D serão submetidos a cenários reais de obra de forma a analisar a sua capacidade de responder à dinâmica destes ambientes em tempo útil. Nestes testes será sempre tido em conta o nível de detalhe exigido, os prazos reduzidos para execução desses planeamentos e as constantes mudanças a que estão sujeitos ao longo da obra.

Os planeamentos de projetos de construção são por norma de elevado grau de complexidade e envolvem o conhecimento aprofundado quer do projeto, quer das atividades a ser realizadas. Desta forma outro dos objetivos passou por utilizar o planeamento realizado pela empresa parceira nesta dissertação, ndBIM, em outros dois *softwares* BIM 4D.

1.3. Estrutura da dissertação

De forma a sintetizar os conteúdos abordados na presente dissertação optou-se pela divisão dos temas em 4 capítulos cada um com subcapítulos. A descrição sumária relativa a cada capítulo é exposta nos parágrafos seguintes:

No primeiro capítulo, INTRODUÇÃO, é feito um enquadramento geral relativo à produtividade da indústria AEC e a adoção de ferramentas BIM. São ainda apresentados os objetivos pretendidos bem como a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo, ESTADO DA ARTE, está dividido em dois subcapítulos, o primeiro Planeamento e Controlo de Projetos de Construção e o segundo BIM. Este capítulo pretende expor a revisão bibliográfica relativa a cada tema.

No primeiro subcapítulo Planeamento e Controlo de Projetos de Construção, são explorados temas relativos ao planeamento e controlo. São identificados métodos de planeamento e controlo, e comparação entre dois métodos.

Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

No segundo subcapítulo, BIM, o autor faz uma abordagem ao BIM expondo conceitos básicos, novos formatos que surgiram com o BIM, problemas de interoperabilidade e níveis desenvolvimento. Na segunda parte do subcapítulo é abordado mais em pormenor o BIM 4D explorando as suas aplicações vantagens, exemplificando com um caso de estudo.

No terceiro capítulo, CASO DE ESTUDO, pretende-se demonstrar de forma prática a aplicação do processo BIM 4D. Na primeira metade exemplificou-se a sua aplicação na criação de um planeamento 4D. Na segunda parte recorreu-se aos planeamentos 4D criados e testou-se cenários de mudança aferindo a flexibilidade dos mesmos. Por fim foi feita um levantamento de resultados e comparados resultados, o autor apresenta conclusões que retira de todo o trabalho desenvolvido.

No quarto capítulo, CONCLUSÃO, o autor apresenta as suas perspetivas relativas a futuros desenvolvimentos no domínio do BIM. São também enumeradas alguns trabalhos desenvolvidos no decorrer da realização da dissertação.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Planeamento e controlo de projetos de construção

O Planeamento na construção é um processo imprescindível para a gestão e execução dos projetos. A visão tradicional do projeto está muito associada à fase de execução. Todavia, um bom projeto começa por uma correta definição de objetivos, por uma adequada preparação da fase de execução, que será tanto mais fácil quanto as primeiras fases tenham sido bem planeadas, podendo mesmo dizer-se que só um projeto elaborado na fase de preparação previne surpresas desagradáveis durante a execução e no final. É uma tarefa que deve ser executada com o máximo de profissionalismo e recorrendo a ferramentas que nos possam ajudar a tomar as melhores decisões.

Neste capítulo procura-se explorar alguns conceitos fundamentais que servirão de base ao caso de estudo exposto no capítulo 3.

2.1.1. Planeamento

Um bom planeamento de projetos envolve evitar problemas, enfrentar novos caminhos, gerir grupos de pessoas e tentar alcançar objetivos muito claros com rapidez e eficiência (Alshawi & Ingirige, 2003). O projeto só pode iniciar-se quando se sabe exatamente o que se vai produzir. É a partir daí que se traça o caminho, numa primeira fase de forma concisa e apenas baseada em eventos com datas de conceção definidas (Ferreira 2011).

Planear uma obra consiste em definir um conjunto de atividades e anexa-las a um calendário, decompondo a obra em tarefas elementares e definir para cada uma delas datas de início, datas de fim e folgas de realização (Faria 2009). A capacidade de entregar uma obra de forma mais rápida tem vindo a tornar-se um elemento cada vez mais importante para ganhar concursos, contudo, é crucial que o planeamento da mesma seja feito de forma realista para minimizar a possibilidade de disputas entre o dono de obra e o empreiteiro, elevadas indemnizações e enormes prejuízos (Eshtehardian et al. 2008)

O planeamento na construção é um processo fundamental para a gestão e execução dos projetos. Aborda diversos temas que abrangem toda a atividade da construção, como por exemplo, os processos de construção, a definição das atividades, a estimativa das durações e escolha dos recursos necessários e identificação das relações de sequência das atividades.

Como suporte a uma boa orçamentação e calendarização dos trabalhos, o planeamento é uma ferramenta essencial. O plano de trabalhos contém toda a informação necessária para a gestão da obra, das atividades críticas, dos recursos utilizados e de todos os elementos necessários para o sucesso da gestão de projetos. Um planeamento ineficiente pode implicar consequências desastrosas quer em termos de atraso, má execução ou financeiros.

Com este propósito, é necessário planear a obra tanto a nível de cumprimento de calendário, como de gestão de recursos humanos e materiais. Com isto é possível realizar uma análise de possíveis problemas que possam ocorrer em fases avançadas da obra. Este estudo possibilita encontrar soluções que se refletem na minimização dos custos e no cumprimento do orçamento e prazos definidos.

As ferramentas informáticas de planeamento de obra que tradicionalmente são usadas no planeamento de construção, como MS Project[®], Primavera[®] Sure Track ou P3 e Candy CCS, não comunicam de forma efetiva os aspetos temporais e espaciais. Estas ferramentas quando são sujeitas a alterações de planeamento rápidas, não facilitam o trabalho dos gestores de obra, consumindo tempo e dinheiro, levando a derrapagens orçamentais. No capítulo 3 procurou-se com adoção de ferramentas BIM resolver algumas destas lacunas.

2.1.2. Controlo

Planear não é uma tarefa que fique concluída de uma vez para sempre. Pelo contrario, há que planear e refazer o planeado sempre que existam alterações efetivas ou previsíveis. Por outro lado, na fase de construção, controlar é uma função que não se pode reduzir à mera recolha de dados, que acumulados e agrupados de diversas formas servem apenas para constatar fatos irreversíveis e portanto é necessário utilizar esses dados para utilizar na melhoria contínua da taxa de produção das diversas atividades.

É necessário assegurar um controlo das atividades assegurando os prazos previstos no planeamento. Assim, controlando e implementando processos de melhoria continua, é possível evitar atrasos ou detetar pontos da obra onde é necessário o reforço de mão-de-obra para garantir o cumprimento do calendário.

Posto isto, surgem então novas oportunidades nos processos de acompanhamento de obra ligados à computação móvel, esta pode aumentar o trabalho de campo e aumentar a produtividade da gestão da construção (Pascoe et al. 1998). Embora todas as potencialidades existentes neste domínio, as aplicações precisas e em tempo real para efetuar o controlo de obra permanecem ainda algo indefinidas, dada a complexidade de processos, o número de participantes e a variedade de circunstâncias, equipamentos e materiais envolvidos numa construção (Seppänen et al. 2010).

O controlo de uma obra garante a qualidade de execução, mas também permite à empresa um maior grau de confiança na base de dados realizada no controlo de casos reais realizados pela empresa e com os recursos da empresa.

2.1.3. Métodos de planeamento e controlo

2.1.3.1. Plano estruturado de projeto - *Work Breakdown Structure* (WBS)

Uma maneira de se estabelecer uma relação padronizada de forma hierarquizada das metas dos vários níveis de detalhe adotados para o planeamento é a estrutura da *Work Breakdown Structure* (WBS). A WBS pode ser definida como uma estrutura de decomposição da obra em vários subsistemas, estabelecendo hierarquias entre as atividades que a compõem. Este agrupamento tem como objetivo definir e organizar todo o projeto, para facilitar o processo de gestão, atribuir responsabilidade, criar subcontratos e definir fases de trabalho (Formoso et al. 2001)

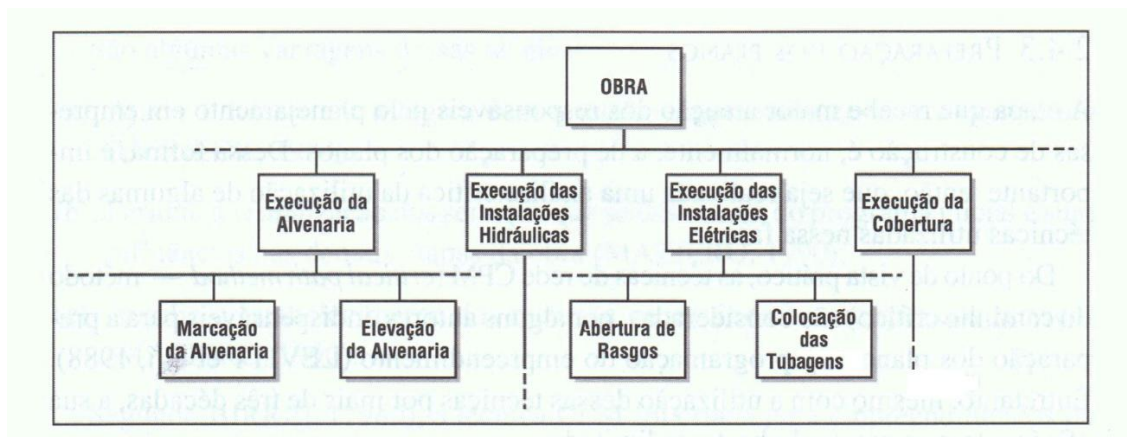


Figura 2 Parte de WBS de uma obra de um edifício (Formoso et al. 2001)

A definição de uma WBS permite uma estruturação da distribuição das atividades ao longo do projeto.

Estruturalmente o nível mais alto da WBS corresponde ao projeto inteiro, depois formam-se outros níveis constituídos por subníveis até que se chegue ao nível da atividade. O significado de todos os itens dos níveis mais baixos deve ser similar. É importante definir o nível mais baixo da WBS de maneira a que se facilite o planeamento, a execução e o controlo das atividades do projeto como um todo (Formoso et al. 2001).

Cada projeto pode ser dividido num número maior ou menor de tarefas, podendo algumas delas não ter uma materialização física. O grau de subdivisão é arbitrário, no entanto o número de níveis que se utiliza na elaboração da WBS deve ser cuidadoso, não se prolongando exageradamente, o que pode gerar um enorme consumo de recursos no controlo, isto é, a divisão excessiva deve ser evitada.

2.1.3.2. Método do caminho crítico (CPM)

O método do caminho crítico é a técnica vulgarmente utilizada pelos profissionais da construção para planear projetos. O processo de encadeamento é simples, é necessário estabelecer as dependências, sucessoras e predecessoras, entre as atividades criando uma sucessão lógica. A representação gráfica do método, habitualmente é feita com base num

gráfico de rede de atividades, designado gráfico de *Gantt* em que o eixo X representa o tempo, e o eixo Y representa a atividade, como se pode observar na Figura 3.

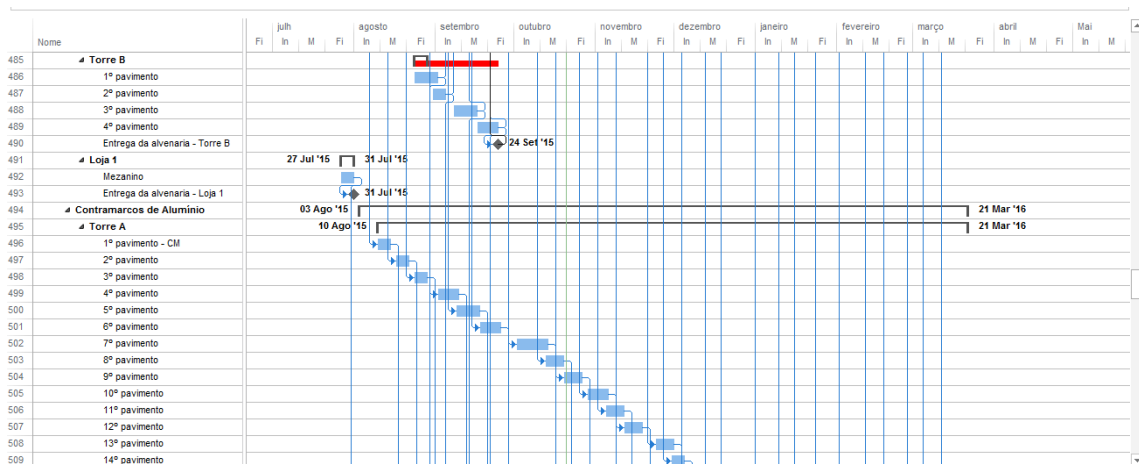


Figura 3 Método do caminho crítico representado num gráfico de *Gantt*

Atualmente, os gráficos de *Gantt* são o padrão da indústria AEC na representação de planeamentos de projetos. A leitura destes gráficos é bastante simples, as tarefas são dispostas em função do tempo de forma direta. De outro ponto de vista, podem ainda ser relacionadas mais informações, como escalas de tempo, recursos, custos, entre outras. Em contrapartida os gráficos não contém representação de localizações, na representação de continuidade das tarefas, na visualização de dependências, na otimização do planeamento, na movimentação das equipas, e na compreensão completa da obra.

Um dos trunfos que torna o CPM apelativo é a simplicidade da técnica, por outro lado, alguns aspetos são tidos como subentendidos e outros são desconsiderados para que o resultado seja mais elementar. O processo de planeamento centra-se particularmente na divisão das atividades, sendo o fluxo de trabalho e a gestão da cadeia de fornecimento pressupostos tidos como garantidos (Jongeling & Olofsson 2007), ou seja, o método toma como garantido que as atividades da construção do planeamento correspondem à forma como o fluxo de trabalho da construção se processa (Ballard & Howell 2003). Resumindo, no CPM não são tidos em conta as localizações, as taxas de produção, entre outros. As atividades são planeadas com base em trabalhos de execução associados a elementos (ex: betão armado em Lajes) e só depois se olha para a planta para analisar como esse trabalho será distribuído por todo o edifício (Jongeling & Olofsson 2007), restringindo deste modo o diagnóstico de potenciais erros ou possíveis aprimoramentos e tornado o processo suscetível a diferentes interpretações.

2.1.3.3. Método da linha de equilíbrio (LOB)

Na última década, assinalou se uma notável evolução nos fundamentos do planeamento baseado em localizações à medida que os mesmos iam sendo aplicados no desenvolvimento de ferramentas informáticas.

A grande vantagem deste tipo de abordagem está na forma como se aproxima da evolução real do fluxo de trabalho numa cadeia de produção na construção. O Fluxo de recursos através de localizações e a capacidade de controlar a passagem entre atividades por localização, isto é, saber exatamente onde as equipas se localizam a dada altura, otimiza consideravelmente a gestão da construção em relação aos processos atuais (Kenley 2004). A esmagadora maioria dos métodos de planeamento baseados em localizações baseia-se na linha de equilíbrio.

A linha de equilíbrio, de uma forma geral, pode ser definida como uma metodologia gráfica de planeamento que permite ao planeador representar numa única vista, todas as atividades, executadas pelas várias equipas de trabalho em diferentes localizações (Kenley & Seppänen 2009).

Esta técnica permite uma maior compreensão da relação entre atividades, principalmente pela simplicidade em perceber rapidamente o que está acontecer no projeto e fazer uma comparação com o trabalho efetivamente realizado. Esta técnica é uma mais-valia na otimização e controlo da produção.

Os *softwares* que têm como base de planeamento o método LOB, permitem uma maior facilidade de divisão de recursos e atividades, pois permitem dividir o projeto por localizações. Assim até o controlo se torna mais eficaz sendo possível localizar as equipas de trabalho na obra para um dado momento. A Figura 4 exemplifica um projeto com localizações por pisos, recorrendo a um *software* BIM.

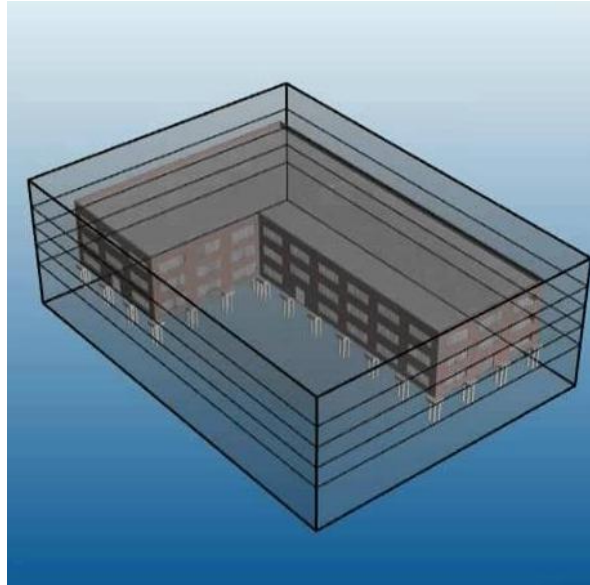


Figura 4 Divisão de um projeto por níveis (VICO 2015)

A aplicação da linha de equilíbrio inicia-se pela divisão da obra em localizações, seguindo-se a divisão das atividades em tarefas mais específicas. O primeiro processo de divisão da obra em localizações é a grande dificuldade da aplicação do método, na medida em que a configuração espacial de cada obra é única, sendo propensas as diferentes interpretações (Akbas 2004). Habitualmente existe uma divisão por pisos, no entanto, o tipo de divisão e o seu nível de detalhe fica ao critério de utilizador, podendo chegar a divisão de um elementos em vários elementos, como na Figura 5.

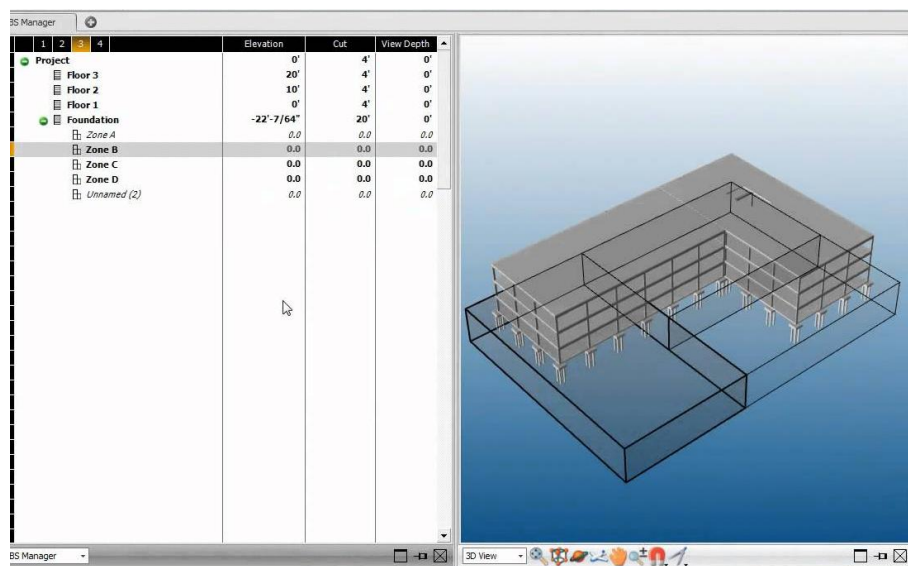


Figura 5 Divisão de um projeto, em localizações- divisão em zonas (VICO 2015)

Seguidamente, apresentada na Figura 6, encontra-se a representação gráfica da metodologia da linha de equilíbrio. No eixo vertical representam-se as localizações do projeto, no eixo horizontal o tempo, e as linhas representam as atividades. A inclinação das linhas revela a produtividade das atividades, sendo que quanto maior a inclinação, maior o rendimento.

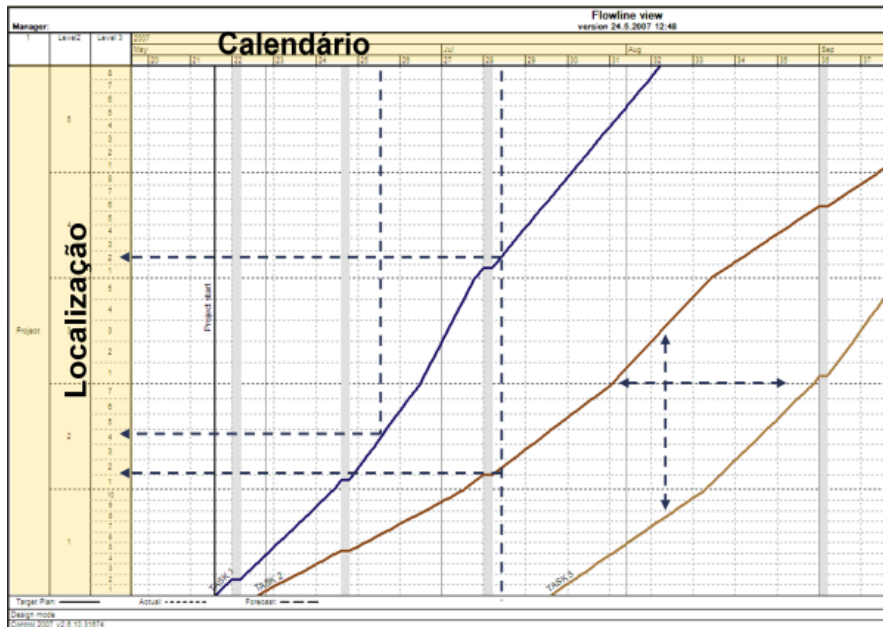


Figura 6 Gráfico da linha de equilíbrio (Sousa & Monteiro 2011)

O planeador com a linha de equilíbrio tem rapidamente acesso a um serie de informações:

- Atividades programadas para dada data ou localização;
- Intervalos temporais ou espaciais entre atividades;
- Taxa de produção;
- Descontinuidades nas atividades;
- Dependências entre as atividades;
- Comparação entre as atividades conforme planeado, conforme realizado e conforme previsto.

Assim, como se pode verificar na figura 7, a linha de equilíbrio permite identificar uma série de lacunas no planeamento identificadas com os seguintes números (Jongeling & Olofsson 2007):

1. Mesma atividade a ocorrer em diferentes localizações;
2. Diferentes atividades a decorrer ao mesmo tempo na mesma localização;
3. Atividades diferentes com prazo de finalização na mesma data e na mesma localização;
4. Diferentes atividades a começar ao mesmo tempo na mesma localização;
5. Localizações com elevados períodos de tempo sem qualquer atividade a decorrer;

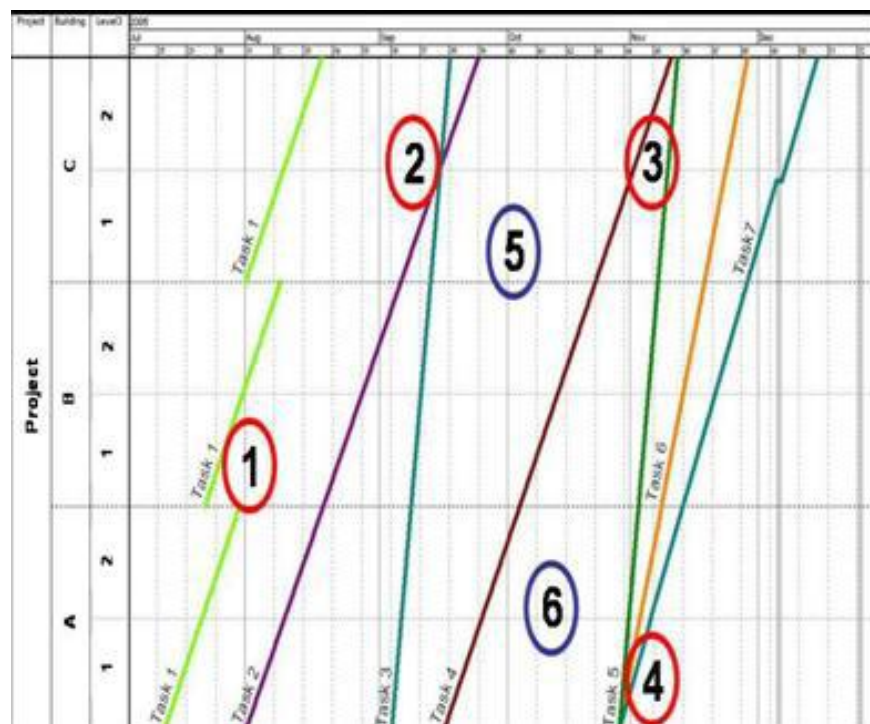


Figura 7 Identificação de lacunas no Planeamento através da linha de equilíbrio (Jongeling & Olofsson 2007)

Esta metodologia permite uma otimização simples e eficaz do planeamento. Para minimizar desvios numa linha de equilíbrio existem dois grandes princípios. Fomentar a continuidade das tarefas, isto é, não ter a mesma atividade a decorrer em diferentes localizações ao mesmo tempo, e sincronizar as taxas de produção para as várias atividades, ou seja, obter o máximo de linhas paralelas. Um planeamento otimizado em linha de equilíbrio (ver Figura 8)

caracteriza se pela continuidade das tarefas, pela taxa produção constante, pelos períodos temporais e espaciais adicionais para compensar eventuais atrasos, pelas folgas no início e fim das tarefas e pela divisão equitativa dos trabalhos no tempo.

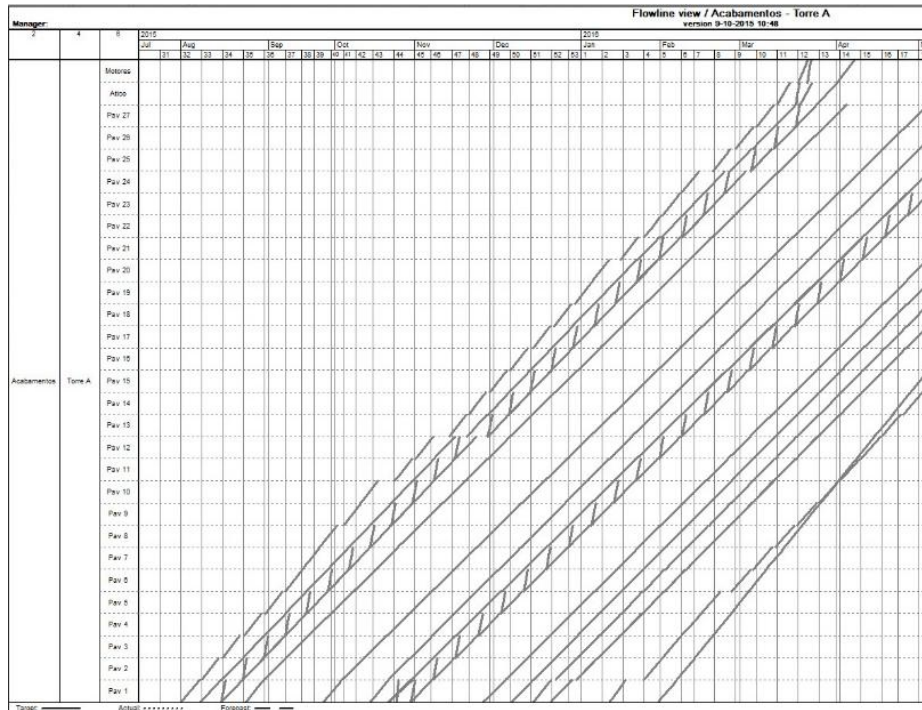


Figura 8 Otimização de um planeamento em linha de equilíbrio

A LOB permite também de uma forma eficaz efetuar o controlo da produção, introduzindo dados como prazos e quantidades que estão efetivamente a ser executadas em cada localização, para cada atividade.

Esta informação fica exposta numa matriz de controlo onde é possível visualizar as tarefas no eixo horizontal, as localizações no eixo vertical e em cada célula as datas de início e fim planeadas e as datas de início e fim reais ou percentagem executada. Esta informação, segundo a ndBIM (2015) é transposta para um código de cores para uma mais simples visualização e análise (ver Figura 9).

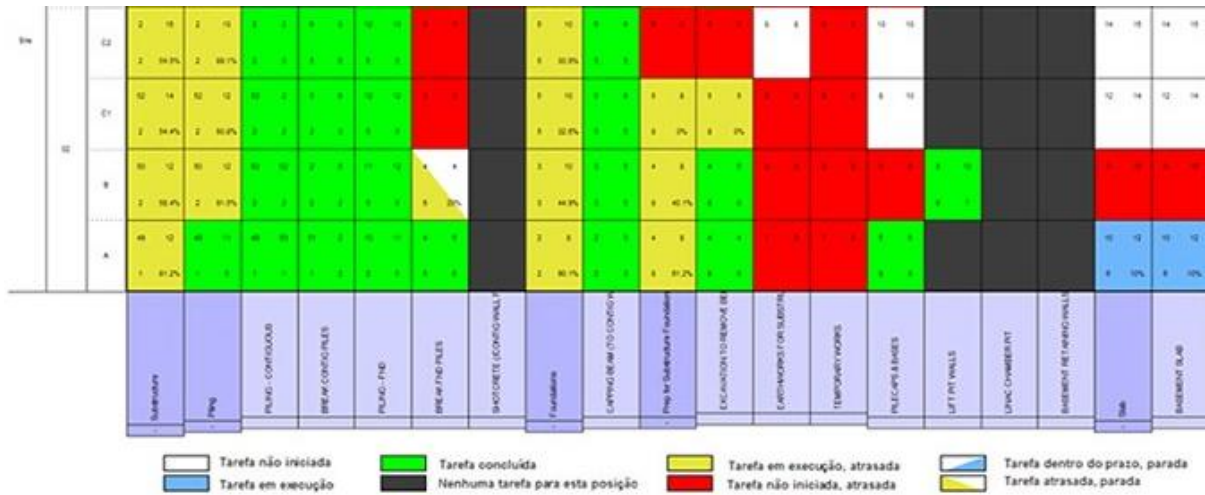


Figura 9 Matriz de controlo de produção através de uma LOB (ndBIM 2015)

Assim, é possível obter-se uma representação dos três cenários possíveis: o planeado, o real e o previsto. Com base na informação introduzida de trabalho executado, quantidades e tempo, a previsão é calculada, o que origina uma produtividade real que é aplicada ao trabalho ainda em falta, além de ter em conta as dependências existentes, como se pode verificar na Figura 10.

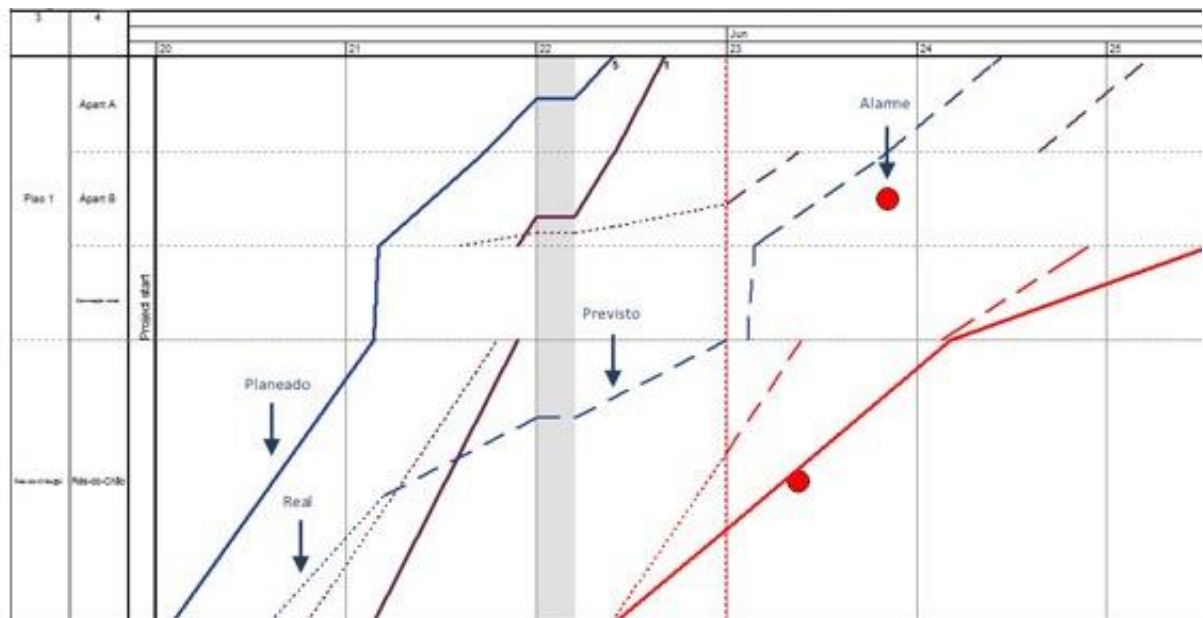


Figura 10 Visualização do planeado, real e previsto na LOB (ndBIM 2015)

De um modo geral, a linha de equilíbrio é uma boa metodologia para planear, embora não exiba se estão ou não reunidas condições para dada atividade poder ser iniciada, (Jongeling & Olofsson 2007).

2.1.3.4. Comparação entre CPM e LOB

Os métodos LOB e CPM diferenciam-se, principalmente, quanto à natureza do projeto ao qual poderão ser aplicados. Enquanto o LOB foi desenvolvido e, aplica-se adequadamente a qualquer tipo de projeto, o CPM adequa-se melhor a projetos em cadeia, assim, os responsáveis pelo planeamento têm-se dececionado com a aplicação do método CPM em projetos de construção. Atualmente, na construção em Portugal, a técnica CPM é o método de planeamento de projetos mais utilizado, afirmando-se como uma ferramenta de controlo de projetos que ganhou a confiança das empresas de construção (Couto 1998).

A vulnerabilidade do CPM é percebida aquando das mudanças de ordem sequencial ou mudanças de precedências das tarefas do projeto. Muitas mudanças ocorrem durante a execução de um projeto, e é essencial que o impacto dessas mudanças seja rapidamente calculado a fim de se obter um novo planeamento para a conclusão do projeto. A atualização dessas mudanças, no cronograma e diagramas de precedências CPM, embora existam ferramentas é uma tarefa árdua que demora algum tempo para quem está a planear. Na técnica LOB essa tarefa é razoavelmente fácil.

Em obra, muitas vezes é evitado a alteração dos planeamentos, devido ao facto de o planeamento apresentar um número de tarefas e ligações tal que a alteração de uma única atividade aumenta o risco de incumprimento do prazo estabelecido para a conclusão dos trabalhos. Com a LOB, é possível alterar o planeamento sem aumentar o risco, visto que com a alteração se tem imediatamente percepção das implicações, seja nas taxas de produção, na sobreposição de atividades, na aproximação das datas de início ou de fim, entre outras (Sousa & Monteiro 2011).

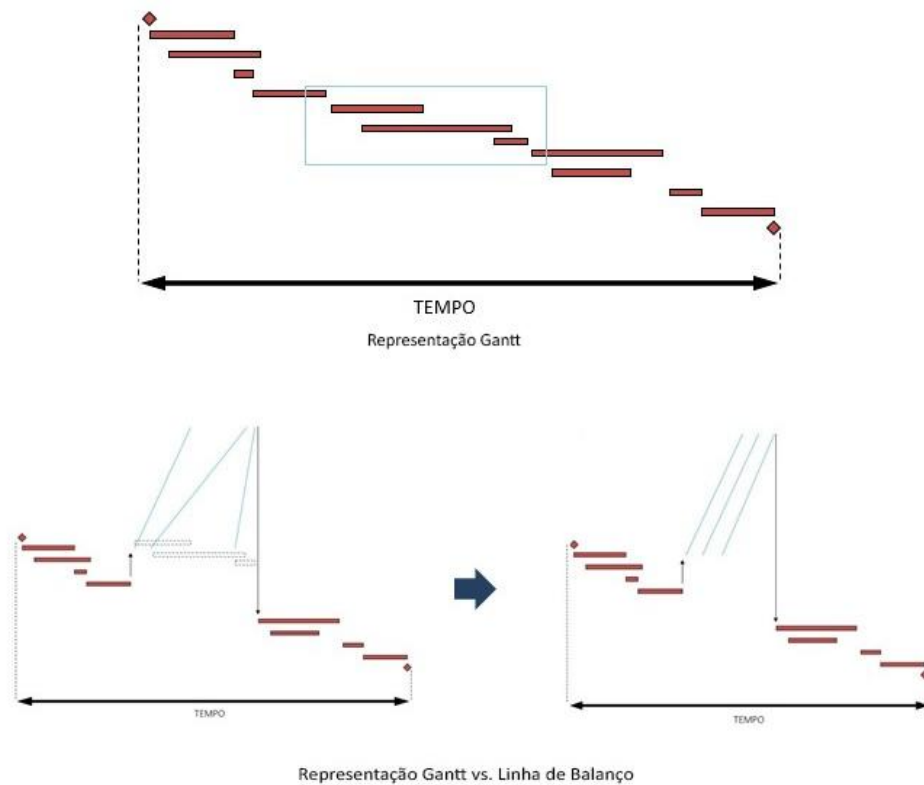


Figura 11 Comparação de *Gantt* com LOB e otimização (ndBIM 2015)

Na Figura 11, a título de exemplo, consideram-se três tarefas representadas num gráfico de *Gantt*. As tarefas foram convertidas para a representação da linha de equilíbrio e otimizadas de modo a que tarefas com precedências entre si tenham taxas de produção semelhantes, comprovando-se o resultado da aplicação dos pressupostos deste método (continuidade e taxa de produção similar), obtendo-se uma redução da duração total da obra sem aumentar o risco.

A LOB, pela facilidade de visualização e análise dos trabalhos, impulsiona uma otimização na gestão do projeto por recurso à alteração da produtividade das atividades, à continuidade dos trabalhos e ao melhor aproveitamento das localizações da obra ao longo da construção.

2.2. BIM

2.2.1 O que é BIM?

Existem muitas definições de *Building Information Modeling* (BIM). Para os autores do livro “*BIM Handbook*”(Eastman et al. 2011):

“ BIM representa uma mudança de paradigma que trará bastantes impactos e benefícios, não só para a indústria da construção como também para a sociedade em geral, pois melhores edifícios serão construídos que consumirão menos materiais e requererão menos recursos humanos e de capital de forma mais eficiente”.

Já no que diz respeito a um dos grandes fornecedores de *softwares* BIM, a Autodesk® define BIM como (Autodesk 2015):

“BIM é uma metodologia baseada num modelo inteligente que oferece uma nova visão que o ajuda a planejar, projetar, construir e gerir edifícios e infraestruturas”.

Quando se fala em BIM, é associado a uma representação de um modelo tridimensional. Na verdade, BIM é muito mais do que isso, BIM é uma metodologia de conceção e gestão de todas as informações num projeto, antes, durante e após a construção(Jr. et al. 2009).

A metodologia BIM assegura a partilha de dados entre todos o intervenientes em todas as fases do projeto. O modelo BIM pode ilustrar todo o ciclo de vida do edifício, desde a sua conceção e dimensionamento, até a sua demolição ou reutilização de espaços e materiais, o modelo é evolutivo (Jones et al. 2008). É possível gerar gráficos, desenhos relatórios, análises construtivas, simulações, deteções de conflitos e muitas mais informações que permitem ao gestor de projeto tomar decisões apoiadas em informações credíveis.

Na opinião do autor, a grande vantagem do BIM reside na quantidade ínfima de informação que um modelo pode conter. Esta metodologia oferece enormes ganhos de custo e tempo, muito maior precisão, estimativas muito mais precisas, evitando erros, correções à *posteriori*, e retrabalho devido a perda de informação. Mas adotar BIM envolve muito mais do que simplesmente mudança de *softwares*. Para usufruir de todos os benefícios que esta metodologia nos oferece, todos os intervenientes da indústria AEC terão de estar integrados e mudar processos de trabalho, para que BIM possa ser um processo colaborativo. BIM é um paradigma completamente novo.

2.2.2 Interoperabilidade

O conceito BIM assenta, essencialmente no trabalho colaborativo, numa metodologia de partilha da informação entre todos os intervenientes, durante as fases do ciclo de vida da edificação, nomeadamente entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional (Lino et al. 2012).

Na metodologia BIM, a interoperabilidade define-se como a capacidade da partilha de informação, bem como a capacidade de várias ferramentas trabalharem de forma colaborativa.

Atualmente, no setor da indústria AEC, cada interveniente possui ferramentas informáticas próprias onde cria a sua informação e procura estabelecer com cada um dos intervenientes a partilha dessa informação. No entanto, existe uma dificuldade de partilha de informação devido às ferramentas informáticas não conseguirem partilhar informação entre si, essencialmente por serem desenvolvidas por *software-houses* distintas, este é um dos grandes entraves ao uso do BIM. Assim a interoperabilidade surge como a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicações informáticas (Eastman et al. 2011).

Para resolver este problema de interoperabilidade, a *BuildingSmart*, uma instituição não lucrativa, criou em 1997 o formato livre IFC. Segundo a *BuildingSmart* a resolução da interoperabilidade resume-se a 3 fatores, IFC (*Industry Foundation Classes*), IFD (*International Framework for Dictionaries*) e IDM (*Information Delivery Manual*) como se indica a Figura 12.

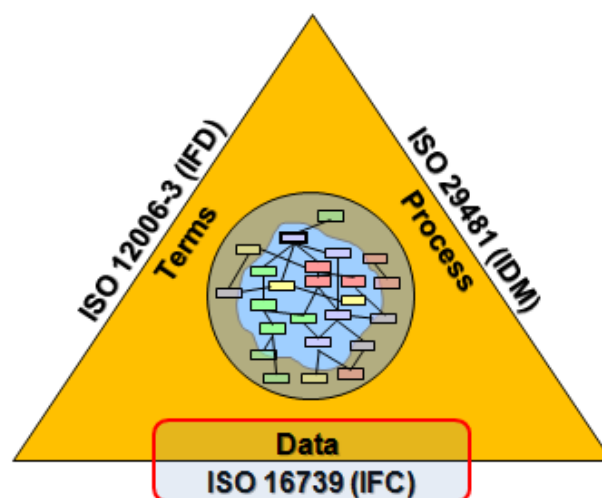


Figura 12 *BuildingSMART*: Triângulo padrão (BuildingSMART 2014)

Segundo (BuildingSMART 2015b) o IFD é de uma forma simplificada uma norma para uma base de dados terminológica. O conceito para a biblioteca IFD surge das normas internacionalmente reconhecidas e abertas que foram desenvolvidas pela ISO (*International Organization for Standardization*), sendo a mais importante a ISO 12006-3:2007).

O IDM é uma norma de processos especificados quando certo tipo de informação é necessário durante a construção de um projeto ou na gestão de um ativo construído. Fornece também especificação detalhada da informação que um determinado utilizador (arquiteto, engenheiro, etc.) precisa de fornecer numa determinada altura e agrupa as informações que são necessárias em atividades associadas: estimativa de custos, quantidade de materiais e planeamento de tarefas (BuildingSMART 2015d).

Por último o IFC é um formato aberto e independente, de armazenamento de dados, desenvolvido pela *BuildingSMART*, que permite a troca de informação entre diferentes *softwares* utilizados pelos vários intervenientes de projeto. A *BuildingSMART Alliance*, fundada em 2006 como uma expansão da *International Alliance for Interoperability*, tem trabalhado com o objetivo de definir um formato padrão para a interoperabilidade de dados. Para além desta missão, a *BuildingSMART Alliance*, em parceria com o *National Institute of Building Sciences*, está a implementar o uso de *standards* abertos que representam um ambiente neutro onde todos os intervenientes se podem juntar para desenvolver o nível de cadeia de valor da indústria (Jr. et al. 2009).

A primeira normalização do formato IFC foi lançada em 1997 e desde então, tem vindo a ser alvo de melhorias com o lançamento de novas versões, como se pode verificar no cronograma da Figura 13. A versão mais recente do modelo de dados da *BuildingSMART* é designada por IFC4, tendo sido lançado em março de 2013 (BuildingSMART 2015e).

