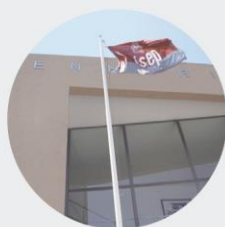




FERRAMENTA PARA INTEGRAÇÃO DE RESULTADOS DE ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS EM MODELOS BIM

FRANCISCO SAAVEDRA RIBEIRO LIMPO DE FARIA

novembro de 2017



FERRAMENTA PARA INTEGRAÇÃO DE RESULTADOS DE ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS EM MODELOS BIM

FRANCISCO SAAVEDRA RIBEIRO LIMPO DE FARIA

Outubro de 2017

FERRAMENTA PARA INTEGRAÇÃO DE RESULTADOS DE ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS EM MODELOS BIM

FRANCISCO SAAVEDRA RIBEIRO LIMPO DE FARIA

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Ricardo Pereira Santos

Supervisor: Cristina Alves Ribeiro (Senqual)

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Descrição da empresa	5
Capítulo 3 Ensaios acompanhados durante o relatório de estágio	11
Capítulo 4 Proposta de tema	25
Capítulo 5 Caso de estudo - Integração dos Resultados de Ensaios em Moradia Unifamiliar	35
Capítulo 6 Considerações finais	63
Referências Bibliográficas	65
Normas e Especificações	67
Anexos	69

RESUMO

O presente relatório tem como principal objetivo descrever o trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular no laboratório central pertencente à Senqual, empresa que efetua serviços de consultoria e controlo de qualidade na área da construção civil.

No decorrer do estágio, o aluno colaborou na realização de vários ensaios em laboratório, provenientes de obras de infraestruturas onde a Senqual fez o controlo de qualidade de materiais sendo na sua maioria controlo de betões e agregados.

O tema principal deste relatório foi o desenvolvimento de uma ferramenta, que permite fazer a integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais, em modelos BIM. As ferramentas BIM utilizadas foram o software Revit e Dynamo, ambas da empresa Autodesk.

O caso de estudo apresentado pelo autor é uma moradia unifamiliar, onde foi realizado o controlo de qualidade do betão em obra. Neste controlo de qualidade foram realizados ensaios de abaixamento (Slump Test) e ensaios de resistência à compressão de provetes. Desta forma o autor analisou os resultados obtidos nos ensaios e através da ferramenta criada realizou a sua interligação no modelo BIM da estrutura.

Palavras-Chave: BIM, Revit, Dynamo, ensaio de abaixamento (Slump Test), ensaio de resistência à compressão de provetes, Senqual.

ABSTRACT

The main goal of this report is to describe the work accomplished throughout the academic internship on Senqual central laboratory. This company performs consulting and quality control on materials and processes in the construction area, building, infrastructure and public works.

During the internship, the student collaborated in various laboratory tests. These tests were carried out on concrete and aggregates samples, mostly from infrastructure constructions where quality control was made by Senqual.

The main goal of the work was to develop a tool that integrates the results of materials quality control tests in BIM models. The BIM tools used were Revit and Dynamo software, both from Autodesk.

The case study presented is a single family dwelling where the concrete quality control in construction (in site) was done. In this quality control, Slump Tests and Compressive Strength Tests were carried out. In this way the tests results were analyzed and, through the created tool, integrated in the BIM model of the structure.

Key words: BIM, Revit, Dynamo, Slump Tests and Compressive Strength Tests, Senqual.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e Departamento de Engenharia Civil, pela oferta de uma bolsa de estágio curricular.

Ao engenheiro Alves Ribeiro, sócio gerente e sócio fundador, por me ter proporcionado a realização deste estágio de final de curso.

À supervisora de estágio, engenheira Cristina Alves Ribeiro, responsável por todo o acompanhamento, transmissão de conhecimentos, contribuição e coorientação imprescindível na elaboração do trabalho final.

Ao engenheiro Ricardo Pereira Santos, pela orientação dada ao longo de todo este processo, dedicação e disponibilidade indispensável na ajuda da elaboração deste relatório.

Aos restantes colaboradores da SENQUAL, em especial à Doutora Sandra Costa e aos operadores de laboratório, Pedro Alves, Nuno Vaz, Nicolau Fernandes e João Machado, pela simpatia e constante acompanhamento ao longo do período em que colaborei com a empresa.

A todos os elementos do grupo ISEP/BIM, em especial ao engenheiro Rui Gavina e ao engenheiro Fernando Sousa pelas suas ideias e opiniões.

Em especial ao meu colega e amigo Emanuel Trigo e a todos os meus colegas de curso, pela entreaajuda sempre vivida e pelas conquistas alcançadas ao longo deste percurso académico.

A todos os professores do ISEP que tive ao longo do curso, pelos conhecimentos transmitidos e a todos os funcionários que diretas ou indiretamente ajudaram no meu percurso.