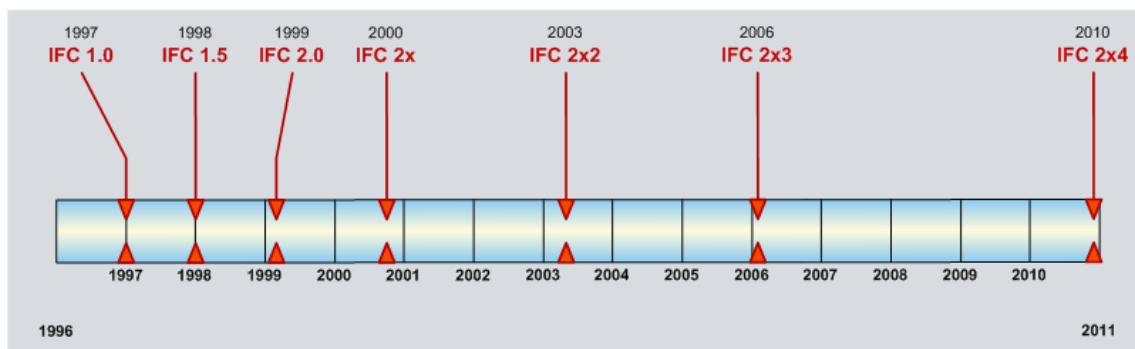


Figura 13 Histórico das versões IFC (BuildingSMART 2015c)

No caso de estudo abordado nesta dissertação foram detetadas algumas perdas de informação na importação de ficheiros em formato IFC do *software* Archicad® para os 3 *softwares* testados. A resolução do problema passou por testar vários tradutores até que a importação não perdesse informação.

2.2.3 BCF (BIM collaboration format)

Foi recentemente desenvolvido um novo ficheiro chamado BCF, um ficheiro de formato aberto que permite a melhoria da comunicação e colaboração entre *softwares* e intervenientes no projeto, através da codificação de mensagens que informam um interveniente ou *software* de um ou mais erros detetados por outro interveniente ou *software* (BuildingSMART 2015a).

Em termos práticos, o BCF funciona como uma base de dados de erros, avisos ou perspetivas identificadas no projeto por um interveniente e envia-os a outro interveniente sem que seja necessário o armazenamento dos elementos, mas apenas um relatório ou um *screenshot* (Mogollon 2015).

O ficheiro BCF pode conter *screenshots*, comentários e avisos que serão ligados aos elementos do edifício com base no esquema representado na figura 14.

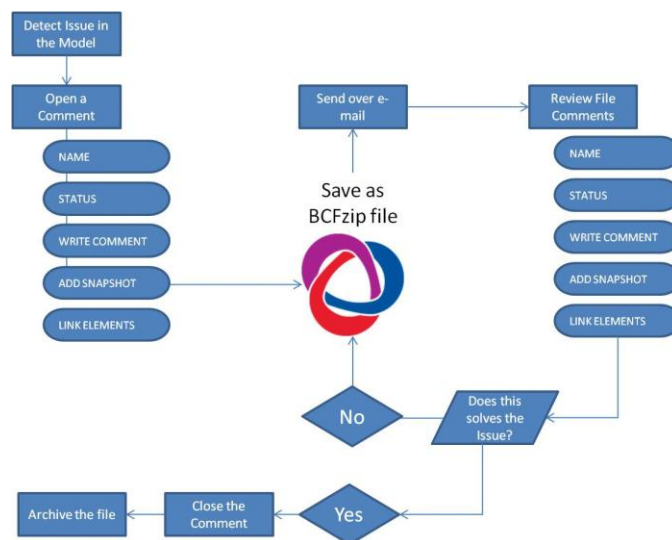


Figura 14 Fluxo de utilização de um ficheiro BCF(Mogollon 2015)

Este ficheiro de formato aberto é assim uma grande mais-valia na coordenação de projetos, melhorando a comunicação entre os diferentes intervenientes.

2.2.4 Nível de desenvolvimento- LOD

Level of Development (LOD), ou em português nível de desenvolvimento, é um critério desenvolvido pela AIA (*American Institute of Architects*) que define o grau de maturidade e integralidade de um modelo BIM nas diferentes etapas de um projeto. Este é usualmente definido por uma série progressiva de números que correspondem a crescentes níveis de desenvolvimento de um elemento num modelo BIM.

Os valores LOD foram estipulados no AIA *Document E202* sendo especificados cinco diferentes níveis de desenvolvimento, a saber (Reinhardt & Bedrick 2013):

- **LOD 100** – O elemento pode ser representado no modelo com um símbolo ou outra representação genérica. As informações referentes ao elemento podem derivar de outros elementos presentes no modelo;
- **LOD 200** – Este é um modelo ligeiramente mais desenvolvido e é representado graficamente como um sistema genérico, objeto ou conjunto. As suas especificações em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação não são minuciosas;
- **LOD 300** – O elemento é representado como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação;
- **LOD 350** – O elemento é representado como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação, tal como no nível anterior, acrescentando-se a interface com os outros sistemas do modelo;
- **LOD 400** – O elemento é representado graficamente como no LOD 350 mas com detalhes ao nível da fabricação, montagem, instalação e informação;

- **LOD 500** – Todos os elementos e sistemas do modelo são representados de acordo com a construção, até ao mais ínfimo detalhe. Pode ser considerada como a representação “*asbuilt*” da construção.

Os níveis de desenvolvimento, acima apresentados, podem também ser relacionados com as diferentes etapas da conceção e utilização de um edifício. Assim sendo, os primeiros três níveis são aplicados à fase de projeto, o seguinte à construção e o último à operação e manutenção do edifício (Silva 2013). Na Figura 15 observa-se um pequeno exemplo de diferenças entre LOD.

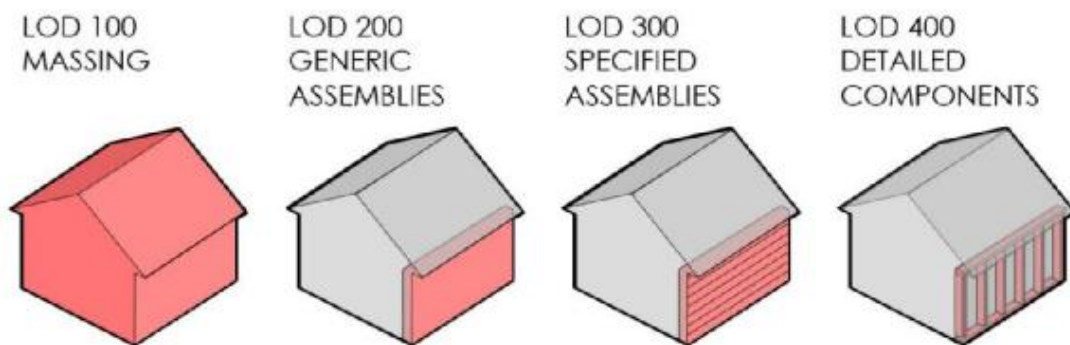


Figura 15 Diferenças entre LOD (Maritan 2014)

Nível de desenvolvimento vs nível de detalhe

É usual confundir-se nível de desenvolvimento e nível de detalhe apesar da existência de diferenças relevantes entre os dois. Sendo estes importantes conceitos na metodologia BIM torna-se relevante interpretá-los.

O nível de detalhe prende-se com o detalhe da representação visual incluída, ou a ser incluída, no elemento do modelo, enquanto o nível de desenvolvimento relaciona-se com o grau de informação que os elementos apresentam e que podem ser utilizados pelos membros integrantes do processo construtivo. Em suma, o nível de detalhe pode ser entendido como um “*input*” ao elemento, sendo o nível de desenvolvimento passível de ser considerado um “*output*” confiável.

2.2.5 BIM 4D

Segundo Monteiro & Martins (2011), um dos grandes vetores de desenvolvimento das ferramentas BIM, é a introdução da variável tempo, apelidada de quarta dimensão, nos modelos BIM. Esta dimensão é uma grande vantagem no planeamento e controlo na construção. Através da integração deste tipo de funcionalidade num modelo tridimensional BIM, surge assim o BIM 4D.

Habitualmente, para planear as atividades de construção os diagramas de barras e diagramas de rede são os mais utilizados, contudo estes métodos não consideram a configuração espacial relacionada com as atividades, nem vinculam as atividades a elementos do modelo. Assim, os modelos BIM 4D alteram a abordagem ao planeamento e controlo de obra, sendo considerada uma abordagem superior aos métodos tradicionais (Monteiro & Martins 2011).

Para colmatar as lacunas dos métodos tradicionais, o planeamento 4D, onde as atividades do mapa de trabalhos são associados a elementos da geometria 3D do modelo da empreitada, construindo assim uma simulação construtiva, visível em qualquer ponto da construção, como o exemplo da Figura 16.

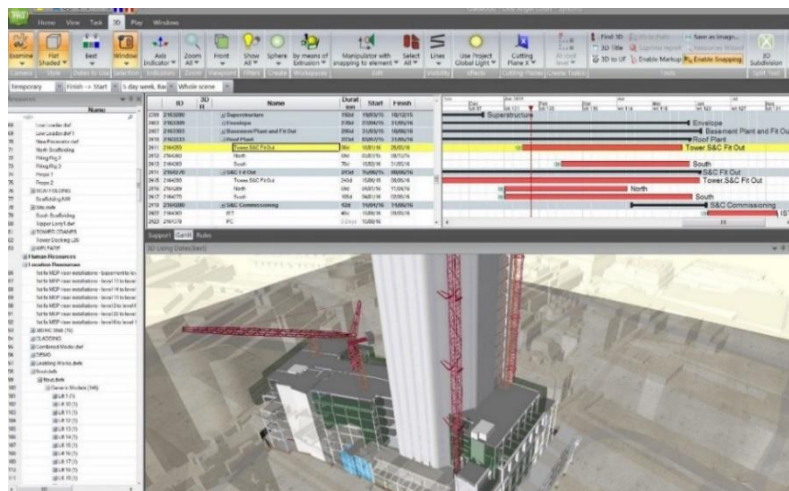


Figura 16 Simulação 4D, no *software* Synchro[®] Pro (Synchro 2015b)

O BIM 4D tem sido utilizado por gestores de projeto, engenheiros e equipas de direção técnica de obra para analisar e visualizar projetos, servindo de apoio à decisão na análise construtiva e de viabilidade do projeto, desenvolver estimativas e gerir recursos, e para comunicar e colaborar com todos os intervenientes do projeto (Monteiro & Martins 2011).

Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

Se o modelo BIM 3D for construído com finalidade de ser utilizado no planeamento 4D deve ser construído com o nível de detalhe do mapa de trabalhos. Por exemplo, para o faseamento construtivo de uma fachada, dependendo da solução utilizada, terá que ter o suporte de tijolo, o isolamento, a camada de regularização e o revestimento, pelo interior poderá ter uma camada de gesso projetado, e revestimento ou pintura conforme a configuração da parede, de acordo com a Figura 17. Este detalhe de construção do modelo é importante para que cada atividade do mapa de trabalhos seja associado a cada elemento ou conjunto de elementos do modelo.

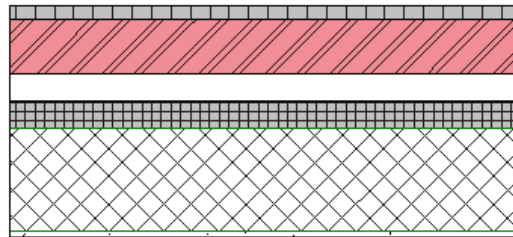


Figura 17 Detalhe de uma parede

Sendo assim o nível de detalhe (LOD) do modelo para uma utilização no planeamento 4D deve ser elevado. Devido a esta necessidade, já várias *software-houses* aprimoraram os seus *softwares* de modo a que possam criar modelos com níveis de detalhe elevado para serem utilizados no planeamento 4D.

A Figura 18 demonstra o processo de implementação BIM 4D a partir de um modelo 3D ligado a um planeamento de construção.

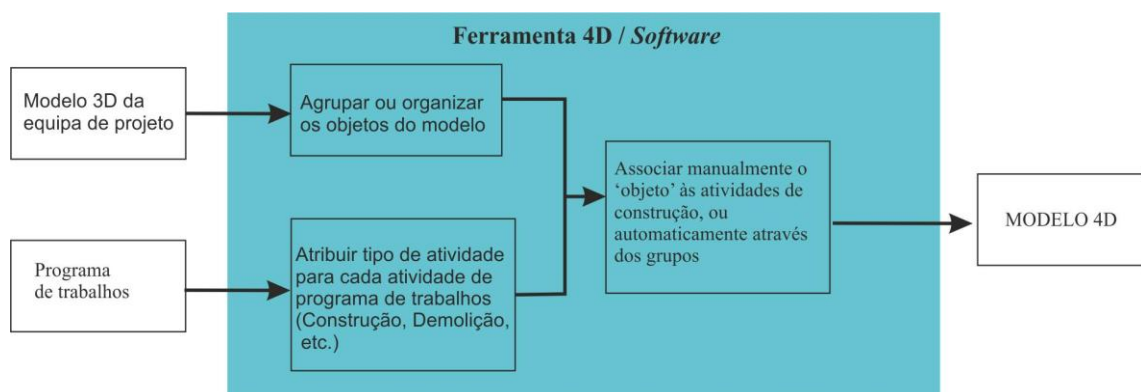


Figura 18 Processo BIM 4D (adaptado:(Eastman et al. 2011))

2.2.5.1. Vantagens do BIM 4D

Segundo os autores do livro “*BIM Handbook*”,(Eastman et al. 2011), são várias as vantagens que as ferramentas BIM 4D oferecem aos profissionais da indústria AEC em relação aos métodos tradicionais de planeamento.

A simulação 4D serve principalmente como ferramenta de comunicação, melhorando a cooperação entre os vários intervenientes, podendo a qualquer momento rever as simulações para garantir a viabilidade e eficiência do planeamento. De seguida enunciam-se alguns benefícios do BIM 4D:

Comunicação e coordenação

Os profissionais da indústria AEC podem comunicar visualmente o plano de construção definido para a empreitada com todas as partes interessadas no projeto (Eastman et al. 2011). O modelo 4D desempenha um papel importante na comunicação entre intervenientes potenciando o trabalho colaborativo. A compreensão dos detalhes do projeto é mais rápida por parte dos intervenientes, criando uma melhor comunicação nas reuniões de avaliação durante a fase de execução, como exemplifica a Figura 19.



Figura 19 Utilização de Modelo 4D para coordenação de projetos(Tekla 2015)

- **Apoio a tomada de decisão**

A prática da construção envolve constantemente a tomada de decisão, por parte dos profissionais da indústria AEC, durante todas as fases do projeto. Contudo, nem sempre a tomada de decisão é a mais correta, sendo por vezes a tomada de decisão rápida e sem apoio de informações fidedignas (Velasco 2013). As ferramentas BIM 4D podem servir de base de suporte às tomadas de decisão não só em fase de projeto e planeamento, como também em fase de construção promovendo uma rápida ação no caso de acontecimentos improváveis.

- **Replaneamento**

Além de ser possível planear um projeto com as ferramentas BIM 4D, é também possível alterar o planeamento, quer seja porque o cliente mudou de ideia, quer seja por fatores externos. Com os métodos tradicionais o replaneamento de atividades é uma tarefa morosa e nem sempre fácil. Com as ferramentas BIM 4D estas alterações são introduzidas com maior flexibilidade e o tempo gasto é mais reduzido, o que faz com que esta seja uma das grandes vantagens que o BIM 4D oferece.

- **Controlo de produção**

Tão importante como planear, é fazer cumprir o planeado, se tal não acontecer, terá de se recolher os dados do controlo e implementar uma melhoria contínua. Os *softwares* 4D oferecem uma ferramenta de comparação, uns através de cores na simulação 4D, outros através de uma matriz de controlo, como a Figura 20.

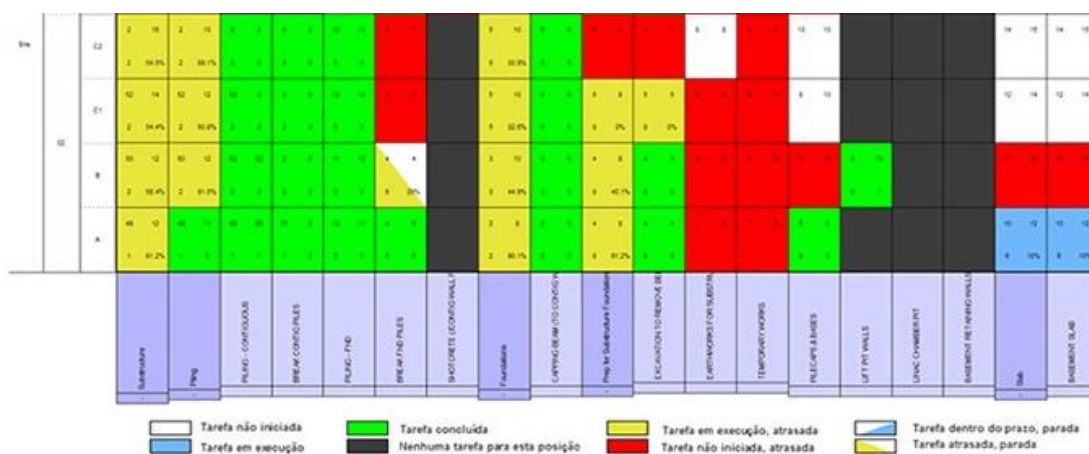


Figura 20 Matriz de controlo de produção, *software* Vico® Office (ndBIM 2015)

- **Análise**

As ferramentas BIM 4D servem para análise de vários parâmetros. Uma delas é a detecção de conflitos, quer seja sequência de atividades inapropriadas que podem originar conflitos de espaço-tempo durante o faseamento construtivo (Velasco 2013), quer seja conflitos entre projetos de especialidades realçando as interferências com relatórios de conflitos com cores apelativas, como na Figura 21 tendo aqui o ficheiro BCF um papel importantíssimo. A análise de conflitos é assim outra das vantagens que os modelos 4D oferecem em relação aos tradicionais.

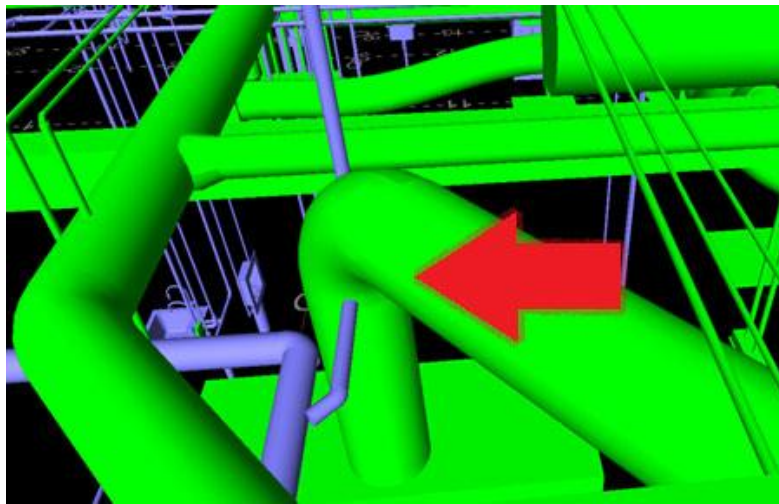


Figura 21 Detecção de conflito entre tubagens MEP (Rendeiro 2015)

Outra das análises que ferramentas BIM possibilitam é a organização do espaço. Estes modelos 4D fornecem a capacidade de visualizar o espaço que é necessário utilizar durante as diferentes fases de construção (Velasco 2013). Um modelo 4D pode incluir um plano de logística de estaleiro que permita gerir o espaço disponível com o abastecimento dos materiais ao longo do tempo. Os modelos podem incluir áreas de acesso ao estaleiro, localização dos equipamentos como gruas, centrais de betão, sanitários vestiários, entre outros, como na Figura 22.

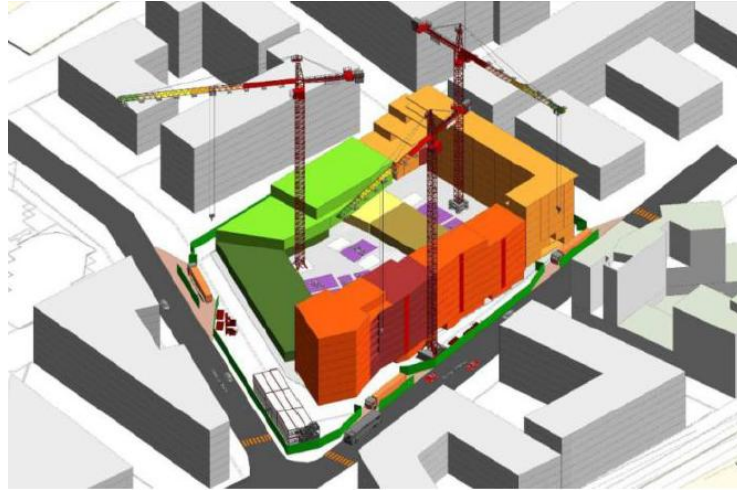


Figura 22 Modelo BIM da organização do estaleiro (Matos 2014)

Os modelos BIM 4D podem ser usados para implementar medidas de segurança na obra. O modelo BIM pode conter estruturas temporárias como andaimes, escoramento, guindastes, áreas e perímetros de segurança que podem ser relacionadas com as atividades relacionadas com a segurança que devem ser integradas no planeamento. Em resumo, o modelo BIM 4D pode ser usado como uma abordagem proactiva para melhorar o planeamento e monitorização da segurança no trabalho.

- **Simulação 4D**

A simulação 4D permite visualizar o faseamento construtivo, permitindo que a equipa de profissionais envolvidos no projeto possa simular atempadamente a fase de construção, reduzir o risco de incerteza, as soluções de planeamento, antecipar as situações de baixa produtividade, para que assim possa avaliar a viabilidade do mesmo, na Figura 23 tem-se um exemplo.

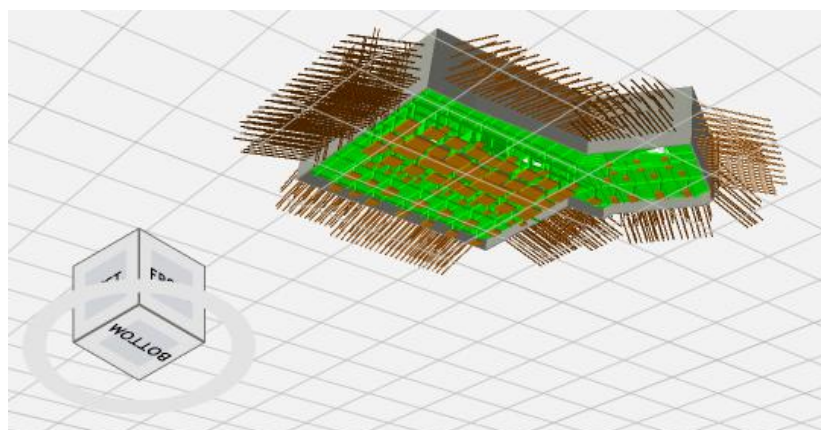


Figura 23 Simulação 4D do caso de estudo, no *software* Synchro[®] Pro

2.2.5.2. Limitações do BIM 4 D

Apesar dos benefícios enumerados no ponto 2.2.5.1., o BIM 4D possui algumas limitações. Basu (2007) explica que o BIM 4D não dá suporte às atividades que ocorrem fora do ambiente 3D, tais como, licenças, trabalhos externos como os de pré-fabricação, etc. Estas atividades, devem ser tidas em conta no cronograma de construção, mas não podem ser representadas por elementos no modelo.

Por fim, Tarar e Dung (2012) enaltecem a grande exigência e desafio que os profissionais da indústria AEC enfrentam para a elaboração dos modelos 4D. Este tipo de modelos exige profissionais qualificados e requer grande capacidade de esforço pela equipa de projeto envolvida.

2.2.5.3. Caso de implementação de BIM 4D – One Angel Court

Resumo do projeto:

A empresa Mace foi a escolhida para gestão de uma empreitada orçada em 125 milhões de libras, para renovar uma torre dos anos 70 no centro de Londres. A empresa começou por realizar uma revisão a todo o projeto que previa a reabilitação completa de uma torre com 25 andares que irá ver a sua área aumentar de 18 mil metros quadrados para 28 mil metros quadrados.

Para este processo, os últimos pisos foram demolidos a exceção do núcleo da torre e em seguida foram construídos os pisos projetados. O projeto está em curso e deverá estar concluído no terceiro trimestre de 2016. Simulação na figura 24.



Figura 24 Simulação construtiva do One Angel Court (Synchro 2015a)

- **Objetivos**

- Capacidade de executar cenários hipotéticos;
- Analisar e otimizar da entrega do projeto;
- Ajudar a coordenação entre os vários intervenientes no projeto;
- Adotar ferramenta com eficácia evolutiva;
- Dar formação aos planeadores da empresa Mace;

- **Método de trabalho**

- Modelos de arquitetura, estrutura e MEP foram fornecidos em formato Revit®;
- Planeamento criado em Asta® Powerproject;
- Modelo fotogramétrico proveniente da área circundante;
- O Synchro® Pro foi usado para efetuar a ligação ao cronograma
- O planeamento 4D criado em Synchro® foi usado para acompanhar a obra, e foi refinado à medida que se ia executando os trabalhos.

- **Benefícios**

-Devido à necessidade de manter o núcleo central, o planeamento inicial iria criar vários conflitos com as atividades de demolição e construção. O uso do *software* Synchro® Pro para criar cenários de mudança hipotéticos, foi crucial para chegar ao planeamento ideal sem conflito de atividades, como exemplifica a Figura 25;



Figura 25 Processo de tentativas para encontrar um planeamento sem conflitos (Synchro 2015a)

- Resolução de conflitos entre especialidades;
- Métodos de demolição de acordo com normas de segurança, como demonstra a Figura 26;









Figura 26 Piso em destaque a ser demolido (Synchro 2015a)

- Reavaliação de sequência das atividades;
- Avaliação da instalação MEP em relação a sequência de construção;
- Atualizações mensais apresentando lado a lado o planejado com o executado.

2.2.5.4. Softwares BIM 4D

Com o aparecimento da tecnologia BIM 4D, as *Software-Houses* sentiram necessidade de desenvolver diversas ferramentas. A seguinte tabela mostra uma lista de diferentes *softwares* para elaboração de planejamento 4D:

Tabela 1 Principais ferramentas BIM 4D (*Eastman et al. 2011*)

<i>Software House</i>	Ferramenta BIM 4D	Logotipo
Autodesk®	Navisworks	
Synchro® Itd	Synchro Pro	
Vico Software®	Vico Office 4D Manager	
Bentley®	Bentley Navigator	
Innovaya®	Visual 4D Simulation	
Gehry Technologies®	Digital Project Extensions	

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Enquadramento

Neste terceiro capítulo é esclarecida a metodologia implementada de modo a alcançar os objetivos propostos, e contribuir dessa forma, para a resolução de problemas comuns na adoção do BIM 4D.

O BIM veio para melhorar a produtividade do processo construtivo atual, mas para que surta efeito é necessário que haja uma adaptação a esta inovadora forma de projetar, e começar a usa-la de forma a tirarmos o maior partido que os *softwares* BIM têm para nos oferecer, evitando o chamado BIM *Hollywood*. Chama-se BIM *Hollywood* a um modelo BIM pobre em informação. Este tipo de modelos é apenas utilizado para produzir *renders* e animações. Este tipo de imagens e animações produzidas a partir de um modelo BIM tem a importante função de transmitir informação não técnica ao dono de obra ou até mesmo a operários.

O modelo atual de desenvolvimento de projetos envolve uma fase preliminar e uma fase de projeto de execução. O modelo preliminar é aquele que vai a concurso e, como correntemente, este modelo precisa de ser ajustado depois da adjudicação em face das especificidades próprias dos projetos e da necessidade de enquadrar adequadamente o projeto as exigências estabelecidas pelo dono de obra. É portanto, interessante, em termos de produtividade, que o modelo permita alterações mas que, ao mesmo tempo, não necessite de muito tempo para as efetuar.

3.1.1. Objetivos propostos

Conforme mencionada anteriormente, o principal objetivo do presente estudo visou estudar várias aplicações BIM para o planeamento, e analisar a sua aplicabilidade à realidade das nossas obras. Os *softwares* BIM mencionados no próximo subcapítulo serão submetidos a testes de cenários reais de obra de forma a analisar a sua capacidade de responder à dinâmica destes ambientes em tempo útil.

3.1.2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste caso de estudo foram fornecidos os seguintes elementos:

- Modelo BIM já elaborado pela equipa da empresa parceira na realização do trabalho;
- Programas de trabalhos do edifício analisado no caso de estudo.

Para a realização do caso de estudo foram utilizados os seguintes *softwares*:

- ArchiCad® 18
- Microsoft® Project 2013
- Autodesk® Navisworks 2015
- Synchro® Pro
- Vico Office®

Todos os programas acima enunciados possuem ferramentas que podem ajudar no processo de criação de uma simulação 4D. O *software* Archicad® foi utilizado essencialmente para visualização do modelo 3D e divisão do modelo em partes menores, em ficheiros IFC. O *software* Microsoft® Project foi utilizado como base de dados dos *softwares* facilitando a inserção do planeamento nos *softwares* BIM 4D. Por fim os *softwares* Autodesk® Navisworks, Synchro® Pro e Vico Office® foram utilizados na criação do planeamento 4D e na realização dos testes.

Com ajuda destes *softwares*, construiu-se simulações 4D nos *softwares* da Autodesk® e da Synchro®, e realizou, nos 3 *softwares* BIM 4D, testes de mudanças no planeamento para aferir a capacidade de resposta destes.

3.2. Descrição dos *softwares* utilizados

3.2.1. Archicad® 18

O *software* Archicad® é um *software* BIM de arquitetura desenvolvido pela companhia Húngara Graphisoft. Após o seu lançamento em 1987, com o conceito de “construção virtual” da Graphisoft, o Archicad® foi considerado a primeira implantação do BIM. É um *software* utilizado essencialmente em projeto, que permite a colaboração eficaz entre todos os intervenientes do projeto privilegiando a comunicação.

Na fase inicial do caso de estudo apenas estava prevista a utilização deste *software* para visualização do modelo 3D, no entanto com o avanço no caso de estudo e devido a falhas na interoperabilidade entre *softwares*, foi utilizado para realização de testes de interoperabilidade. Numa fase seguinte foi usado para a alteração de parâmetros IFC, revelando-se esta alteração essencial para uma utilização mais expedita nos *softwares* BIM 4D.

3.2.2. Microsoft® Project 2013

O Microsoft® Project 2013 é um *software* de gestão de projetos muito utilizado na indústria AEC e na indústria em geral. Os profissionais da indústria AEC utilizam-no como ferramenta de auxílio ao planeamento da construção.

Este *software* serviu como base de dados do planeamento aos *softwares* BIM 4D, e permitiu a realização de testes ao planeamento nos *softwares* Autodesk® Navisworks Manage 2015 e Synchro® Pro.

3.2.3. Autodesk® Navisworks Manage 2015

O Autodesk® Navisworks Manage 2015 é um *software* de análise de projeto. Ajuda os profissionais da indústria AEC a analisar os modelos e dados pelos diversos intervenientes, de maneira integrada, a fim de ter um melhor controlo sobre os resultados do projeto. As ferramentas de integração, análise e comunicação ajudam as equipas a coordenar as diversas especialidades, analisar interferências, resolver conflitos, produzir simulações do processo construtivo e planear antes do início da construção ou intervenção. Na fase de obra este

software pode ser utilizado no acompanhamento e controlo de obra sendo possível introduzir algumas alterações ao planeamento inicial.

Este *software* apresentava os utilizadores com uma vasta gama de ferramentas, no entanto para desenvolver este trabalho o autor apenas recorreu à ferramenta “*Timeliner*”. Esta ferramenta de planeamento permite ligar o tempo aos elementos. Serviu para realizar a simulação construtiva e permitiu ainda a realização de testes juntamente com o Microsoft® Project.

3.2.4. Synchro® Pro

O Synchro® Pro é um *software* BIM 4D de planeamento para a construção. A primeira versão do programa foi lançada em 2001, em Inglaterra, e desde aí tem vindo a evoluir constantemente. Este *software* é caracterizado pela sua ótima interoperabilidade, permite importar um planeamento de diversos *softwares*, como Primavera® P3/P6, Microsoft® Project, Asta Powerproject, entre outros. Oferece aplicativos *plugins* para *softwares* de modelação BIM como Autodesk® Navisworks, Autodesk® Revit, Microstation® e também Sketchup®.

Este *software* possui uma grande variedade de ferramentas dedicadas ao planeamento, e possui também pequenas ferramentas de edição de objetos, como divisão de elementos, entre outros. O autor utilizou este programa para realização da simulação construtiva e para a realização de testes juntamente com o Microsoft® Project.

3.2.5. Vico Office®

O Vico Office® é um *software* BIM de gestão da construção com grande amplitude. Este programa desperta bastante interesse à generalidade dos empreiteiros que adotam a metodologia BIM, dado que fornece soluções de orçamentação, planeamento, gestão da produção, gestão de custos, entre outras. No entanto o autor apenas tem conhecimento de um empreiteiro em Portugal, a Mota Engil, que procurou utiliza-lo em toda a sua amplitude.

Este *software* tem uma “potente” extração de propriedades dos elementos, combinada com as informações que cada objeto possui dos programas de modelação, permitindo ao usuário

Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

filtrar e agrupar os elementos das mais variadas formas, conseguindo com isto, a extração de quantidades segundo as regras que o utilizador definiu e de modo organizado, coisa em que outros *softwares* semelhantes têm bastantes dificuldades.

Este *software* foi utilizado para a realização da simulação construtiva, e para a realização dos testes ao planeamento, por imposição do *software* foi necessário criar antes do planeamento um orçamento, já que ambos estão dependentes um do outro, inevitavelmente variando o prazo de execução do projeto varia o custo do mesmo, uma alteração ao planeamento influencia diretamente a quantidade de mão-de-obra e o prazo, alterando os custos diretos e custos indiretos, como o custo de estaleiro com de maquinas e equipamentos alocados ao projeto.

3.3. Descrição do modelo

O projeto deste caso de estudo trata-se de um edifício misto de comércio e escritórios, com uma área de aproximadamente 60000 metros quadrados. O edifício divide-se em 4 zonas, os subsolos, o pavimento térreo, a torre A e a torre B, como mostra o corte esquemático na Figura 27.

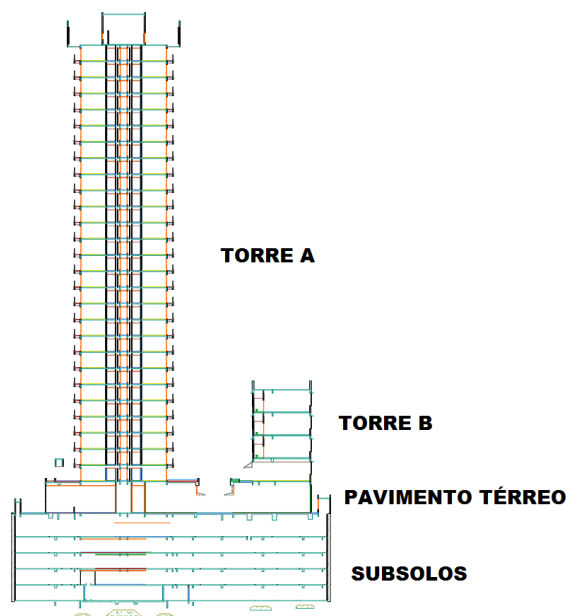


Figura 27 Corte tipo do Edifício do caso de estudo

Os Subsolos destinam-se essencialmente a estacionamento de viaturas, compartimentos de arrumos e apoio a manutenção do edifício. Todas as paredes diafragma de contenção do subsolo tem ancoragens do tipo tirantes e estão divididos em 4 zonas, foram construídos separadamente e no sentido descendente. De seguida, a Figura 28, apresenta uma planta tipo do subsolo, com a definição das zonas de trabalho.

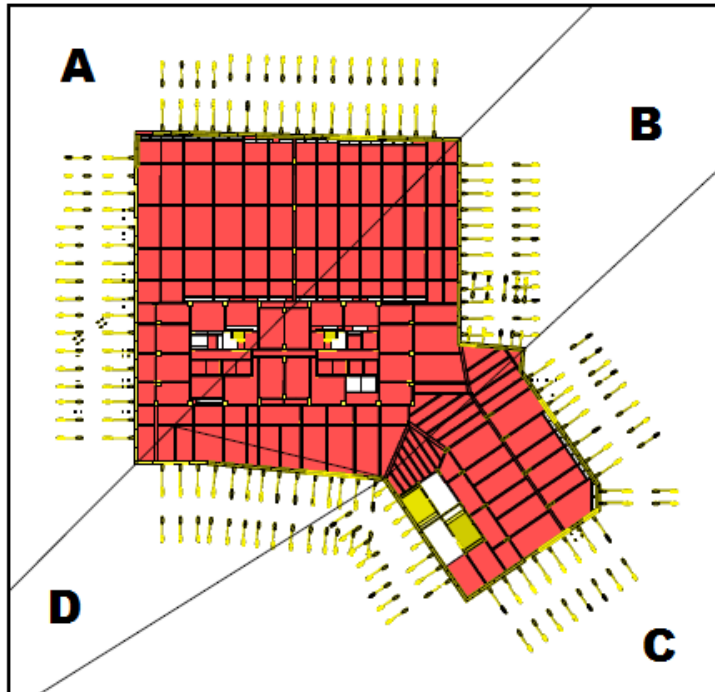


Figura 28 Planta tipo do Subsolo do Edifício do caso de estudo

O Pavimento térreo é composto pelos pisos térreos de ambas as torres adicionado de uma loja adjacente com dois pisos e uma galeria comercial, esta zona é totalmente destinada a comércio, tem ainda o acesso automóvel aos parqueamentos no subsolo e o acesso aos pisos superiores das Torres A e B.

Por fim os pisos superiores das torres A e B são destinados a escritórios. A torre A é composta por 27 pisos de escritórios acima do solo e, mais dois pisos nomeados de casa das máquinas e ático nos últimos dois pisos. A torre B é composta por 4 pisos de escritórios acima do solo. Os dois edifícios têm altura de piso diferentes, o que dificultou o trabalho em alguns dos *softwares* utilizados. De seguida apresenta-se a planta dos pisos tipo de cada torre, a torre A na parte inferior e a torre B na parte superior da Figura 29.

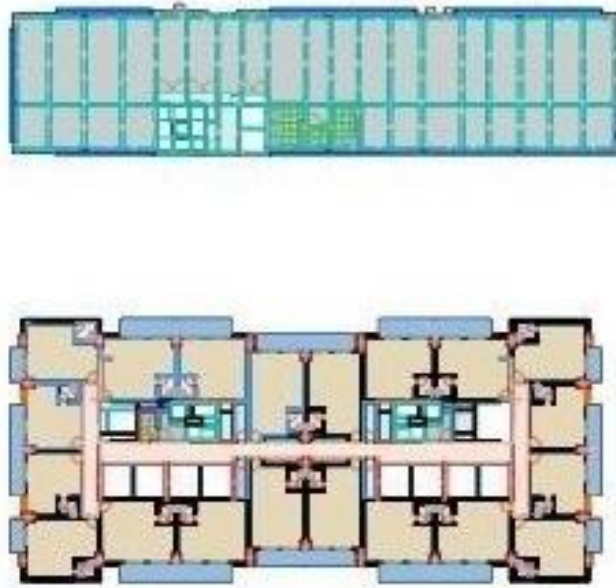


Figura 29 Planta do piso tipo das torres A e B do Edifício do caso de estudo

3.4. Planeamento em BIM 4 D

Com vista a alcançar o resultado pretendido, resolveu-se abordar o caso prático de forma faseada. Uma vez que foi fornecido ao autor o planeamento e o modelo BIM do edifício em estudo e, que a empresa ndBIM, que colaborou com este estudo, já tinha realizado o planeamento 4D no *software* Vico Office[®], foi necessário replicar este planeamento nos *softwares* Autodesk[®] Navisworks e Synchro[®] Pro. A primeira abordagem aos *softwares* permitiu a familiarização com os mesmos e a realização diversos testes iniciais de modo a agilizar e aprimorar o fluxo de trabalho em cada *software*. Seguidamente foi realizada a construção do planeamento 4D em cada um deles.

Relativamente ao cronograma do caso de estudo, devido à dimensão do edifício é um planeamento bastante complexo, tendo uma duração total prevista de 544 dias, preenchendo cerca de 2500 linhas no Microsoft[®] Project. De seguida na Figura 30 apresentam-se as tarefas resumo do planeamento.

Nome	Duração	Início	Conclusão	Custo	
1 CRONOGRAMA LARGO 13	544 dias	Sex 01-08-14	Seg 31-10-16	R\$ 80.089.935,78	01 Ago '14
2 Instalações Provisórias	2 dias	Sex 01-08-14	Seg 04-08-14	R\$ 3,00	01 Ago '14 04 Ago '14
6 Contenções	30 dias	Sex 01-08-14	Qui 11-06-15	R\$ 8.661.152,31	01 Ago '14 11 Jun '15
42 Trabalhos em Solo	177 dias	Qua 22-10-14	Qua 15-07-15	R\$ 3.003.302,73	22 Out '14 15 Jul '15
74 Drenagem	30 dias	Sex 20-02-15	Qui 02-04-15	R\$ 286.069,64	20 Fev '15 02 Abr '15
77 Fundações	266 dias	Qua 21-01-15	Sex 04-03-16	R\$ 2.116.443,19	21 Jan '15 04 Mar '16
90 Máquinas e Equipamentos	430 dias	Seg 19-01-15	Ter 25-10-16	R\$ 25,00	19 Jan '15 25 Oct '16
125 Estrutura	255 dias	Sex 13-02-15	Seg 14-03-16	R\$ 16.637.645,15	13 Fev '15 14 Mar '16
177 Elevadores	316 dias	Ter 26-05-15	Ter 13-09-16	R\$ 4.435.991,98	26 Mai '15 13 Set '16
206 Fachada	271 dias	Qui 10-09-15	Seg 24-10-16	R\$ 5.368.464,60	10 Set '15 24 Oct '16
415 Tipos	296 dias	Seg 27-07-15	Qui 13-10-16	R\$ 27.450.714,80	27 Jul '15 13 Oct '16
2150 Térreo	322 dias	Seg 06-07-15	Seg 31-10-16	R\$ 3.721.677,89	06 Jul '15 31 Oct '16
2284 Subsolos	303 dias	Qui 16-07-15	Qui 13-10-16	R\$ 7.537.588,72	16 Jul '15 13 Oct '16
2468 Barrilete / Coberturas	200 dias	Qua 12-08-15	Qui 16-06-16	R\$ 870.838,77	12 Ago '15 16 Jun '16
2511 Concessionárias	340 dias	Ter 17-03-15	Seg 15-08-16	R\$ 17,00	17 Mar '15 15 Aug '16
2534 Data de Entrega da obra	0 dias	Seg 24-10-16	Seg 24-10-16	R\$ 1,00	

Figura 30 Tarefas resumo do planeamento do Edifício do caso de estudo

3.4.1. BIM 4D no Navisworks®

Numa primeira abordagem a este *software* foram realizados diversos testes numa tentativa de familiarização com o mesmo, de modo a identificar diversas lacunas de maior interesse. Esta primeira abordagem sintetizada na Figura 31, ditou o caminho a seguir neste caso de estudo.

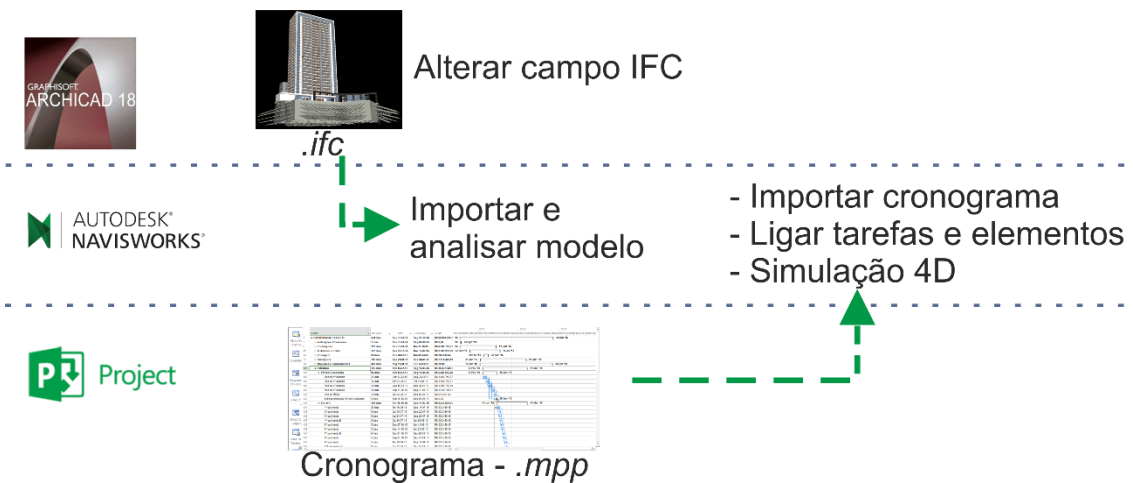


Figura 31 Fluxo trabalho no Autodesk® Navisworks

As tarefas realizadas na criação do BIM 4D nesta fase foram as listadas de seguida e cuja análise detalhada se apresentada imediatamente nas secções seguintes:

- Importação e análise do modelo em formato IFC para o Navisworks®;

- Alteração dos campos IFC no Archicad®;
- Importação do modelo em formato IFC modificado para o Navisworks® e verificação dos campos IFC;
- Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®;
- Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos;
- Simulação 4D.

3.4.1.1. Importação e análise do modelo do caso em estudo em formato IFC para o Navisworks®

O modelo do edifício em estudo no formato *.ifc* foi importado para o Navisworks® onde foi estudado, através do caminho “*N*”, “*Open*”, “*Open*” e seleciona-se o ficheiro *.ifc* que desejamos. Após testes anteriormente realizados e devido à dimensão do modelo, o autor decidiu fracionar o modelo em 3 partes, estrutura, alvenarias e arquitetura, para uma melhor fluidez do *software*. Após a análise do modelo constatou-se que o Navisworks® não reconhece os *layers* do Archicad®, *layers* são como o *layer* utilizados no Autocad® por exemplo. O caminho para verificar esta lacuna é no separador “*Home*”, “*Selection tree*” e a abre-se os vários níveis da árvore até chegar aos objetos elementares, que estão classificados por códigos não nomeados pelo utilizador como se pode ver na Figura 32.

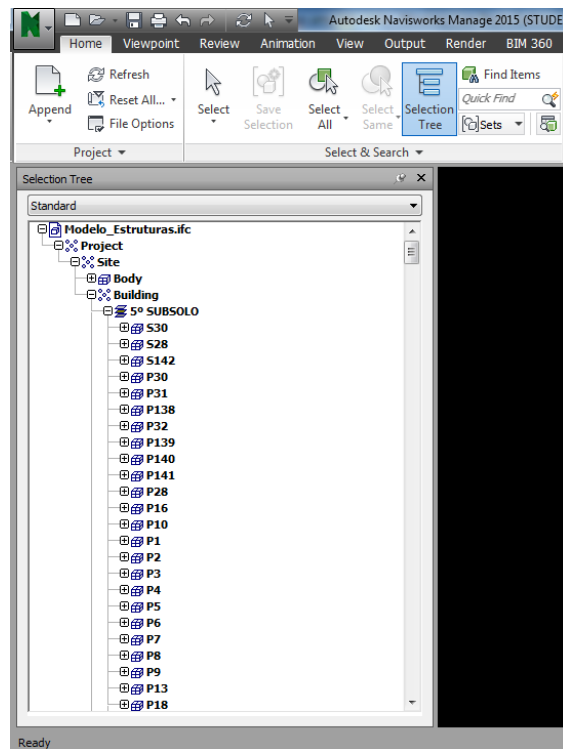


Figura 32 *Selection tree* do Navisworks® com os objetos com nome de código, no Navisworks®

Com esta codificação de elementos a ligação entre tarefas e objetos seria muito morosa e sujeita a muitos erros. Optou-se por voltar ao *software* modelador, Archicad®, e tentar alterar o nome dos objetos importados.

3.4.1.2. Alteração dos campos IFC no Archicad®

Após alguns testes realizados o autor concluiu que a melhor solução seria alterar o campo “Name” dentro das propriedades IFC, isto só é possível dentro do *software* de modelação, socorreu-se assim ao Archicad®. Para aceder às propriedades IFC, mais especificamente, o campo “Name” seguiu-se o caminho “Diálogo Definições”, “Etiquetas e Categorias”, “Gerir propriedades IFC”. Na janela “Gerir propriedades IFC”, na Figura 33, no grupo “Atributos” encontra-se o campo “Name”, preenchido com um código não nomeado pelo utilizador (A16).

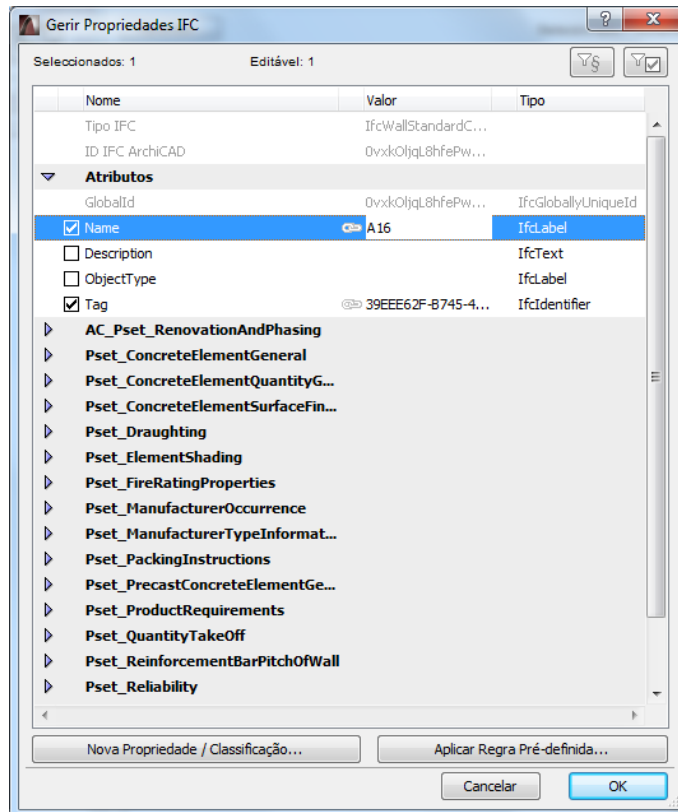


Figura 33 Janela de propriedades IFC com campo *Name* com código não nomeado pelo utilizador, no Navisworks®

Decidiu-se então preencher o campo “*Name*” com o mesmo nome dos elementos que representam, solução também adotada nos “*layers*” criada pela equipa que modelou o edifício em ArchiCAD®. Repetiu-se este procedimento para todos os “*layers*” presentes no modelo para poderem ser identificáveis no Navisworks® e guardou-se as alterações feitas.

3.4.1.3. Importação do modelo em formato IFC modificado para o Navisworks® e verificação dos campos IFC

Repetiu-se novamente a importação do ficheiro *.ifc* para o Navisworks® e abertura da *selection tree* do modo descrito no subcapítulo 3.4.1.1. e constatou-se que já haviam sido renomeados todos os elementos/objetos, como podemos verificar na Figura 34.

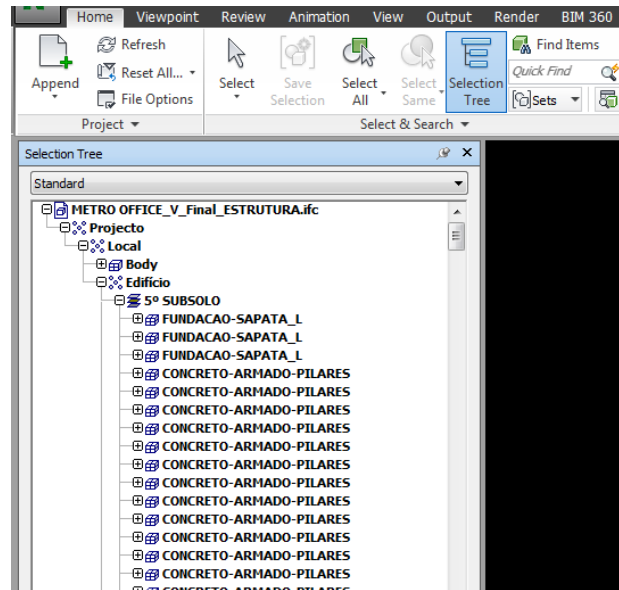


Figura 34 *Selection tree* do Navisworks® com os objetos já renomeados, no Navisworks®

3.4.1.4. Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®

Com o modelo BIM já com as alterações necessárias, foi necessário tratar de importar o cronograma em ficheiro MS Project®. Uma das Vantagens do Navisworks® é a de permitir a importação de ficheiros de planeamento como o MS Project®, Primavera®, ou até MS Excel®. Assim sendo, o cronograma foi importado para o “TimeLiner”, que é a ferramenta do Navisworks® que trata o planeamento, controlo e simulações construtivas, usando o caminho “Data Source”, “Add”, “Microsoft Project® 2007-2013”, como sugere a Figura 35, e seleccionamos o ficheiro de MS Project® a importar.

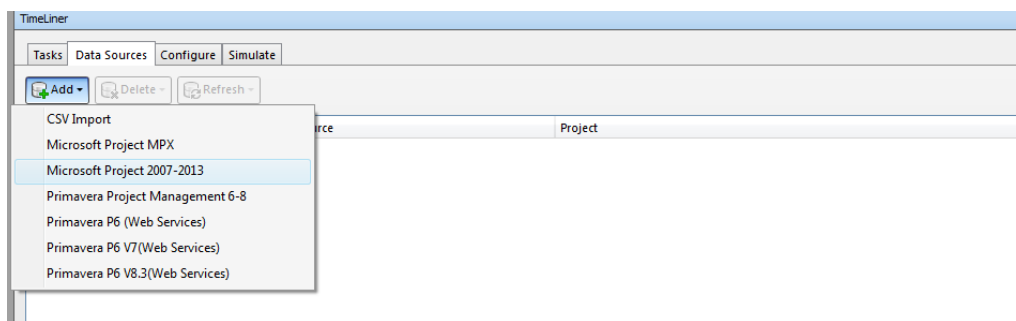


Figura 35 Caminho seguido para importar o cronograma de MS Project®, no Navisworks®

Depois de já se ter importado o ficheiro MS Project[®], foi necessário atualizá-lo, e é sempre necessário atualizar caso o nosso ficheiro de planeamento base seja alterado, para que as alterações sejam efetuadas também no Navisworks[®]. O caminho usado para esta operação foi “Refresh”, “Selected Data Source”, “Rebuild Task Hierarchy”, como se pode verificar na Figura 36.

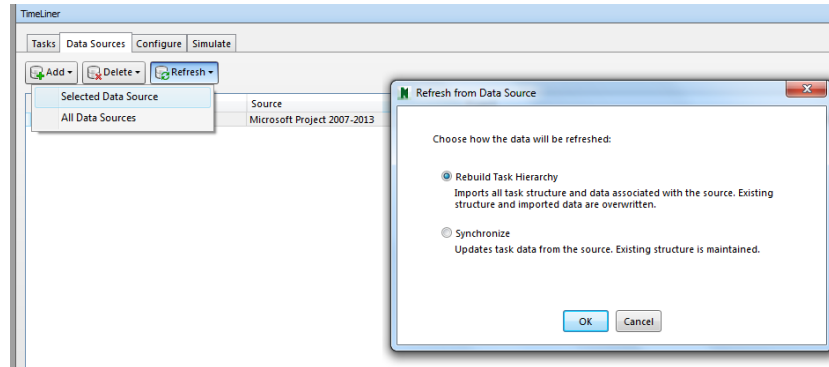


Figura 36 Atualização do Planeamento através do Ficheiro MS Project[®] importado, no Navisworks[®]

Já com o planeamento importado no Navisworks[®] com o respetivo gráfico de *Gantt* como exemplifica na Figura 37, importa referir que o Navisworks[®], não é um verdadeiro *software* de Planeamento com todas as ferramentas avançadas presentes por exemplo, no MS Project[®], apenas permite operações básicas como acrescentar novas tarefas e definir datas de início e fim, não permite adicionar dependências entre tarefas nem restrições, sendo apenas um bom controlador. Mas tem qualidades, tais como outras funcionalidades decorrentes da adoção de modelos BIM que *softwares* tradicionais de Planeamento não suportam.

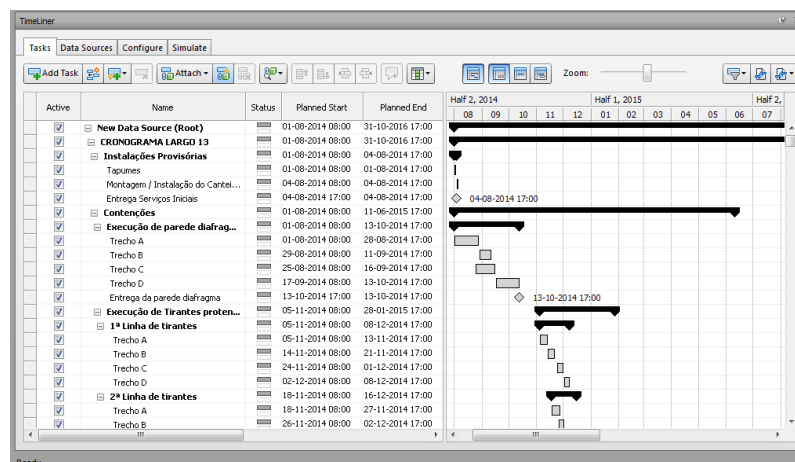


Figura 37 Exemplo de gráfico de *Gantt* no Navisworks[®]

3.4.1.5. Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos

A simulação 4D só é possível devido à possibilidade de ligação do tempo com o espaço, isto é, ligar uma tarefa (tempo) ao elemento 3D (espaço) correspondente. Para ligar as tarefas aos elementos, visto que se trata de um projeto de grandes dimensões, o autor optou pela criação de *sets*. *Sets* são conjuntos de elementos que o utilizador acha que têm em comum um mesmo parâmetro. Neste caso foram agrupados objetos pertencentes à mesma tarefa.

Para criar os *sets* o Navisworks® fornece duas opções, ou se cria manualmente o *set*, agrupando os elementos e depois ligando o *set* manualmente à tarefa correspondente, caminho que o autor considera muito moroso. A segunda hipótese trata-se de usar a opção “*auto-attach*” que cria automaticamente *sets* a partir de regras de ligação, neste caso decidiu-se criar *sets* a partir das tarefas, faltando apenas preencher esses *sets*. Para utilizar esta opção do “*TimeLiner*” usar o caminho “*Tasks*”, “*Auto-attach*” selecionando a opção intermédia que permite criar *sets* a partir das tarefas. Seria também possível editar ou criar uma nova regra de ligação caso o autor assim o entendesse. Os *sets* criados a partir do “*auto-attach*” utilizam como regra a coerência na nomenclatura utilizando os mesmos nomes das tarefas como exemplificado na Figura 38.

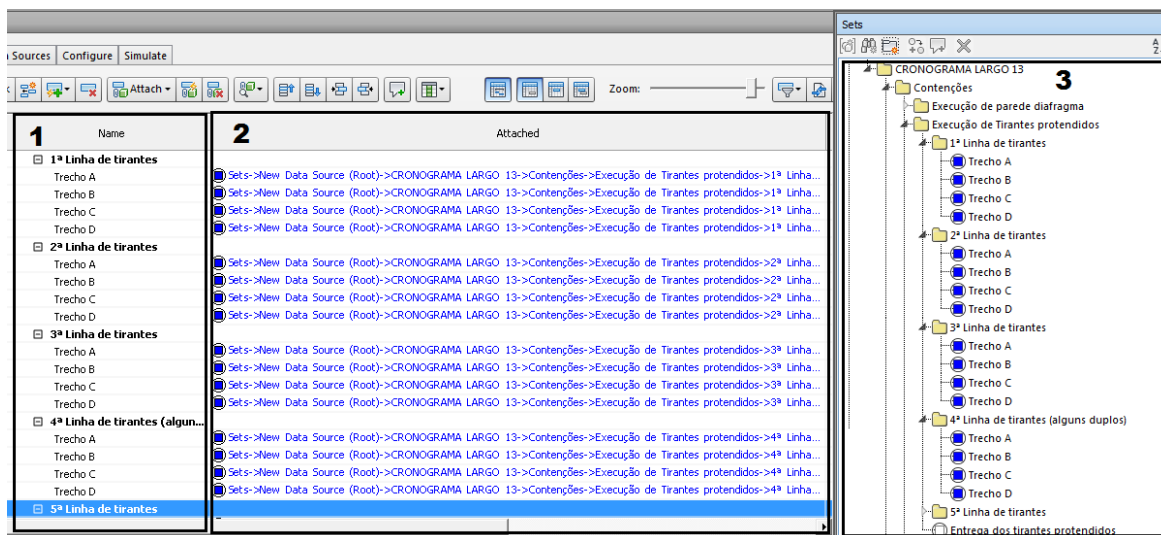


Figura 38 Exemplo de *auto-attach* (2) entre *sets* (3) e tarefas (1) no Navisworks®

Os *sets* criados estão ligados automaticamente às tarefas do planeamento, foi necessário então preencher estes *sets* com os devidos elementos. Como é um modelo com 140 mil objetos, Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

selecionar cada objeto individualmente e liga-lo ao *set* correspondente seria um trabalho muito moroso e sujeito a muitos erros, assim foi necessário encontrar um método que fosse mais eficaz.

Para preencher os *sets* o Navisworks® dispõe de duas ferramentas muito úteis, o “*Selection Tree*” e o “*find items*”. O “*Selection Tree*” permite localizar objetos nos respetivos pisos por nomes, e o “*find items*” permite localizar elementos através das suas propriedades contidas nos campos IFC.

Para localizar um conjunto de elementos utilizou-se o “*find items*”, como no subcapítulo 3.4.1.2., o autor modificou o campo “*Name*” nas propriedades IFC dos objetos, foi esse parâmetro que se utilizou para localizar os elementos. Para executar a pesquisa nesta ferramenta preencheu-se a coluna “*Category*” com “*Item*”, a coluna “*Property*” com “*Name*”, a coluna “*Condition*” com “*contains*” e a coluna “*Value*” com o nome dos elementos que se quer localizar, no caso da Figura 39, “*FUNDACAO-SAPATA_L*” e clicou-se em “*Find all*”.

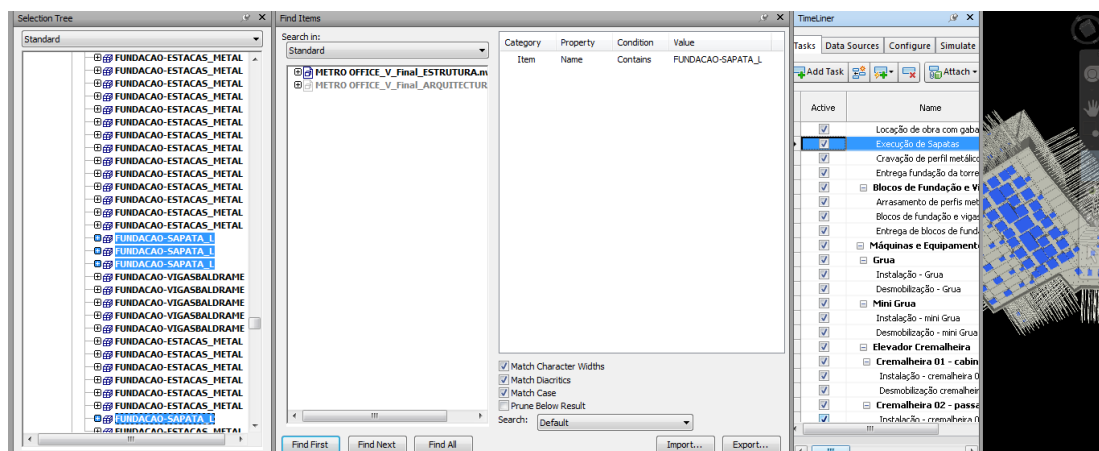


Figura 39 Exemplo de utilização da ferramenta *find items* na localização de objetos, no Navisworks®

Ficou-se assim com os objetos selecionados, quer na “*Selection Tree*”, para podermos confirmar se pertence ao piso desejado, que no 3D para podermos inspecionar visualmente.

Para finalizar a ligação dos objetos selecionados ao *set*, é necessário abrir o separador “*Sets*”, clicar sobre o *set* a preencher que deve estar branco, e selecionar “*Save selection*” que mudará para azul, exemplificado na Figura 40.

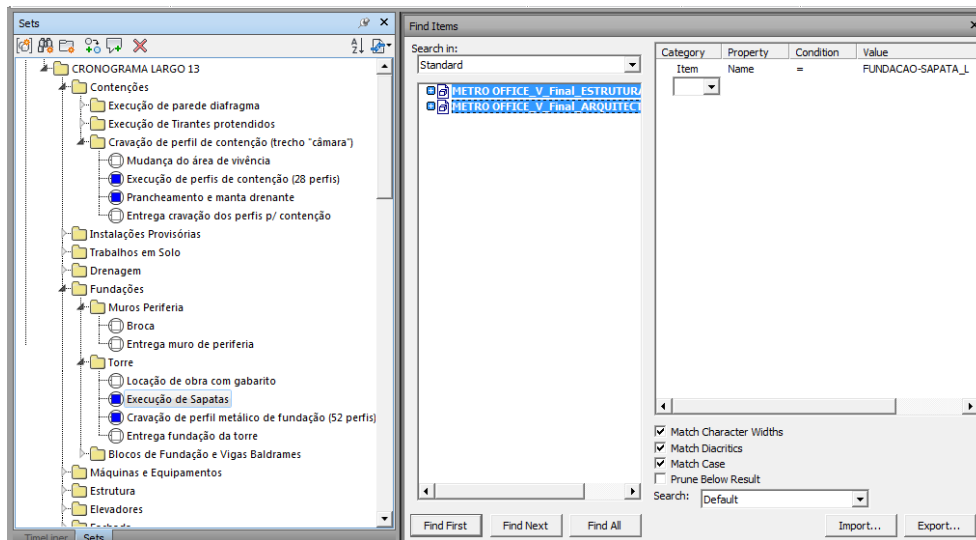


Figura 40 Exemplo de ligação dos objetos localizados pelo "find Items" aos sets, no Navisworks®

Assim se concluiu o processo de ligação entre tarefas e objetos/elementos. Este processo repete-se para cada tarefa do planeamento. As alterações que o autor realizou no subcapítulo 3.4.1.2. revelaram-se fulcrais para que a utilização destas duas ferramentas fossem relativamente expeditas e eficazes no preenchimento dos respetivos *sets*, sendo mesmo assim, o processo mais trabalhoso devido à dimensão do projeto.

3.4.1.6. Simulação 4D

Assim, cada elemento passa a conter informação do tempo associada e é possível obter uma sequência visual da construção. O Navisworks® permite algumas configurações da simulação construtiva como a duração, se queremos visualizar o planeado ou o real, ou a diferença entre os dois modos, permite também alterar a informação da legenda que aparece ao longo da simulação, e permite a alteração a cor dos tipos de tarefa (construção, demolição, temporária). Neste caso não se alterou nenhuma das configurações iniciais por se entender que não eram relevantes para o caso em estudo. Em baixo na Figura 41, pode-se observar um instante da simulação construtiva deste estudo em que os elementos a tons de cinza são elementos já executados à data, e os elementos a tons de verde são elementos em execução sem atraso em relação ao planeamento.

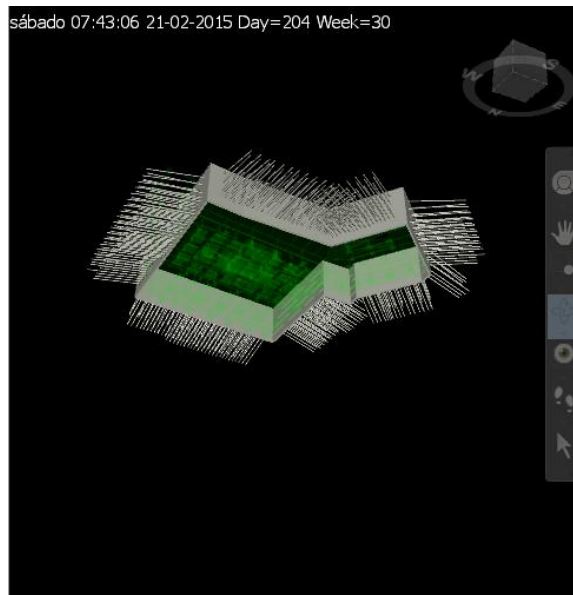


Figura 41 Exemplo da simulação construtiva deste caso de estudo em Navisworks®

3.4.1.7. Reflexão dos resultados

Como referido anteriormente, esta primeira abordagem ao Navisworks®, revelou-se bastante importante no decorrer do caso de estudo. Permitiu identificar quais os pontos mais vulneráveis de modo a adotar estratégias de forma a melhorar o fluxo de trabalho.

As alterações realizadas 3.4.1.2. revelaram-se fulcrais para o preenchimento dos *sets*. Foi notória a quebra de rendimento no subcapítulo 3.4.1.4. quando se fez a ligação entre as tarefas e os objetos, por se tratar de um edifício de grande dimensão.

A replicação deste caso de estudo no *software* Navisworks® durou cerca de 4 semanas, durante os dias úteis com 8 horas diárias. Como foi a primeira utilização do autor neste *software*, o mesmo acredita que com alguma experiência e com um computador de alta performance poder-se-ia reduzir este tempo para cerca de 2 semanas.

Em relação à facilidade de utilização considera-se que, é um *software user friendly*, com uma boa fluidez, não exigindo um *hardware* potente, faltando-lhe apenas ferramentas avançadas no que diz respeito ao Planeamento.

3.4.2. BIM 4D no Synchro® Pro

A abordagem a este *software* foi mais incisiva e expedita, devido a experiência de utilização do *software* anteriormente referido. Foram realizados alguns testes de modo a perceber distinções do anterior *software*, numa tentativa de familiarização com o mesmo, e identificação de deficiências de maior interesse. A abordagem seguida neste caso de estudo está exemplificada na Figura 42.

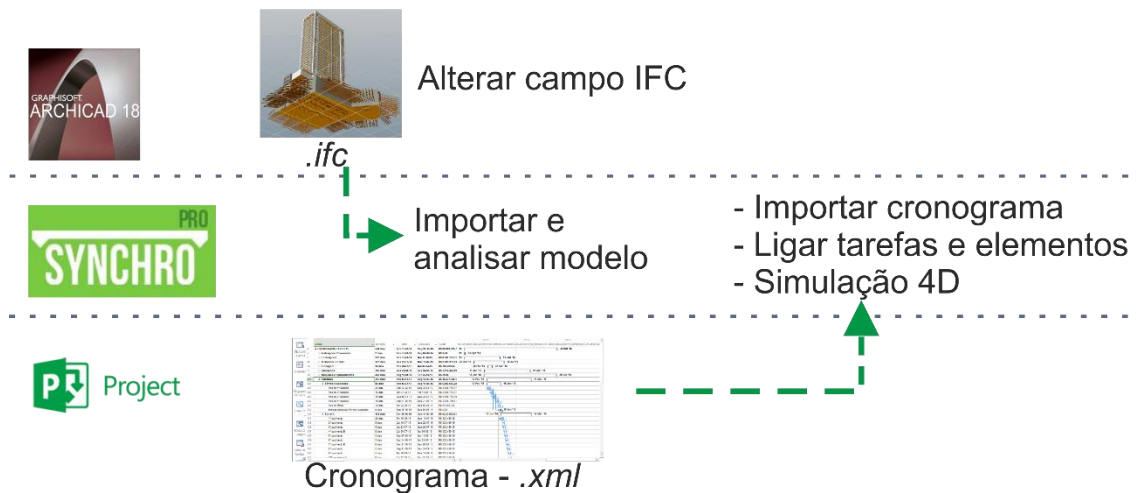


Figura 42 Fluxo de Trabalho no Synchro® Pro

As tarefas realizadas na criação do BIM 4D nesta fase foram as seguintes:

- Importação e análise do modelo em formato IFC para o Synchro® Pro;
- Alteração dos campos IFC no Archicad®;
- Importação do modelo modificado em formato IFC para o Navisworks® e verificação dos campos IFC;
- Importação do ficheiro MS Project® para o Synchro® Pro;
- Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos;
- Simulação 4D.

3.4.2.1. Importação e análise do modelo do caso em estudo em formato IFC para o Synchro® Pro

No *software* Synchro® e após o autor ter realizado os testes iniciais, foi necessário dividir o modelo em dezasseis partes como exemplificado na Figura 43, isto devido à grande capacidade de processamento que o *software* consome e também à dimensão do modelo.

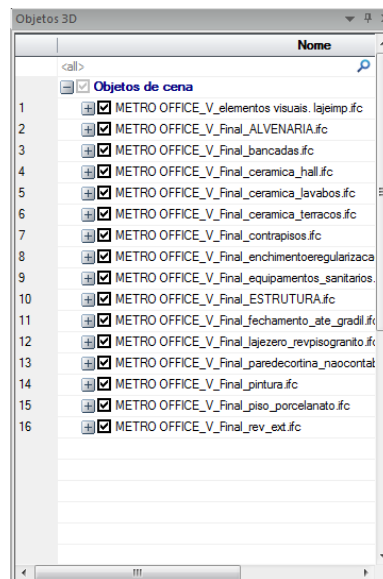


Figura 43 Exemplo de todos os ficheiros *.ifc* que constituem o modelo, no Synchro® Pro

Ultrapassados os testes iniciais o modelo foi importado para o *software* a partir do ícone “Pro”, “Importar”, “IFC”. Após inspeção visual o modelo não aparentou perder informação no processo de importação via IFC. Foi necessário verificar se o problema de não reconhecimentos dos *layers* do Archicad® afetava também o Synchro® Pro, para isso no lado esquerdo do ecrã abriu-se dois separadores, um de recursos, outro de objetos 3D. Como se pode verificar Figura 44, na coluna da esquerda com os recursos e na coluna da direita com os objetos, esta lacuna persiste também no Synchro® Pro.

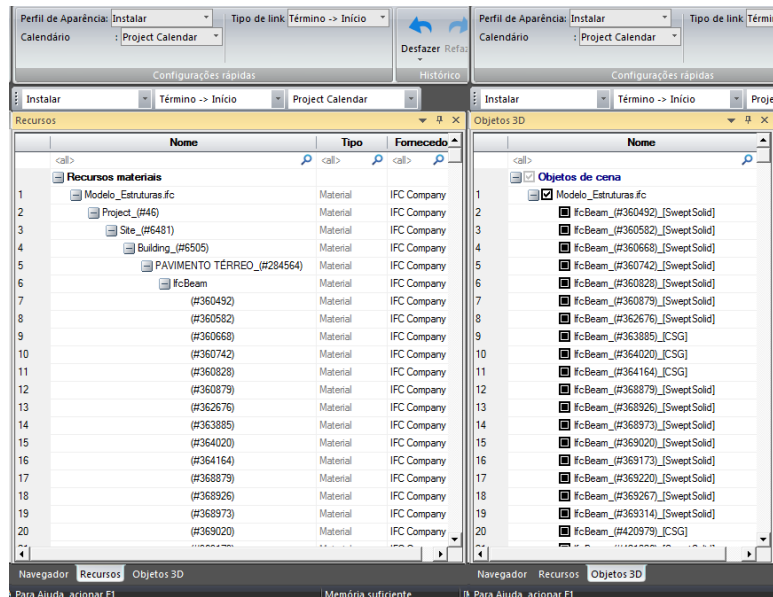


Figura 44 Janelas de recursos e objetos com nomes de código, no Synchro[®] Pro

Mais uma vez com esta codificação de elementos a ligação entre tarefas e objetos seria muito morosa sendo necessária a seleção de elemento a elemento o que num modelo deste tamanho não é eficiente. Adotou-se a solução imposta no caso anterior voltando ao *software* modelador, Archicad[®], alterando o nome dos objetos importados.

3.4.2.2. Alteração dos campos IFC no Archicad[®]

A operação realizada neste subcapítulo seguiu os mesmos passos dados do subcapítulo 3.5.1.2. pelo que não é necessário duplicar conteúdo, apenas ressaltar que esta pequena alteração irá permitir uma ligação entre as tarefas e os elementos muito mais expedita e menos sujeita a erros.

3.4.2.3. Importação do modelo modificado em formato IFC para o Synchro® Pro

Importou-se novamente o ficheiro *.ifc* para o Synchro® Pro conforme o procedimento no subcapítulo 3.5.2.1 e nos dois separadores dos recursos e dos objetos, conforme Figura 45, pode-se verificar que todos os elementos e objetos estão com o nome do *vegetal* a que pertencem, estando assim apto para a próxima fase.

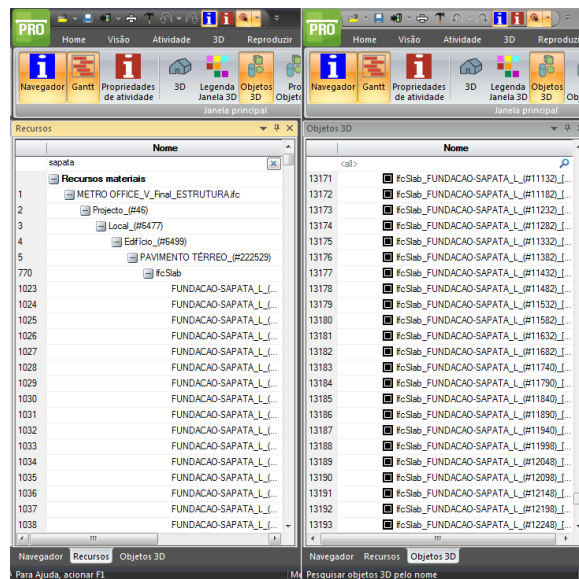


Figura 45 Janelas de recursos e objetos com nomes dos *layers* a que pertencem, no Synchro Pro

3.4.2.4. Importação do ficheiro MS Project® para o Synchro® Pro

Com o modelo BIM pronto e com as devidas alterações, estavam as condições reunidas para importar o cronograma em ficheiro MS Project®. O Synchro® Pro além de ser compatível com o MS Project® é compatível com outros *softwares* de planeamento como Primavera®, Asta Powerproject®, PMA NetPoint® e Projectwise®, sendo a interoperabilidade um dos grandes trunfos deste *software*. Para importar o cronograma em MS Project® clicou-se em “Pro”, “Importar”, “Microsoft Project XML” como exemplifica a Figura 46. Uma particularidade importante é que o *software* só aceita ficheiro do MS Project® em formato XML.

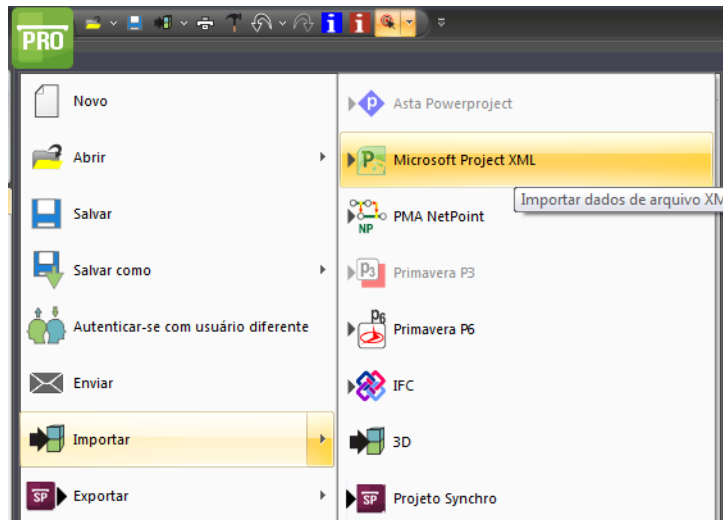


Figura 46 Exemplo do processo de importação de ficheiro MS Project®

Após este passo escolheu-se a localização do ficheiro a importar, em formato XML, clicando em “Abrir” surge então uma janela de importação, como na Figura 47, em que é necessário escolher qual a informação que se deseja importar, além das mais básicas como tarefas, e dependências entre tarefas, podemos importar calendários, custos, recursos, códigos das atividades e existem ainda campos onde podemos personalizar outros campos ou informações que desejamos importar.

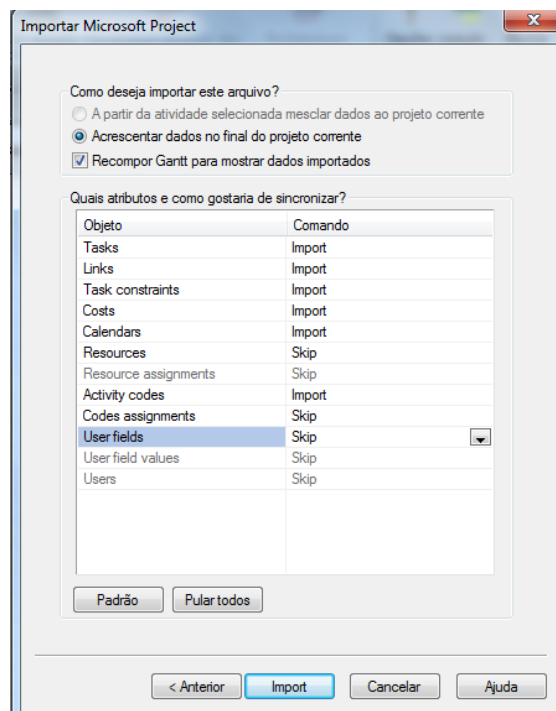


Figura 47 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro® Pro

Tem-se assim o planeamento importado no Synchro® Pro com o respetivo gráfico de *Gantt* como exemplifica na Figura 48, importa referir que ao contrário do Navisworks®, o Synchro® Pro é um verdadeiro *software* de Planeamento com todas as ferramentas avançadas presentes por exemplo no MS Project®, as quais se juntam outras funcionalidades decorrentes da adoção de modelos BIM.

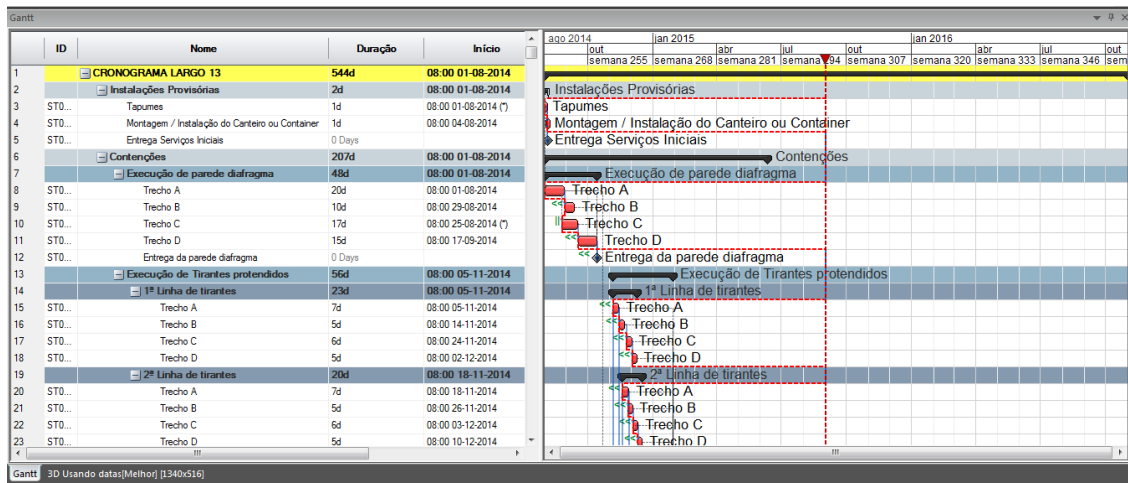


Figura 48 Exemplo de gráfico de *Gantt*, no Synchro® Pro

3.4.2.5. Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos

A criação da simulação 4D no Synchro® Pro é muito semelhante à realizada no Navisworks®. Como se trata de um modelo de grandes dimensões, com cerca de 140 mil objetos, para fazer a ligação entre as tarefas e os elementos optou-se pela adoção de *filtros*. Os *filtros* no Synchro® Pro desempenham a mesma função que os *sets* desempenham no Navisworks®. Agrupou-se nos *filtros* objetos pertencentes a mesma tarefa.

Para criar os *filtros* o Synchro® Pro fornece ao utilizador duas opções, criação manual dos *filtros*, ou criação automática dos mesmos através de regras. Após alguns testes com a criação automática de *filtros* através de regras, não se obterão os resultados esperados sobretudo devido a falta de experiência do autor neste ferramenta em específica do Synchro® Pro, pelo que o autor decidiu enveredar pela criação manual de *filtros*. Para a criação destes é necessário trabalhar com 3 janelas: o *navegador*, os *recursos* e os *objetos*. Estas janelas podem ser ativadas na pestana “*Janelas*”, no “*navegador*” pode ativar-se ou desativar-se os *filtros*, criar novos ou conjuga-los. Na janela dos “*recursos*” podemos visualizar os elementos

e o seu nome, e na janela dos “objetos” idem. Na Figura 49 abaixo vemos um exemplo das 3 janelas.

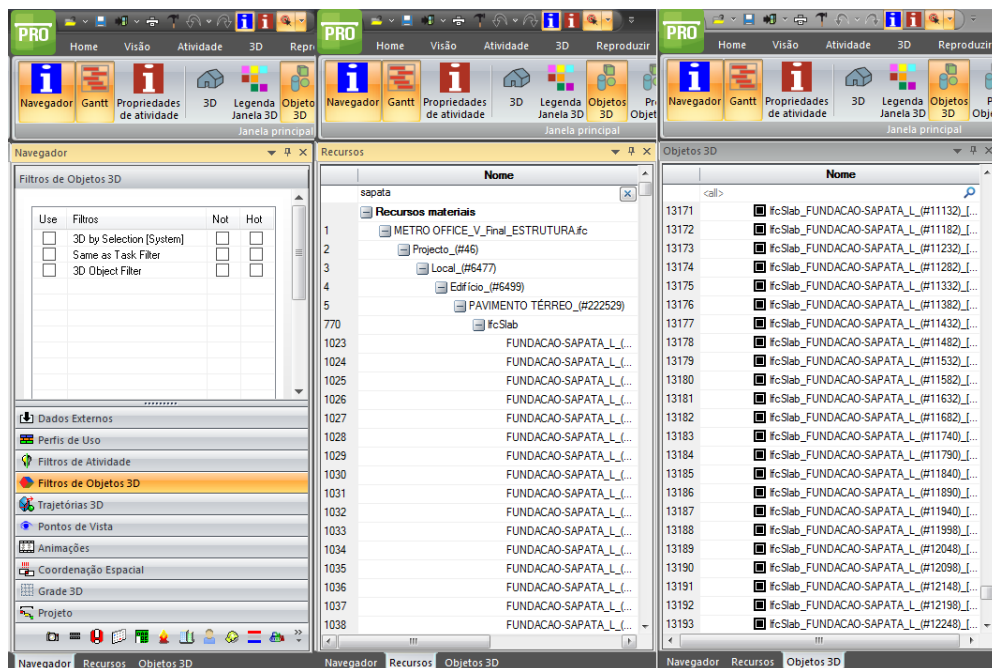


Figura 49 Janela do *Navegador*, Janela de *Recursos*, Janela de *Objetos* (da esq. para a dir.), no Synchro[®] Pro

Para criar os *filtros*, adicionalmente às 3 janelas acima enunciadas foi necessário trabalhar com a ferramenta “*Encontrar objetos 3D*”. Esta ferramenta permite localizar objetos através do nome, muito a semelhança da ferramenta “*find items*” no Navisworks[®]. Pode ativar-se esta ferramenta clicando no 3D com o botão direito do rato e selecionando “*Encontrar objetos 3D*”. Bastou digitar o nome dos elementos que se deseja procurar e clicar “*encontrar todos*” e ficamos com os elementos com esse nome selecionados, quer no 3D, quer nas janelas “*Recursos*” e “*Objetos*”, como exemplifica a Figura 50 abaixo.