ÍNDICE DE TEXTO

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Considerações iniciais	1
1.2	Objetivo do estágio	2
1.3	Metodologia e estrutura do relatório de estágio	2
Capítulo 2	Descrição da empresa	5
2.1	Empresa	5
2.2	Laboratório e atividade da SENQUAL	6
Capítulo 3	Ensaio acompanhado durante o relatório de estágio	11
3.1	Introdução.....	11
3.2	Ensaio acompanhado.....	11
3.2.1	Propriedades mecânicas e físicas do betão.....	11
3.2.2	Determinação da forma das partículas	21
3.3	Síntese.....	24
Capítulo 4	Proposta de tema	25
4.1	Enquadramento do tema.....	25
4.2	Building Information Modeling.....	25
4.2.1	Definição BIM	25
4.2.2	Definições associadas	26
4.3	Descrição dos <i>softwares</i> utilizados	31
4.3.1	Autodesk Revit.....	31
4.3.2	Autodesk Dynamo	31
4.3.3	Autodesk Navisworks Manage	32

4.3.4	Autodesk A360.....	32
Capítulo 5	Caso de estudo - Integração dos Resultados de Ensaios em Moradia Unifamiliar	35
5.1	Descrição do caso de estudo.....	35
5.2	Metodologia.....	38
5.3	Criação da folha Excel e análise dos resultados de ensaio	39
5.4	Autodesk Revit	41
5.5	Interligação: revit - dynamo - excel	43
5.6	Identificação de todos os elementos do modelo Revit.....	48
5.7	Organização dos dados no Excel	50
5.8	Interligação: excel – dynamo – revit.....	51
5.9	Navisworks Manage	56
5.9.1	Ligação entre as tarefas e os objetos/elementos.....	56
5.9.2	Simulação 4D	57
5.10	Aplicação mobile A360	59
Capítulo 6	Considerações finais	63
6.1	Conclusões	63
6.2	Desenvolvimentos futuros.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Organigrama da empresa (SENQUAL, 2017)	6
Figura 2.2 - Construção do Descarregador de cheias Complementar da barragem da Caniçada.....	7
Figura 2.3 – Construção das novas barragens do Tâmega	8
Figura 2.4 - Túnel de Águas Santas.....	8
Figura 2.5 - Barragem de Foz Tua (EDP, 2017)	9
Figura 3.1 - Ensaio de resistência à compressão, de um provete cúbico.....	13
Figura 3.2 – Métodos para medir a resistência do betão à tração (Costa & Appleton, 2002).....	14
Figura 3.3 - Esquema de suporte para ensaio de tração em provetes cilíndricos	14
Figura 3.4 - Provelte submetido à compressão diametral	15
Figura 3.5 - Provelte cilíndrico com extensómetros colados	16
Figura 3.6 – Execução do ensaio do módulo de elasticidade (Caetano et al., 2017)	16
Figura 3.7 - Provelte de betão submetido a ensaio de absorção de água por capilaridade	17
Figura 3.8 - Ensaio de abaixamento (Slump Test)	19
Figura 3.9 – Fotografias de ensaio de determinação de dosagem de fibras	20
Figura 3.10 – Curvas características do ensaio de absorção de energia em placas de betão.....	20
Figura 3.11 - Absorção de energia em placas de betão projetado reforçado com fibras.....	21
Figura 3.12 - Exemplo de uma curva granulométrica	22
Figura 3.13 - Paquímetro de forma	23
Figura 3.14 - Peneiros do tipo II, ensaio de índice de achatamento	23
Figura 4.1 – Dimensões do BIM (MAKEBIM, 2017)	27
Figura 4.2 - Níveis de Maturidade associados ao BIM (BIMExperts, 2017).....	28
Figura 4.3 – Exemplo de como os “Nós” Dynamo funcionam.....	32

Figura 4.4 - Visualização do modelo 3D através do <i>software</i> A360 móvel	33
Figura 5.1 – Modelo tridimensional da moradia unifamiliar no <i>software</i> Revit	36
Figura 5.2 – Fotografia da moradia unifamiliar abordada no caso de estudo	37
Figura 5.3 - <i>Software</i> utilizados	38
Figura 5.4 – Boletim de ensaio utilizado pelos técnicos da Senqual	39
Figura 5.5 - Compilador criado pelo autor para proceder à transferência dos resultados de ensaio.....	40
Figura 5.6 – Caminho para criação de novos parâmetros de projeto	41
Figura 5.7 – Propriedades dos novos parâmetros criados	42
Figura 5.8 – Novos parâmetros criados na barra de propriedades.....	43
Figura 5.9 – Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel.....	44
Figura 5.10 - Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel.....	44
Figura 5.11 - Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel.....	45
Figura 5.12 – Exportação da informação contida nos elementos do Modelo Revit para o Excel	46
Figura 5.13 – Exemplo de identificação dos elementos no modelo Revit	47
Figura 5.14 – Visualização de uma junta que evidencia a realização de duas fases de betonagens de um elemento	47
Figura 5.15 – Caminho para nova identificação de todos os elementos necessários.....	48
Figura 5.16 – Exemplo de identificação de quatro sapatas de fundação no modelo Revit	48
Figura 5.17 – Criação do referencial para identificação dos pilares estruturais no modelo.....	49
Figura 5.18 – Importação de todos os elementos estruturais e dados do modelo para o ficheiro Excel..	49
Figura 5.19 - Compilador para proceder à interligação dos resultados de ensaio.....	50
Figura 5.20 - Preenchimento das folhas de Excel através do compilador.....	51
Figura 5.21 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o modelo Revit.....	51
Figura 5.22 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o parâmetro “Comentários” do modelo Revit	52
Figura 5.23 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o parâmetro “Slump” do modelo Revit.....	53