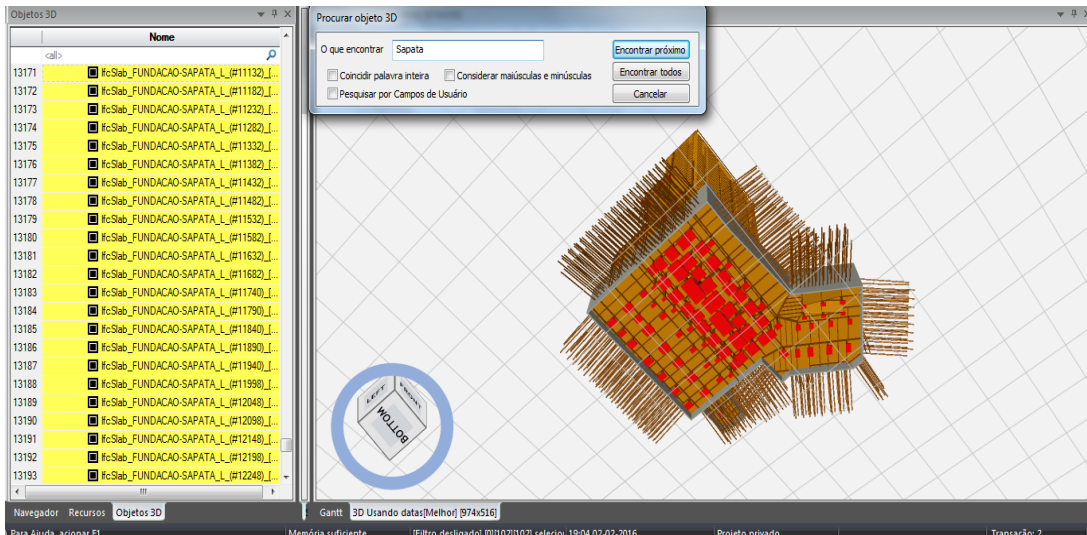


Figura 50 Exemplo da utilização da ferramenta “*Encontrar objetos 3D*”, no Synchro® Pro

Já com os objetos selecionados foi necessário criar os *filtros*. Para criar *filtros* com os objetos selecionados, clica-se no 3D com o botão direito do rato e segue-se o caminho “*Filtros*”, “*Criar conjunto a partir da seleção*”, de seguida aparece uma janela para definir o nome do *filtro*, ao qual no exemplo demonstrado na figura abaixo o autor nomeou de “*Sapatas*”. Pode se observar na Figura 51, na janela do navegador o *filtro* “*Sapatas*” já criado. Existem já, por predefinição 3 *filtros* criados no “*Navegador*” que se pode observar na figura abaixo.

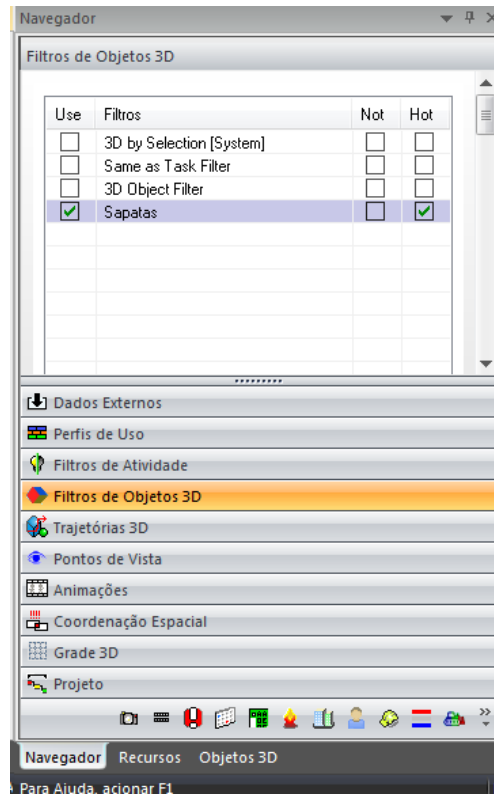


Figura 51 Exemplo da janela Navegador como filtro "Sapatas", no Synchro® Pro

Com o *filtro* já criado foi necessário ligá-lo à tarefa correspondente, para isso é necessário abrir a pestana “*Gantt*”, clicar sobre a tarefa correspondente com o botão direito do rato e selecionar a opção “*Atribuir recursos selecionados às atividades selecionadas*”. É necessário confirmar se os objetos estão selecionados para efetivamente atribuir os objetos à tarefa selecionada. Se for necessário confirmar que objetos estão atribuídos a uma tarefa, seleciona-se a tarefa com o botão direito do rato e seleciona-se a opção “*Selecionar recursos atribuídos as atividades selecionadas*” e no navegador desaceitar a opção “*Not*” e “*Hot*” e ficarão apenas visíveis no 3D os objetos que estão atribuídos à tarefa selecionada como se pode exemplificou na Figura 52.

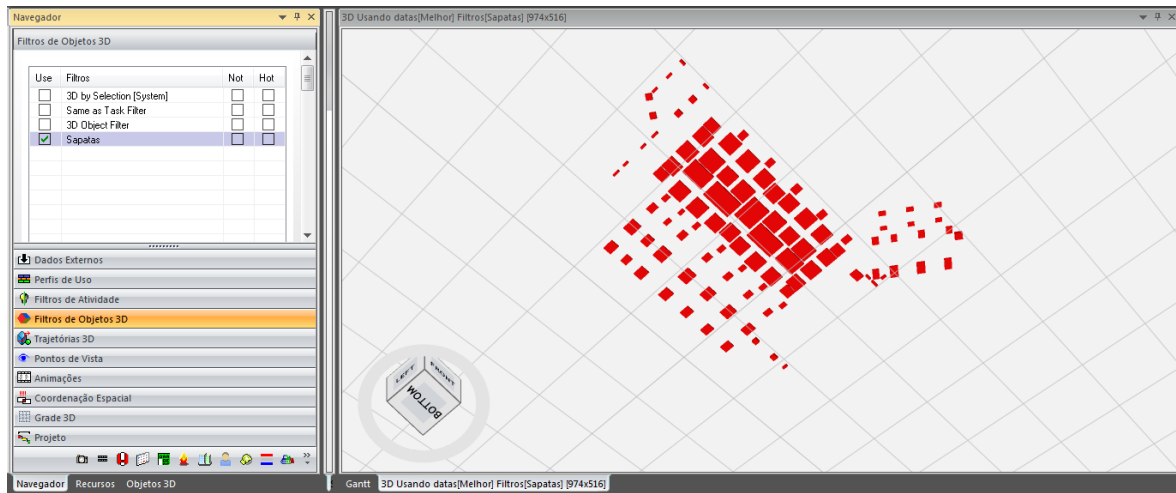


Figura 52 Exemplificação de seleção de objetos atribuídos a uma tarefa, no Synchro® Pro

Agora é necessário repetir o processo para todas as tarefas, para facilitar o processo e evitar erros, como atribuir objetos a duas ou mais tarefas, sempre que se cria um *filtro* e atribuiu-se a uma tarefa deveremos selecionar o *filtro* no navegador e ligar as opções “Use” e “Not” para que os objetos desse *filtro* fiquem invisíveis e à medida que se vai ligando os objetos às tarefas, vão ficando apenas os objetos que ainda não estão atribuídos a nenhuma tarefa, facilitando e muito este demorado processo. Pode ver-se o exemplo da Figura 53.

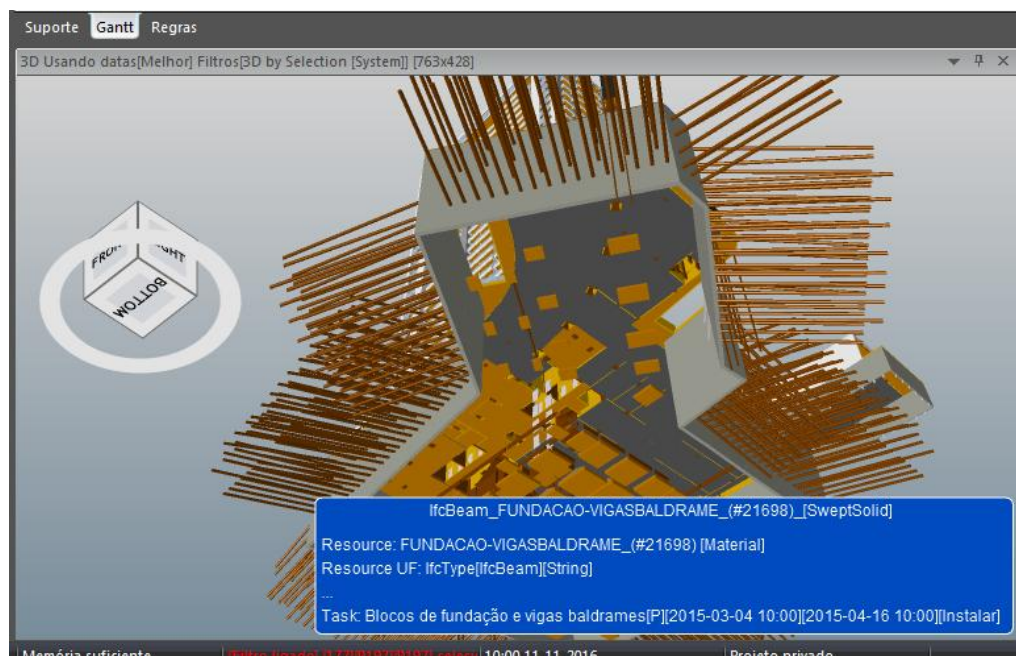


Figura 53 Exemplo de utilização de filtros na visualização 3D

3.4.2.6. Simulação 4D

Após ter-se finalizado todas as ligações entre as tarefas e os objetos, seguiu-se para a simulação 4D. Esta simulação permite verificar se foram cometidos erros no processo anterior, sendo por isso muito útil visualizar, pelo menos uma vez, após terminar a ligação entre tarefas e objetos. O Synchro[®] Pro permite poucas configurações a simulação 4D, apenas permite alterar a velocidade de reprodução, a velocidade de animação e permite gravar para um ficheiro de vídeo, uma das falhas apontadas pelo autor é a falta de legenda durante a simulação 4D. Não foram alteradas nenhuma das configurações permitidas por não serem relevantes para o estudo. Na Figura 54 abaixo, pode observar-se um instante da simulação 4D do caso de estudo em que os elementos a verde são os elementos em execução sem atraso em relação ao planeado, e os restantes, são os já executados.

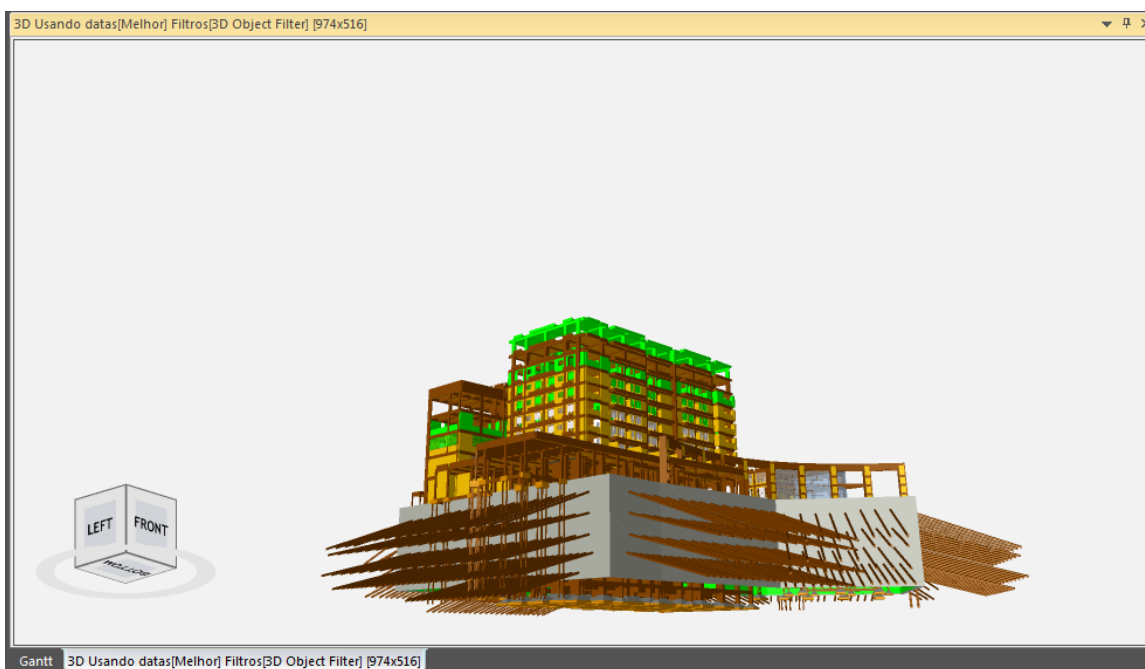


Figura 54 Exemplo da simulação construtiva deste caso de estudo, no Synchro[®] Pro

3.4.2.7. Reflexão dos resultados

A abordagem ao Synchro[®] Pro foi mais expedita devido à experiência adquirida na utilização anterior do Navisworks[®]. Permitiu identificar quais as diferenças e quais as lacunas deste *software* de modo a adotar estratégias que permitissem melhorar o fluxo de trabalho no mesmo. Uma das lacunas graves a apontar é a falha na ferramenta de combinação automática, que permitia criar os *filtros* através das tarefas.

Mais uma vez, as alterações realizadas em 3.4.2.2 foram fulcrais para o preenchimento dos *filtros*. Em 3.4.2.4, na ligação das tarefas com os objetos, existiu uma quebra de rendimento devido essencialmente à dimensão do modelo.

Replicar este caso de estudo no Synchro[®] Pro durou cerca de 4 semanas durante os dias úteis com 8 horas diárias. Devido a ter sido a primeira utilização do autor neste *software*, o mesmo acredita que seria possível realizar o mesmo trabalho em cerca de duas semanas após alguns projetos ou, por um utilizador com experiência no *software*. Outra das causas da quebra de produtividade foi a elevada capacidade de processamento e gráfica que o *software* exigiu, o que fez com que o computador do autor, por diversas vezes, não suportasse o *software* e necessita-se de recomeçar do último ponto gravado, isto foi atenuado com a divisão do modelo em 16 partes, mas no entanto verificaram-se vários problemas, embora em menor número.

Em relação à usabilidade do *software* Synchro[®] Pro o autor considera que não é tão *user friendly* como o Navisworks[®], exige um *hardware* com mais capacidade, mas em contrapartida é um verdadeiro *software* de planeamento com ferramentas avançadas de Planeamento.

3.4.3. BIM 4D no Vico Office[®]

Como o planeamento em Vico Office[®] já tinha sido elaborado pelo Eng. Edgar Costa, colaborador da empresa ndBIM, parceira nesta dissertação, não foi necessário replicar o planeamento neste *software*, no entanto este planeamento foi elaborado numa semana, existiu

naturalmente um período de testes e aprendizagem acompanhada mais aprofundada do que nos outros dois *softwares*. Todos os testes realizados no *software* Vico Office® tiveram a colaboração da ndBIM. Nos testes realizados o autor pôde ver as diferenças em relação aos *softwares* já testados. A abordagem seguida neste caso de estudo está exemplificada na Figura 55.

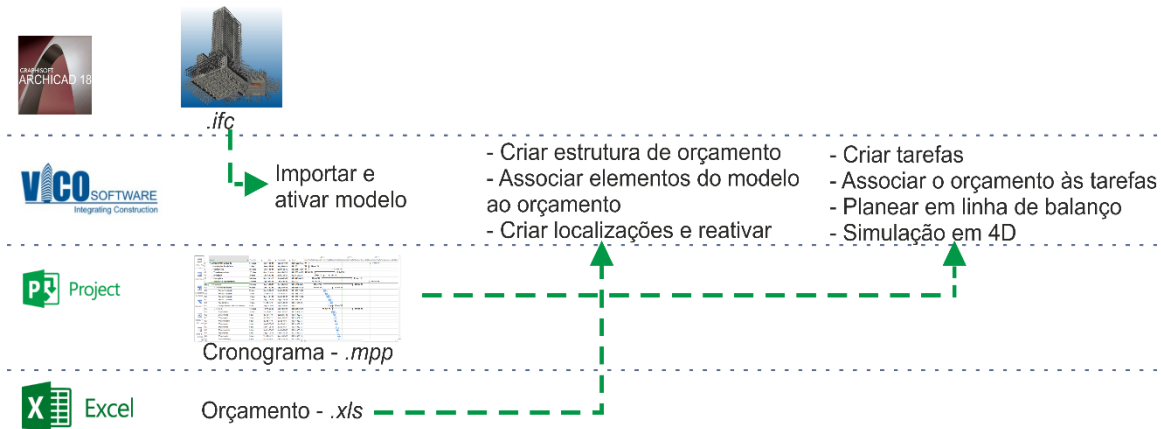


Figura 55 Fluxo de trabalho, no Vico Office®

As tarefas realizadas na criação do BIM 4D nesta fase foram as seguintes:

- Importação e ativação do modelo em formato IFC para o Vico Office®;
- Criação de estrutura de orçamento;
- Associação de elementos do modelo ao orçamento;
- Criação de localizações e reativação do modelo;
- Criação de tarefas;
- Associação de orçamento às tarefas;
- Planeamento em Linha de Equilíbrio;
- Simulação 4D.

3.4.3.1. Importação e ativação do modelo em Formato IFC para o Vico Office®

Primeiramente foi necessário importar o modelo, para isso acedeu-se ao separador “*Model Register*” do módulo “*Model Management*” e através do comando “*Import IFC*” escolheu-se o ficheiro *.ifc*, que se deseja importar, neste caso, importaram-se dois ficheiros, um de estrutura outro de arquitetura, como demonstra a Figura 56.

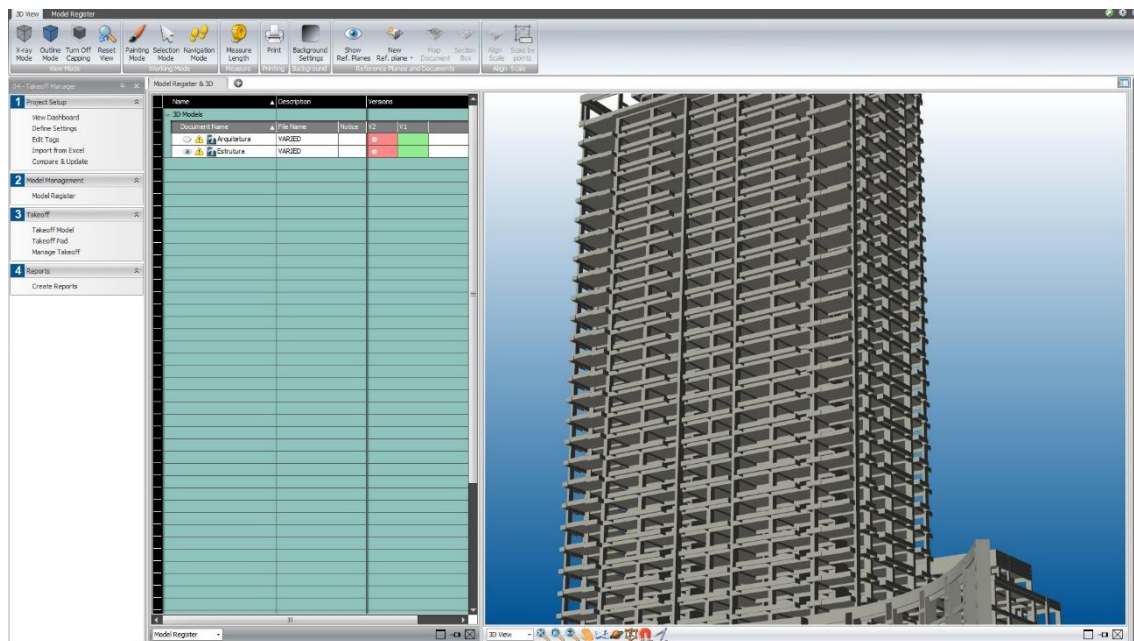


Figura 56 Importação e ativação dos modelos, no Vico Office®

Após importar foi necessário ativar o modelo, ao ativar o modelo ele irá gerar as quantidades, este processo de gerar quantidades demorou num projeto desta dimensão pouco menos de 60 minutos variando com a dimensão do projeto, o que numa medição com processos tradicionais demoraria semanas, além disso a *software* utiliza essas quantidades multiplicando pela produtividade obtendo a duração da tarefa, o que o distingue dos outros softwares testados que fazendo a medição do projeto apenas usam essas quantidades para quantificar custos, não utilizando essas quantidades para quantificar a duração das tarefas nem existindo uma ligação entre o planeamento físico e o planeamento económico. Além disso no Vico Office® sempre que o projeto sofre alterações as quantidades e durações serão atualizadas automaticamente alterando o orçamento e o planeamento. Para ativar o modelo é necessário definir quais as opções de ativação, o Vico Office® utiliza uma série de informação dos

campos IFC, para organizar os elementos e quantidades, neste caso utilizou-se o “Layer” como se pode ver na Figura 57.

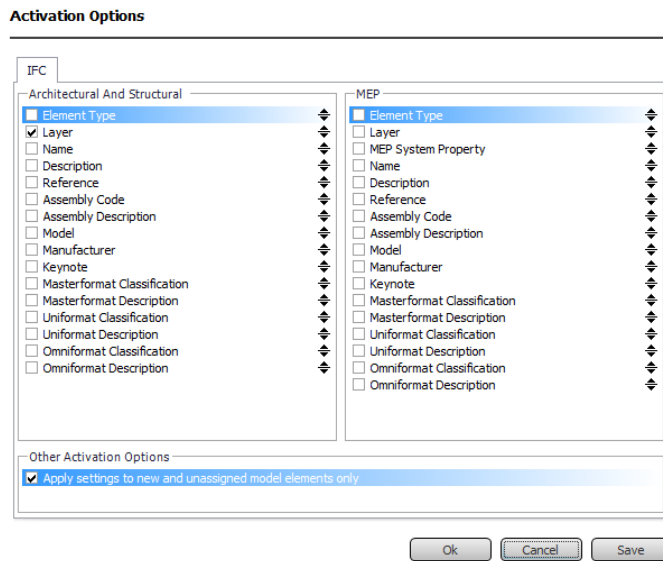


Figura 57 Regras de organização e quantidades, no Vico Office®

Após definidas as regras, no mesmo separador de importação, seleciona-se a opção “Activate model” e espera-se alguns minutos, dependendo do tamanho do modelo, até que o Vico Office® calcule todas as quantidades. Para aceder às quantidades e verificar se foram definidas as regras corretas, acedeu-se ao separador “Takeoff model” do módulo “Takeoff Manager”, aí pode verificar-se quantos elementos existem de cada tipo, e para cada elemento ou tipo, têm-se todas as quantidades possíveis, desde volumes, áreas de uma ou mais faces e podemos usar um editor de fórmulas para personalizar uma quantidade desejada. Ao seleccionar os elementos também há a opção de ele ficar de cor diferente ou apenas visualizar esses elementos, como se pode ver na Figura 58.

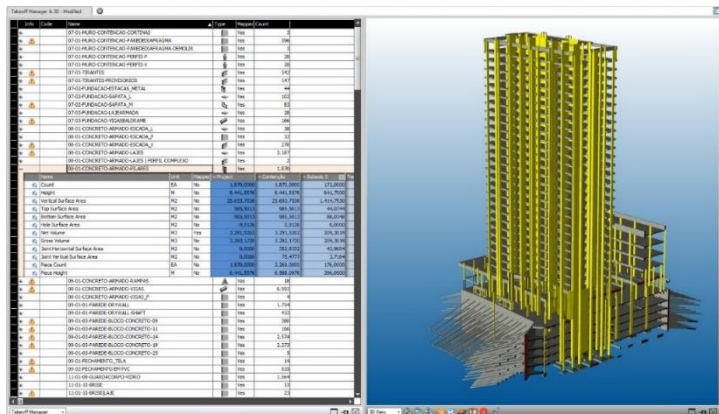


Figura 58 Quantidades do modelo no *takeoff model*, no Vico Office®

3.4.3.2. Criação de estrutura de orçamento

Uma das vantagens do Vico Office[®], é que solicita ao utilizador a criação de um orçamento para poder utilizar as opções de planeamento associado a um modelo BIM, permitindo uma integração do planeamento com o orçamento, originando que todos os custos e serviços sejam distribuídos no tempo, deste modo ao planear fisicamente um projeto obtém-se igualmente um planeamento económico. Após a quantificação foi necessário criar a estrutura de orçamento, o Vico Office[®] tem a opção de criar o orçamento no próprio *software* ou importar a partir de um ficheiro Excel.

Sendo a opção de importar do ficheiro Excel mais expedita, alterou-se o “*layout*” para janela dupla onde na parte superior tem a janela do “*Cost Planner*” e em baixo o “*Excel Importer*”. Agora foi necessário importar o ficheiro de MS Excel[®], para isso selecionou-se a opção “*Open Excel File*” e escolheu-se o ficheiro a importar. Ficou-se então com o ficheiro MS Excel[®] carregado como mostra a Figura 59.

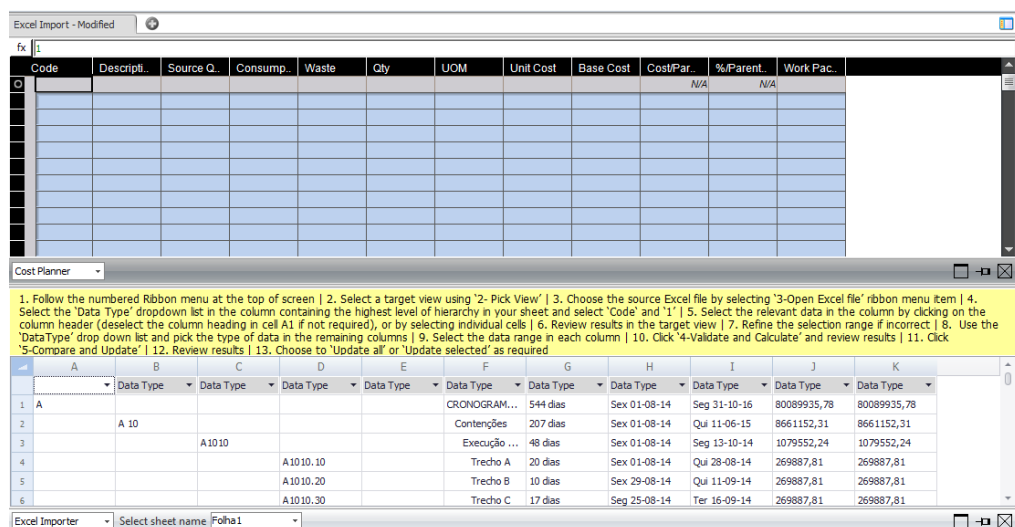


Figura 59 Importação da estrutura de orçamento, no Vico Office[®]

Assim, concluída a importação foi necessário associar cada coluna do ficheiro MS Excel[®] a uma coluna do “*Cost Planner*”, para isso clicou-se na folha de MS Excel[®] sobre o cabeçalho de cada coluna “*Data Type*” e selecionou-se o item a que corresponde na janela em baixo representada na Figura 60.

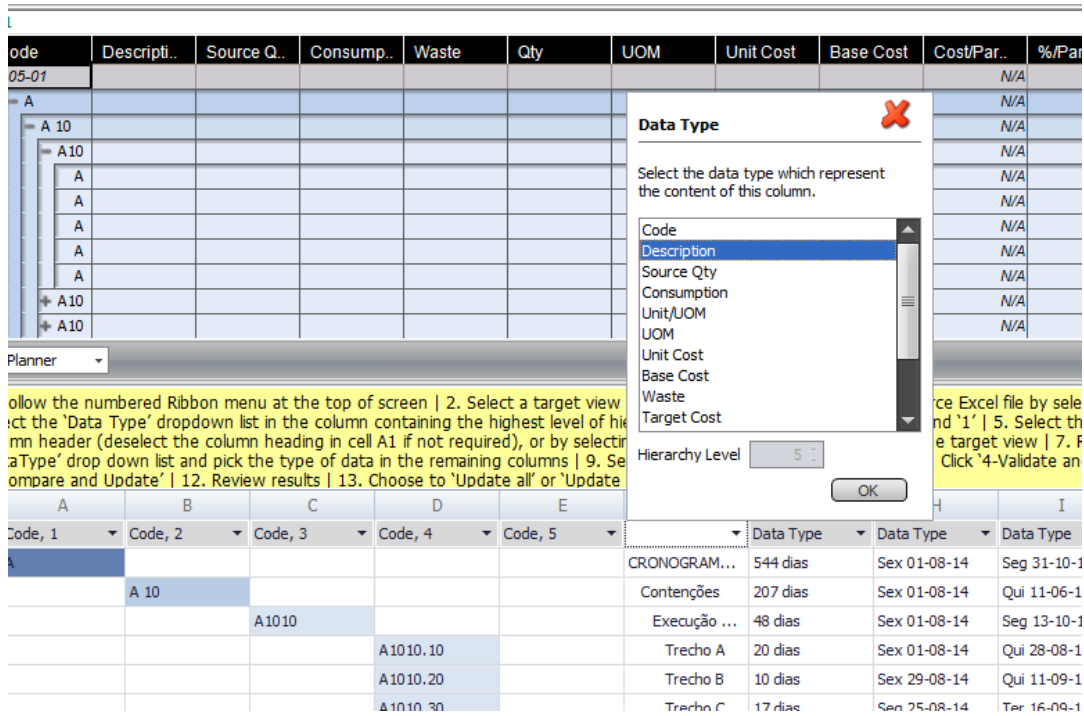


Figura 60 Associação de Elementos da folha de MS Excel com elementos do *Cost Planner*, no Vico Office®

Ficando assim com a estrutura de orçamento completa como se pode verificar na Figura 61.

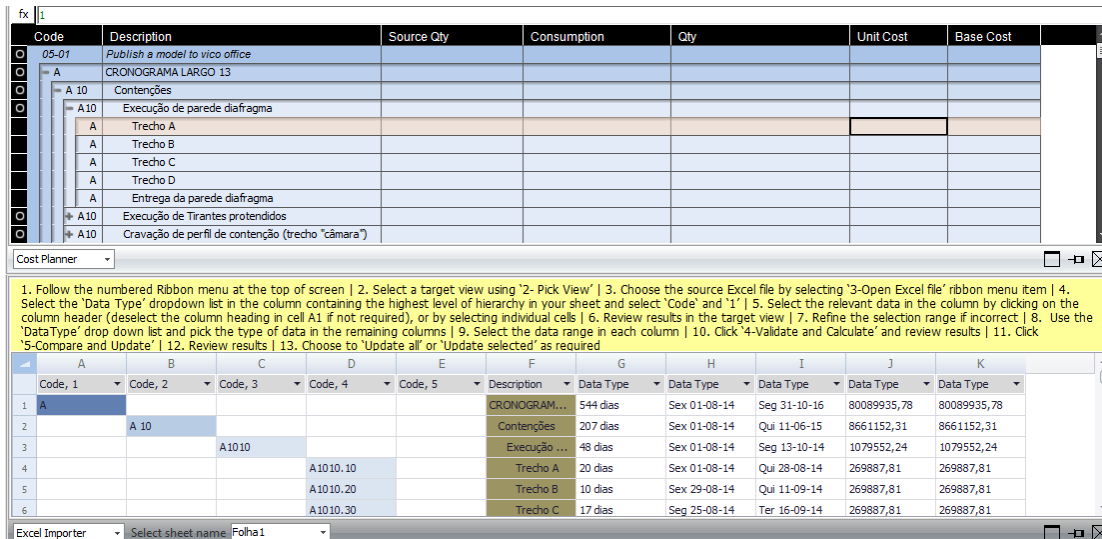
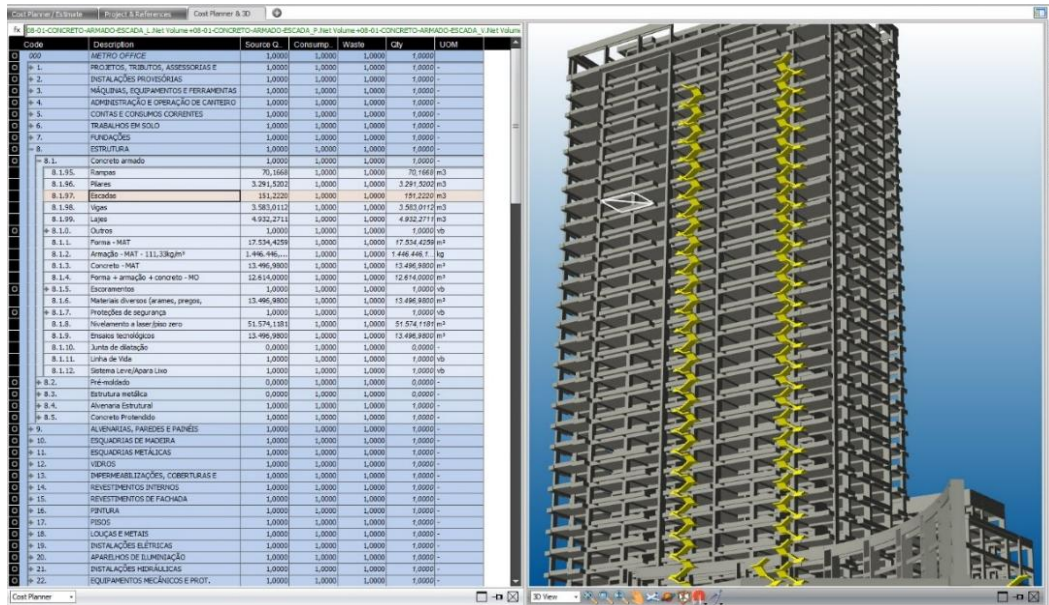


Figura 61 Estrutura de orçamento no *Cost Plan*, no Vico Office®

3.4.3.3. Associação de elementos do modelo ao orçamento

Com a estrutura de orçamento criada é preciso associar os elementos ao orçamento para que se possa obter as quantidades desejadas. Para isso foi necessário um “*layout*” de janela dupla em que num lado se visualizava o “*Cost Planner*” e noutro o “*3D View*” como exemplifica a Figura 62.



COD	Descrição	Source Qty	Consump	Waste	Qty	UOM
0	METRO OFFICE	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
1	PROJETOS, TRIBUTOS, ASSESSORIAS E	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
2	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
3	MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
4	ACQUISTIÇÃO E OPERAÇÃO DE CAMIÃO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
5	CONTAS E CONSUMOS CORRIENTES	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
6	TRABALHOS EM SOLO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
7	PERIÊNCIAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
8	ESTRUTURA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
8.1	Concreto armado	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
8.1.1	Placas	70,1648	1,0000	1,0000	70,1648	m3
8.1.1.1	Placas	3,291,5202	1,0000	1,0000	3,291,5202	m3
8.1.1.2	Escadas	151,2220	1,0000	1,0000	151,2220	m3
8.1.1.3	Vigas	3,583,0112	1,0000	1,0000	3,583,0112	m3
8.1.1.4	Luzes	4,932,2714	1,0000	1,0000	4,932,2714	m3
8.1.1.5	Outros	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.1.1.1.1	Forma - MAT	17,534,4259	1,0000	1,0000	17,534,4259	m2
8.1.1.1.2	Armação - MAT - 11L30kg/m³	1,496,496...	1,0000	1,0000	1,496,496...	kg
8.1.1.1.3	Concreto - MAT	12,496,9800	1,0000	1,0000	12,496,9800	m3
8.1.1.4	Forma + armação + concreto - MO	12,614,0000	1,0000	1,0000	12,614,0000	m3
8.1.1.5	Escoramentos	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.1.6	Proteção de ventos (telas, pregos,	13,496,9800	1,0000	1,0000	13,496,9800	m2
8.1.7	Proteção de segurança	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.1.8	Nivelamento a laser nível zero	51,574,1181	1,0000	1,0000	51,574,1181	m2
8.1.9	Strakas Isotérmicas	12,496,9800	1,0000	1,0000	12,496,9800	m2
8.1.10	Junta de dilatação	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.1.11	Linha de Vão	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.1.12	Sistema Lente/Abraço Lente	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	cb
8.2	Pré-moldado	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	-
8.3	Estrutura metálica	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	-
8.4	Alvenaria Estrutural	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
8.5	Concreto Protendido	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
9	ALVENARIAS, PAREDES E PAINÉIS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
10	ESQUADRIAS DE MADEIRA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
11	ESQUADRIAS METÁLICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
12	VIDROS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
13	IMPENETRABILIZAÇÕES, COBERTURAS E	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
14	REVESTIMENTOS INTERIORS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
15	REVESTIMENTOS DE FACHADA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
16	PERITURA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
17	PROF.	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
18	LOUÇAS E METAIS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
19	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
20	APARELHOS DE ILUMINAÇÃO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
21	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
22	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS E PROF.	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-

Figura 62 Layout para associação de elementos ao orçamento, no Vico Office®

De seguida para associar os elementos, clicou-se numa linha do “*Cost Planner*” na coluna “*Source Qty*” em que se abriu uma janela, como a da Figura 63, que seleciona qual o elemento que se quer associar à linha do orçamento selecionada, dentro de cada elemento é possível escolher qual o tipo de quantificação que se deseja, como área de topo, volume, perímetro, etc., ficando assim associado um elemento com a respetiva quantificação a uma linha do orçamento. É importante referir, ao contrário dos outros dois *softwares* testados, não foi necessário criar filtros ou sets para associar grupos de elementos a uma tarefa de uma dada localização. Bastou associar o item do orçamento ao total dos elementos e o próprio *software*, na ferramenta de planeamento, automaticamente distribui por localizações.

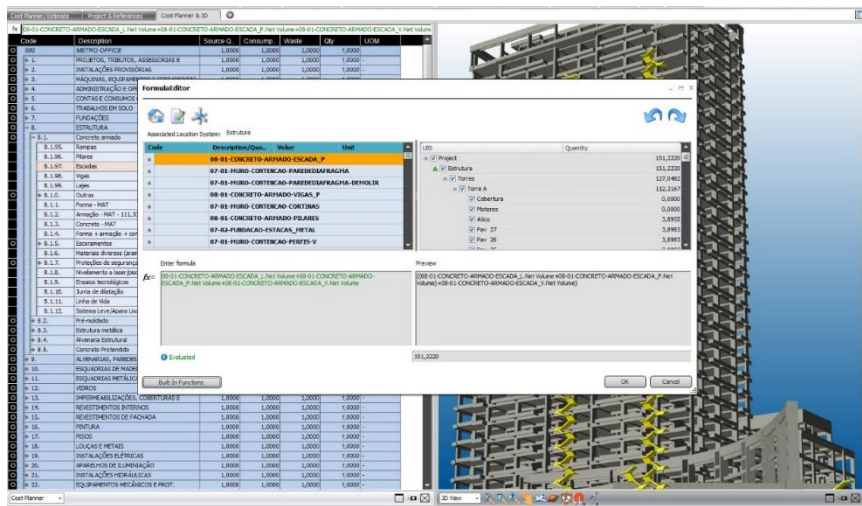


Figura 63 Associação de elementos e respetivas quantidades ao orçamento, no Vico Office®

3.4.3.4. Criação de localizações e reativação do modelo

Como o edifício do modelo em estudo tem duas torres com pés direitos diferentes, subsolos, e uma loja exterior, foi necessário criar zonas e dentro de cada zona níveis que se adequem à zona que representam.

Para criar zonas, acedeu-se ao separador “*Define Locations*” do módulo “*LBS Manager*”, aqui pode criar-se zonas e níveis, e é indiferente a sua ordem, desde que no fim represente a realidade. Começou-se por criar níveis, para isso clicou-se sobre a primeira linha com o botão direito do rato e escolheu-se a opção “*Floor Split*”, como exemplifica a Figura 64. Pode inserir-se o número de níveis que se pretende criar, ou a altura por nível e o Vico Office® dividirá o modelo em níveis. O utilizador ao definir localizações o *software* automaticamente recalcula todas as quantidades e distribui pelas localizações, com atualização automática do planeamento, vantagem que tem em relação aos outros dois *softwares* estudados.

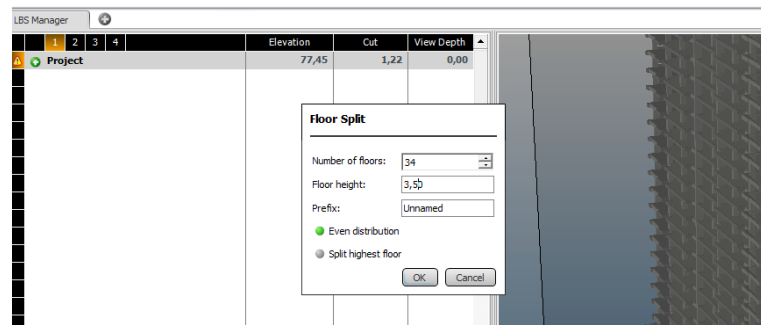


Figura 64 *Floor Split*, ferramenta de criação de níveis, no Vico Office®

Após os níveis criados, começa-se por os dividir em zonas, clica-se sobre um nível com o botão direito do rato e escolhe-se a opção “*Floor Plan View*”, visualiza-se uma planta do nível escolhido. Através de adição de “*polylines*” é possível dividir a planta em zonas, como se fez na zona das contenções nos pavimentos do subsolo, tal como exemplifica a Figura 65.

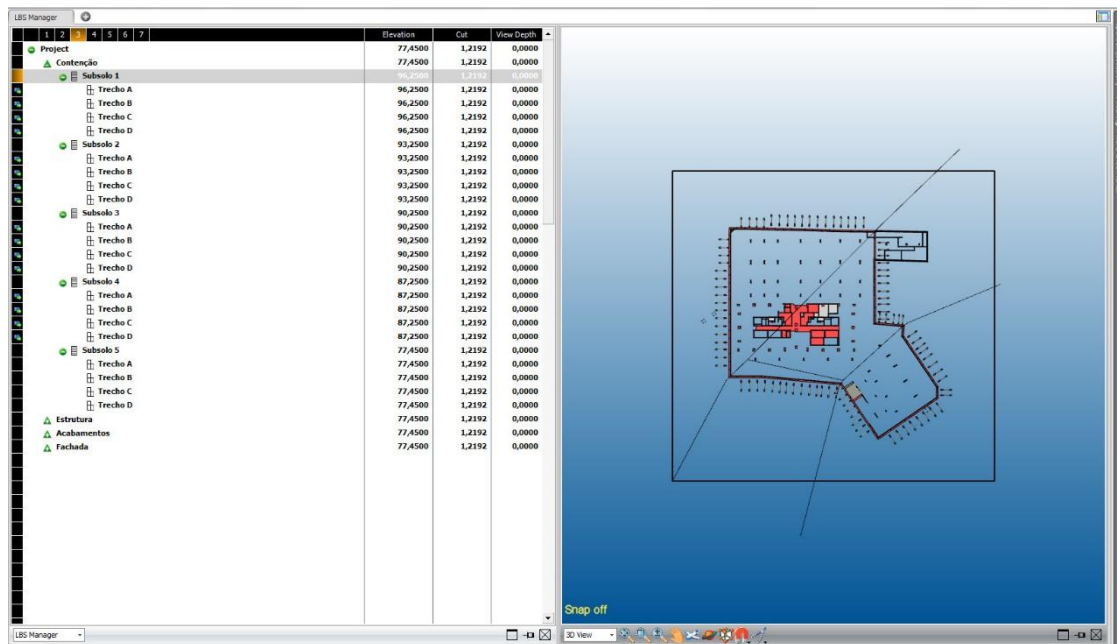


Figura 65 Divisão por zonas no subsolo, no Vico Office®

As zonas criadas num nível podem ser copiadas para outros níveis, para isso clica-se sobre o nível de onde se pretende copiar as zonas e com o botão direito do rato escolhe-se a opção “*Copy Child Nodes*” e seguidamente clica-se sobre o nível de onde se pretende colar as zonas e com o botão direito do rato e escolhe-se a opção “*Past Child Nodes*”. Se um elemento for cortado pelos níveis e se desejar que este fique num só nível usa-se a ferramenta “*Manually Assign*”, com a ferramenta acionada basta clicar na zona para onde se queria alocar o elemento, e clicar no elemento que se quer transferir e assim temos todos os elementos nos lugares correspondentes.

No fim de todas as zonas e níveis estarem acertados obteve-se o resultado exemplificado na Figura 66.

	Elevation	Cut	View Depth
Project	77,4500	1,2192	0,0000
Contenção	77,4500	1,2192	0,0000
Subsolo 1	96,2500	1,2192	0,0000
Subsolo 2	93,2500	1,2192	0,0000
Trecho A	93,2500	1,2192	0,0000
Trecho B	93,2500	1,2192	0,0000
Trecho C	93,2500	1,2192	0,0000
Trecho D	93,2500	1,2192	0,0000
Subsolo 3	90,2500	1,2192	0,0000
Subsolo 4	87,2500	1,2192	0,0000
Subsolo 5	77,4500	1,2192	0,0000
Estrutura	77,4500	1,2192	0,0000
Torres	100,6500	1,2192	0,0000
Torre A	100,6500	1,2192	0,0000
Torre B	100,6500	1,2192	0,0000
Loja	100,6500	1,2192	0,0000
Base	77,4500	1,2192	0,0000
Terreo	96,2000	1,2192	0,0000
Subsolo 1	93,2000	1,2192	0,0000
Subsolo 2	90,2000	1,2192	0,0000
Trecho 1	90,2000	1,2192	0,0000
Trecho 2	90,2000	1,2192	0,0000
Trecho 3	90,2000	1,2192	0,0000
Trecho 4	90,2000	1,2192	0,0000
Subsolo 3	87,2000	1,2192	0,0000
Subsolo 4	84,2000	1,2192	0,0000
Subsolo 5	77,4500	1,2192	0,0000
Acabamentos	77,4500	1,2192	0,0000
Fachada	77,4500	1,2192	0,0000

Figura 66 *LBS Manager* com as Zonas e níveis criados, no Vico Office®

Como foram criadas novas zonas e níveis, foi necessário reativar o modelo, para que, possa distribuir os elementos e respetivas quantidades por níveis e zonas criadas descritas neste subcapítulo. O procedimento para reativar o modelo foi descrito no subcapítulo 3.4.3.1 pelo que o autor não considera relevante descrever neste subcapítulo.

3.4.3.5. Criação de tarefas

De seguida foi necessário criar as tarefas, para isso acedeu-se ao “*Task Manager*” dentro do módulo “*Schedule Planner*”. O Vico Office® permite que se crie as tarefas diretamente no *software*, no entanto não seria necessário inserir as cerca de 2500 linhas de tarefas deste projeto já que apenas é necessário inserir as tarefas resumo e o *software* faz a divisão automaticamente pelos níveis e localizações onde os elementos associados ao planeamento se encontram, ou permite que se copie de um cronograma de MS Project® ou de um ficheiro MS Excel®. No entanto como o Vico Office tem como base se Planeamento a LOB, e os

cronogramas elaborados em MS Project[®] tem o CPM como base de planejamento, não é aconselhado copiar diretamente do cronograma, mas sim preparar uma folha de anexo em MS Project ou MS Excel[®] como demonstra a Figura 67.

	Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras	C	DiNo
415	▲ Tipos	296 dias	Seg 27-07-15	Qui 13-10-16				R
416	▷ Prumadas hidráulicas	158 dias	Seg 27-07-15	Ter 29-03-16				R
455	▷ Alvenaria	153 dias	Seg 27-07-15	Seg 21-03-16				R
494	▷ Contramarcos de Alumínio	148 dias	Seg 03-08-15	Seg 21-03-16				R
533	▷ Contrapisos	151 dias	Qua 05-08-15	Ter 29-03-16				R
572	▷ Enchimento/ Regularização	151 dias	Qua 05-08-15	Ter 29-03-16				R
611	▷ Drywall lavabos - montantes	143 dias	Seg 24-08-15	Ter 05-04-16				R
641	▷ Instalações e Distribuições Hidráulicas	156 dias	Qua 12-08-15	Ter 12-04-16				R
680	▷ Sprinkler	156 dias	Qua 19-08-15	Ter 19-04-16				R
719	▷ Instalação de Caixinhas Elétricas	156 dias	Qua 26-08-15	Qua 27-04-16				R
758	▷ Drywall lavabos - placas	143 dias	Sex 25-09-15	Qui 05-05-16				R
788	▷ Gesso e Massa (desempenado)	161 dias	Qua 02-09-15	Qui 12-05-16				R
827	▷ Enfição	161 dias	Qui 10-09-15	Qui 19-05-16				R
866	▷ Forro de gesso	206 dias	Seg 21-09-15	Sex 29-07-16				R
936	▷ Impermeabilização	206 dias	Qui 01-10-15	Sex 05-08-16				R
1005	▷ Exaustão Mecânica	217 dias	Qua 02-09-15	Seg 01-08-16				R
1084	▷ Soleiras	171 dias	Ter 13-10-15	Sex 24-06-16				R
1199	▷ Piso de Cerâmica / Porcelanato	201 dias	Ter 20-10-15	Sex 12-08-16				R
1305	▷ Bancadas de granito	161 dias	Ter 27-10-15	Sex 24-06-16				R
1344	▷ Esquadrias de Alumínio	219 dias	Qui 26-11-15	Qui 13-10-16				R
1414	▷ Esquadrias de Ferro	213 dias	Qua 05-08-15	Ter 28-06-16				R
1529	▷ Esquadrias de Madeira (portas)	161 dias	Qua 04-11-15	Sex 01-07-16				R
1605	▷ Esquadrias de Madeira (ferragens)	161 dias	Qua 11-11-15	Sex 08-07-16				R
1681	▷ Massa e pintura 1ª demão	156 dias	Qua 18-11-15	Sex 08-07-16				R
1720	▷ Louças	156 dias	Qui 26-11-15	Sex 15-07-16				R

Figura 67 Copiar tarefas do cronograma para colar no *Task Manager*, no MS Project[®]. Voltando ao *software Vico Office*[®] apenas foi necessário clicar em “*Insert Copied Tasks*” e todas tarefas foram copiadas para o “*Task manager*”, como se pode ver na Figura 68.

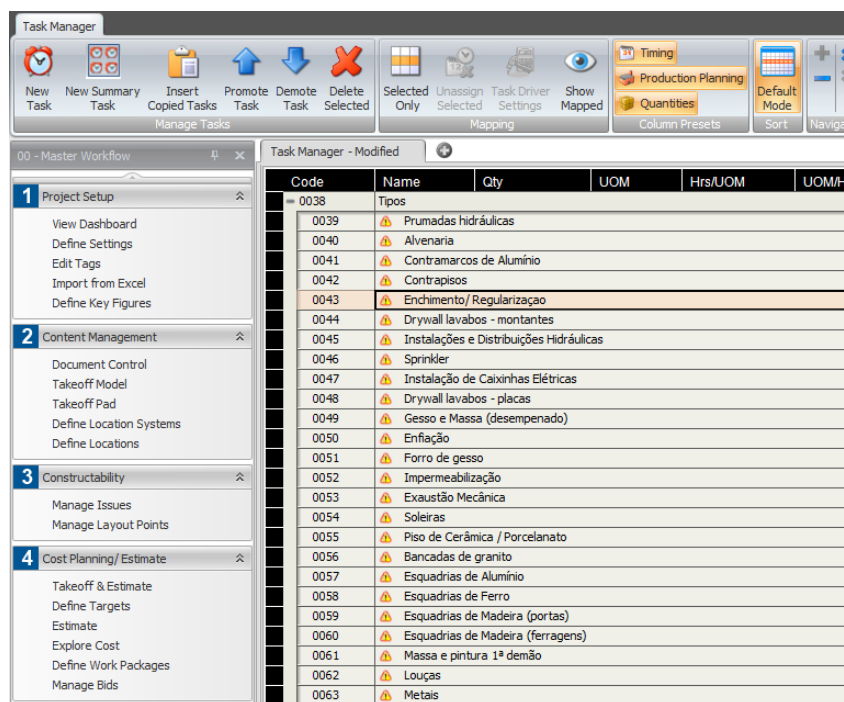


Figura 68 Inserção das tarefas no *Task Manager*, no *Vico Office*[®]

3.4.3.6. Associação de orçamento as tarefas

Com as tarefas inseridas e a estrutura de orçamento criada, foi necessário associar o orçamento às tarefas, ligando os custos que correspondem a determinada tarefa, para isso foi necessário um “*layout*” de janela dupla em que, num lado se visualizava o “*Task Manager*” e no outro o “*Cost Planner*”. Para fazer a associação é apenas necessário arrastar a linha, ou linhas, de custos para a respetiva tarefa. Assim ficou-se com uma associação como exemplifica a Figura 69.

The image shows two overlapping windows from a software application. The left window, titled 'Task Manager', displays a list of tasks with columns for 'Code', 'Name', 'Units', and 'Amount'. The right window, titled 'Cost Planner', displays a list of budget items with columns for 'Code', 'Description', 'Source Q.', 'Consump.', 'Waste', 'Qty', and 'LOM'. The interface shows how budget items are linked to specific tasks.

Code	Name	Units	Amount
A001	Alvenarias	1.259,2700	261,5192
9.1.3.5	Bloco de concreto 25 cm -MAT	42,8398 m ²	1,7261
9.1.3.4	Bloco de concreto 11 cm -MAT	556,2214 m ²	5,2395
9.1.3.1	Bloco de concreto 9 cm -MAT	941,9112 m ²	37,9511
9.1.3.2	Bloco de concreto 14 cm -MAT	13,578,1466 m ²	547,0599
9.1.3.3	Bloco de concreto 19 cm -MAT	16,534,2245 m ²	666,3355
A018	Alvenaria de Grelha	1.222,7611	164,4102
PE03	Prises	34,5564	4,3777
PE01	Chupisco	840,5635	77,0673
CE03	Contarções		188,9630
A002	Contranços de Alumínio	1.319,3784	162,9701
A003	Contranços	1.482,2360	179,2842
A004	Drivell - secantares	1.152,4734	144,0394
A005	Drivell - placas	1.159,4763	144,0394
A003	Equipamentos Sanitários	1.172,0000	166,0669
A028	Esquadras de Ferro - PCP balneário	1.490,3304	46,3612
A020	Esquadras de Alumínio - Gradil terrapço	885,3786	110,0471
A019	Esquadras de Alumínio - Portas e Janelas	1.032,7988	188,0870
A012	Esquadras de Ferro - Itonev	39,0000	4,8750
A021	Esquadras de Ferro - PCP arrabaldão	323,7717	48,3600
A014	Esquadras de Madeira - ferragens	1.134,9206	169,4664
A023	Esquadras de Madeira - Porta	1.184,4444	178,9172
E005	Estrutura		781,4678
A022	Fechamento PVC	603,2894	74,9402
A010	Fechamento Telo	101,7380	12,9722
A010	Ferro de gesso	1.148,5302	33,3764
A008	Ferro de gesso Lavabo/Hall	1.202,7394	161,1928
A009	Ferro de gesso terrapço	496,0907	70,0702
F001	Fundações		80,2544
A006	Gesso	1.146,6436	143,2551
A011	Grelha IP	11,0000	1,3700
PE02	Maisa	905,1177	114,6777
A007	Maisa	720,8689	86,0051
A025	Paredes Cerâmica	276,7889	34,5984
PE03	Pêlo de Vão	1.202,3216	95,2087
A026	Pinhara 3/4 demão	1.363,4881	20,4918
A027	Pinhara 2/4 demão	1.285,4653	105,6411
A011	Pinhara peso dos garagens	413,4711	30,0000
PE04	Pinhara Texturada	895,1613	109,4902
A015	Piso Cerâmica Hall	1.169,5341	146,1945

Code	Description	Source Q.	Consump.	Waste	Qty	LOM
1	PROJETOS, TRABALHOS, ACESSÓRIOS E	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS E	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	ACOMETRIMENTAÇÃO E ORÇAMENTO DE CANTO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	CONTAS E CONSUMOS CORRENTES	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
6	TRABALHOS EM SOLO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
7	FUNDAÇÕES	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
8	ESTRUTURAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9	ALVENARIAS, PAREDES E PAINÉIS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9.1	Alvenaria de vedação	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9.1.1	Drivell 2	8,246,3076	0,0000	0,0000	8,246,3076 m ²	
9.1.2	Bloco concreto -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.3	Bloco de concreto -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.3.1	Bloco de concreto 25 cm -MAT	42,8398	1,0000	1,0000	42,8398 m ²	
9.1.3.2	Bloco de concreto 11 cm -MAT	556,2214	1,0000	1,0000	556,2214 m ²	
9.1.3.3	Bloco de concreto 9 cm -MAT	941,9112	1,0000	1,0000	941,9112 m ²	
9.1.3.4	Bloco de concreto 14 cm -MAT	13,578,1466	1,0000	1,0000	13,578,1466 m ²	
9.1.3.5	Bloco de concreto 19 cm -MAT	16,534,2245	1,0000	1,0000	16,534,2245 m ²	
9.1.4	Bloco de gesso -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.4.1	Bloco de gesso -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.4.2	Bloco de vedaç -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.5	Elementos vazados	12,9360	1,0000	1,0000	12,9360 m ²	
9.1.6	Tijolo maciço -MAT	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	
9.1.6.1	Assentamento -M3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000 lb	
9.1.6.2	Materiais básicos de assentamento (Cimento, areia, água, etc)	38,355,4185	1,0000	1,0000	38,355,4185 lb	
9.1.6.3	Materiais diversos (flocos de cimento, telas, etc)	38,355,4185	1,0000	1,0000	38,355,4185 lb	
9.1.12	Verbas e complementos	38,355,4185	1,0000	1,0000	38,355,4185 m ²	
10	ESQUADRIAS DE MADEIRA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
11	ESQUADRIAS METÁLICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
12	ISOLANTES	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
13	IMPERMEABILIZAÇÕES, COBERTURAS E	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
14	REVESTIMENTOS INTERNOS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15	REVESTIMENTOS DE FACIENDA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
16	PINTURA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
17	PIEDOS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
18	UNIFORMES E METAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
19	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	APARELHOS DE ILUMINAÇÃO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
21	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
22	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS E PROT. INCÊNDIOS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
23	PASSAGIHO E ORÇAMENTO	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Figura 69 Associação do orçamento às tarefas, no Vico Office[®]

3.4.3.7. Planeamento em Linha de Equilíbrio

Finalmente se pode planear, no Vico Office[®] no módulo “*Schedule Planner*” há a opção de planear tanto em *Gantt* como na Linha de Equilíbrio. Como dos 3 *softwares* este é o único que permite planear em linha de equilíbrio, e devido as suas vantagens enumeradas nesta dissertação em relação ao CPM, esta foi a opção escolhida.

Neste módulo é possível fazer tudo o que se faz num *software* avançado de planeamento, tendo o bônus de ter acoplado um modelo BIM e os benefícios que isso acarreta. É possível controlar uma série de variáveis como dependências, durações, rendimentos, etc. Com o Vico Office[®] as quantidades e a sua distribuição por localização vem da ligação com o Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

planeamento ao modelo BIM automaticamente, ao contrário dos outros dois *softwares* em que a ligação das tarefas a localização é manual. De seguida, na Figura 70 segue o quadro de uma tarefa onde é possível controlar todas essas variáveis.

Figura 70 Quadro de tarefa onde contem todas as informações, no Vico Office[®]

Depois de inserir todas as informações, como durações, dependências, recursos e demais variáveis, é possível obter um planeamento, que se pode visualizar, editar e controlar tanto em linha de equilíbrio como em gráfico de *Gantt*. A Figura 71, seguinte, exemplifica uma parte do planeamento em linha de equilíbrio, as tarefas representadas são todas as tarefas de acabamentos desde os subsolos até à cobertura. Ao contrário dos outros dois *software* que utilizam o CPM, com a linha de equilíbrio consegue-se visualizar muito mais informação numa única vista.

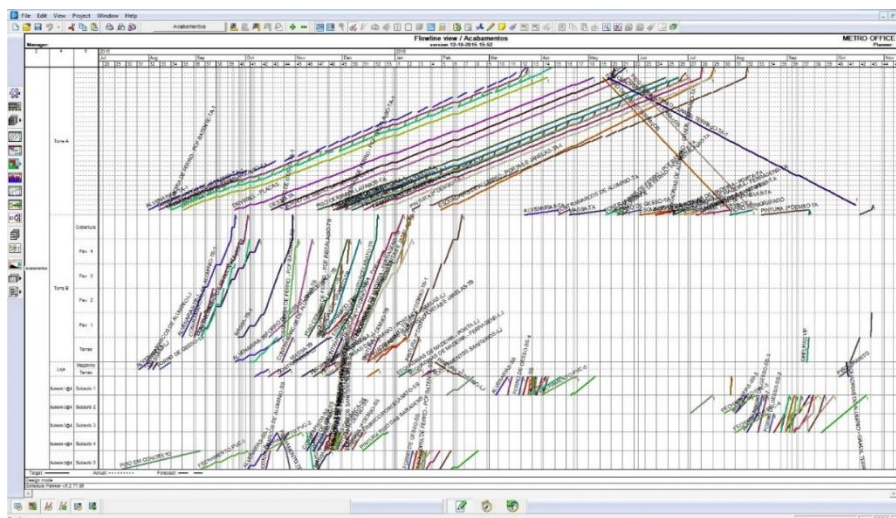


Figura 71 Parte de planeamento em Linha de Equilíbrio

3.4.3.8. Simulação 4D

Finalizado o planeamento, seguiu-se para a simulação 4D. Esta simulação permite verificar se foram cometidos erros no processo anterior, sendo por isso muito útil visualizar pelo menos uma vez após terminar a ligação entre tarefas e objetos. O Vico Office® Pro permite algumas configurações a simulação 4D. Para melhor compreensão da simulação construtiva permite criar “4D Task Groups”, são grupos de tarefas a que se adiciona uma cor na simulação, para que seja de mais fácil leitura. Estas cores estarão representadas numa legenda aquando a simulação construtiva em exibição. Pode também seleccionar-se o tipo de tarefa, (construção, temporária ou demolição), e a transparência da cor, como exemplifica a Figura 72 abaixo.

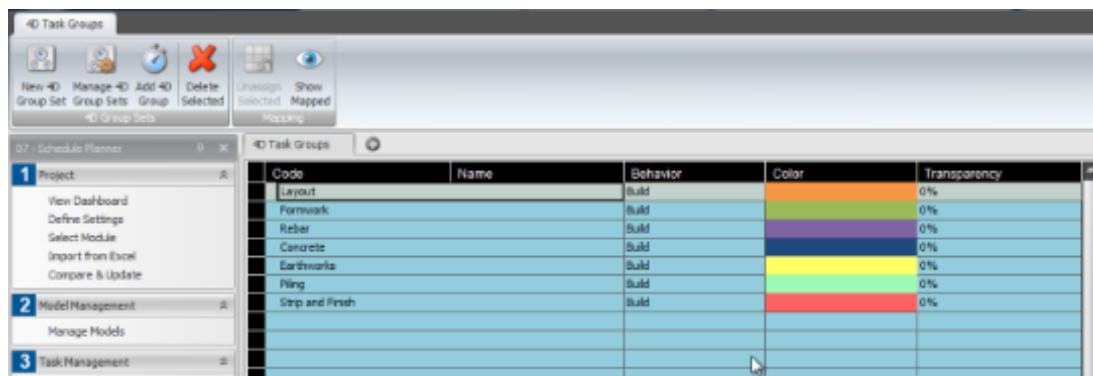


Figura 72 Configuração da Legenda da simulação 4D, no Vico Office®

Depois apenas é necessário arrastar as tarefas inseridas no “Task Manager” para os grupos criados no “4D Task Groups”, como demonstra a Figura 73 seguinte.

Code	Name	Behavior	Color	Transparency	Code	Name	Quantity	Unit	Unit	Unit	Unit	Work	Crew
	Layout	Build	Orange	0%	02-SUP-004	Strip Columns						175,84	Unassigned Crew
01-SUB-001	Layout Pile				02-SUP-008	Strip Beams						327,18	Unassigned Crew
01-SUB-004	Layout Pile Caps				01-SUB-014	Strip + Finish Slab on Grade						63,52	Unassigned Crew
	Formwork	Build	Light Green	0%	01-SUB-005	Strip + Finish Pile Caps						45,84	Unassigned Crew
01-SUB-011	Form Slab on Grade				02-SUP-012	Strip + Finish Concrete						178,44	Unassigned Crew
02-SUP-006	Form Beams				02-SUP-020	Rebar to Slab						2,114,00	Unassigned Crew
02-SUP-009	Form Slab				01-SUB-012	Rebar to Slab on Grade						253,88	Unassigned Crew
02-SUP-002	Form Columns				01-SUB-006	Rebar to Pile Caps						124,44	Unassigned Crew
01-SUB-003	Form Pile Caps				02-SUP-001	Rebar to Columns						138,58	Unassigned Crew
01-SUB-010	Install Vapor Barrier				02-SUP-002	Rebar to Beams						246,72	Unassigned Crew
	Rebar	Build	Purple	0%	01-SUB-001	Layout Pile						122,02	Unassigned Crew
02-SUP-010	Rebar to Slab				01-SUB-004	Layout Pile Caps						22,40	Unassigned Crew
02-SUP-003	Rebar to Beams				01-SUB-010	Install Vapor Barrier						22,84	Unassigned Crew
01-SUB-012	Rebar to Slab on Grade				01-SUB-002	Grading for pilecaps						7,00	Unassigned Crew
02-SUP-001	Rebar to Columns				01-SUB-011	Form Slab on Grade						62,88	Unassigned Crew
01-SUB-006	Rebar to Pile Caps				02-SUP-009	Form Slab						4,440,04	Unassigned Crew
	Concrete	Build	Blue	0%	01-SUB-005	Form Pile Caps						232,28	Unassigned Crew
02-SUP-011	Concrete Slabs				02-SUP-002	Form Columns						1,004,80	Unassigned Crew
02-SUP-007	Concrete Beams				02-SUP-006	Form Beams						2,262,76	Unassigned Crew
01-SUB-013	Concrete Slab on Grade				01-SUB-002	Del. sink cage + cast piles						352,02	Unassigned Crew
01-SUB-007	Concrete Pile Caps				02-SUP-011	Concrete Slabs						354,96	Unassigned Crew
02-SUP-003	Concrete Columns				01-SUB-013	Concrete Slab on Grade						883,41	Unassigned Crew
	Earthworks	Build	Yellow	0%	01-SUB-007	Concrete Pile Caps						46,02	Unassigned Crew
01-SUB-003	Grading for pilecaps				02-SUP-003	Concrete Columns						353,62	Unassigned Crew
	Piling	Build	Light Green	0%	02-SUP-007	Concrete Beams						145,44	Unassigned Crew
01-SUB-002	Del. sink cage + cast piles												
	Strip and Finish	Build	Red	0%									
01-SUP-004	Strip Columns												
02-SUP-008	Strip Beams												
01-SUB-014	Strip + Finish Slab on Grade												
01-SUB-008	Strip + Finish Pile Caps												
02-SUP-013	Strip + Finish Concrete												

Figura 73 Preenchimento do 4D Task Groups com as tarefas, no Vico Office®

Depois podemos configurar algumas definições da simulação construtiva, como permite algumas configurações da simulação construtiva como a duração, se queremos visualizar o planeado ou o real, ou a diferença entre os dois modos, permite também alterar a informação da legenda que aparece ao longo da simulação. Na Figura 74, abaixo, pode observar-se um instante da simulação 4D do caso de estudo.

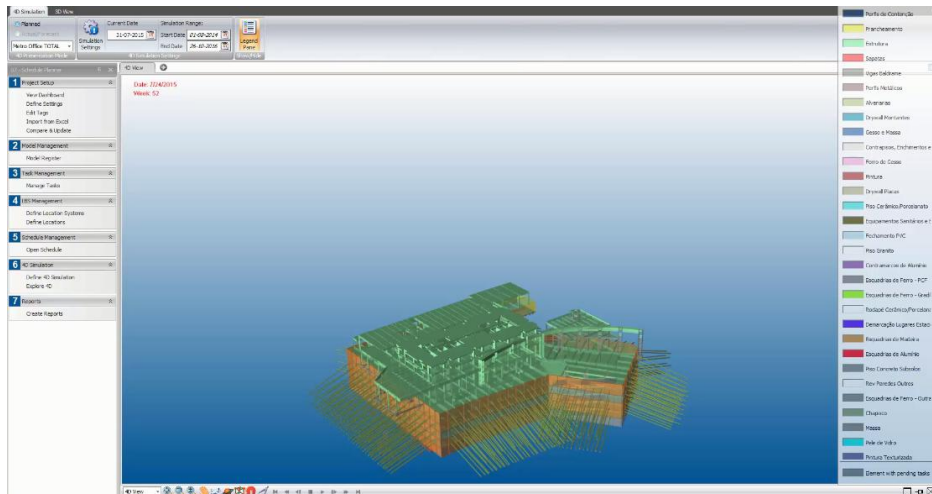


Figura 74 Simulação construtiva no Vico Office, no Vico Office®

3.4.3.9. Reflexão dos resultados

A abordagem ao Vico Office® foi diferente dos restantes *softwares*, como já havia sido realizado pelo Eng. Edgar Costa, colaborador da empresa ndBIM, parceira nesta dissertação, não foi necessário replicar o planeamento neste *software*. No entanto foram realizados testes em todas as fases do *software* para que a aprendizagem fosse mais aprofundada. Esta aprendizagem permitiu identificar algumas vantagens, como a obrigatoriedade de criar o orçamento realizado no subcapítulo 3.5.3.2., uma garantia que todos os serviços de um projeto estão na realidade planeados, com todos os custos automaticamente planeados, só após se inserir os custos se poder planear usando as capacidades de um modelo BIM incorporado.

Outra das desvantagens deste *software* deve-se à grande performance exigida ao computador para que o *software* flui-se facilmente, o fabricante recomenda o mínimo 16gb de memória RAM, tal como o Synchro® Pro, o que ainda não é comum nos computadores de gama média.

Este caso de estudo foi realizado em 1 semana de trabalho, cerca de 40 horas. A alta produtividade apurada neste *software* deve-se essencialmente á ligação automática entre elementos e tarefas, que nos dois *softwares* anteriormente testados ocuparia cerca de 2 semanas, ou seja, mais de 100% do tempo despendido nesses testes. Outro dos fatores da alta produtividade neste *software* deve-se a experiência do utilizador no mesmo.

Em relação à usabilidade do *software* Vico Office[®] o autor considera-o o mais *user friendly* de todos os 3 *softwares* utilizados, no entanto exige um *hardware* com mais capacidade, mas em contra partida, é um verdadeiro *software* de planeamento, com ferramentas avançadas de Planeamento, utilizando as vantagens da LOB e com as regalias de ter acoplado um modelo BIM.

3.5. Introdução de alterações no decorrer da Obra

Normalmente, o projeto inicial é alvo de alterações, quer seja por imposição de necessidades em obra ou por exigência do cliente. Assim, decidiu testar-se o comportamento dos *softwares* quando sujeitos a mudanças de planeamento.

Decidiu-se simular alterações no projeto que procuravam recriar cenários usuais em obra. No final iremos comparar os resultados observados nos *softwares* testados e retirar conclusões.

Os próximos subcapítulos estão divididos por teste e seguidamente por *software* para uma melhor compreensão.

3.5.1. Cenário de teste 1

No planeamento inicial, as paredes de contenção do subsolo foram executadas por zonas. Inicialmente existiam 4 zonas de trabalho, exemplificadas na Figura 75, o primeiro cenário de teste propõe a alteração da sectorização do planeamento de todos os subsolos. Em vez de

existirem 4 zonas passou a ter-se 3 zonas tendo-se juntado a zona A com a zona B. Com esta junção teremos de alterar as dependências no cronograma de MS Project®.

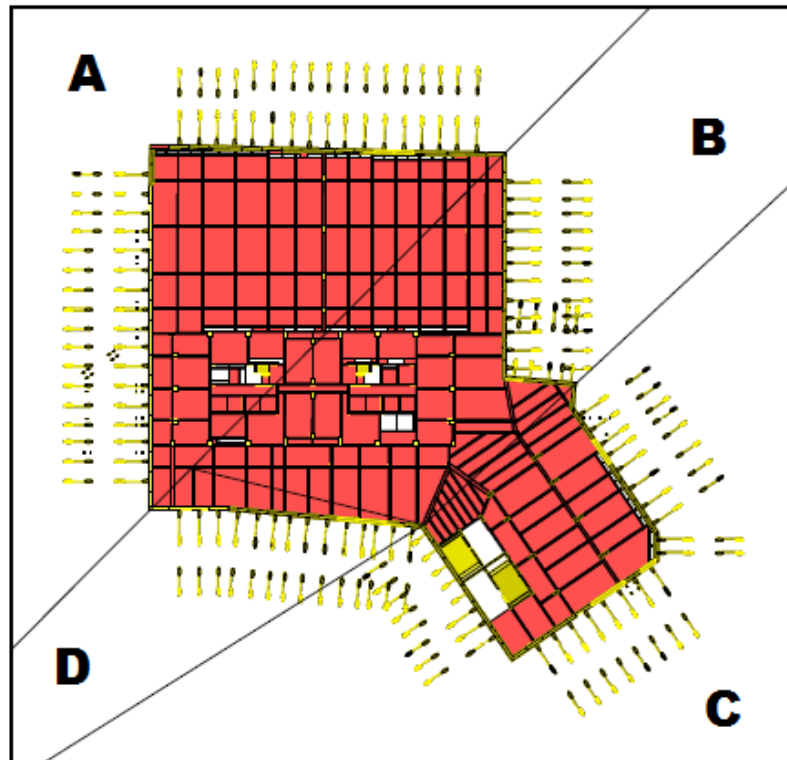


Figura 75 Definição de zonas de trabalho nos subsolos

3.5.1.1. Teste 1 no Navisworks®

Como explicado no subcapítulo 3.4.1.1. o Navisworks® não reconhece nem importa dependências entre tarefas, apenas consegue importar as datas de início e de fim, sendo assim foi necessário proceder a alteração de planeamento no MS Project®, e posteriormente importar para o Navisworks®.

Iniciou-se então as alterações ao cronograma do MS Project®, primeiramente o autor estudou bem as tarefas a modificar para escolher o método mais eficaz para juntar as Zonas A e B. Como o MS Project® não permite juntar duas tarefas, a primeira tentativa do autor para juntar duas tarefas foi acrescentar à tarefa da zona A os dias da tarefa B e as suas dependências mas, encontrou algumas incompatibilidades assinaladas na Figura 76 abaixo.

	Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras
1	▲ CRONOGRAMA LARGO 13	544 dias	Sex 01-08-14	Seg 31-10-16		
2	▷ Instalações Provisórias	2 dias	Sex 01-08-14	Seg 04-08-14		
6	▲ Contenções	207 dias	Sex 01-08-14	Qui 11-06-15		
7	▲ Execução de parede diafragma	48 dias	Sex 01-08-14	Seg 13-10-14		
8	▲ Trecho A	20 dias	Sex 01-08-14	Qui 28-08-14	9;12;45Cl+24 dias; 3Il	
9	Trecho B	10 dias	Sex 29-08-14	Qui 11-09-14	12	8
10	Trecho C	17 dias	Seg 25-08-14	Ter 16-09-14	12;11	8Cl+20 dias
11	Trecho D	15 dias	Qua 17-09-14	Seg 13-10-14	12	10
12	Entrega da parede diafragma	0 dias	Seg 13-10-14	Seg 13-10-14		8;9;10;11
13	▲ Execução de Tirantes protendidos	56 dias	Qua 05-11-14	Qua 28-01-15		
14	▲ 1ª Linha de tirantes	23 dias	Qua 05-11-14	Seg 08-12-14		
15	Trecho A	7 dias	Qua 05-11-14	Qui 13-11-14	51;16;36	49
16	Trecho B	5 dias	Sex 14-11-14	Sex 21-11-14	36;17	15
17	Trecho C	6 dias	Seg 24-11-14	Seg 01-12-14	18;36	16
18	Trecho D	5 dias	Ter 02-12-14	Seg 08-12-14	36	17
19	▲ 2ª Linha de tirantes	20 dias	Ter 18-11-14	Ter 16-12-14		
20	Trecho A	7 dias	Ter 18-11-14	Qui 27-11-14	57;21Il+5 dias;36	51
21	Trecho B	5 dias	Qua 28-11-14	Ter 02-12-14	22;36	20Il+5 dias
22	Trecho C	6 dias	Qua 03-12-14	Qua 10-12-14	23Il+5 dias;36	21

Figura 76 Exemplo de incompatibilidades optando pela primeira opção, no MS Project®

Se o autor juntasse à tarefa da linha 8 os dias e dependências da tarefa da linha 9, não existiriam incompatibilidades, o mesmo não aconteceria com as tarefas das linhas 20 e 21 ou 25 e 26, devido à tarefa da zona B começar antes do término da tarefa A devido a uma dependência com 5 dias de intervalo, ou seja, se juntasse os dias das tarefas não iria corresponder aos dias inicialmente planeados, pelo que esta hipótese foi abandonada.

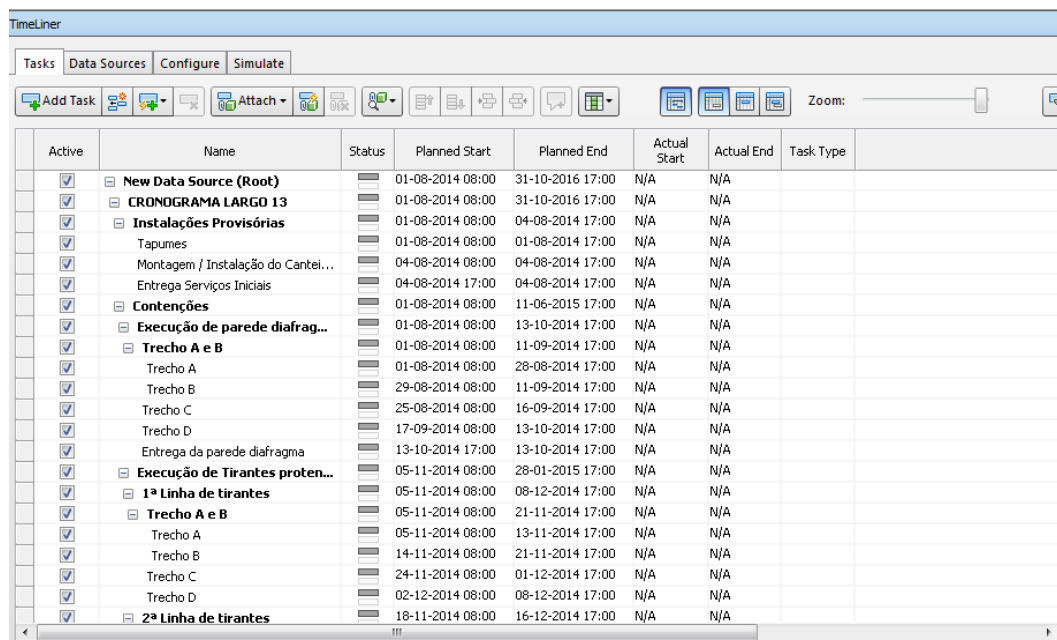
A segunda tentativa passou por agrupar as tarefas da zona A e B numa tarefa resumo, isto não corresponde à realidade mas foi a melhor solução de agrupar as duas tarefas sem que ocorressem incompatibilidades. Para isso criou-se uma nova tarefa por cima de cada tarefa da zona A, renomeou-se essa tarefa como “Trecho A e B”, e selecionou-se as tarefas da zona A e zona B e avançou-se as mesmas, tornando a tarefa “Trecho A e B” como tarefa resumo, como demonstra a Figura 77.

	Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras
1	▲ CRONOGRAMA LARGO 13	544 dias	Sex 01-08-14	Seg 31-10-16		
2	▷ Instalações Provisórias	2 dias	Sex 01-08-14	Seg 04-08-14		
6	▲ Contenções	207 dias	Sex 01-08-14	Qui 11-06-15		
7	▲ Execução de parede diafragma	48 dias	Sex 01-08-14	Seg 13-10-14		
8	▲ Trecho A e B	30 dias	Sex 01-08-14	Qui 11-09-14		
9	Trecho A	20 dias	Sex 01-08-14	Qui 28-08-14	10;13;50Cl+24 dias; 3Il	
10	Trecho B	10 dias	Sex 29-08-14	Qui 11-09-14	13	9
11	Trecho C	17 dias	Seg 25-08-14	Ter 16-09-14	13;12	9Cl+20 dias
12	Trecho D	15 dias	Qua 17-09-14	Seg 13-10-14	13	11
13	Entrega da parede diafragma	0 dias	Seg 13-10-14	Seg 13-10-14		9;10;11;12
14	▲ Execução de Tirantes protendidos	56 dias	Qua 05-11-14	Qua 28-01-15		
15	▲ 1ª Linha de tirantes	23 dias	Qua 05-11-14	Seg 08-12-14		
16	▲ Trecho A e B	12 dias	Qua 05-11-14	Sex 21-11-14		
17	Trecho A	7 dias	Qua 05-11-14	Qui 13-11-14	56;18;41	54
18	Trecho B	5 dias	Sex 14-11-14	Sex 21-11-14	41;19	17
19	Trecho C	6 dias	Seg 24-11-14	Seg 01-12-14	20;41	18
20	Trecho D	5 dias	Ter 02-12-14	Seg 08-12-14	41	19
21	▲ 2ª Linha de tirantes	20 dias	Ter 18-11-14	Ter 16-12-14		
22	▲ Trecho A e B	10 dias	Ter 18-11-14	Ter 02-12-14		
23	Trecho A	7 dias	Ter 18-11-14	Qui 27-11-14	62;24Il+5 dias;41	56

Figura 77 Agrupamento das tarefas através de tarefas resumo, no MS Project®

Aplicou-se este mesmo método a todas as tarefas que continham zonas, apesar de não ser o método mais correto é o melhor disponibilizado por este *software*. Este processo no MS Project[®] demorou cerca de 5 minutos, e ficou assim pronto a ser importado para o Navisworks[®].

Com o cronograma pronto, foi necessário importar o cronograma para Navisworks[®]. Para isso abrimos o *TimeLiner* do Navisworks[®], seguidamente da aba *Data Source*, para atualizar o cronograma utilizou-se o caminho “*Refresh*”, “*Selected Data Source*”, “*Rebuild Task Hierarchy*”. Neste momento o cronograma está atualizado, mas os *attaches*, as ligações entre *sets* e as tarefas foram apagadas, devido a utilização da opção “*Rebuild Task Hierarchy*” como se pode verificar na Figura 78.



Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type
<input checked="" type="checkbox"/>	New Data Source (Root)		01-08-2014 08:00	31-10-2016 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	CRONOGRAMA LARGO 13		01-08-2014 08:00	31-10-2016 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Instalações Provisórias		01-08-2014 08:00	04-08-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Tapumes		01-08-2014 08:00	01-08-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem / Instalação do Cantei...		04-08-2014 08:00	04-08-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Entrega Serviços Iniciais		04-08-2014 17:00	04-08-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Contenções		01-08-2014 08:00	11-06-2015 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Execução de parede diafrag...		01-08-2014 08:00	13-10-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho A e B		01-08-2014 08:00	11-09-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho A		01-08-2014 08:00	28-08-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho B		29-08-2014 08:00	11-09-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho C		25-08-2014 08:00	16-09-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho D		17-09-2014 08:00	13-10-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Entrega da parede diafragma		13-10-2014 17:00	13-10-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Execução de Tirantes proten...		05-11-2014 08:00	28-01-2015 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	1ª Linha de tirantes		05-11-2014 08:00	08-12-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho A e B		05-11-2014 08:00	21-11-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho A		05-11-2014 08:00	13-11-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho B		14-11-2014 08:00	21-11-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho C		24-11-2014 08:00	01-12-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	Trecho D		02-12-2014 08:00	08-12-2014 17:00	N/A	N/A	
<input checked="" type="checkbox"/>	2ª Linha de tirantes		18-11-2014 08:00	16-12-2014 17:00	N/A	N/A	

Figura 78 Exemplo do *TimeLiner* com o cronograma atualizado mas sem *attaches*, no Navisworks[®]

Para corrigir este problema utilizou-se a ferramenta “*Auto-Attach using rules*” usando a opção intermédia que permite criar *sets* a partir das tarefas e ligar ambos. Como os *sets* já estavam criados apenas ligou os *sets* existentes às tarefas, ficando assim concluído este teste como exemplificado na Figura 79.

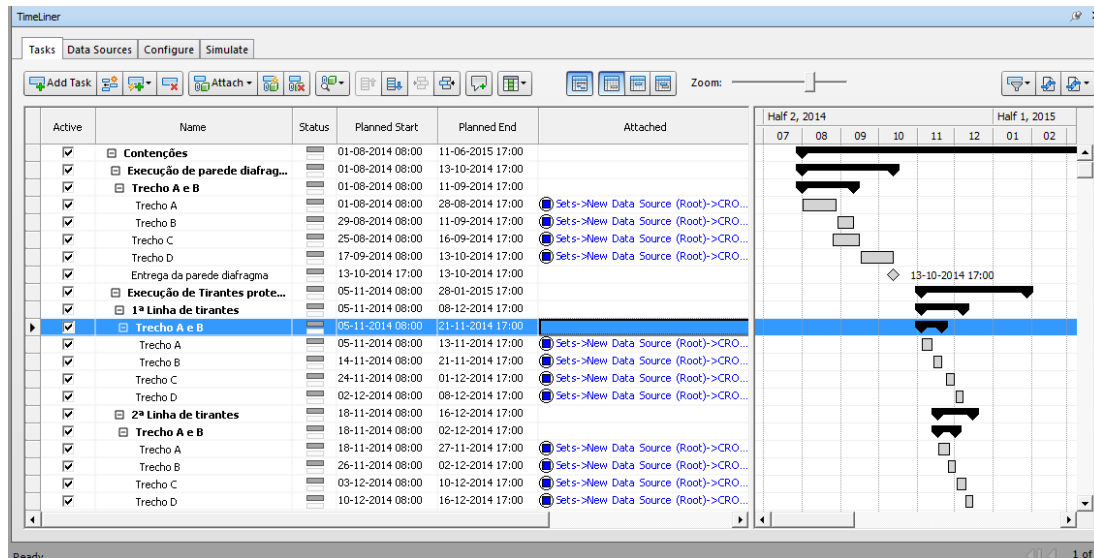


Figura 79 Exemplo da *TimeLiner* do cenário de teste 1 concluído, no Navisworks®

Esta operação no Navisworks® demorou cerca de 10 minutos, que somando aos 5 utilizados em MS Project®, totaliza cerca de 15 minutos para realizar este teste no Navisworks®.

3.5.1.2. Teste 1 no Synchro® Pro

Após diversos testes no Synchro® Pro, verificou-se que, ao contrário do Navisworks®, o Synchro® Pro consegue importar e exportar muita informação, como dependências, calendários, recursos, datas de início e de fim, etc. Sendo assim as alterações ao planeamento foram executadas no Synchro® Pro e depois exportadas para Ms Project® para uma possível integração com outros *softwares*.

À semelhança do teste anterior, optou-se por agrupar as duas tarefas numa tarefa resumo, mais uma vez, foi a melhor solução de agrupar as duas tarefas sem que ocorressem incompatibilidades. Para isso criou-se uma nova tarefa imediatamente acima de cada tarefa da zona A, no ícone “Criar”, na pestana “Atividade” e nomeou-se “Trecho A e B”, como demonstra a Figura 80.

ID	Nome	Duração	Início	Término	Recursos 3D
1	CRONOGRAMA LARGO 13	544d	10:00 13-08-2...	10:00 11-11-2016	(86308)
2	Instalações Provisórias	2d	10:00 13-08-2...	10:00 15-08-2014	
6	Contenções	207d	10:00 13-08-2...	10:00 25-06-2015	(948)
7	Execução de parede diafragma	48d	10:00 13-08-2...	10:00 28-10-2014	(428)
8	ST2... Trecho A e B	1d	10:00 13-08-2014	10:00 14-08-2014	
9	ST0... Trecho A	20d	10:00 13-08-2014	10:00 10-09-2014	172
10	ST0... Trecho B	10d	10:00 10-09-2014	10:00 24-09-2014	65
11	ST0... Trecho C	17d	10:00 04-09-201...	10:00 01-10-2014	131
12	ST0... Trecho D	15d	10:00 01-10-2014	10:00 28-10-2014	60
13	ST0... Entrega da parede diafragma	0 Days		10:00 28-10-2014	
14	Execução de Tirantes protendidos	56d	10:00 17-11-2...	10:00 10-02-2015	(489)
38	Cravação de perfil de contenção (...)	23d	10:00 21-05-2...	10:00 25-06-2015	(31)
43	Trabalhos em Solo	177d	10:00 03-11-2...	10:00 28-07-2015	(489)
75	Drenagem	30d	10:00 04-03-2...	10:00 16-04-2015	
78	Fundações	266d	10:00 02-02-2...	10:00 17-03-2016	(318)
91	Máquinas e Equipamentos	430d	10:00 29-01-2...	10:00 07-11-2016	
126	Estrutura	255d	10:00 27-02-2...	10:00 28-03-2016	(12512)
178	Elevadores	316d	10:00 05-06-2...	10:00 26-09-2016	(34)
207	Fachada	271d	10:00 25-09-2...	10:00 04-11-2016	(20955)
416	Tipos	296d	10:00 06-08-2...	10:00 26-10-2016	(41739)
2151	Térreo	322d	10:00 17-07-2...	10:00 11-11-2016	(2165)
2285	Subsolos	303d	10:00 28-07-2...	10:00 26-10-2016	(6819)
2469	Banilete / Coberturas	200d	10:00 24-08-2...	10:00 29-06-2016	(329)
2511	Concessionárias	340d	10:00 27-03-2...	10:00 25-08-2016	
2534	ST2... Data de Entrega da obra	0 Days		10:00 04-11-2016	

Figura 80 criação da tarefa resumo, no Synchro® Pro

De seguida, selecionou-se as tarefas da zona A e zona B e com o comando “Mover”, “Para a direita (tornar filho)”, as tarefas avançaram e a tarefa “Trecho A e B” tornou-se a tarefa resumo das tarefas da zona A e Zona B como demonstra a Figura 81 abaixo. Aplicou-se o mesmo método a todas as tarefas que continham zonas. Este processo no Synchro® Pro demorou cerca de 5 minutos, e ficou assim pronto para ser importado para o MS Project®.