Figura 5.24 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o modelo Revit que permite pintar os valores da resistência a compressão	54
Figura 5.25 – Dados exportados do Excel relativamente ao elemento Lcobertura2 para o modelo Revit	55
Figura 5.26 - Dados exportados do Excel relativamente ao elemento Lcave 1b para o modelo Revit.....	55
Figura 5.27 – Dados da Lcave 1b e Lcobertura2.....	56
Figura 5.28 – Exemplo de ligação dos objetos localizados pelo " <i>find Items</i> " aos sets, no Navisworks® ...	57
Figura 5.29 – Exemplo da ligação dos “Sets” ao “TimeLiner” no Navisworks®	58
Figura 5.30 – Exemplo do faseamento construtivo no Navisworks	59
Figura 5.31 – Exemplo de uma fundação estrumal na aplicação mobile A360	60
Figura 5.32 - Exemplo de uma laje na aplicação mobile A360	61
Figura 5.33 - Exemplo de uma parede de betão na aplicação mobile A360	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classes de resistência à compressão para betão (NP EN 206-1, 2007)	12
Tabela 3.2 – Classe de abaixamento NP EN 206-1.	18
Tabela 4.1 - Nível de desenvolvimento (Soares, 2013)	29

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Estágio (DIPRE), do 2º semestre do 2º ano, do mestrado em Engenharia Civil, do ramo de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Este relatório pretende apresentar todas as atividades desenvolvidas durante o decorrer do estágio curricular.

Durante todo o percurso académico foram assimiladas um conjunto de competências, essencialmente na área da Engenharia Civil, que foram então aplicadas numa componente mais prática com a realização do estágio. O Instituto Superior de Engenharia do Porto ofereceu uma bolsa de estágio permitindo ao estudante o desenvolvimento de competências profissionais através do contacto com o ambiente empresarial, o desenvolvimento da capacidade de adaptação ao ambiente de trabalho e ainda experiências de carácter social. Neste âmbito foi estabelecido um protocolo de cooperação com a empresa SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda.

Este estágio foi orientado pelo Engenheiro Ricardo Pereira Santos, docente do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, e como supervisora de estágio a Engenheira Cristina Alves Ribeiro, responsável técnica-adjunta e representante da empresa anteriormente referida.

A SENQUAL propôs como tema de estágio o desenvolvimento de uma “Ferramenta para integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM”, baseada numa plataforma BIM (Building Information Modeling), o Autodesk Revit, e numa ferramenta de programação gráfica, o Dynamo, para o desenvolvimento do presente trabalho.

1.2 OBJETIVO DO ESTÁGIO

O objetivo do relatório de estágio será a criação de uma ferramenta que permita fazer a integração dos resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM, podendo assim obter um enriquecimento dos modelos, através da informação neles inserida. Pretende-se que esta seja uma mais-valia no futuro para a empresa pois poderá acrescentar este serviço inovador e ainda pouco explorado aos seus clientes.

O presente relatório de estágio será alvo de apresentação, a um júri designado pelo ISEP, para obter aprovação à Unidade Curricular de DIPRE a apresentar no final do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, ramo de Estruturas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O estágio curricular foi constituído por duas partes. Inicialmente procedeu-se ao acompanhamento de todos os trabalhos realizados no laboratório, desde a receção do material até à sua análise e realização dos ensaios de forma a adquirir os conhecimentos e fundamentos necessários para a compreensão e discussão da temática abordada. Seguidamente, o autor desenvolveu uma ferramenta que permite fazer a integração dos resultados dos ensaios em modelos BIM, neste caso o Autodesk Revit, e com o auxílio de uma ferramenta de programação gráfica, o Dynamo. Desta forma, foi possível o desenvolvimento do presente documento que se encontra seccionado da seguinte forma:

No primeiro capítulo, **INTRODUÇÃO**, faz-se um enquadramento geral do estágio e do tema, acompanhado dos objetivos.

No segundo e terceiro capítulo, **DESCRIÇÃO DA EMPRESA** e **ATIVIDADES REALIZADAS NO ÂMBITO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO**, apresenta-se um primeiro tópico com a apresentação da empresa e das obras em que participou seguindo-se um outro tópico onde são abordados os ensaios acompanhados no laboratório e no qual o aluno participou ao longo do estágio, numa breve descrição dos procedimentos e conclusões que se podem obter.

No quarto capítulo, **PROPOSTA DE TEMA**, é feito o enquadramento do tema, seguindo-se a descrição e objetivo da proposta. Aborda-se ainda a metodologia BIM e os softwares utilizados no caso de estudo.

No quinto capítulo, **CASO DE ESTUDO**, é inteiramente dedicado ao caso de estudo. É apresentado pelo autor uma moradia unifamiliar, onde foi efetuado o controlo de qualidade do betão em obra, sendo realizados o ensaio de abaixamento (Slump Test) e o ensaio de resistência à compressão de provetes. Foram analisados os resultados dos ensaios e através da ferramenta criada realizou-se a sua interligação com o modelo BIM da estrutura.

No sexto capítulo, **CONCLUSÃO**, são apresentadas as considerações finais retiradas ao longo do desenvolvimento do trabalho, bem como do estágio curricular, e ainda são feitas algumas sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

DESCRIÇÃO DA EMPRESA

2.1 EMPRESA

O estágio curricular foi realizado na empresa Senqual, fundada em 1995, com sede em Espinho e com o laboratório central situado em Valadares, na Rua do Carvalhal, nº 96, Valadares, 4405-543 Vila Nova de Gaia. Este teve início no dia 20 de fevereiro de 2017 e terminou a 31 julho 2017.

A SENQUAL - Sociedade de Engenharia e de Qualidade, Lda. é uma empresa que presta serviços de consultoria e controlo de qualidade no âmbito da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas. Foi fundada em 1995 baseada em toda a experiência profissional acumulada de há mais de trinta anos pelo seu sócio fundador o Eng.º Alves Ribeiro, formado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e com vasta experiência na área. A empresa é liderada pelo Eng.º Alves Ribeiro, responsável técnico e sócio gerente, pela Eng.ª Cristina Alves Ribeiro, responsável técnica-adjunta e pelo Dr. Gonçalo Alves Ribeiro, responsável administrativo e financeiro.