ID	Nome	Duração	Início	Término	Recursos 3D
15	1ª Linha de tirantes	23d	10:00 17-11-2014	10:00 19-12-2014	(91)
16	ST... Trecho A e B	12d	10:00 17-11-2014	10:00 04-12-2014	(51)
17	ST0... Trecho A	7d	10:00 17-11-2014	10:00 27-11-2014	34
18	ST0... Trecho B	5d	10:00 27-11-2014	10:00 04-12-2014	17
19	ST0... Trecho C	6d	10:00 04-12-2014	10:00 12-12-2014	26
20	ST0... Trecho D	5d	10:00 12-12-2014	10:00 19-12-2014	14
21	2ª Linha de tirantes	20d	10:00 01-12-2014	10:00 02-01-2015	(91)
22	ST... Trecho A e B	10d	10:00 01-12-2014	10:00 15-12-2014	(51)
23	ST0... Trecho A	7d	10:00 01-12-2014	10:00 10-12-2014	34
24	ST0... Trecho B	5d	10:00 08-12-2014	10:00 15-12-2014	17
25	ST0... Trecho C	6d	10:00 15-12-2014	10:00 23-12-2014	26
26	ST0... Trecho D	5d	10:00 22-12-2014	10:00 02-01-2015	14
27	3ª Linha de tirantes	20d	10:00 12-12-2014	10:00 15-01-2015	(91)
28	ST... Trecho A e B	10d	10:00 12-12-2014	10:00 30-12-2014	(51)
29	ST0... Trecho A	7d	10:00 12-12-2014	10:00 23-12-2014	34
30	ST0... Trecho B	5d	10:00 19-12-2014	10:00 30-12-2014	17
31	ST0... Trecho C	6d	10:00 30-12-2014	10:00 09-01-2015	26
32	ST0... Trecho D	5d	10:00 08-01-2015	10:00 15-01-2015	14
33	4ª Linha de tirantes (alguns du...)	23d	10:00 30-12-2014	10:00 03-02-2015	(174)
34	ST... Trecho A e B	12d	10:00 30-12-2014	10:00 19-01-2015	(97)
35	ST0... Trecho A	11d	10:00 30-12-2014	10:00 16-01-2015	68
36	ST0... Trecho B	7d	10:00 08-01-2015	10:00 19-01-2015	29
37	ST0... Trecho C	9d	10:00 19-01-2015	10:00 30-01-2015	51
38	ST0... Trecho D	6d	10:00 26-01-2015	10:00 03-02-2015	26

Figura 81 Agrupamento das tarefas através de tarefas resumo, no Synchro® Pro

Assim, e para uma possível integração com outros *softwares*, foi necessário exportar o planeamento para o MS Project®. Para exportar o cronograma em MS Project® clicou-se em “Pro”, “Exportar”, “Microsoft Project XML” como exemplifica a Figura 82. Como referido anteriormente, o Synchro® Pro só reconhece o ficheiro MS Project® em formato XML pelo que exporta no mesmo formato.

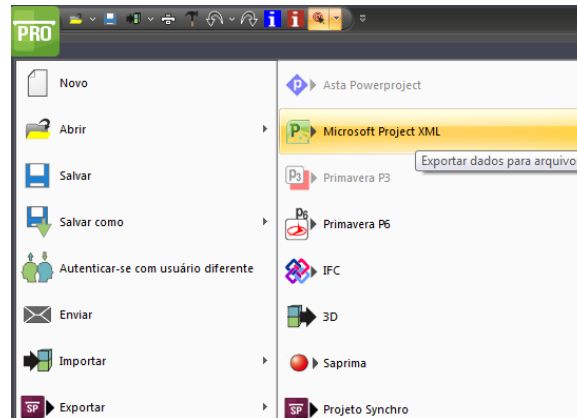


Figura 82 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project®, no Synchro® Pro

Seguidamente, escolheu-se a localização do ficheiro a exportar, em formato XML, clicando em “Next” surge então uma janela de exportação, como na Figura 83, em que é necessário escolher qual a informação que se deseja exportar, além das mais básicas como tarefas, e dependências entre tarefas, podemos importar calendários, custos, recursos, os códigos das atividades, e existem ainda alguns campos em que se pode personalizar um outro campo ou informação que desejamos exportar.

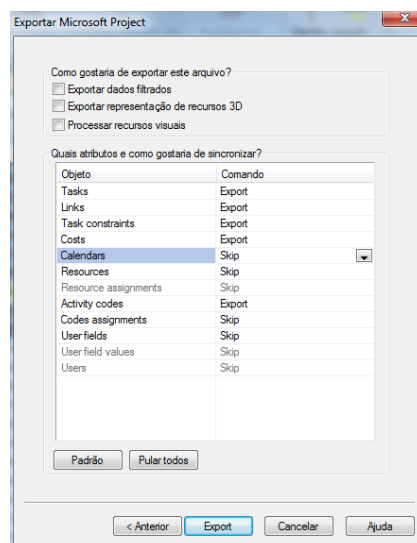


Figura 83 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro® Pro

Tem-se, assim, o planeamento exportado para MS Project[®] com o respetivo gráfico de *Gantt* como exemplifica na Figura 84, sem perda de dependências ou datas. Esta operação no MS Project[®] demorou cerca de 2 minutos, o que somando aos 5 minutos utilizados em Synchro[®] Pro, totaliza cerca de 7 minutos para realizar este teste no Synchro[®] Pro.

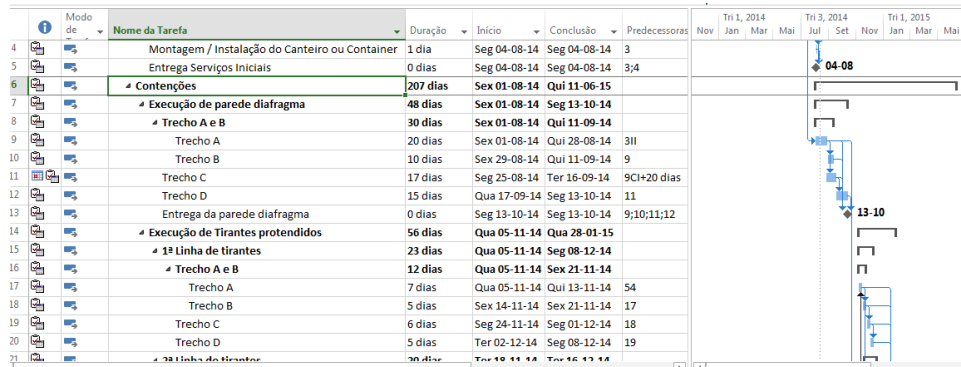


Figura 84 Exemplo de Planeamento exportado do Synchro[®] Pro para MS Project[®]

3.5.1.3. Teste 1 no Vico Office[®]

Efetou-se este teste no módulo “*LBS Management*” do Vico Office[®]. Dentro do módulo, acedeu-se ao separador “*Define Locations*”, aí selecionou-se a zona que se queria editar, neste caso “*Contenções*”, de seguida o nível, no caso da Figura 85 “*Subsolo 1*” e clica-se em “*Floor Plan View*” para se poder observar a divisão de zonas em planta.

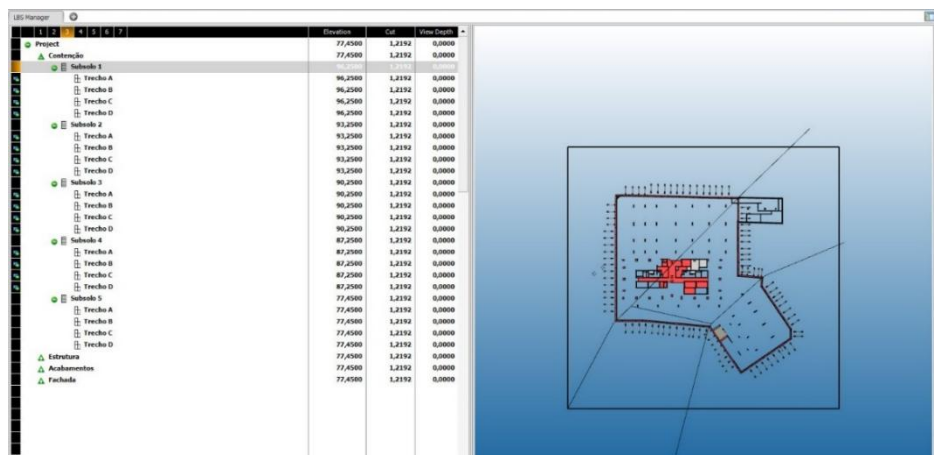


Figura 85 Divisão de zonas inicial no *LBS Management*, no Vico Office[®]

Para editar zonas, clicou-se sobre a linha divisória e editou-se a divisão, unindo as duas zonas superiores, A e B, como demonstra a Figura 86. Foi criado um *filtro* para esconder o modelo para que o *software* tivesse melhor fluidez, e procedeu-se de igual modo para os restantes níveis dos subsolos. Neste caso os tirantes das paredes de contenção ultrapassam os níveis dos pavimentos, logo o Vico Office® dividiu-os e colocou as partes nos respetivos níveis, como não é possível betonar apenas meio tirante e só betonar o restante na betonagem do nível acima, ligou-se o tirante inteiro apenas a um nível, neste caso, o de arranque da parede de contenção. Para isso usou-se a ferramenta “*Manually Assign*”, com a ferramenta acionada bastou clicar na zona para onde se queria alocar o tirante, ou outro elemento, e clicar no elemento que se quer transferir e assim temos todos os elementos nos lugares correspondentes.

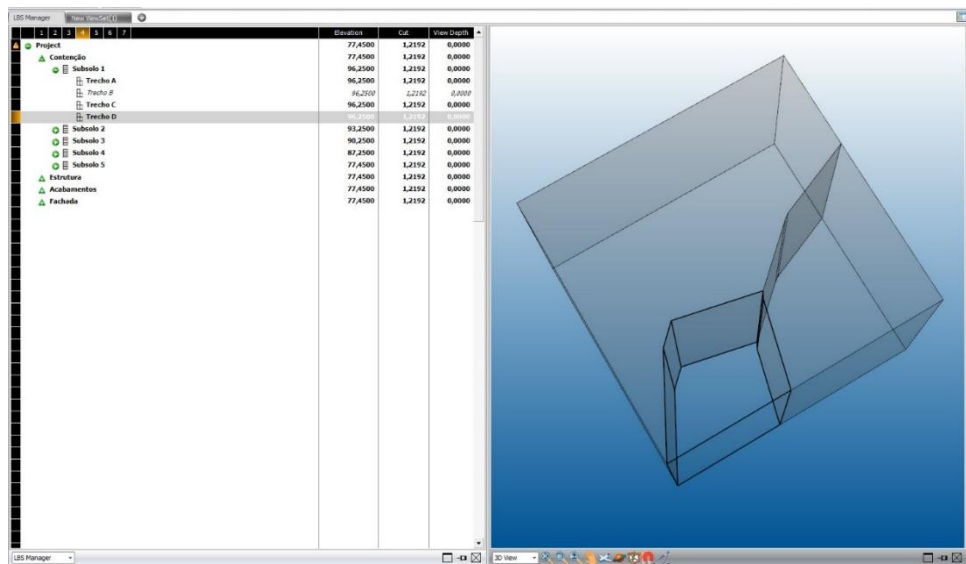


Figura 86 Divisão de zonas no *LBS Management*, no Vico Office®

Como se pode verificar na Figura 86 a Zona B deixou de estar a negrito, e o símbolo de perigo na primeira linha indica que o modelo deve ser reativado para que possa recalcular todas as quantidades, uma vez que se alterou as zonas.

Para reativar o modelo acedeu-se ao separador “*Model Register*” dentro do módulo “*Model Management*”, como exemplifica a Figura 87, aqui foi necessário reativar o modelo, ativando a opção “*Activate Selected Models*”, este processo de ativação do modelo, gerou novas quantidades por localização e atualizou o planeamento, existindo apenas 3 zonas dentro de cada subsolo.

Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

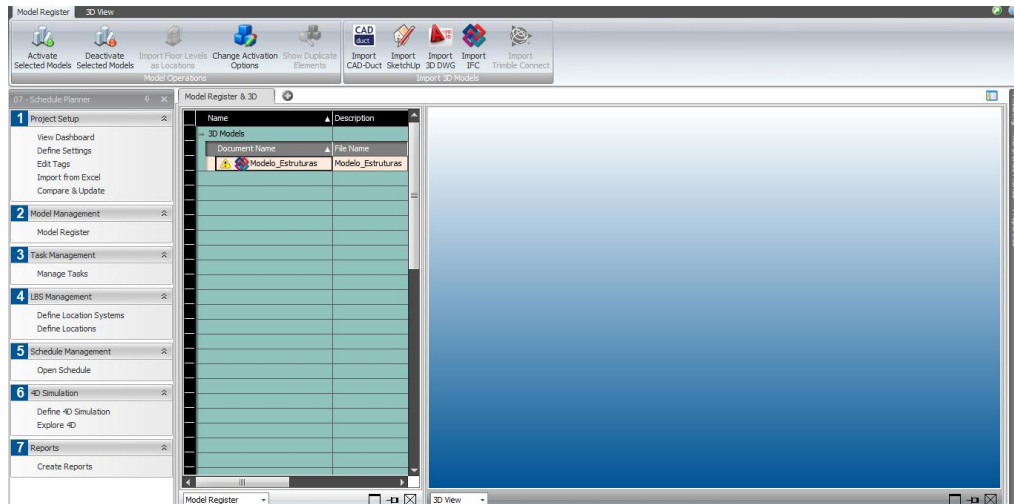


Figura 87 Reativação do modelo no *Model Management*, no Vico Office®

Depois de reativar o modelo, pode-se verificar na Figura 88, que apenas existem 3 zonas por subsolo. Este passo demorou bastante mais tempo do que os outros dois *softwares* em teste, devido essencialmente ao passo de reativar o modelo, em que o Vico recalcula todas as quantidades do modelo e ajusta o Planeamento, sendo que os outros passos apenas demoraram escassos minutos. Esta alteração de zonas no Vico Office® demorou cerca de 5 minutos. Já a reativação do modelo demorou cerca de 75 minutos, o que não se pode comparar com os outros *softwares* pois não possuem esta funcionalidade de cálculo de quantidades por localizações e atualização automaticamente do planeamento e orçamento, no entanto o processo é autónomo podendo o utilizador realizar outras funções, desde que noutros softwares, enquanto o modelo é ativado.

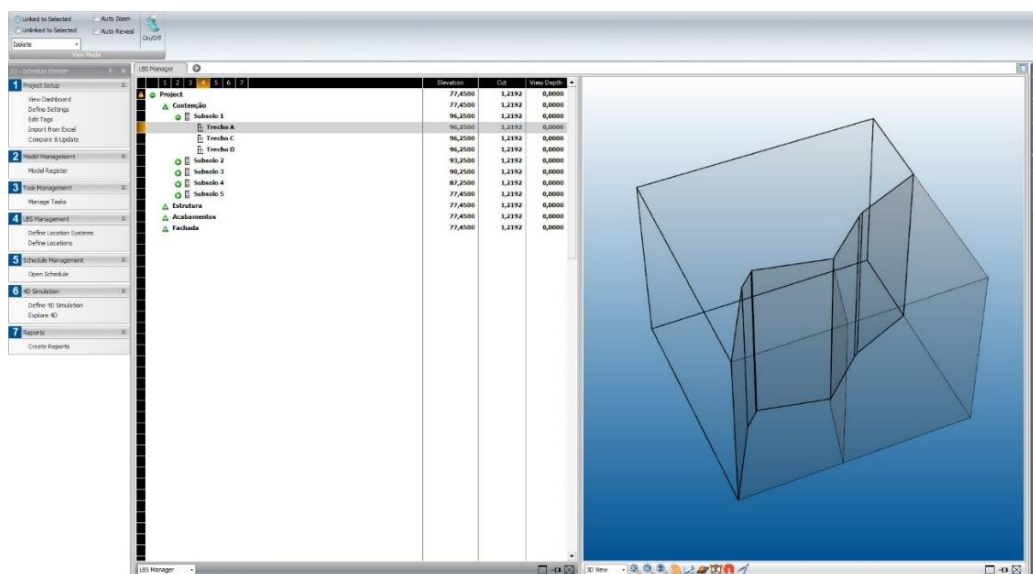


Figura 88 Divisão final de zonas no *LBS Management*, no Vico Office®

3.5.2. Cenário de teste 2

Por vezes, devido a novas técnicas, alteração de materiais, ou cortes orçamentais, são excluídas tarefas inicialmente planeadas.

Neste teste eliminou-se as tarefas forro de gesso nos lavabos por decisão do cliente, com esta alteração teremos de alterar as dependências no cronograma do MS Project[®]. Na Figura 89, exemplificam-se as tarefas a eliminar.

	Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras
866	▲ Forro de gesso	206 dias	Seg 21-09-15	Sex 29-07-16		
867	▲ Lavabos / halls elevadores	161 dias	Seg 21-09-15	Qui 26-05-16		
868	▲ Torre A	143 dias	Sex 23-10-15	Qui 26-05-16		
869	1º pavimento	5 dias	Sex 23-10-15	Qui 29-10-15	939	829
870	2º pavimento	5 dias	Sex 30-10-15	Sex 06-11-15	940	830
871	3º pavimento	5 dias	Seg 09-11-15	Sex 13-11-15	941	831
872	4º pavimento	5 dias	Qua 18-11-15	Qua 25-11-15	942	832
873	5º pavimento	5 dias	Qua 25-11-15	Ter 01-12-15	943	833
874	6º pavimento	5 dias	Qua 02-12-15	Ter 08-12-15	944	834
875	7º pavimento	5 dias	Sex 11-12-15	Qui 17-12-15	945	835
876	8º pavimento	5 dias	Qui 17-12-15	Qua 23-12-15	946	836
877	9º pavimento	5 dias	Seg 28-12-15	Ter 05-01-16	947	837
878	10º pavimento	5 dias	Sex 08-01-16	Qui 14-01-16	948	838
879	11º pavimento	5 dias	Qui 14-01-16	Qua 20-01-16	949	839
880	12º pavimento	5 dias	Qui 21-01-16	Qui 28-01-16	950	840
881	13º pavimento	5 dias	Ter 02-02-16	Qua 10-02-16	951	841
882	14º pavimento	5 dias	Qua 10-02-16	Ter 16-02-16	952	842
883	15º pavimento	5 dias	Qua 17-02-16	Ter 23-02-16	953	843
884	16º pavimento	5 dias	Sex 26-02-16	Qui 03-03-16	954	844
885	17º pavimento	5 dias	Qui 03-03-16	Qua 09-03-16	955	845
886	18º pavimento	5 dias	Qui 10-03-16	Qua 16-03-16	956	846
887	19º pavimento	5 dias	Seg 21-03-16	Seg 28-03-16	957	847
888	20º pavimento	5 dias	Seg 28-03-16	Sex 01-04-16	958	848
889	21º pavimento	5 dias	Seg 04-04-16	Sex 08-04-16	959	849
890	22º pavimento	5 dias	Qua 13-04-16	Ter 19-04-16	960	850
891	23º pavimento	5 dias	Ter 19-04-16	Ter 26-04-16	961	851

Figura 89 Exemplo de tarefas a eliminar, no MS Project[®]

3.5.2.1. Teste 2 no Navisworks[®]

Realizam-se as alterações ao planeamento no MS Project[®], pois como visto anteriormente, o Navisworks[®] não reconhece dependências entre tarefas, apenas datas de início e de fim.

Primeiramente identificou-se as dependências das tarefas a eliminar, predecessoras e sucessoras, como se pode ver na Figura 89 acima. Copiou-se a coluna das sucessoras das tarefas a eliminar, como se pode ver na parte superior da Figura 90, e colou-se na coluna das

sucessoras das tarefas predecessoras das tarefas a eliminar, como se pode ver no canto inferior da Figura 90.

The figure consists of two screenshots of the Microsoft Project software interface, showing a Gantt chart and a task list. The top screenshot is titled 'METRÔ OFFICE - Cronograma Físico' and shows a task list with columns for 'Nome', 'Duração', 'Início', 'Conclusão', and 'Sucessoras'. Task 939 is highlighted, and a context menu is open over it, with 'Eliminar Tarefa' selected. The bottom screenshot is titled 'METRÔ OFFICE - Cronograma Físico - LINHA BASE - REV03 - Project Professional' and shows a similar task list. Task 869 is highlighted, and a context menu is open over it, with 'Eliminar Tarefa' selected. Both screenshots show a toolbar with various icons and a ribbon with tabs like 'TAREFA', 'RECURSO', 'RELATÓRIO', 'PROJETO', 'VER', and 'FORMATAR'.

Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras
866	206 dias	Seg 21-09-15	Sex 29-07-16	
867	161 dias	Seg 21-09-15	Qui 26-05-16	
868	143 dias	Sex 23-10-15	Qui 26-05-16	
869	5 dias	Sex 23-10-15	Qui 29-10-15	939
870	5 dias	Sex 30-10-15	Sex 06-11-15	940
871	5 dias	Seg 09-11-15	Sex 13-11-15	941
872	5 dias	Qua 18-11-15	Qua 25-11-15	942
873	5 dias	Qua 25-11-15	Ter 01-12-15	943
874	5 dias	Qua 02-12-15	Ter 08-12-15	944
875	5 dias	Sex 11-12-15	Qui 17-12-15	945
876	5 dias	Qui 17-12-15	Qua 23-12-15	946
877	5 dias	Seg 28-12-15	Ter 05-01-16	947
878	5 dias	Sex 08-01-16	Qui 14-01-16	948
879	5 dias	Qui 14-01-16	Qua 20-01-16	949
880	5 dias	Qui 21-01-16	Qui 28-01-16	950
881	5 dias	Ter 02-02-16	Qua 10-02-16	951

Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras
455	153 dias	Seg 27-07-15	Seg 21-03-16	
494	148 dias	Seg 03-08-15	Seg 21-03-16	
533	151 dias	Qua 05-08-15	Ter 29-03-16	
572	151 dias	Qua 05-08-15	Ter 29-03-16	
611	143 dias	Seg 24-08-15	Ter 05-04-16	
641	156 dias	Qua 12-08-15	Ter 12-04-16	
680	156 dias	Qua 19-08-15	Ter 19-04-16	
719	156 dias	Qua 26-08-15	Qua 27-04-16	
758	143 dias	Sex 25-09-15	Qui 05-05-16	
788	161 dias	Qua 02-09-15	Qui 12-05-16	
827	161 dias	Qui 10-09-15	Qui 19-05-16	
828	143 dias	Sex 16-10-15	Qui 19-05-16	
829	5 dias	Sex 16-10-15	Qui 22-10-15	869
830	5 dias	Sex 23-10-15	Qui 29-10-15	870
831	5 dias	Sex 30-10-15	Sex 06-11-15	871
832	5 dias	Qua 11-11-15	Ter 17-11-15	872

Figura 90 Exemplo de troca de dependências das tarefas a eliminar, no MS Project®

Devido às trocas de dependências entre tarefas, algumas tarefas resumio assumiram a data de início como a data de início do projeto, pelo que foi corrigido esse ponto ligado às tarefas de fecho de tarefas predecessoras, às tarefas a eliminar e às tarefas sucessoras das tarefas a eliminar. Teve-se o mesmo procedimento para as tarefas forro de gesso da torre B e da loja 1.

Com as dependências corretas eliminou-se as tarefas forro de gesso, selecionando-as e clicando com o botão direito do rato em “*Eliminar tarefa*”, como exemplifica a Figura 91.

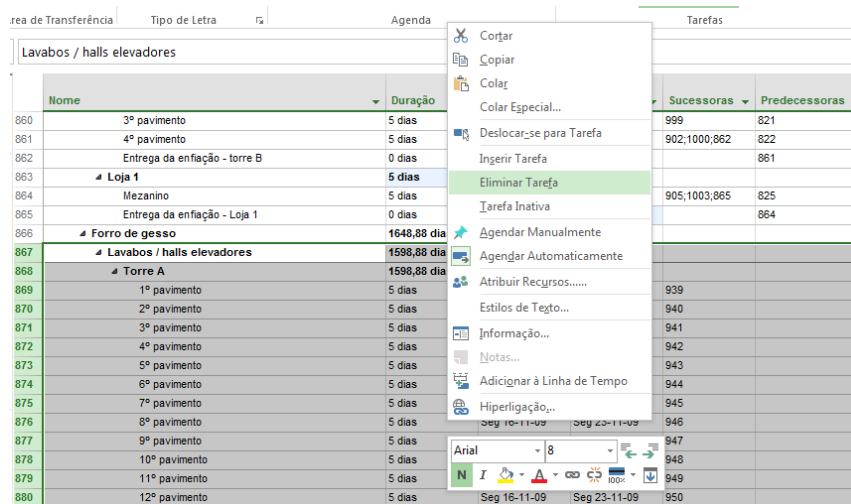


Figura 91 Exemplo de eliminação das tarefas de forro de gesso, no MS Project®

Este processo no MS Project® demorou cerca de 5 minutos, e ficou assim pronto ser importado para o Navisworks®.

Voltando ao Navisworks temos de importar o cronograma MS Project® modificado, para isso no *TimeLiner* da aba *Data Source* atualizou-se o cronograma usando o caminho “*Refresh*”, “*Selected Data Source*”, “*Rebuild Task Hierarchy*”. Assim, ficou-se com o cronograma atualizado, mas como utilizamos a opção “*Rebuild Task Hierarchy*” todos os *attachés* foram apagados, eliminando a ligação entre os *sets* e as tarefas como se pode verificar na Figura 92.

Task Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type
Auto-Attach Using Rules		26-08-2015 08:00	27-04-2016 17:00	N/A	N/A	
Drywall lavabos - placas		25-09-2015 08:00	05-05-2016 17:00	N/A	N/A	
Gesso e Massa (desempenad...)		02-09-2015 08:00	12-05-2016 17:00	N/A	N/A	
Enfição		10-09-2015 08:00	19-05-2016 17:00	N/A	N/A	
Forro de gesso		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A	
Terraços (desce)		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A	
Torre A		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A	
1º pavimento		25-07-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A	
2º pavimento		21-07-2016 08:00	27-07-2016 17:00	N/A	N/A	
3º pavimento		19-07-2016 08:00	25-07-2016 17:00	N/A	N/A	
4º pavimento		15-07-2016 08:00	21-07-2016 17:00	N/A	N/A	
5º pavimento		13-07-2016 08:00	19-07-2016 17:00	N/A	N/A	
6º pavimento		11-07-2016 08:00	15-07-2016 17:00	N/A	N/A	
7º pavimento		07-07-2016 08:00	13-07-2016 17:00	N/A	N/A	
8º pavimento		05-07-2016 08:00	11-07-2016 17:00	N/A	N/A	
9º pavimento		01-07-2016 08:00	07-07-2016 17:00	N/A	N/A	
10º pavimento		29-06-2016 08:00	05-07-2016 17:00	N/A	N/A	
11º pavimento		27-06-2016 08:00	01-07-2016 17:00	N/A	N/A	
12º pavimento		23-06-2016 08:00	29-06-2016 17:00	N/A	N/A	
13º pavimento		21-06-2016 08:00	27-06-2016 17:00	N/A	N/A	
14º pavimento		17-06-2016 08:00	23-06-2016 17:00	N/A	N/A	
15º pavimento		15-06-2016 08:00	21-06-2016 17:00	N/A	N/A	

Figura 92 Exemplo do *TimeLiner* com o cronograma atualizado mas sem *attachés*, no Navisworks®

Para corrigir esta situação o autor utilizou a ferramenta “*Auto-Attach using rules*”, usando a opção intermédia que permite criar *sets* a partir das tarefas e ligar ambos. Como os *sets* já estavam criados apenas ligou os *sets* existentes as tarefas, ficando assim concluído este teste como exemplificado na Figura 93.

Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached	Total Cost
Forro de gesso		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
Terraços (desce)		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A			
Torre A		11-05-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A			
1º pavimento		25-07-2016 08:00	29-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
2º pavimento		21-07-2016 08:00	27-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
3º pavimento		19-07-2016 08:00	25-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
4º pavimento		15-07-2016 08:00	21-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
5º pavimento		13-07-2016 08:00	19-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
6º pavimento		11-07-2016 08:00	15-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
7º pavimento		07-07-2016 08:00	13-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
8º pavimento		05-07-2016 08:00	11-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
9º pavimento		01-07-2016 08:00	07-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
10º pavimento		29-06-2016 08:00	05-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
11º pavimento		27-06-2016 08:00	01-07-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
12º pavimento		23-06-2016 08:00	29-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
13º pavimento		21-06-2016 08:00	27-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
14º pavimento		17-06-2016 08:00	23-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
15º pavimento		15-06-2016 08:00	21-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
16º pavimento		10-06-2016 08:00	17-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
17º pavimento		08-06-2016 08:00	15-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
18º pavimento		06-06-2016 08:00	10-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	
19º pavimento		02-06-2016 08:00	08-06-2016 17:00	N/A	N/A		Sets->New Data Source (Root)->...	

Figura 93 Exemplo da Timeliner do cenário de teste 2 concluído, no Navisworks[®]

Esta operação no Navisworks[®] demorou cerca de 5 minutos, que somando aos 5 utilizados em MS Project[®], totaliza cerca de 10 minutos para realizar este teste no Navisworks[®].

3.5.2.2. Teste 2 no Synchro[®] Pro

Ao contrário do Navisworks[®], o Synchro[®] Pro reconhece as dependências entre tarefas. Sendo assim efetuou-se as alterações no Synchro[®] Pro e depois exportou se para o MS Project[®].

Primeiro, e à semelhança do processo anterior, identificou-se as tarefas a eliminar e as sucessoras e predecessoras, copiou-se o ID das sucessoras das tarefas a eliminar, como se pode ver no canto superior da Figura 94 e colou-se na coluna das sucessoras das tarefas predecessoras das tarefas a eliminar, como se poder ver no canto inferior da Figura 94.

Gantt							
ID	Nome	Duração	Início	Término	Sucessores	Predecessores	Recursos 3D
57	+	Torre B	18d	10:00 04-11-2015	10:00 01-12-2015		
63	+	Loja 1	5d	10:00 25-09-2015	10:00 08-10-2015		
66	-	Forro de gesso	206d	10:00 08-10-2015	10:00 11-08-2016		(12444)
67	-	Lavabos / halls elevadores	161d	10:00 08-10-2015	10:00 08-06-2016		(12444)
68	-	Torre A	143d	10:00 05-11-2015	10:00 08-06-2016		(11989)
69	ST07560	1º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07210	417
70	ST07570	2º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07220	445
71	ST07580	3º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07230	445
72	ST07590	4º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07240	445
73	ST07600	5º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07250	445
74	ST07610	6º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07260	445
75	ST07620	7º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07270	445
76	ST07630	8º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07280	445
77	ST07640	9º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07290	445
78	ST07650	10º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07300	445
79	ST07660	11º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07310	445
80	ST07670	12º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07320	445
81	ST07680	13º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07330	445
82	ST07690	14º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07340	445
83	ST07700	15º pavimento	5d	10:00 05-11-2015	10:00 12-11-2015	ST07350	445
84	ST07710	16º pavimento	5d	10:00 09-03-2016	10:00 16-03-2016	ST08340	445
85	ST07720	17º pavimento	5d	10:00 15-03-2016	10:00 22-03-2016	ST08350	445
86	ST07730	18º pavimento	5d	10:00 22-03-2016	10:00 30-03-2016	ST08360	445
87	ST07740	19º pavimento	5d	10:00 01-04-2016	10:00 08-04-2016	ST08370	445

Gantt							
ID	Nome	Duração	Início	Término	Sucessores	Predecessores	Recursos 3D
11	+	Drywall lavabos - montantes	143d	10:00 03-09-2015	10:00 18-04-2016		(2186)
41	+	Instalações e Distribuições Hid...	156d	10:00 24-08-2015	10:00 26-04-2016		
30	+	Sprinkler	156d	10:00 31-08-2015	10:00 04-05-2016		
19	+	Instalação de Caixinhas Elétricas	156d	10:00 08-09-2015	10:00 11-05-2016		
58	+	Drywall lavabos - placas	143d	10:00 14-10-2015	10:00 18-05-2016		(2186)
38	+	Gesso e Massa (desempenado)	161d	10:00 17-09-2015	10:00 25-05-2016		
27	-	Enfição	161d	10:00 25-09-2015	10:00 01-06-2016		
28	-	Torre A	143d	10:00 28-10-2015	10:00 01-06-2016		
29	ST07210	1º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06860	
30	ST07220	2º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06870	
31	ST07230	3º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06880	
32	ST07240	4º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06890	
33	ST07250	5º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06900	
34	ST07260	6º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06910	
35	ST07270	7º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06920	
36	ST07280	8º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06930	
37	ST07290	9º pavimento	5d	10:00 28-10-2015	10:00 05-11-2015	ST06940	

Figura 94 Exemplo de troca de dependências das tarefas a eliminar, no Synchro® Pro. Esta operação foi morosa devido ao Synchro® Pro não permitir copiar uma coluna inteira, sendo necessário copiar célula a célula. Conforme se foi alterando, o Synchro foi alterando automaticamente as dependências nas tarefas com precedências. Depois de se ter as tarefas a eliminar sem dependências a outras tarefas é então possível eliminar essas tarefas, para isso basta selecionar as tarefas e eliminá-las como demonstra a Figura 95. Esta operação demorou cerca de 30 minutos.

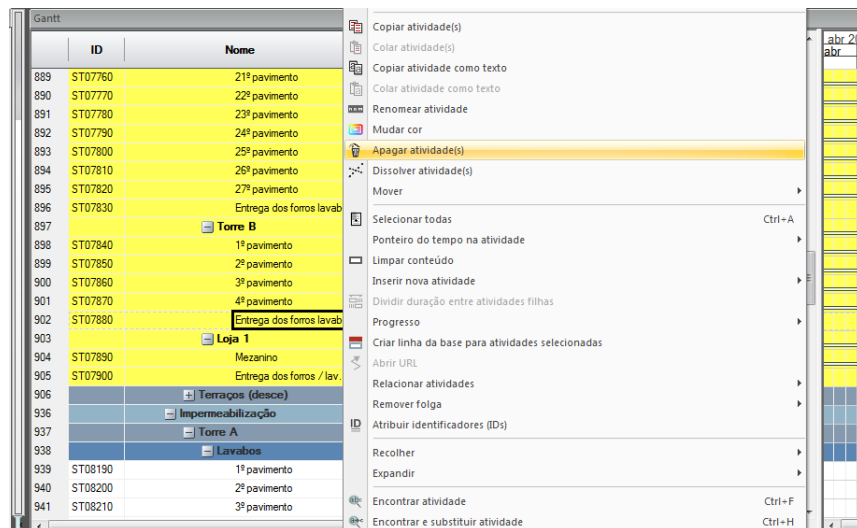


Figura 95 Exemplo de eliminação das tarefas de forro de gesso, no Synchro® Pro

Com o Cronograma pronto e para uma possível integração com outros *softwares* foi necessário exportar o planeamento para o MS Project®. Para exportar o cronograma em MS Project® clicou-se em “Pro”, “Exportar”, “Microsoft Project XML” como exemplifica a Figura 96. Como referido anteriormente, o Synchro® Pro só reconhece o ficheiro MS Project® em formato XML pelo que exporta no mesmo formato.

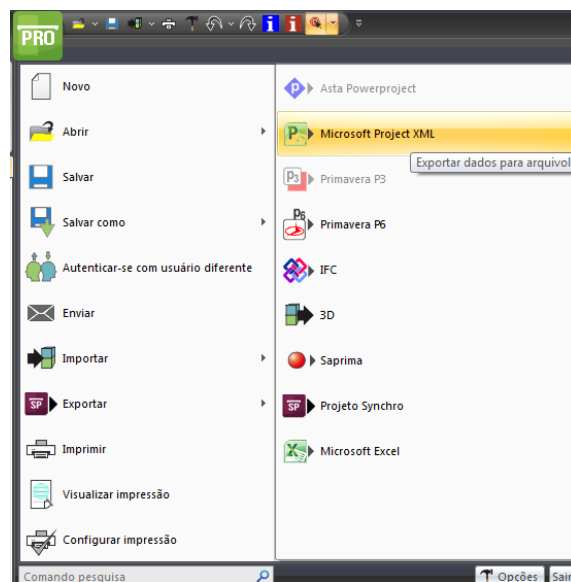


Figura 96 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project®, no Synchro® Pro

Após este passo escolheu-se a localização do ficheiro a exportar, em formato XML, clicando em “Next” surge então uma janela de exportação, como na figura 97, em que é necessário escolher qual a informação que se deseja importar, além das mais básicas como tarefas, e dependências entre tarefas, podemos importar calendários, custos, recursos, os códigos das

atividades, e existem ainda alguns campos em que se pode personalizar um outro campo ou informação que desejamos exportar.

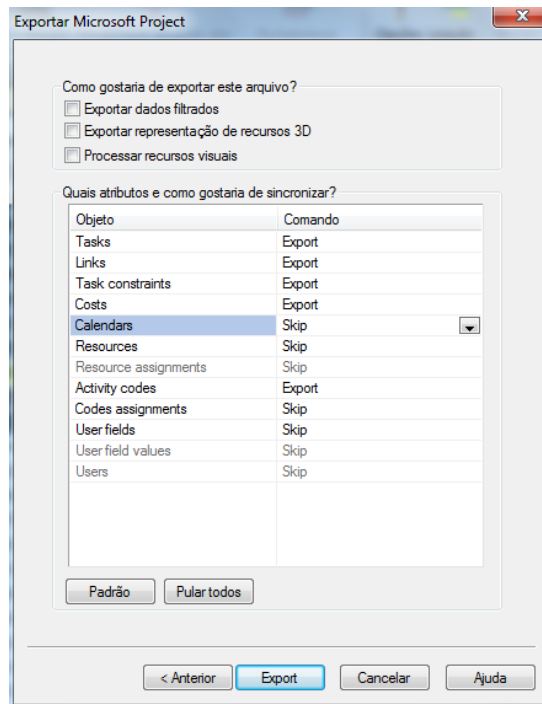


Figura 97 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro® Pro. Tem-se assim o planeamento exportado para MS Project® com o respetivo gráfico de Gantt como exemplifica na Figura 98, sem perda de dependências ou datas. Esta operação no MS Project® demorou cerca de 5 minutos, o que somando aos 30 minutos utilizados em Synchro® Pro, totaliza cerca de 35 minutos para realizar este teste no Synchro® Pro.

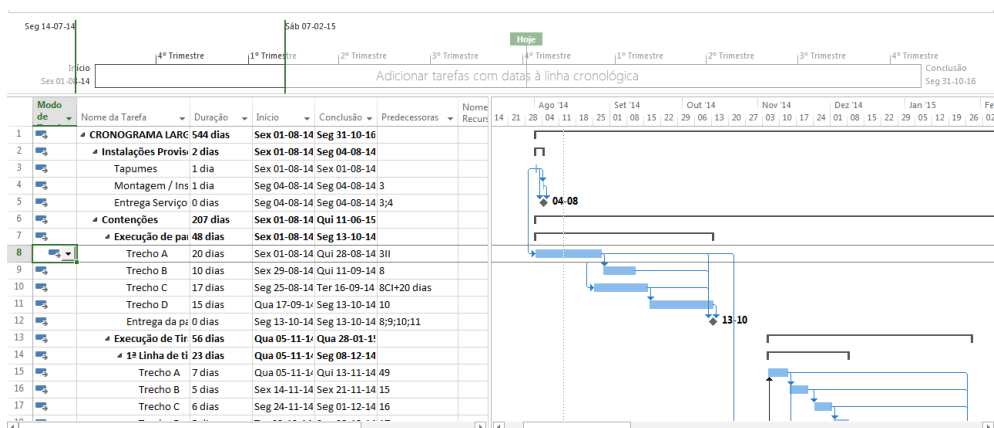


Figura 98 Exemplo do Planeamento exportado do Synchro® Pro para MS Project®

3.5.2.3. Teste 2 no Vico Office®

Para efetuar este teste acedeu-se ao módulo do Vico Office® “*Schedule Planner*”. Antes de se eliminar as tarefas “*Forro de gesso lavabos*” o autor foi verificar as suas dependências, verificou que as tarefas a eliminar tinham como predecessor a tarefa “*Gesso*” e como sucessores as tarefas “*Piso cerâmica lavabos*” e “*Piso cerâmica hall*” como se pode ver na Figura 99. Para aceder ao quadro de tarefa da figura apenas foi necessário duplo clique sobre a tarefa no gráfico de *Gantt* ou na linha de equilíbrio e aceder a pestana “*Dependencies*”.

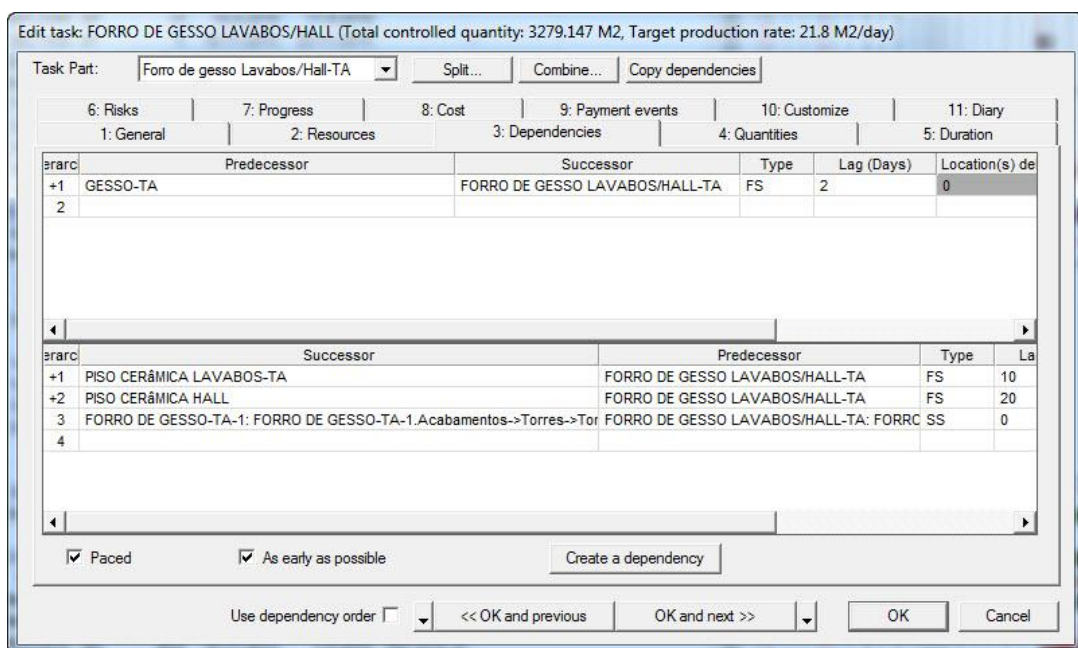


Figura 99 Quadro de tarefa, dependências da tarefa, no Vico Office®

Assim conclui-se que depois de eliminar a tarefa “*Forro de gesso lavabos*” foi necessário ligar a tarefa “*Gesso*” ou “*Massa*” à tarefa “*Piso cerâmica lavabos*” ou “*Piso cerâmica hall*” conforme o caso. Depois de assimilar as questões de dependências foi necessário eliminar as tarefas “*Forro de gesso lavabos*” para isso, acedeu-se gráfico de *Gantt* ou na linha de equilíbrio e com clique no botão do lado direito do rato sobre a tarefa e selecionamos “*Delete task*” como podemos ver na Figura 100.