A equipa da SENQUAL é constituída por técnicos de várias áreas da Engenharia e com experiências complementares. Implementada no mercado há mais de 20 anos a atuação da Senqual pauta-se pelo grande profissionalismo e empenho de todos os seus colaboradores e pelo rigor na aplicação de toda a legislação e normas em vigor. Na Figura 2.1 é possível visualizar-se o organigrama da empresa.

A Senqual dispõe de equipamento laboratorial recente e de técnicos devidamente formados e qualificados por forma a dar cabal resposta às solicitações dos clientes (SENQUAL, 2017).

A SENQUAL encontra-se atualmente em fase de internacionalização e de acreditação de alguns ensaios que realiza, o que tem propiciado o desenvolvimento e crescimento das diversas áreas da empresa e sua oferta no mercado da construção civil.



Organigrama Hierárquico e Funcional da Senqual, Lda.

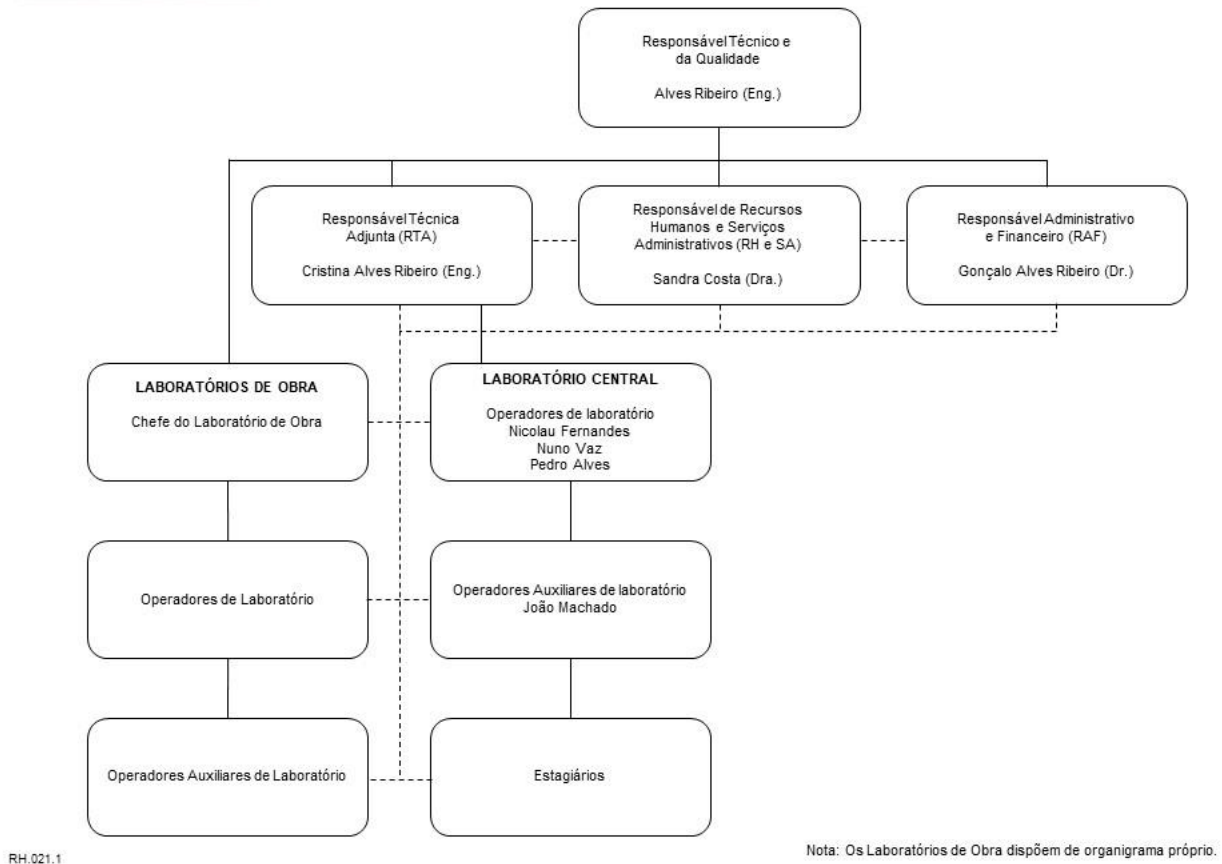


Figura 2.1 - Organigrama da empresa (SENQUAL, 2017)

2.2 LABORATÓRIO E ATIVIDADE DA SENQUAL

Tal como foi referido no capítulo anterior a Senqual dispõe de um laboratório central localizado em Valadares, Vila Nova de Gaia. Dispõe ainda de equipamentos de laboratório que instala nas obras, de acordo com as necessidades e dimensão das mesmas. Está ainda disponível um laboratório móvel, equipado de acordo com os ensaios que se pretenda realizar, que permite com versatilidade e rapidez dar resposta às necessidades pontuais e localizadas dos clientes. Complementarmente a Senqual disponibiliza equipas para a realização de ensaios e trabalhos pontuais *in situ*.