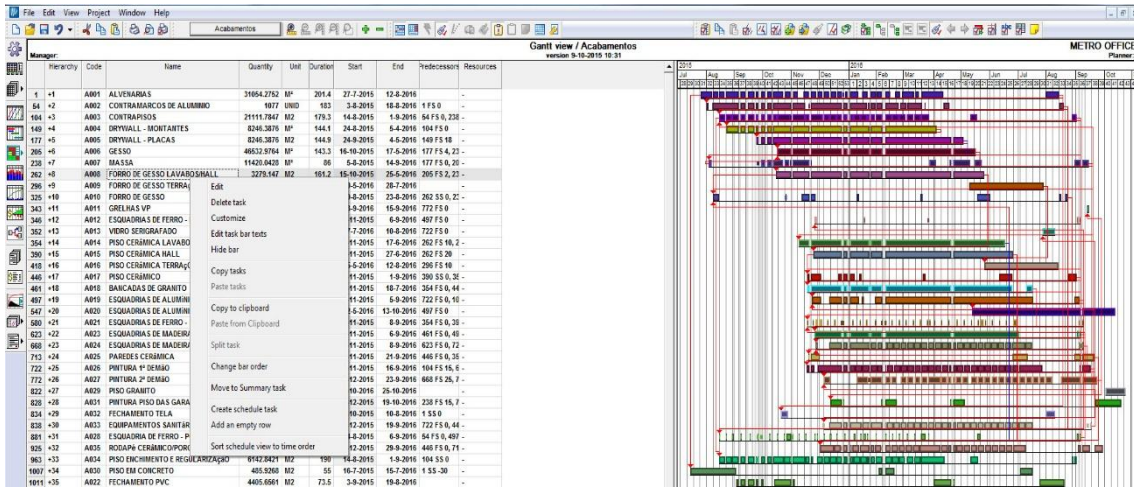


Figura 100 Gráfico de Gantt, eliminação da tarefa, no Vico Office®

Após a eliminação da tarefa “Forro de gesso lavabos” acedeu-se a uma das tarefas sucessoras, a “Piso cerâmica lavabos” e verificou-se que a mesma já não tinha tarefa predecessora como mostra a Figura 101, que anteriormente era a tarefa eliminada. Se se acesse à outra tarefa “Piso cerâmica hall” verificar-se-ia o mesmo.

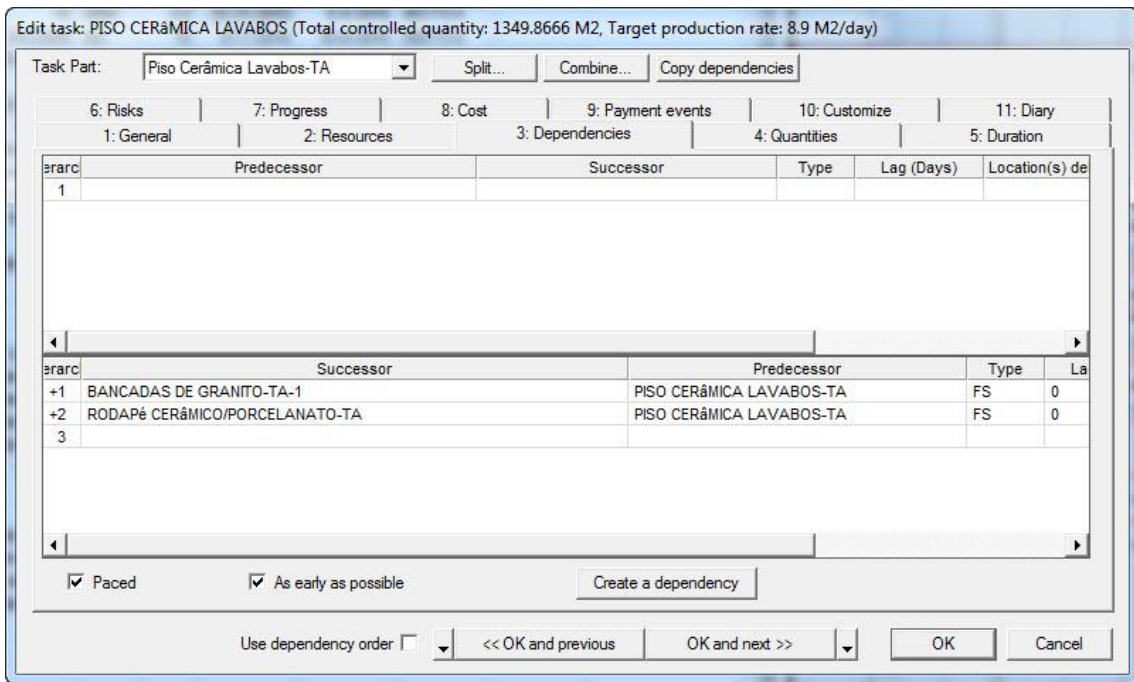


Figura 101 Quadro de tarefa, verificação das dependências, no Vico Office®

Agora foi necessário criar dependências, isto realiza-se de uma maneira mais facilitada na linha de equilíbrio, primeiramente realiza-se um filtro para ficar visível apenas as tarefas desejadas como se pode verificar na Figura 102 abaixo.

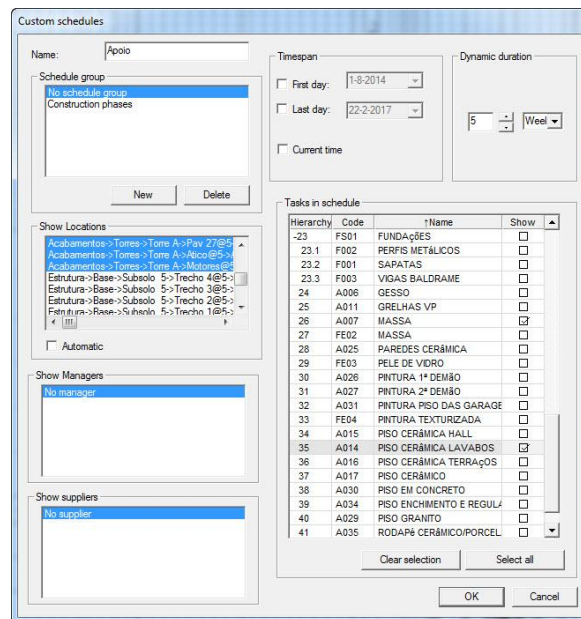


Figura 102 Filtro de tarefas, deixa visível apenas o desejado, no Vico Office®

Depois, na linha de equilíbrio com apenas as tarefas desejadas visíveis criou-se as dependências. No Vico Office® uma tarefa pode estar distribuída por vários níveis, logo é necessário apenas criar uma dependência num nível que o *software* assume automaticamente essa dependência para todos os níveis dessa tarefa, o que, para quem faz planeamento, é um ganho significativo de tempo. Para criar a dependência é necessário, na linha de equilíbrio, unir um ponto verde de uma tarefa a outro ponto verde de uma outra tarefa apenas num nível, como demonstra a Figura 103.

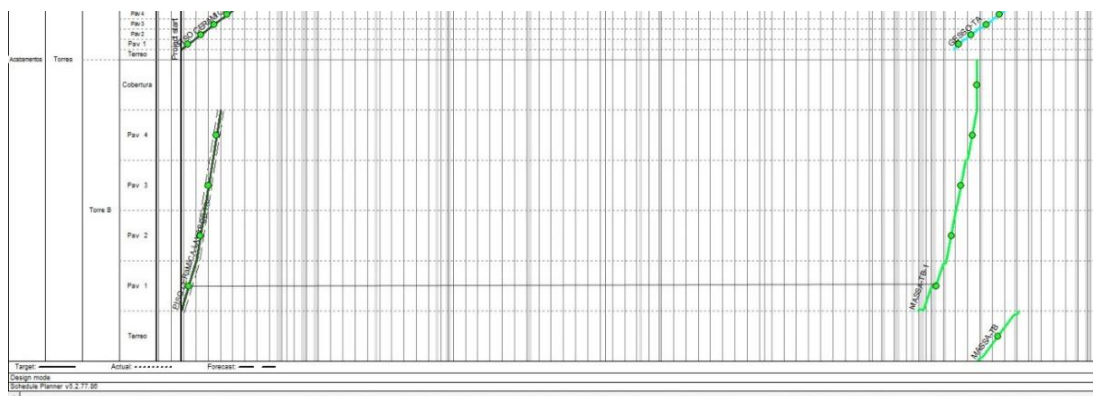


Figura 103 Criação de dependências na linha de equilíbrio, no Vico Office®

Depois de criar a dependência é necessário defini-la, determinando o tipo de ligação e constrangimentos da tarefa (Start to Start - SS, Start to Finish - SF, Finish to Start - FS, Finish to Finish - FF), adicionar folgas ou *Buffers*. Para isso, logo após ligar duas tarefas apareceu um quadro igual ao da Figura 104.

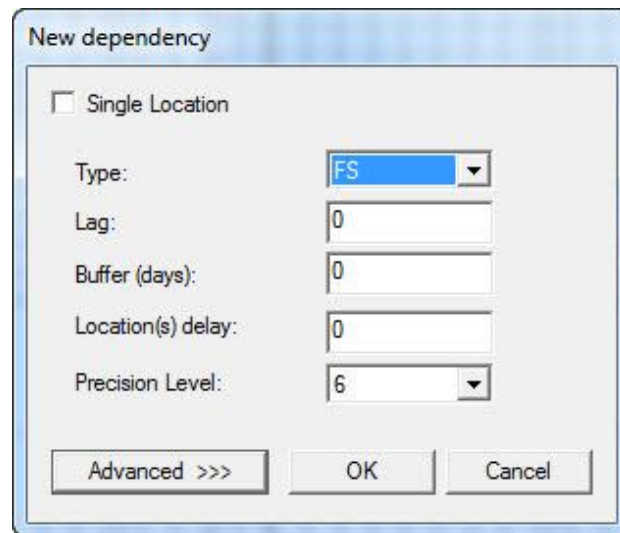


Figura 104 Quadro de dependências, no Vico Office®

Assim, conclui-se a criação da dependência entre as tarefas como podemos verificar na Figura 105. Apenas foi necessário ligar uma tarefa que o *software* ligou todos os níveis daquela tarefa isso permitiu uma grande poupança de tempo. Esta operação no Vico Office demorou cerca de 5 minutos.

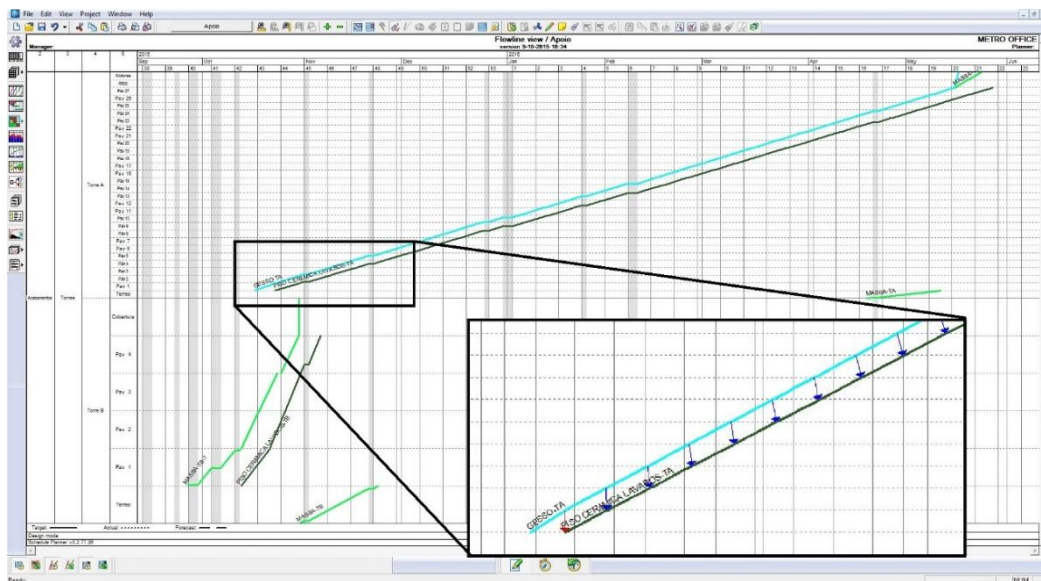


Figura 105 Linha de equilíbrio com atividades com dependências criadas, no Vico Office®

3.5.3. Cenário de teste 3

É usual no decorrer da obra, existir um reforço de equipas de trabalho para cumprir prazos inicialmente acordados.

Neste teste decidiu-se colocar duas equipas autónomas nas tarefas “*Esquadrias de Alumínio – Gradil do Terraço-Torre A*”, uma equipa do pavimento 27 ao 11 e outra equipa em simultâneo do pavimento 10 ao 1. Teve-se em atenção as dependências definidas com outras tarefas na otimização do planeamento. Na figura 106 seguinte exemplifica as tarefas a alterar.

Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras	2016	2017
1384 Gradil do terraço	108 dias	Sex 13-05-16	Qui 13-10-16			R	13 Mai '16
1385 Torre A	108 dias	Sex 13-05-16	Qui 13-10-16			R	13 Mai '16
1386 1º pavimento - GRADIL TERRAÇO	4 dias	Seg 10-10-16	Qui 13-10-16		1387	R	
1387 2º pavimento	4 dias	Ter 04-10-16	Sex 07-10-16	1386	1388	R	
1388 3º pavimento	4 dias	Qua 28-09-16	Seg 03-10-16	1387	1389	R	
1389 4º pavimento	4 dias	Qui 22-09-16	Ter 27-09-16	1388	1390	R	
1390 5º pavimento	4 dias	Sex 16-09-16	Qua 21-09-16	1389	1391	R	
1391 6º pavimento	4 dias	Seg 12-09-16	Qui 15-09-16	1390	1392	R	
1392 7º pavimento	4 dias	Seg 05-09-16	Sex 09-09-16	1391	1393	R	
1393 8º pavimento	4 dias	Ter 30-08-16	Sex 02-09-16	1392	1394	R	
1394 9º pavimento	4 dias	Qua 24-08-16	Seg 29-08-16	1393	1395	R	
1395 10º pavimento	4 dias	Qui 18-08-16	Ter 23-08-16	1394	1396	R	
1396 11º pavimento	4 dias	Sex 12-08-16	Qua 17-08-16	1395	1397	R	RS 55.580,31
1397 12º pavimento	4 dias	Seg 08-08-16	Qui 11-08-16	1396	1398	R	
1398 13º pavimento	4 dias	Ter 02-08-16	Sex 05-08-16	1397	1399	R	
1399 14º pavimento	4 dias	Qua 27-07-16	Seg 01-08-16	1398	1400	R	
1400 15º pavimento	4 dias	Qui 21-07-16	Ter 26-07-16	1399	1401	R	
1401 16º pavimento	4 dias	Sex 15-07-16	Qua 20-07-16	1400	1402	R	
1402 17º pavimento	4 dias	Seg 11-07-16	Qui 14-07-16	1401	1403	R	
1403 18º pavimento	4 dias	Ter 05-07-16	Sex 08-07-16	1402	1404	R	
1404 19º pavimento	4 dias	Qua 29-06-16	Seg 04-07-16	1403	1405	R	
1405 20º pavimento	4 dias	Qui 23-06-16	Ter 28-06-16	1404	1406	R	
1406 21º pavimento	4 dias	Sex 17-06-16	Qua 22-06-16	1405	1407	R	
1407 22º pavimento	4 dias	Seg 10-06-16	Qui 16-06-16	1406	1408	R	
1408 23º pavimento	4 dias	Seg 06-06-16	Qui 09-06-16	1407	1409	R	
1409 24º pavimento	4 dias	Ter 31-05-16	Sex 03-06-16	1408	1410	R	

Figura 106 Parte do planeamento a ser alterado, no MS Project®

3.5.3.1. Teste 3 no Navisworks®

Realizam-se as alterações ao planeamento no MS Project®, pois como visto anteriormente o Navisworks® não reconhece dependências entre tarefas, apenas datas de início e de fim.

Primeiramente identificam-se as ligações das tarefas a modificar, predecessoras e sucessoras. Analisando o planeamento observa-se as tarefas em estudo que iniciam no pavimento 27 e terminam no pavimento 1, sendo assim apenas foi necessário alterar a predecessora da tarefa do pavimento 10 para a mesma predecessora do pavimento 27 para iniciarem no mesmo dia, como se pode verificar na Figura 107 abaixo.

Nome	Duração	Início	Conclusão	Sucessoras	Predecessoras	2016	2017
1384	Gradil do terraço	68 dias	Sex 13-05-16	Qua 17-08-16		R	13 Mai '16
1385	Torre A	68 dias	Sex 13-05-16	Qua 17-08-16		R	17 Aço '16
1386	1º pavimento - GRADIL TERRAÇO	4 dias	Ter 05-07-16	Sex 08-07-16	1387	R	13 Mai '16
1387	2º pavimento	4 dias	Qua 29-08-16	Seg 04-07-16	1386	R	17 Aço '16
1388	3º pavimento	4 dias	Qui 23-06-16	Ter 28-06-16	1387	R	
1389	4º pavimento	4 dias	Sex 17-06-16	Qua 22-06-16	1388	R	
1390	5º pavimento	4 dias	Sex 10-06-16	Qui 16-06-16	1389	R	
1391	6º pavimento	4 dias	Seg 08-06-16	Qui 09-06-16	1390	R	
1392	7º pavimento	4 dias	Ter 31-05-16	Sex 03-06-16	1391	R	
1393	8º pavimento	4 dias	Qua 25-05-16	Seg 30-05-16	1392	R	
1394	9º pavimento	4 dias	Qui 19-05-16	Ter 24-05-16	1393	R	
1395	10º pavimento	4 dias	Sex 13-05-16	Qua 18-05-16	1394	R	
1396	11º pavimento	4 dias	Sex 12-08-16	Qua 17-08-16	1397	R	
1397	12º pavimento	4 dias	Seg 08-08-16	Qui 11-08-16	1396	R	
1398	13º pavimento	4 dias	Ter 02-08-16	Sex 05-08-16	1397	R	
1399	14º pavimento	4 dias	Qua 27-07-16	Seg 01-08-16	1398	R	
1400	15º pavimento	4 dias	Qui 21-07-16	Ter 26-07-16	1399	R	
1401	16º pavimento	4 dias	Sex 15-07-16	Qua 20-07-16	1400	R	
1402	17º pavimento	4 dias	Seg 11-07-16	Qui 14-07-16	1401	R	
1403	18º pavimento	4 dias	Ter 05-07-16	Sex 08-07-16	1402	R	
1404	19º pavimento	4 dias	Qua 29-06-16	Seg 04-07-16	1403	R	
1405	20º pavimento	4 dias	Qui 23-06-16	Ter 28-06-16	1404	R	
1406	21º pavimento	4 dias	Sex 17-06-16	Qua 22-06-16	1405	R	
1407	22º pavimento	4 dias	Sex 10-06-16	Qui 16-06-16	1406	R	
1408	23º pavimento	4 dias	Seg 08-06-16	Qui 09-06-16	1407	R	
1409	24º pavimento	4 dias	Ter 31-05-16	Sex 03-06-16	1408	R	
1410	25º pavimento	4 dias	Qua 25-05-16	Seg 30-05-16	1409	R	
1411	26º pavimento	4 dias	Qui 19-05-16	Ter 24-05-16	1410	R	
1412	27º pavimento	4 dias	Sex 13-05-16	Qua 18-05-16	1413;1411	R	
1413	Entrega de portas de passagem - torre A	0 dias	Qua 18-05-16	Qua 18-05-16	1412	R	

Figura 107 Parte do planeamento já alterado, no MS Project®

Pode-se verificar por comparação entre a figura 106 e 107 que a data de conclusão da tarefa foi alterada de 13 Novembro 2016 para 17 de Agosto do mesmo ano representando um ganho de tempo de quase dois meses no tempo de execução. Este processo demorou cerca de 3 minutos a ser executado.

Repetindo o processo de importação do MS Project® em 3.6.2.1. no *TimeLiner* da aba *Data Source* atualizou-se o cronograma usando o caminho “Refresh”, “Selected Data Source”, “Rebuild Task Hierarchy”. Assim ficou-se com o cronograma atualizado, mas como utilizamos a opção “Rebuild Task Hierarchy” todos os *attachés* foram apagados, eliminando a ligação entre os *sets* e as tarefas como se pode verificar na Figura 108.

Figura 108 Exemplo do *TimeLiner* com o cronograma atualizado mas sem *attachés*, no *Navisworks*®

Mais um vez à semelhança de 3.6.2.1. utilizou-se a ferramenta “*Auto-Attach using rules*” que permite criar *sets* a partir das tarefas e ligar ambos. Como os *sets* já estavam criados, o Navisworks® apenas ligou os *sets* existentes às tarefas, ficando assim concluído este teste como exemplificado na Figura 109.

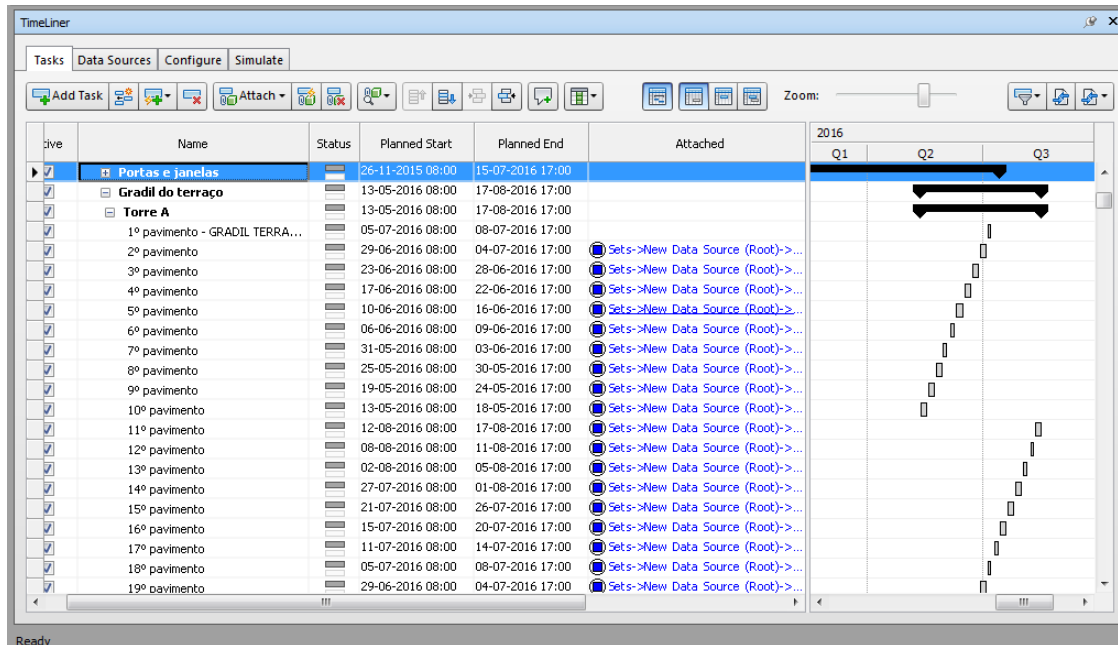


Figura 109 Planeamento modificado e com *attachés*, no Navisworks®

Esta operação no Navisworks® demorou cerca de 5 minutos, que somando aos 3 minutos utilizados em MS Project®, totaliza cerca de 8 minutos para realizar este teste no Navisworks®.

3.5.3.2. Teste 3 no Synchro® Pro

Como referido anteriormente as alterações ao planeamento foram efetuadas no Synchro® Pro e depois exportou-se para o MS Project® para uma possível integração noutros *softwares*.

Tal como no teste em Navisworks®, apenas foi necessário alterar a predecessora da tarefa do pavimento 10 para a mesma predecessora do pavimento 27, após isto aparece uma indicação

no gráfico de *Gantt* em como existe uma folga no planeamento, como se pode verificar na Figura 110 abaixo.

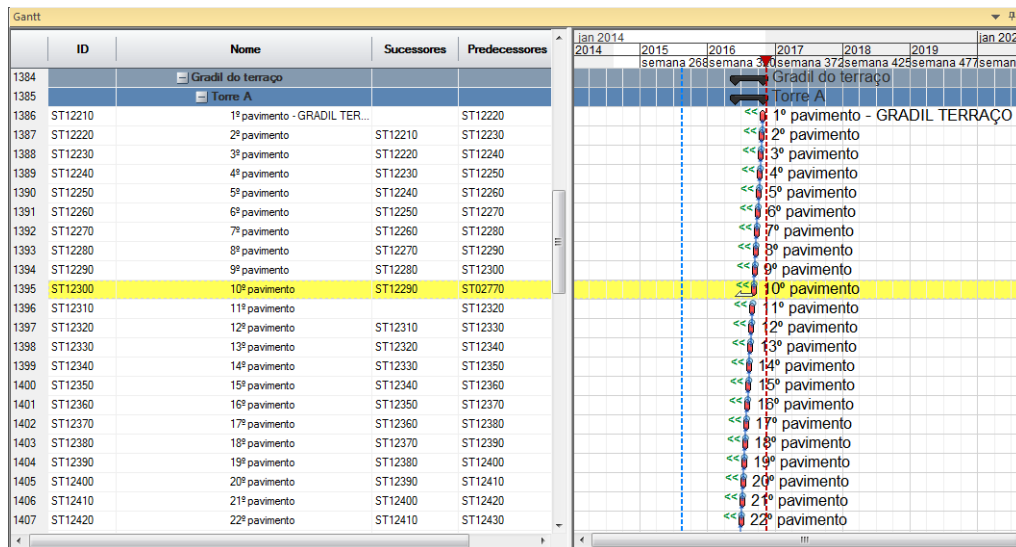


Figura 110 Gráfico de *Gantt* após alteração da predecessora do pavimento 10, no Synchro® Pro

Para retirar a folga da troca de dependências foi necessário reprogramar o projeto, mas como apenas queremos retirar esta folga e não as outras que foram deixadas intencionalmente pelo planeador, utilizou-se a ferramenta “*Reprogramar o selecionado*” na aba “*Home - Ferramentas*”, como o nome indica selecionou-se as tarefas do pavimento 10 a pavimento 1 e clicou-se na ferramenta indicada, reprogramando essa parte do projeto e eliminando a folga como se pode ver na Figura 111.

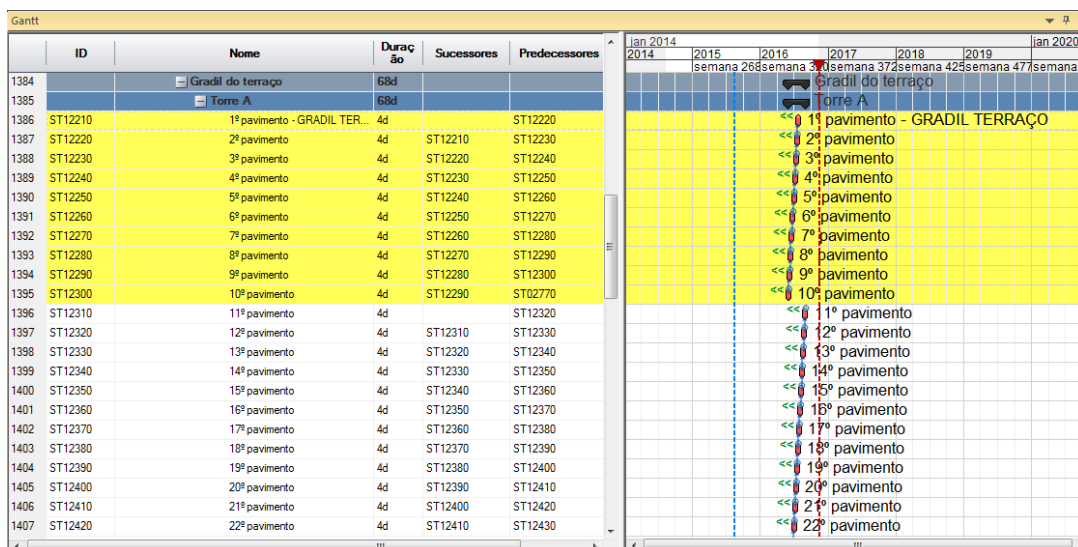


Figura 111 Gráfico de *Gantt* após reprogramação do projeto, no Synchro® Pro

Esta operação conclui-se em 3 minutos, pelo que agora foi necessário exportar o planeamento para MS Project[®]. Seguiu-se os mesmos passos que nos subcapítulos anteriores, clicou-se em “Pro”, “Exportar”, “Microsoft Project XML” como exemplifica a Figura 112. Mais uma vez o Synchro[®] Pro só reconhece o ficheiro MS Project[®] em formato XML pelo que exporta no mesmo formato.

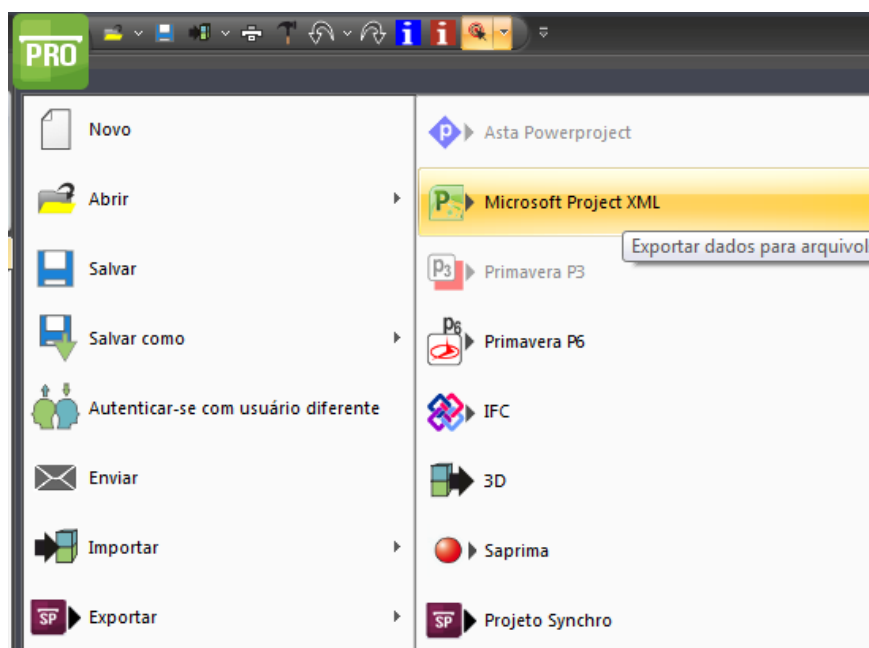


Figura 112 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project[®], no Synchro[®] Pro

De seguida, escolhe-se a localização do ficheiro a exportar, clicando em “Next” surge então uma janela de exportação, como na Figura 113, em que é necessário escolher qual a informação que se deseja importar, além das mais básicas como tarefas, e dependências entre tarefas, podemos importar calendários, custos, recursos, os códigos das atividades, e existem ainda alguns campos em que se pode personalizar um campo ou informação que desejamos exportar.

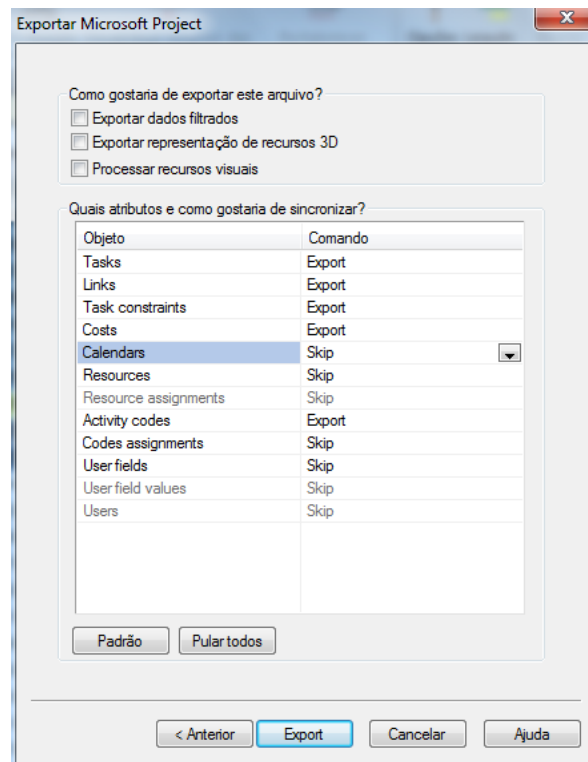


Figura 113 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro® Pro Finaliza-se o teste com planeamento exportado para MS Project® e com o respetivo gráfico de Gantt, com as alterações realizadas, e sem perda de dependências ou datas. Na Figura 114 abaixo pode-se verificar o planeamento alterado em MS Project®. Esta operação foi realizada em 5 minutos que somando aos 3 utilizados em Synchro® Pro totaliza um total de 8 minutos para realizar este teste no Synchro® Pro.

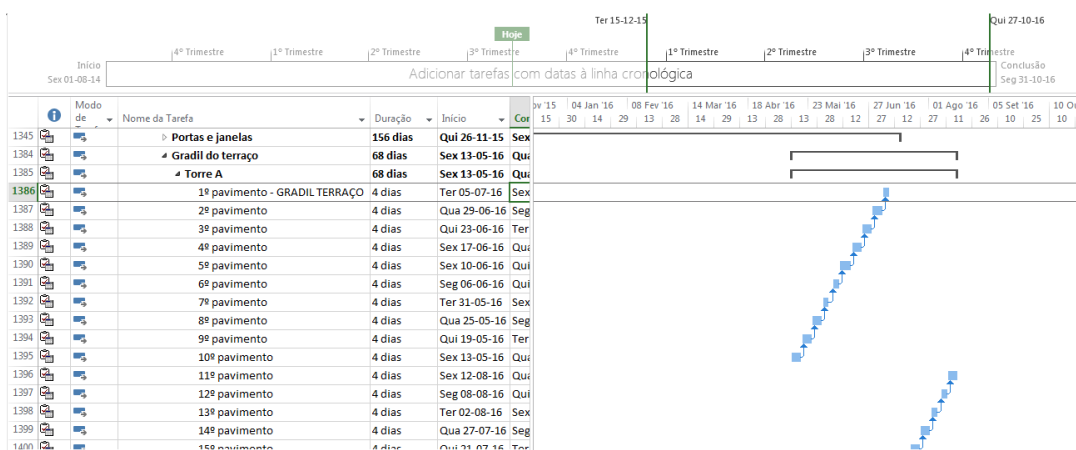


Figura 114 Exemplo do Planeamento exportado do Synchro® Pro para MS Project®

3.5.3.3. Teste 3 Vico Office®

Acedeu-se novamente ao módulo “*Schedule Planner*” do Vico Office® para efetuar este teste. Para melhor visualização criou-se uma “máscara” que mudou a cor das tarefas pouco relevantes para este estudo e salienta a tarefa a modificar como exemplifica a Figura 115.

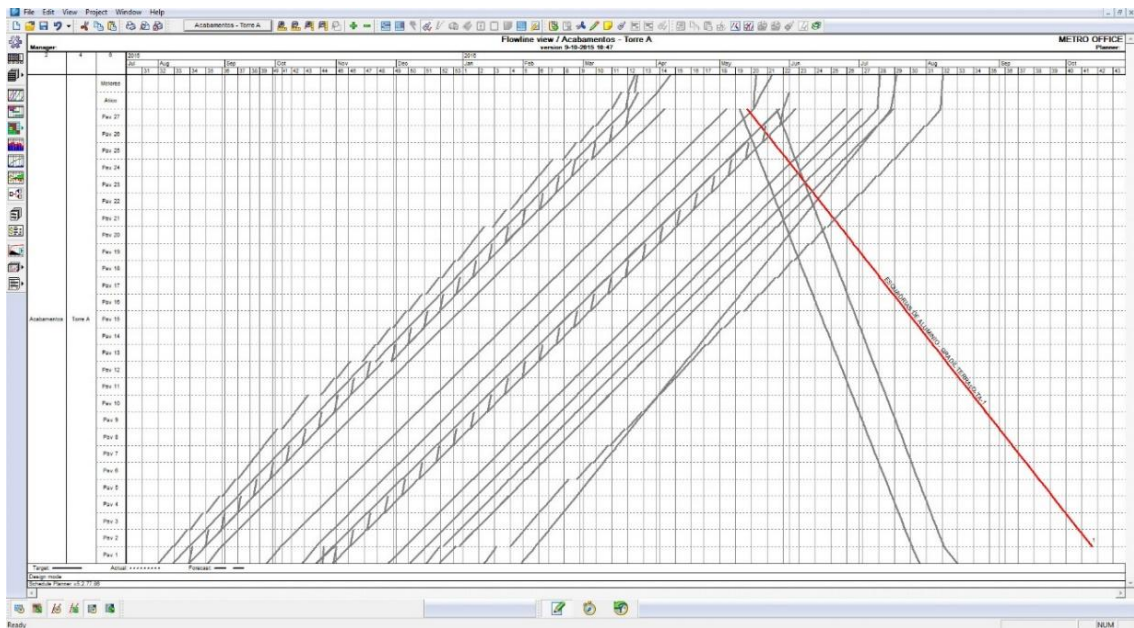


Figura 115 Linha de equilíbrio com tarefa a modificar, no Vico Office®

A tarefa “*Esquadrias de Alumínio – Gradil do Terraço-Torre A*” desenvolve-se do pavimento 27 ao pavimento 1 de forma descendente e continua, e pretende-se colocar uma equipa do pavimento 27 ao 11 e outra equipa em simultâneo do pavimento 10 ao 1.

Como o Vico Office® reconhece apenas uma tarefa, mas distribuída pelos variados níveis, foi necessário dividir a tarefa “*Esquadrias de Alumínio – Gradil do Terraço-Torre A*” em duas tarefas, para isso utilizou se a ferramenta “*Split*”, em que se seleccionou quais os níveis da nova tarefa como se pode ver na Figura 116.

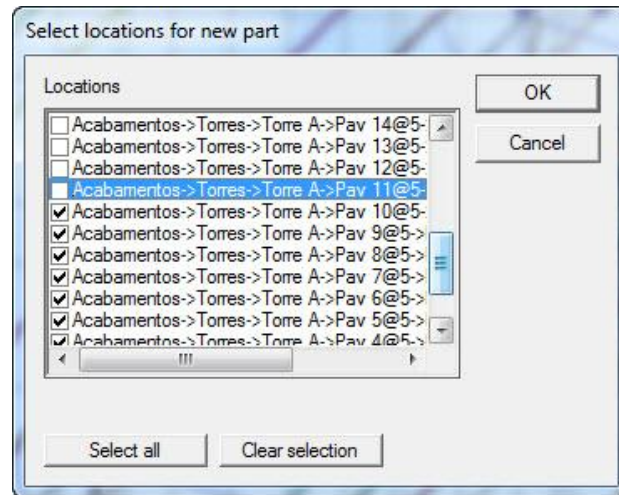


Figura 116 Ferramenta *Split*, que divide tarefas, no Vico Office®

Assim ficou-se com duas tarefas, uma do pavimento 1 ao pavimento 10 e outra do pavimento 11 ao pavimento 27 como se pode ver na Figura 117, a linha de equilíbrio em baixo.

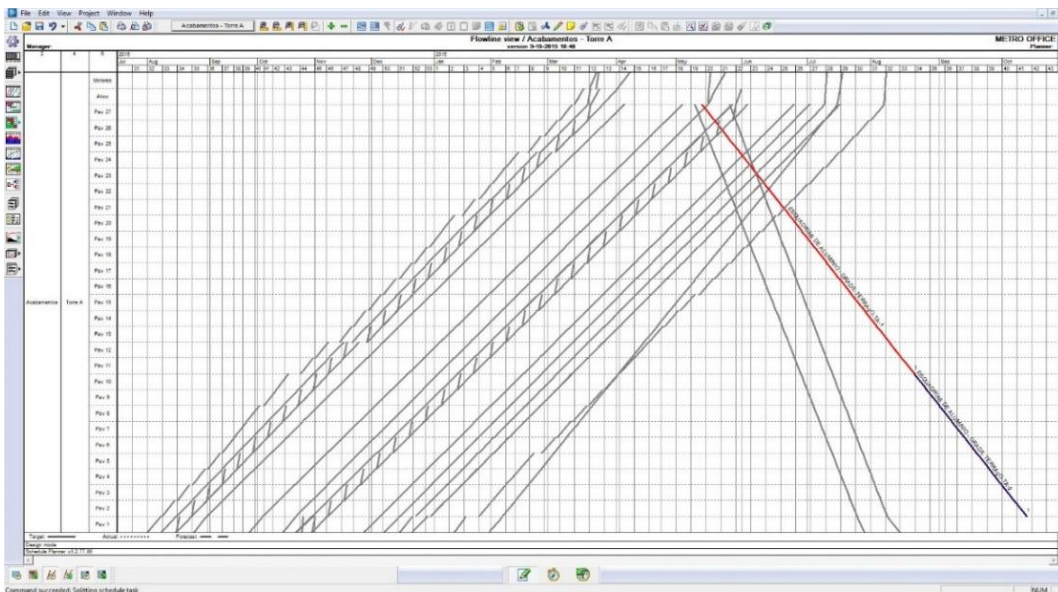


Figura 117 Linha de equilíbrio com tarefa dividida em duas tarefas, no Vico Office®

Para que as tarefas se desenvolvam em paralelo cria-se uma dependência SS (*start-start*) para que quando se inicie uma tarefa a outra também se inicie, como se pode ver na Figura 118. Esta dependência tanto se pode criar na linha de equilíbrio como no gráfico de *Gantt*.

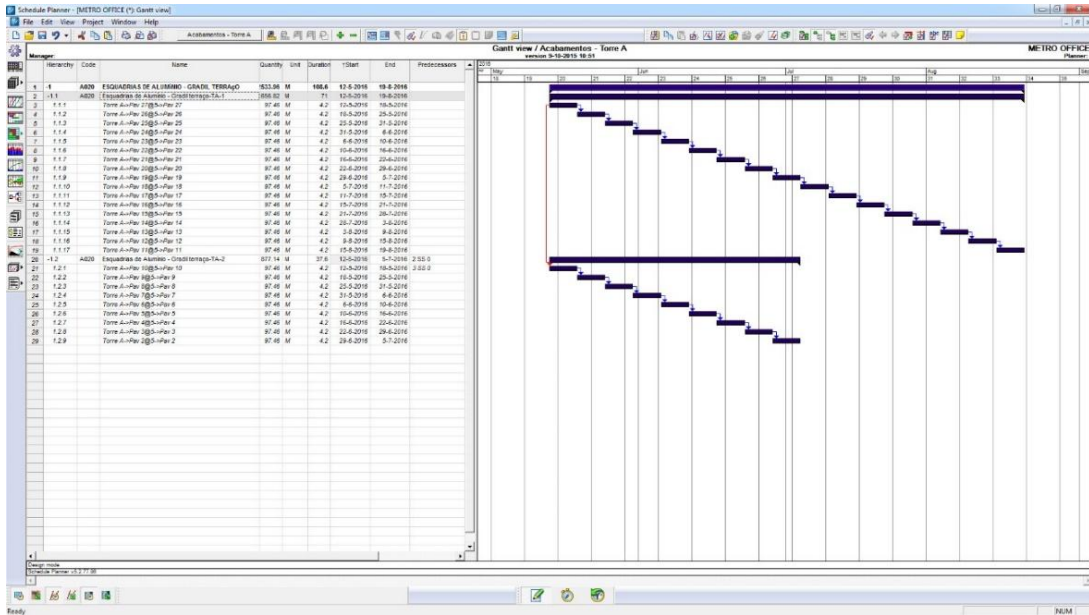


Figura 118 Gráfico de Gantt com dependência entre as duas tarefas, no Vico Office®
 Temos assim concluído este teste, como se pode observar apenas foi necessário dois passos.
 Esta operação demorou apenas 1 minuto, o que revela uma grande poupança de tempo. De
 seguida encontra-se a Figura 119 com a linha equilíbrio resultante desta alteração.