Todos os laboratórios da Senqual estão apetrechados com equipamento de elevada qualidade, modernos e fiáveis, adequados à realização dos trabalhos e ensaios requeridos. Os equipamentos utilizados para a avaliação de grandezas físicas, tais como massas, forças, temperaturas, etc., são calibrados periodicamente em laboratórios metrológicos acreditados pelo Instituto Português de Acreditação - IPAC. Os ensaios são realizados de acordo com as normas EN, NP EN, Especificações LNEC, ASTM, BS, DIN, UNE, conforme seja solicitado pelo caderno de encargos. Na ausência de regulamentação normativa aplicável

a Senqual recorre a procedimentos internos de ensaio baseados em comunicações científicas ou recomendações de associações internacionais (SENQUAL, 2017).

Dentro do âmbito de atividade, destacam-se os seguintes serviços:

- Controlo da qualidade global em Obras Públicas e de Construção Civil;
- Controlo de terraplenagens e pavimentos;
- Controlo de betão para pavimentos rígidos: da central de produção à aplicação;
- Estudo de composições de betão, agregados e misturas betuminosas;
- Monitorização da temperatura de cura do betão para avaliação da resistência;
- Identificação e caracterização de patologias em estruturas;
- Peritagem e pareceres técnico-económicos;
- Apoio técnico e logístico a empresas de fiscalização e donos de obra;

Para informação mais detalhada sobre os serviços, ensaios e portfólio consultar a página na Internet: www.senqual.pt.

Durante o período de estágio, a empresa esteve presente e auxiliou em várias obras importantes no panorama nacional, destacando-se:

- A barragem da Caniçada onde desde 2014 acompanha a construção do descarregador de cheias complementar, ilustrado na Figura 2.2, a partir do laboratório montado em obra e com o apoio do laboratório central efetuaram-se ensaios para o controlo de qualidade de betões, betão projetado, agregados, cimentos, cinzas e adjuvantes.

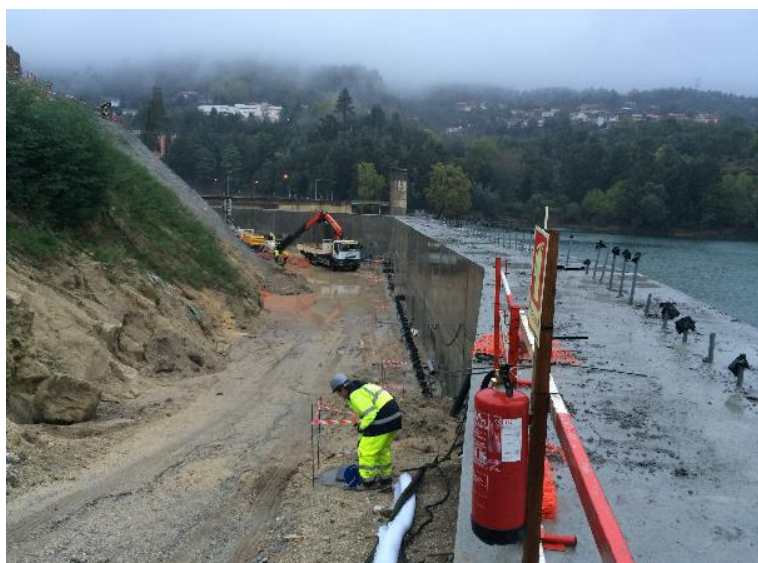


Figura 2.2 - Construção do Descarregador de cheias Complementar da barragem da Caniçada

- Obra da construção das novas barragens do Tâmega, ilustrado na Figura 2.3: Alto Tâmega, Gouvães e Daivões pela Iberdrola, a empresa iniciou o acompanhamento desta obra desde maio de 2017, a partir do laboratório montado em obra executando ensaios para o controlo de qualidade de betões, betão projetado, agregados e cimentos.



Figura 2.3 – Construção das novas barragens do Tâmega

- Obra do Túnel de Águas Santas, ilustrada na Figura 2.4, onde desde 2015 o laboratório central está a realizar os ensaios de determinação da capacidade de absorção de energia e dosagem de fibras para o controlo de qualidade do betão projetado reforçado com fibras.



Figura 2.4 - Túnel de Águas Santas

- Aproveitamento hidroelétrico da barragem de Foz Tua, Figura 2.5: no laboratório central foram realizados os ensaios físicos e químicos de controlo de qualidade de cinzas e cimentos.



Figura 2.5 - Barragem de Foz Tua (EDP, 2017)

- Controlo de agregados de pedreiras.
- Apoio a obras de reabilitação estrutural, desde edifícios na zona histórica do Porto e Lisboa, a obras de avaliação estrutural de pavilhões industriais. Estes trabalhos consistem fundamentalmente na extração de carotes para avaliação da espessura de elementos estruturais e caracterização da classe de resistência do betão, extração de armaduras, determinação do teor em cloretos e profundidade de carbonatação.
- Moradias unifamiliares – Controlo de qualidade do betão em obra, ensaio de abaixamento (*Slump Test*) e o ensaio de resistência à compressão de provetes.

A SENQUAL procura sempre a otimização da qualidade dos serviços da empresa, pretendendo assim melhorar e expandir o seu mercado de serviços. O investimento em equipamentos para aplicação de novos ensaios é uma das formas de se manter em constante atualização com o tão exigente e complexo mercado atual da construção (SENQUAL, 2017).

Capítulo 3

ENSAIOS ACOMPANHADOS DURANTE O RELATÓRIO DE ESTÁGIO

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado uma parte do trabalho que o autor realizou no decorrer do estágio. Em colaboração com os técnicos da empresa foi possível participar no acompanhamento de vários ensaios desde do momento de preparação da amostra, aos resultados finais de cada um dos ensaios.