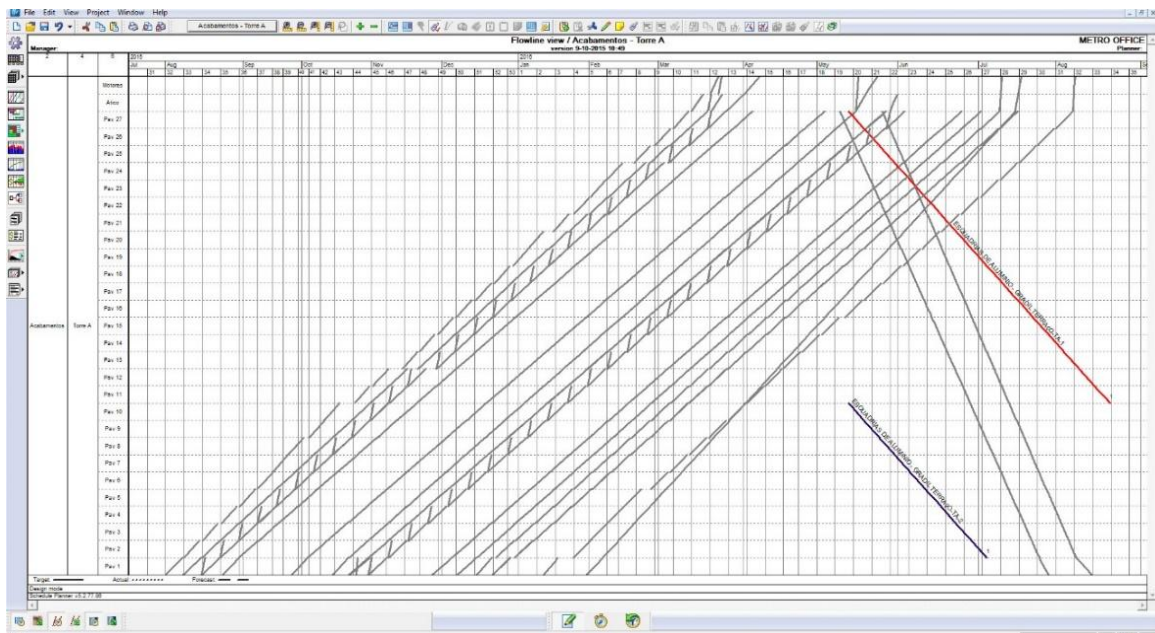


Figura 119 Resultado do teste 3, no Vico Office®

3.5.4. Cenário de teste 4

Muitas vezes surgem conflitos de Planeamento ao longo da obra, que levam a alterações quer em datas de início, quer a ordem de execução.

Neste teste decidiu-se inverter a ordem inicial de execução das tarefas *Esquadrias de Alumínio – Portas e janelas*, inicialmente a ordem de execução seria ascendente como exemplifica a Figura 120, do pavimento 1 ao pavimento 27, e modificou-se a ordem passando a ser do pavimento 27 ao pavimento 1, isto na torre A, o mesmo processo será aplicado na torre B, alterando todas as dependências e otimizando o cronograma.

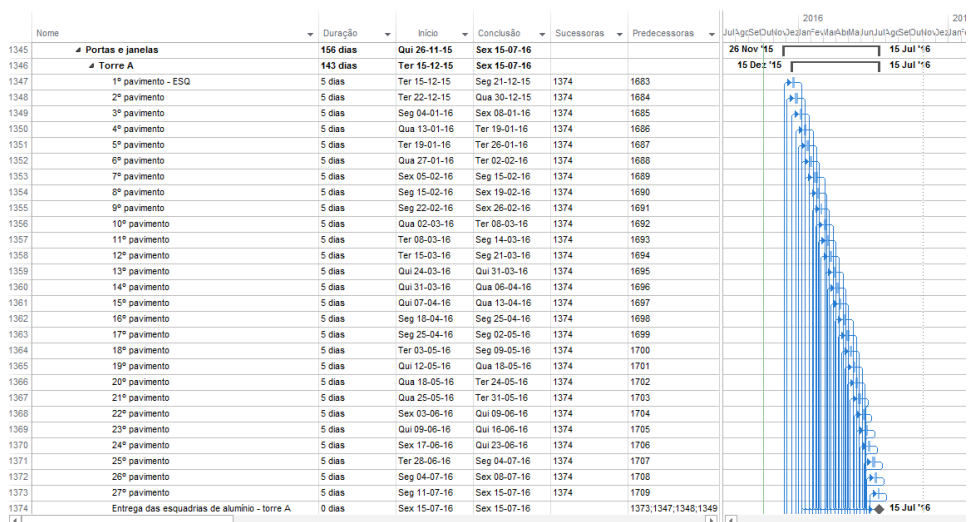


Figura 120 Parte do Planeamento a modificar, no MS Project[®]

3.5.4.1. Teste 4 no Navisworks[®]

As alterações ao planeamento foram realizadas no MS Project[®] devido às condicionantes referidas anteriormente.

Identificou-se então as dependências das tarefas em estudo, predecessoras e sucessoras, como se pode ver na Figura 120 acima, verificou-se que a tarefa de fecho é a sucessoras das tarefas em estudo, e a predecessoras são outras tarefas, a fórmula utilizada neste teste foi inverter a ordem das predecessoras mantendo a mesma data de início e fim da tarefa resumo, corta-se

Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

então a coluna predecessoras e colou-se numa folha de cálculo auxiliar, inverte-se a ordem e cola-se novamente na coluna das predecessoras e obteve-se o resultado da Figura 121. Como podemos verificar as datas de início e de fim da tarefa resumo mantêm-se e a ordem de execução foi invertida. O processo aplicado nas tarefas da torre B foi igual.

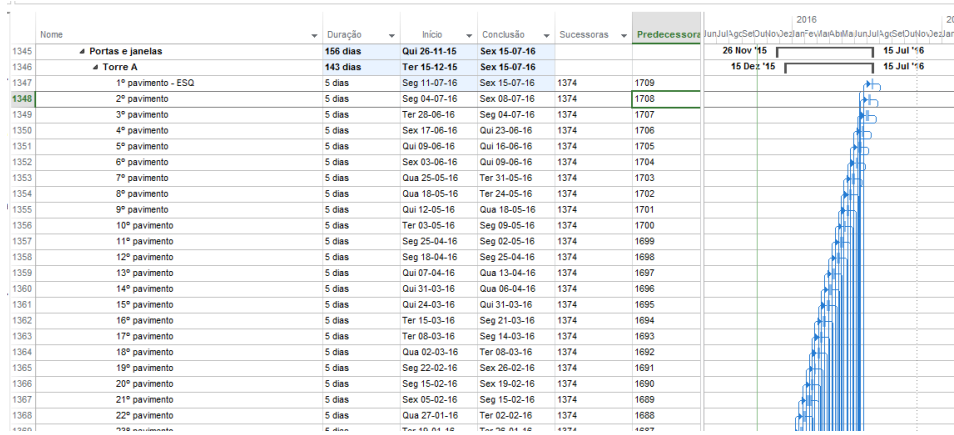


Figura 121 Parte do cronograma que foi invertida ordem de execução, no MS Project®
 O processo descrito acima demorou cerca de 10 minutos, e ficou assim pronto para ser importado para o Navisworks®.

Utilizando o processo de importação do cronograma de MS Project® para o Navisworks® através do *Timeliner* da aba *Data Source* usando do caminho “Refresh”, “Selected Data Source”, “Rebuild Task Hierarchy” ficou-se então com o cronograma em Navisworks® atualizado, na Figura 122.

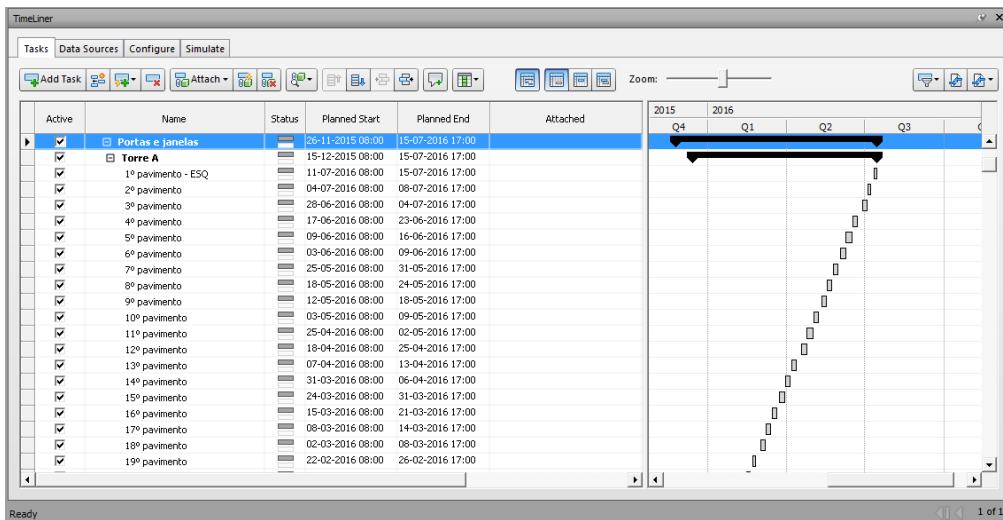


Figura 122 Exemplo do *TimeLiner* com cronograma atualizado mas sem *attaches*, no Navisworks®

Como se pode verificar na figura 125 os *attaches*, que são as ligações entre os *sets* e as tarefas, não estão ativos devido a atualização do cronograma com a opção "Rebuild Task Hierarchy", para corrigir esta situação utiliza-se a ferramenta "Auto-Attach using rules" que permite ligar os *sets* as tarefas como se verifica na Figura 123 abaixo.

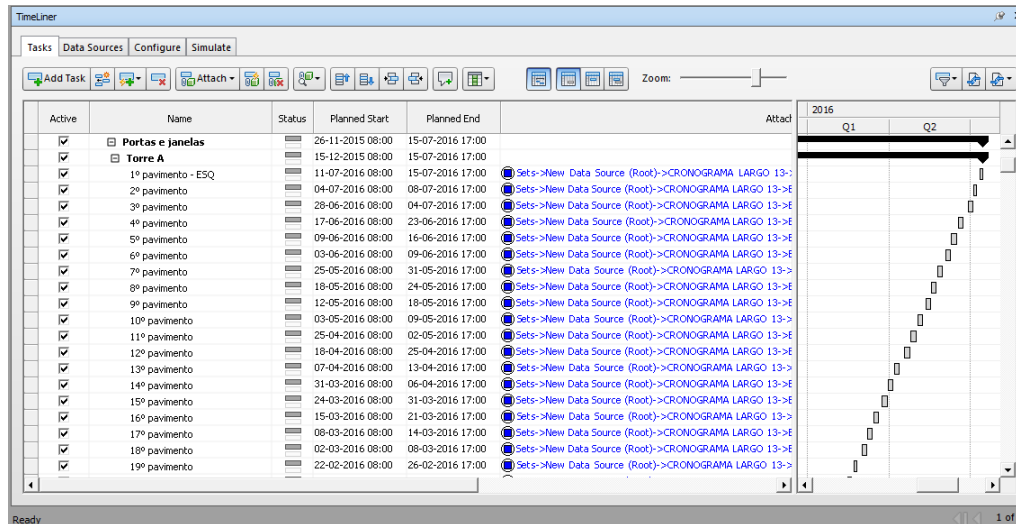


Figura 123 Exemplo da *TimeLiner* do cenário de teste 4 concluído, no Navisworks®

Esta operação no Navisworks® demorou cerca de 5 minutos, que somando aos 10 utilizados em MS Project®, totaliza cerca de 15 minutos para realizar este teste no Navisworks®.

3.5.4.2. Teste 4 no Synchro® Pro

As alterações ao planeamento foram efetuadas no Synchro® Pro e depois por uma questão de integração com outros *softwares* exporta-se para MS Project®.

À semelhança do teste em Navisworks®, a fórmula utilizada neste teste foi inverter a ordem das predecessoras, mantendo a mesma data de início e de fim da tarefa resumo. Como anteriormente referido o Synchro® Pro não permite a seleção de colunas ou conjuntos de células, apenas conjuntos de linhas ou células, cortou-se então célula a célula a coluna das predecessoras e colou-se numa folha de cálculo auxiliar, à medida que se foi cortando as células das predecessoras as tarefas foram aparecendo folgas no gráfico de *Gantt* como se pode ver na Figura 124.

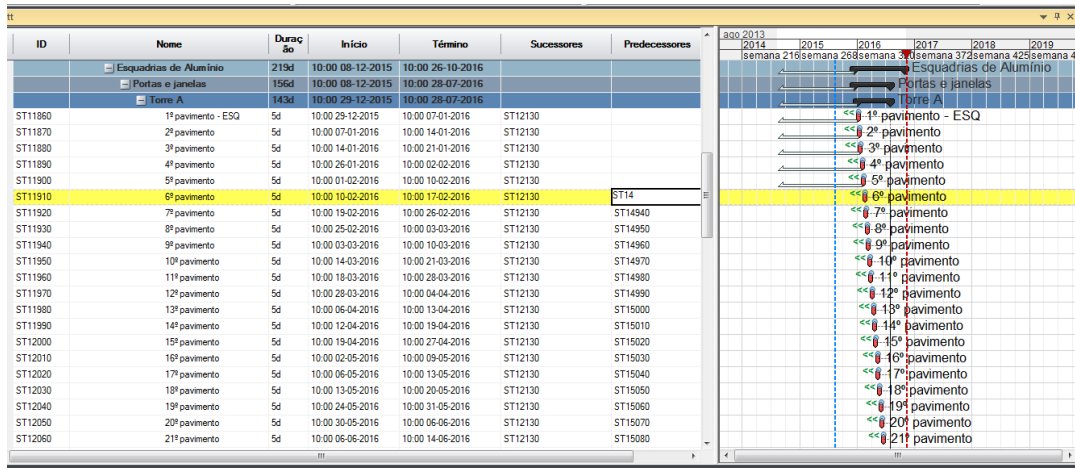


Figura 124 Cronograma com a indicação de folgas depois de eliminar células das predecessoras, no Synchro® Pro

Após cortar as células das predecessoras, começou-se a colar as células na ordem invertida, predecessora do pavimento 1 passou a ser a predecessora do pavimento 27 e assim sucessivamente. Após estar concluído este processo foi necessário reprogramar o projeto, como apenas queremos retirar esta folga e não as outras que foram deixadas intencionalmente pelo planeador, utilizou-se a ferramenta “Reprogramar o selecionado” na aba “Home - Ferramentas”, como o nome indica seleciona-se as tarefas do pavimento 1 ao 27 e clicou se na ferramenta indicada, reprogramando essa parte do projeto, invertendo as tarefas, e eliminando a folga como se pode ver na Figura 125.

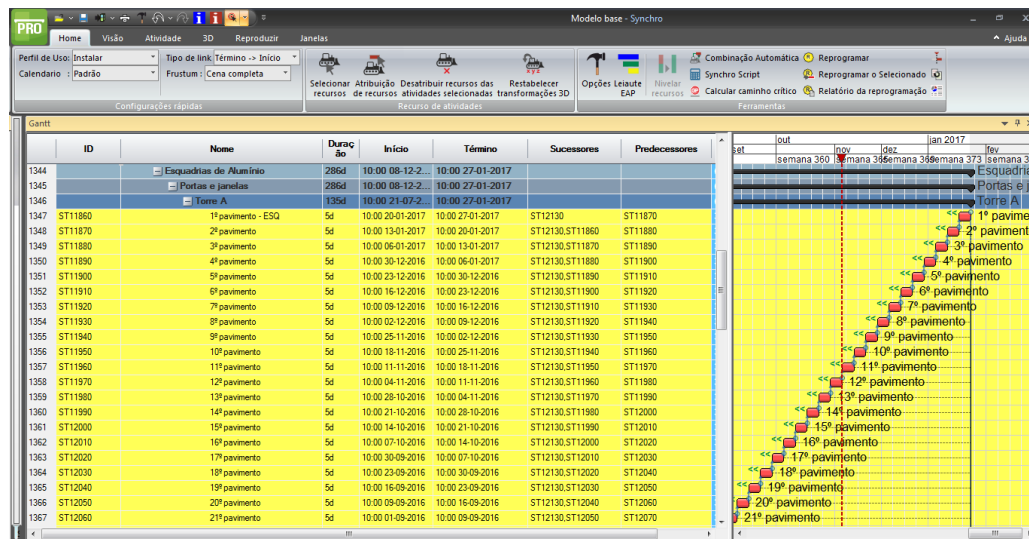


Figura 125 Gráfico de Gantt após reprogramação do projeto, no Synchro® Pro

Esta operação conclui-se em 10 minutos, essencialmente devido ao processo manual de inversão de predecessoras.

Estando então o cronograma pronto, foi necessário exportá-lo para o MS Project[®]. Seguiu-se os mesmos passos que nos subcapítulos anteriores, clicou-se em “Pro”, “Exportar”, “Microsoft Project XML” como exemplifica a Figura 126.

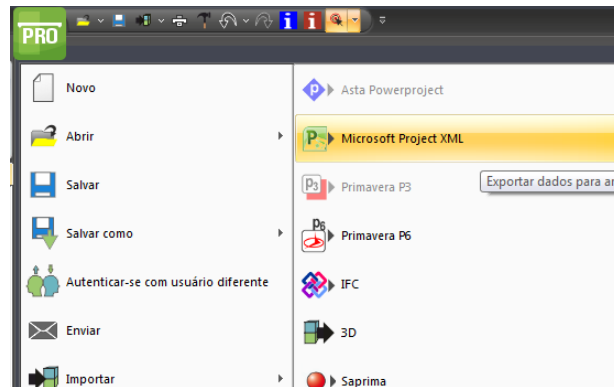


Figura 126 Exemplo do processo de exportação de ficheiro MS Project[®], no Synchro[®] Pro

Escolheu-se a localização do ficheiro a exportar, clicou-se em “Next”, surgiu então uma janela de exportação, como na Figura 127, em que é necessário escolher qual a informação que se deseja importar, além das mais básicas como tarefas, e dependências entre tarefas, podemos importar calendários, custos, recursos e os códigos das atividades exportar.

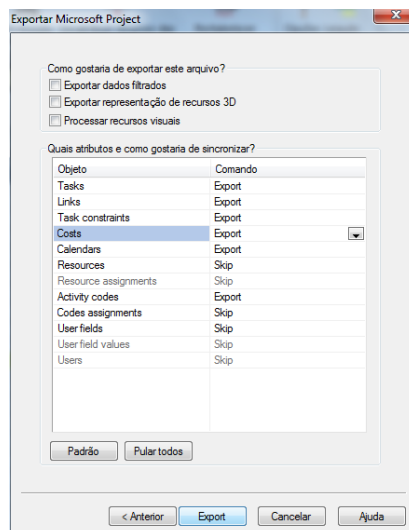


Figura 127 Janela de configuração de importação de cronogramas, no Synchro[®] Pro

Tem-se assim o planeamento atualizado em MS Project®, e com o respetivo gráfico de *Gantt* com as alterações realizadas, e sem perda de informações como se pode verificar na Figura 128 abaixo.

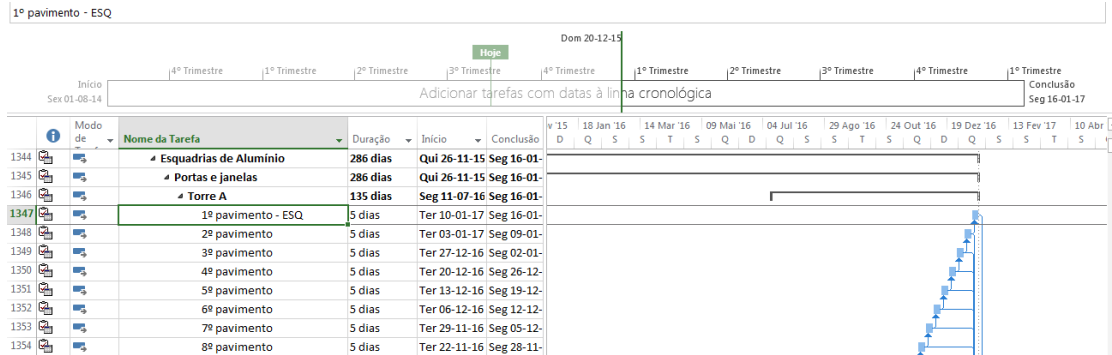


Figura 128 Exemplo de Planeamento exportado para Synchro Pro, no MS Project®

Esta operação foi realizada em 3 minutos que somando aos 12 minutos utilizados em Synchro® Pro totaliza um total de 15 minutos para realizar este teste no Synchro® Pro.

3.5.4.3. Teste 4 Vico Office®

Efetuuou-se as alterações no módulo “*Schedule Planner*” do Vico Office®. Primeiramente criou-se um *filtro*, realiza-se um *filtro* para ficar visível apenas as tarefas desejadas, assim ficamos apenas com as tarefas “*Esquadrias de alumínio- Portas e janelas*” visíveis na linha de equilíbrio, como se verifica na Figura 129.

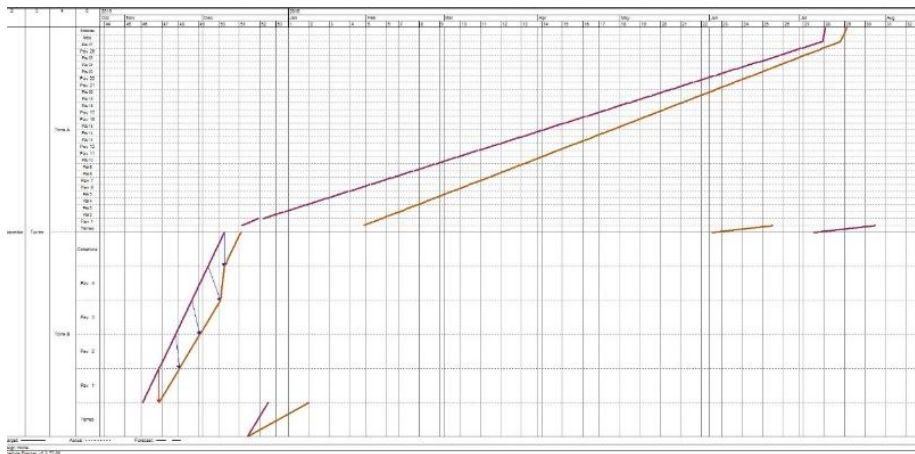


Figura 129 Linha de equilíbrio com filtro de tarefas ativo, no Vico Office®

Esta tarefa desenvolve-se do pavimento 1 até a cobertura e o teste sugere inverter a ordem de execução desenvolvendo-se a tarefa da cobertura até ao pavimento 1. Para efetuar esta alteração de forma simples bastou um duplo clique sobre a tarefa, neste caso da torre B, e abriu-se o quadro da tarefa, como exemplifica a Figura 130.

Figura 130 Quadro de tarefa, no Vico Office[®]

Neste quadro apenas foi necessário selecionar a opção “reverse” e todas as sub tarefas inverteram o sentido de execução como se pode ver no quadro após esta alteração, na Figura 131.

Figura 131 Quadro de tarefa após opção reverse, no Vico Office[®]

Assim, ficou-se com a tarefa “*Esquadrias de alumínio- Portas e janelas*” da torre B com o sentido invertido como se pode ver na linha de equilíbrio, na Figura 132.

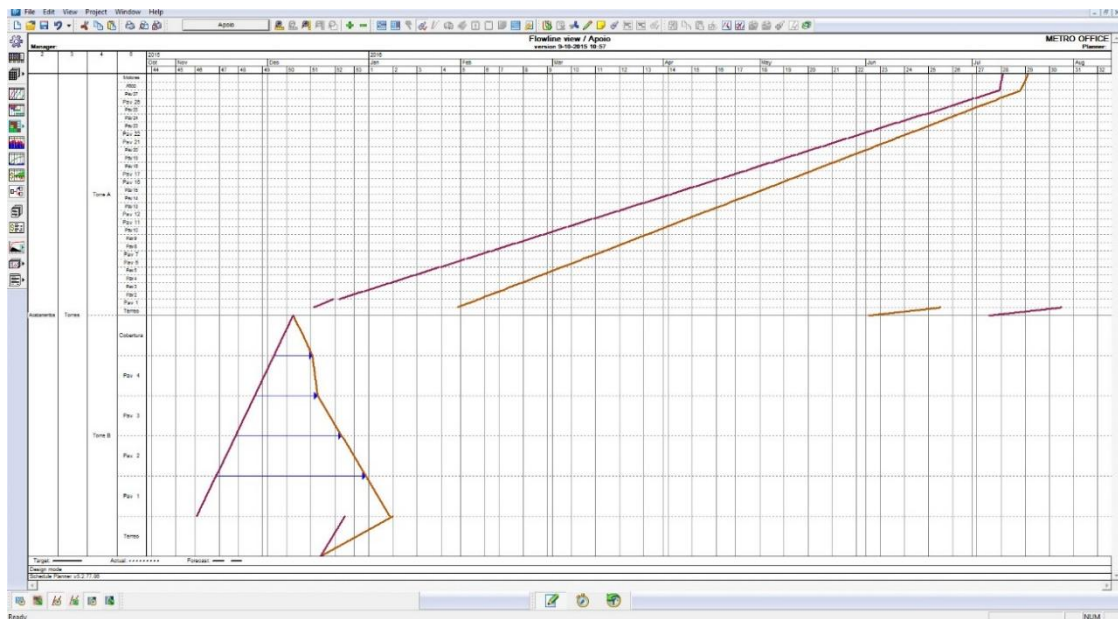


Figura 132 Linha de equilíbrio com tarefa da torre B invertida, no Vico Office®

O mesmo processo aplicou-se à tarefa da torre A, apenas foi necessário 1 passo. Esta operação demorou apenas 1 minuto, o que revela uma grande poupança de tempo. De seguida, fica a linha equilíbrio resultante desta alteração, na Figura 133.

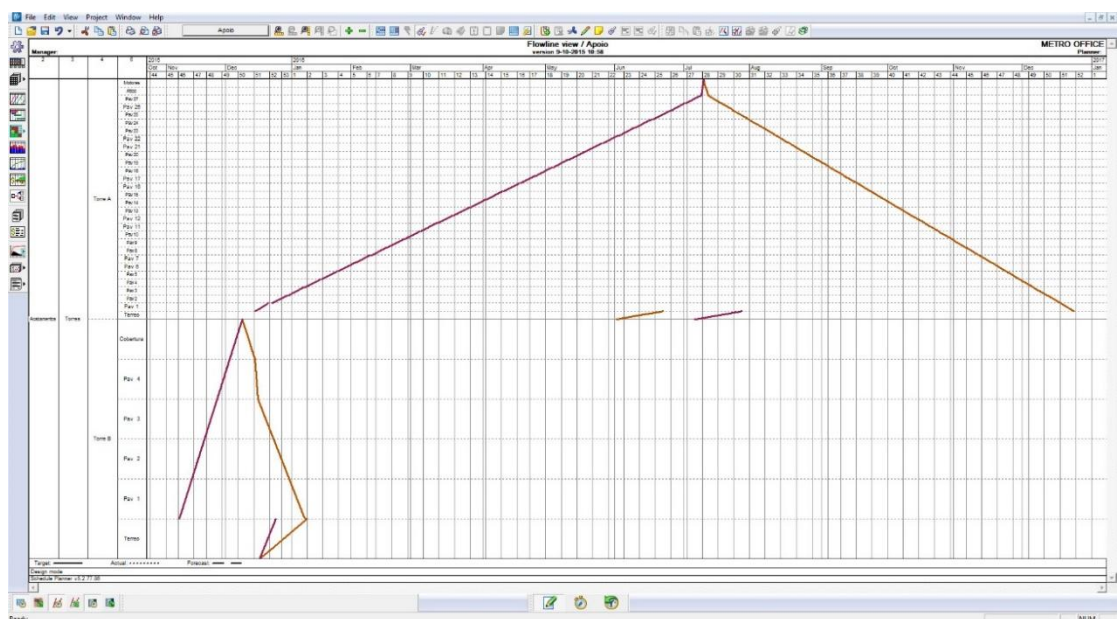


Figura 133 Linha de equilíbrio com sentido de tarefa invertido, no Vico Office®

3.6. Análise comparativa dos Softwares

Com a realização deste caso de estudo foi possível retirar algumas ilações da adoção de metodologias BIM, nomeadamente no planeamento e controlo de projetos.

Na replicação do planeamento no *software* Autodesk Navisworks[®] existiram problemas iniciais de interoperabilidade, como o mesmo a não reconhecer os *layers* do *software* Archicad[®]. Posteriormente, a importação do planeamento do MS Project[®] revelou-se expedita, no entanto apenas importa datas não importando dependências, recursos, calendários ou outras informações, ou seja, a funcionalidades de planeamento são muito poucas, limitando-se ao básico.

A ligação dos elementos às atividades é uma tarefa morosa, facilitada um pouco pela utilização do “*Auto-attach*” no entanto ainda muito manual. Em termos de facilidade de utilização considera-se o Autodesk Navisworks[®] muito “*user friendly*” sendo o que mais se destaca dos 3. Utilizar o planeamento neste *software* demorou cerca de 20 dias, considera-se que com mais experiência no mesmo e um computador com *hardware* mais capaz seria possível efetuar o mesmo em 10 dias.

Em termos gerais, considera-se o Autodesk Navisworks[®] de fácil adoção mas com recursos limitados, com uma grande margem para evoluir, pecando por falta de recursos e ferramentas avançadas de planeamento, não trabalhando com rendimentos não aproveita da melhor forma as funcionalidades BIM.

Na replicação do planeamento no *software* Synchro[®] Pro existiram os mesmos problemas iniciais de interoperabilidade registados no Autodesk Navisworks[®]. A importação do planeamento do MS Project[®] é fácil e eficaz, importando dependências calendários, recursos e demais informações, sendo um grande trunfo em relação ao *software* da Autodesk[®].

A ligação aos elementos é uma tarefa morosa, devido à ligação automática do Synchro[®] Pro não funcionar corretamente. Em termos de facilidade de utilização considera-se o Synchro[®] Pro razoavelmente “*user friendly*” sendo o menos que o Autodesk Navisworks[®]. Replicar o planeamento neste *software* demorou cerca de 20 dias, mas o autor considera que com mais

experiência no mesmo e um computador com *hardware* mais capaz seria possível efetuar o mesmo em metade do tempo.

As funcionalidades de planeamento são avançadas, no entanto não trabalhando com rendimentos nem extração de quantidades não aproveita da melhor forma as funcionalidades BIM.

Em termos gerais, considera-se um bom *software* de planeamento, com ferramentas avançadas de planeamento mas que ainda não adota todas as vantagens da metodologia BIM.

Por último no *software* Vico Office[®] na criação do planeamento não existiram problemas de interoperabilidade com o modelo vindo do Archicad[®], no entanto a importação do cronograma não pode ser direta do MS Project[®], uma vez que o Vico Office[®] usa a LOB e não o CPM, e usa o modelo para automaticamente gerar as tarefas por localização, ao contrário dos outros dois *softwares* testados que é tudo manual. Isto faz com que apenas se tenha de introduzir o nome da tarefa, e não o nome e localizações como no Project. Isto é uma enorme poupança de tempo.

A ligação aos elementos é uma tarefa automática, tendo apenas de definir regras na altura de ativar o modelo para o *software* fazer a quantificação de materiais. Em termos de facilidade de utilização o autor considera o Vico Office[®] o bastante “*user friendly*”, devido sobretudo ao grande desempenho das ferramentas de planeamento e a simbiose entre as vantagens de ter um modelo BIM e utilizar essas informações no planeamento orçamentação e controlo.

Realizar o planeamento neste *software* demorou cerca de 5 dias. Em termos gerais o autor considera-o o melhor *software* de planeamento, com ferramentas avançadas de planeamento, quantificação, orçamentação, tarefas automaticamente divididas por localizações e que aproveita todas as vantagens da metodologia BIM.

De seguida segue a Tabela 2 comparativa da criação/replicação do planeamento nos respetivos *softwares*.

Tabela 2 Comparação de *softwares* na criação de Planeamento

<i>Software</i> Operação	Autodesk Navisworks®	Synchro® Pro	Vico Office®
Replicação do Planeamento	20 dias	20 dias	5 dias
Problemas de interoperabilidade	Não reconhece os “layers” do Archicad®	Não reconhece os “layers” do Archicad®	Reconhece os “layers” do Archicad®
Ferramentas de Planeamento	Básicas	Médias/Avançadas	Avançadas
Ligação de elementos às tarefas	Tarefa morosa	Tarefa morosa	Tarefa fácil e expedita
Facilidade de utilização	Fácil	Fácil/Mediano	Fácil e expedita
Utilização das vantagens da metodologia BIM	Média vantagem	Pouca vantagem	Grande Vantagem

Já na realização dos cenários de testes usuais em obra no dia-a-dia, o comportamento e performance dos *softwares* variam de teste para teste.

No primeiro cenário de teste a solução adotada no Autodesk® Navisworks e no Synchro® Pro não representa exatamente a realidade mas foi a melhor aproximação possível, demorou-se 15 e 7 minutos respetivamente, a justificação do tempo superior no Autodesk® Navisworks,

Planeamento e contro de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM

deveu-se essencialmente a alteração ser realizada no MS Project[®] devido a impossibilidade de se alterar no Autodesk[®] Navisworks, e de seguida a necessidade de importar o cronograma para o Autodesk[®] Navisworks. Já no Vico Office[®] o teste demorou cerca de 5 minutos para refazer localizações, e depois 75 minutos sozinho para recalcular quantidades, sendo um processo que o *software* faz autonomamente.

No segundo cenário de teste a solução adotada no Autodesk[®] Navisworks foi semelhante à adotada no anterior cenário de teste, com alteração do planeamento do MS Project[®] e posterior importação para o *software*, este cenário de teste demorou 10 minutos. No Synchro[®] Pro procedeu-se às alterações no *software* mas a impossibilidade de copiar e colar colunas inteiras fez com que a tarefa fosse morosa demorando cerca de 35 minutos. Já no Vico Office[®] o teste demorou cerca de 5 minutos, sendo necessário apenas apagar a tarefa e restabelecer uma dependência num dos níveis em que o *software* assumiu para todos os níveis dessa tarefa.

No terceiro cenário de teste o Autodesk[®] Navisworks e o Synchro[®] Pro igualaram-se no tempo de operação, 8 minutos. No *software* da Autodesk[®] as alterações no planeamento foram realizadas no MS Project[®] e o cronograma importado para o *software*, já no Synchro[®] Pro as alterações foram realizadas no *software*. Por sua vez, no Vico Office[®] foi necessário apenas dividir a tarefa em dois e fazer a dependência ao início da tarefa, demorou apenas 1 minuto.

No quarto e último cenário de teste os *softwares* da Autodesk[®] e da Synchro[®] tiveram a mesma duração de execução do cenário de teste, 15 minutos. O processo no *software* Autodesk[®] Navisworks, foi semelhante aos anteriores, foi alterado o cronograma no MS Project[®], e importado para o *software* da Autodesk[®]. No *software* da Synchro[®] as alterações foram realizadas no próprio *software*, mas o processo foi muito manual devido à impossibilidade de copiar a coluna inteira das precedências. No *Software* Vico Office[®] apenas foi necessário clicar em “Reverse” no quadro da tarefa para que se invertesse a ordem de execução, demorando menos de 1 minuto.

Seguidamente encontra-se a Tabela 3 comparativa da realização de testes ao planeamento nos respetivos *softwares*.

Tabela 3 Comparação de *softwares* nos cenários de testes

<i>Software</i> Operação	Autodesk Navisworks®	Synchro® Pro	Vico Office®
Teste 1	15 minutos	7 minutos	5 minutos (80 minutos a operar sozinho para recálculo automático de quantidades algo que não é feito pelos outros softwares)
Teste 2	10 minutos	35 minutos	5 minutos
Teste 3	8 minutos	8 minutos	1 minuto
Teste 4	15 minutos	15 minutos	1 minuto
Alterações ao cronograma no <i>software</i>	Não	Sim	Sim
Recálculo de Quantidades	Não	Não	Sim

4. CONCLUSÃO

A indústria da construção tem uma importância considerável na economia portuguesa, sendo um dos alicerces que suportam a economia portuguesa. Devido à crise socioeconómica que afetou Portugal e a Europa nos últimos anos, grande parte das indústrias, e principalmente no sector da construção, registaram uma quebra acentuada de produtividade. No entanto, a metodologia BIM poderá ser uma oportunidade para que as empresas adotem novos métodos de gestão de produção que proporcionem um aumento de competitividade.

No entanto, ainda existem entraves à implementação do BIM em Portugal, quer seja adversidade à mudança, quer seja pelos elevados custos que a sua implementação representa ou mesmo pela falta de normas que regulamentem os projetos BIM. Algumas entidades têm desenvolvido esforços conjuntos no sentido de regulamentação BIM, tanto a nível europeu como a nível nacional. Prevê-se que nos próximos anos estes esforços conduzam a uma maior aceitação do BIM, passando mesmo a uma obrigatoriedade como já acontece noutros países.

As áreas de aplicação do BIM no sector da construção são inúmeras. As metodologias BIM podem ser aplicadas desde a fase de projeto, preparação, construção, manutenção até à demolição, preenchendo todo o ciclo de vida.

Neste caso de estudo tentou-se avaliar as vantagens da metodologia BIM ao planeamento e controlo de projetos, replicou-se com sucesso em três *softwares* e realizou-se testes de diversas situações ocorridas em obras diariamente.

A primeira conclusão que se pode retirar da aplicação do caso prático é a importância que a comunicação entre as *software-houses* e os profissionais da indústria AEC pode representar para o público utilizador destes *softwares*.

No caso prático foram utilizados *softwares* de *software-houses* como Autodesk[®], Graphisoft[®], Synchro[®], Trimble[®] e Microsoft[®], foi necessário desenvolver uns métodos como forma de resposta à falta de comunicação entre os *softwares* utilizados, utilizando a informação contida nos campos IFC. O que faz com que os utilizadores adaptem processos internos aos *softwares* utilizados, evidência também a falta de colaboração entre as *software-houses* para resolver estes problemas de interoperabilidade.

Todos os *softwares* utilizados têm as suas mais-valias, desde a excelente usabilidade e versatilidade do Autodesk Navisworks[®] até às ferramentas avançadas e capacidade de inteligência artificial do Vico Office[®]. Todos eles estão numa evolução permanente acelerada, de modo a que possam ser integrados nos processos internos da indústria AEC.

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação foi-se especializando em *softwares* BIM e de gestão da Construção, aprofundando conceito teóricos já adquiridos ao longo do curso. Num futuro próximo o autor gostaria de ter oportunidade de exercer profissionalmente numa área que lhe permita desenvolver trabalho na área de gestão da construção com recurso a ferramentas e metodologias BIM.

5. BIBLIOGRAFIA

- Akbas, R., 2004. Geometry-Based Modeling and Simulation of Construction Processes. , (February), p.151.
- Autodesk, 2015. What Is BIM | Building Information Modeling | Autodesk. Disponível em: <http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/overview> [Visualizado em 25 de Outubro de 2015].
- Ballard, G. & Howell, G.G., 2003. An update on last planner1. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, pp.1–10.
- Ballard, H.G., 2000. The Last Planner System of Production Control. *School of Civil Engineering, Faculty of Engineering*, PhD in Civ(May), p.192.
- Basu, A. & Psp, P.E., 2007. 4D Scheduling – A Case Study. *AACE International Transactions*, pp.1–6.
- BuildingSMART, 2015a. BCF intro — Welcome to buildingSMART-Tech.org. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases> [Visualizado em 10 de Outubro de 2015].
- BuildingSMART, 2015b. buildingSMART alliance IFD Library/IDM/IFC/MVD Workshop - National Institute of Building Sciences. Disponível em: https://www.nibs.org/?page=bsa_ifdlibrary [Visualizado em 28 de Setembro de 2015].
- BuildingSMART, 2015c. IFC development history — Welcome to buildingSMART-Tech.org. Disponível em: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/figures/20100409_ifc_development_history.png/view [Visualizado em 1 de Outubro de 2015].
- BuildingSMART, 2015d. Information Delivery Manuals — buildingSMART International User Group. Disponível em: <http://iug.buildingsmart.org/idms/> [Visualizado em 26 de Setembro de 2015].
- BuildingSMART, 2014. Specifications — Welcome to buildingSMART-Tech.org. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications> [Visualizado em 25 de Setembro de 2015].
- BuildingSMART, 2015e. Summary of IFC Releases — Welcome to buildingSMART-Tech.org. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases> [Visualizado em 26 de Setembro de 2015].
- Couto, J. P. 1998. Métodos de planeamento na construção repetitiva em altura em Portugal : método das curvas de equilíbrio. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/5942> [Visualizado em 15 de Setembro de 2015].
- Dung, D. & Tarar, M., 2012. Impact of 4D Modeling on Construction Planning. , p.58.

- Eastman, C. et al., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*,
- Eshtehardian, E., Afshar, A. & Abbasnia, R., 2008. Uncertain scheduling based on Accepted risk level and optimism of a project manager. *Construction Management and Economics*, 25, pp.1–6.
- Faria, J.A., 2009. Gestão de Obras e Segurança. *Feup*.
- Ferreira, R.C., 2011. “Comparação Aplicada Entre As Técnicas De Planeamento CPM E LOB (Line of Balance).” , p.125.
- Fontes, A.D.R., 2014. Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM.
- Formoso, C. et al., 2001. Planejamento e controle da produção em empresas de construção. *Federal do Rio Grande do Sul*, pp.1–50.
- Howell, G. & Ballard, G., 1998. Implementing Lean Construction. *Construction*, pp.13–15.
- Jones, S. a, Young Jr., N.W. & Bernstein, H.M., 2008. Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. *McGraw Hill Construction - SmartMarket Report*, p.45.
- Jongeling, R. & Olofsson, T., 2007. A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. *Automation in Construction*, 16, pp.189–198.
- Jr., N.W.Y. et al., 2009. SmartMarket Report. *McGraw Hill Construction - SmartMarket Report Construction*, pp.1–52. Disponível em:
http://bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_SmartMarket_Report.pdf.
 [Visualizado em 10 de Setembro de 2015].
- Kenley, R., 2004. Project micromanagement: practical site planning and management of work flow. *12th Annual Conference on Lean Construction*, (October), pp.3–5.
- Kenley, R. & Seppänen, O., 2009. Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, pp.2563–2570.
- Lino, J.C., Azenha, M. & Lourenço, P., 2012. Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, pp.24–26.
- Maritan, F., 2014. BIM Revit: O que é essa “coisa” chamada LOD?!?! Disponível em:
<http://www.bimrevit.com/2014/12/o-que-e-essa-coisa-chamada-lod.html> [Visualizado em 2 de Outubro de 2015].
- Martins, J., 2009. Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. *Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil*.

- Martins, S., 2008. Análise do Sector da Construção Civil e Obras Públicas. Disponível em: <http://foreigners.textovirtual.com/edit-value/619/Estudo CCOP.pdf?1327163468> [Visualizado em 21 de Setembro de 2015].
- Matias, J., 2010. *LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE*.
- Matos, J., 2014. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NUMA GRANDE CONSTUTORA FRANCESA. , p.58.
- Meireles, A.R., 2014. Uma metodologia avançada de planeamento potenciada pelo BIM. Disponível em: <http://www.ndbim.pt/index.php/pt/component/k2/item/25-um-planeamento-avancado-baseado-na-metodologia-bim> [Visualizado em 26 de Fevereiro de 2015].
- Mogollon, 2015. BCF. BIM Collaboration Format Explained. Disponível em: <http://openbimer.com/?p=286> [Visualizado em 2 de Outubro de 2015].
- Monteiro, A. & Martins, J.P., 2011. Linha de Equilibrio- Uma nova abordagem ao planeamento e controlo de actividades de construção.
- ndBIM, 2015. BIMMI Linhas de Equilibrio. Disponível em: <https://bimmi.innovationcast.net/s/1/b/135/pt/linha-de-balanco> [Visualizado em 22 de Setembro de 2015].
- NIBS, 2007. Constant of contracts / workhours of hourly workers.
- Pascoe, J., Ryan, N.S. & Morse, D.R., 1998. Human Computer Giraffe Interaction: HCI in the Field. *Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*. Disponível em: http://kar.kent.ac.uk/21665/1/Human_Computer_Giraffe_Interaction_HCI_in_the_Field.doc [Visualizado em 19 de Setembro de 2015].
- Reinhardt, J. & Bedrick, J., 2013. Level of Development Specification - Draft 1 April, 19, 2013. *BIM Forum*, pp.0–133.
- Rendeiro, J.E., 2015. O BIM na Engenharia | Plataforma BIM.
- Seppänen, O., Ballard, G. & Pesonen, S., 2010. The combination of last planner system and location-based management system. *Lean Construction Journal*, pp.43–54.
- Silva, J., 2013. Princípios para o Desenvolvimento de Projeto com Recurso a Ferramentas BIM.
- Sousa, H. & Monteiro, A., 2011. Linha de Equilibrio - Uma Nova Abordagem ao Planeamento e Controlo na Construção. *2º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção*, pp.1–12.
- Synchro, 2015a. One Angel Court – 4D Model.
- Synchro, 2015b. simulation BIM 4D, Synchro Pro.

Tekla, 2015. Smarter together: Tekla BIMsight and SMART Boards set new standards for collaboration | teklabimsight.com.

Velasco, A., 2013. Assessment of 4D BIM applications for project management functions. *Polytechnic University of Valencia*, (August).

VICO, 2015. Vico Office LBS Manager | Location Breakdown Structure | Construction Work Breakdown. Disponível em: <http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-lbs-manager-location-breakdown/tabid/219732/Default.aspx> [Visualizado em 4 de Outubro de 2015].