3.2 ENSAIOS ACOMPANHADOS

Neste subcapítulo será abordado a descrição do procedimento de um conjunto de ensaios que o estagiário acompanhou sendo dada maior relevância ao objetivo, à finalidade e a algumas conclusões dos ensaios. O autor decidiu primeiramente abordar os ensaios no betão passando posteriormente para os ensaios dos agregados.

3.2.1 Propriedades mecânicas e físicas do betão

As propriedades mecânicas do betão são aquelas que caracterizam o comportamento estrutural, quer em termo de resistência quer em termos de deformabilidade. Destes depende claramente a resposta que uma estrutura de betão irá ter às ações que lhe foram impostas (Appleton, 2013).

Algumas características mecânicas e físicas relevantes no betão são: resistência à compressão; resistência à tração; módulo de elasticidade; massa volúmica; retração e dilatação térmica, entre outras.

3.2.1.1 Resistência à compressão de provetes

Uma das características mecânicas mais importantes do betão é a sua resistência à compressão, pois nas estruturas a função deste material é a de resistir às tensões de compressão enquanto as armaduras têm a função de resistir às tensões de tração (Costa & Appleton, 2002).

A resistência à compressão é determinada em provetes submetidos a uma solicitação axial num ensaio de curta duração, ou seja, com uma velocidade de carregamento elevada. Dado que a forma dos provetes,

a velocidade de carregamento e outros fatores tais como a idade do betão e as condições de cura têm uma influência significativa na resistência medida, os métodos de ensaio são normalizados (Costa & Appleton, 2002).

O valor de resistência à compressão do betão é uma propriedade que varia com o tempo, uma vez que as reações de hidratação são um processo lento. Assim, é estabelecido que para efeitos de dimensionamento a resistência à compressão é determinada sobre provetes cilíndricos ou cúbicos, mantidos em condições saturadas.

A não ser que seja especificado de forma diferente, a resistência à compressão é determinada em provetes com 28 dias. Em casos particulares, pode ser necessário especificar a resistência à compressão a idades menores ou maiores que os 28 dias (por exemplo elementos estruturais maciços de grandes dimensões), ou após conservação sob condições especiais (por exemplo tratamento com calor) (NP EN 206-1, 2007).

A resistência característica do betão deve ser igual ou superior à mínima resistência à compressão característica requerida para a classe de resistência à compressão especificada, Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classes de resistência à compressão para betão (NP EN 206-1, 2007)

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros $f_{ck,cyl}$ (N/mm²)	Resistência característica mínima em cubos $f_{ck,cube}$ (N/mm²)
C8/10	8	12
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50

A Senqual realiza com bastante frequência o ensaio de resistência à compressão de provetes em betão endurecido, tal como ilustrado na Figura 3.1. A resistência à compressão é calculada através da expressão: $f_c = F/A$, onde f_c é a resistência à compressão em MPa, F é a carga máxima à rotura em Newton e A é a

área da secção transversal em mm² do provete na qual a força de compressão é aplicada segundo a NP EN 12390-3.

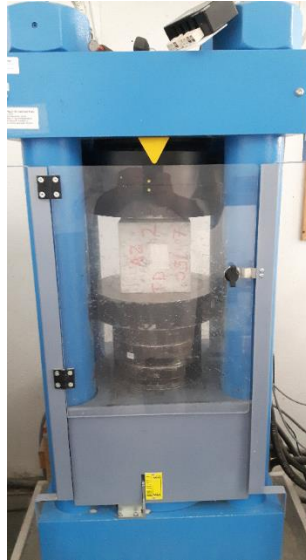


Figura 3.1 - Ensaio de resistência à compressão, de um provete cúbico

Os ensaios de resistência à compressão permitem determinar as características mecânicas do betão e avaliar se estão de acordo com o previsto no caderno de encargos (Caetano, Maia, Hilário, & Correia, 2017).

3.2.1.2 Resistência à tração

A resistência à tração é uma característica importante do betão em fenómenos tais como a fendilhação e a aderência das armaduras. Esta característica mecânica pode ser medida diretamente em provetes prismáticos tracionados ou medida indiretamente por flexão de prismas ou compressão diametral de cilindros, tal como é exemplificado na Figura 3.2, (Costa & Appleton, 2002).

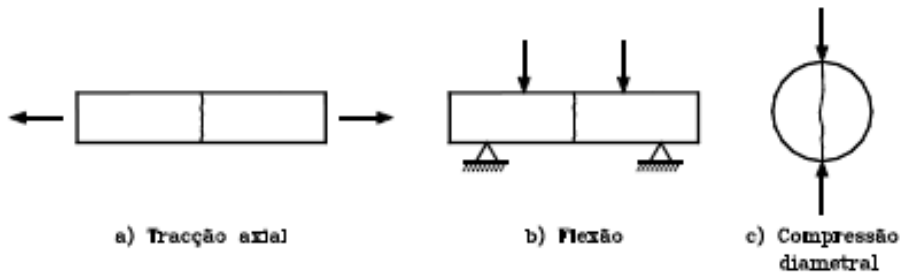


Figura 3.2 – Métodos para medir a resistência do betão à tração (Costa & Appleton, 2002)

- **Ensaio de resistência à tração por compressão diametral dos provetes**

Este ensaio é realizado segundo a NP EN 12390-6 e consiste na determinação de resistência à tração de um provete de betão por compressão diametral de provetes cilíndricos de betão endurecido. A resistência é determinada através da colocação do provete numa prensa e na aplicação de uma força de compressão num alinhamento da face lateral do provete cilíndrico, que rompe por tração. Assim como demonstra a Figura 3.3 e a Figura 3.4, este ensaio é realizado com o auxílio de um suporte próprio (peças em contacto direto que exercem a força de compressão) que permite o posicionamento e aplicação da carga no alinhamento correto.

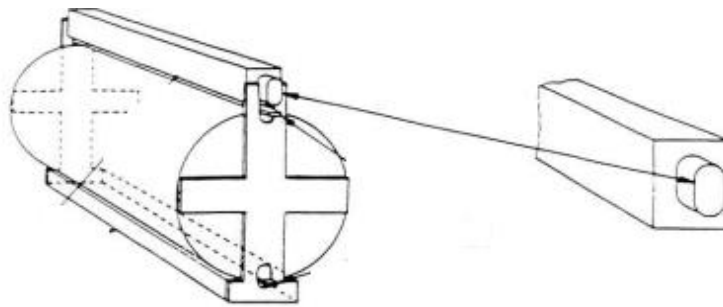


Figura 3.3 - Esquema de suporte para ensaio de tração em provetes cilíndricos



Figura 3.4 - Provete submetido à compressão diametral

3.2.1.3 Módulo de elasticidade

Na resistência dos materiais a relação entre tensão e deformação, para determinados intervalos, pode ser considerada linear (Lei de *Hooke*), ou seja, $\sigma = E\varepsilon$, sendo σ a tensão, ε a deformação específica e E o módulo de elasticidade (Fernando Martha, 2010).

O módulo de elasticidade do betão é um dos parâmetros utilizados nos cálculos estruturais, que relaciona a tensão aplicada com a deformação instantânea obtida. O módulo permite ter uma melhor noção do comportamento da estrutura em termos da deformação do betão (Fernando Martha, 2010).

- **Ensaio de módulo de elasticidade**

Os ensaios do módulo de elasticidade foram realizados conforme indicado nas normas NP EN 12390-4:2003 e DIN 1048-5: 1991.

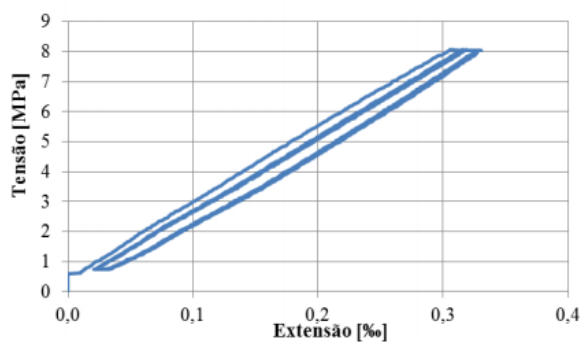
Inicialmente é efetuado um ensaio de resistência à compressão num provete igual aos que se irão ensaiar, determinando-se assim a tensão máxima de rotura à compressão. Durante o ensaio os provetes cilíndricos de betão (150 mm de diâmetro e 300 mm de altura) são submetidos a ciclos de carga e descarga numa prensa. São colados dois extensómetros a meia altura do cilindro em pontos diametralmente opostos, como é ilustrado na Figura 3.5, que servirão para medir a extensão enquanto se vai aplicando nos provetes ciclos de carga com valor máximo igual a um terço da carga máxima de rotura à compressão. É importante referir que a forma como os ciclos de carga são aplicados depende do tipo da norma adotada.

O módulo de elasticidade em compressão corresponde ao módulo secante calculado como a razão entre uma determinada tensão e a deformação (extensão) correspondente. Na Figura 3.6 é possível

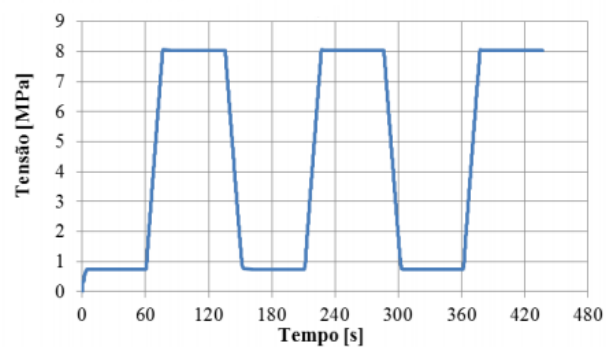
visualizar-se dois gráficos, no primeiro onde é registado a Tensão vs. Extensão e no segundo a Tensão Vs. Tempo.



Figura 3.5 - Provete cilíndrico com extensómetros colados



(a) – Tensão vs. Extensão



(b) – Tensão vs. Tempo

Figura 3.6 – Execução do ensaio do módulo de elasticidade (Caetano et al., 2017)

Do ponto de vista do projetista, o valor do módulo de elasticidade encontrado deve ser comparado com o valor indicado no Euro código 2 para a respetiva classe de resistência.

3.2.1.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade

A especificação E393 do LNEC estabelece um processo para a determinação da absorção de água por capilaridade do betão endurecido.

O ensaio de absorção de água por capilaridade consiste em determinar a quantidade de água que um provete absorve ao longo de um período de tempo. A capilaridade no betão é a designação que se dá à penetração de um fluido no betão por ação de sucção induzida pela estrutura da porosidade do betão.

Os provetes são moldados ou obtidos por corte, a secção é quadrada ou cilíndrica, o diâmetro deve ser de preferência 150mm e a altura pelo menos o dobro. Entretanto o provete é mantido em condições adequadamente controladas, durante 14 dias em estufa com uma temperatura de 40 °C. Depois de preparado, é colocado em contacto com a água a 5 mm da base do provete, como é ilustrado na Figura 3.7. Antes do início do ensaio é pesada a massa seca de dois provetes, e volta-se a pesar a massa dos provetes 3 horas, 6 horas, 24 horas e 72 horas depois do início do ensaio para analisar a evolução da absorção por capilaridade, obtendo-se a absorção de água por capilaridade através da diferença de massa entre as medições iniciais e no decorrer do ensaio. Para finalizar, o provete é ensaiado à tração por compressão diametral e observa-se a forma da superfície molhada.

Ao longo do estágio este ensaio foi realizado com alguma frequência em provetes de betão provenientes da barragem da Caniçada.

Deve ter-se em conta que neste ensaio os resultados podem ser influenciados significativamente pelo tipo de provete ensaiado (moldado ou caroteado). Caso a altura de ascensão capilar atinja a altura do provete, esse ensaio torna-se inválido.



Figura 3.7 - Provede de betão submetido a ensaio de absorção de água por capilaridade

3.2.1.5 Trabalhabilidade do betão

O conceito de trabalhabilidade do betão pode ser traduzido pela capacidade que este possui, depois de colocado, em se mover pela ação do seu peso próprio e preencher todos os espaços no interior da cofragem, originando um betão de qualidade uniforme e sem defeitos.

A trabalhabilidade pode ser considerada como um conceito relativo, pois é avaliada com recurso a inúmeros ensaios e parâmetros. Contudo, é sabido que a qualidade do produto final está fortemente dependente das qualidades e propriedades apresentadas por este no seu estado fresco.

- **Ensaio de abaixamento (Slump Test)**

O ensaio de abaixamento (Slump Test) tem como o objetivo medir a consistência do betão, característica que está relacionada com a trabalhabilidade do betão. O ensaio segue as NP EN 12350-2 e NP EN206-1.

Neste ensaio o betão fresco é compactado no interior de um molde com a forma troncocónica, quando o cone é removido subindo-o, o abaixamento do betão estabelece a medida da sua consistência. Imediatamente após remover o molde, medir e registar o abaixamento, determinando a diferença entre a altura do molde e o ponto mais alto do provete que abaixou, exemplificado na Figura 3.8.

Se o provete se deforma deve colher-se outra amostra e repetir o procedimento. Se em dois ensaios consecutivos se verificar deformação de uma porção de betão da massa do provete, o betão não apresenta a plasticidade e coesão adequadas a este ensaio.

Este é um ensaio usualmente realizado no controlo do betão em obra, sendo retiradas amostras à chegada dos camiões de betão à obra.

Quando a consistência do betão for classificada, aplica-se a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Classe de abaixamento NP EN 206-1.

Classe	Abaixamento em mm
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5	≥220



Figura 3.8 - Ensaio de abaixamento (Slump Test)

3.2.1.6 Ensaio de determinação da dosagem de fibras

Este ensaio é realizado segundo a NP EN 14488-7 e o seu objetivo é determinar a quantidade de fibras presentes num provete de betão caroteado de uma placa de betão projetado.

Inicialmente o provete (Figura 3.9 (a)) é colocado numa prensa para se partir e de seguida é desfragmentado no interior de um tabuleiro com auxílio de um martelo até se conseguir separar todas as fibras metálicas contidas no provete (Figura 3.9 (b)).

No decorrer do ensaio o principal cuidado a ter é não perder material enquanto se efetua a desfragmentação e separação das fibras que, caso sejam metálicas, é realizada com o auxílio de um ímã.

A dosagem de fibras é obtida através da comparação da massa resultante das fibras extraídas e o volume do provete. Cada ensaio é efetuado a partir de três provetes e no final é feita uma média dos resultados obtidos para cada um deles. Para o cliente o objetivo será saber se o teor em fibras do betão está em conformidade com o pedido e o respetivo controlo de qualidade.



(a) - Provetes de betão



(b) - Fibras retiradas de um provete de betão

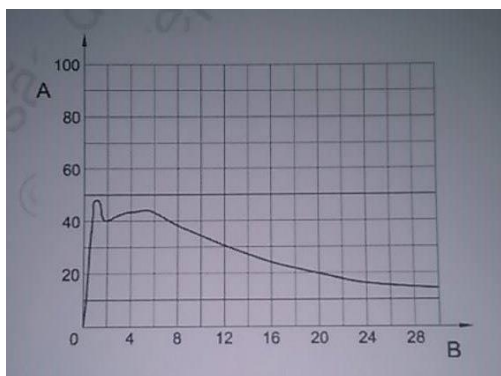
Figura 3.9 – Fotografias de ensaio de determinação de dosagem de fibras

3.2.1.7 Determinação da absorção de energia em placas de betão projetado reforçado com fibras

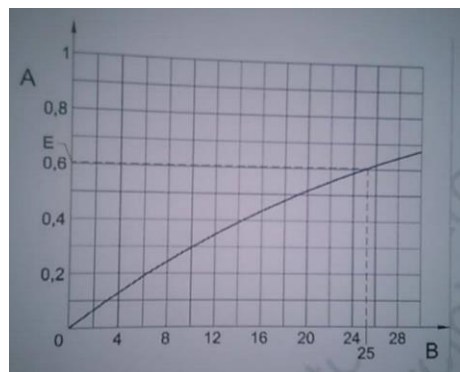
Este ensaio consiste em determinar a capacidade de absorção de energia em resposta à carga/flecha que é submetida numa placa de betão reforçado com fibras. A placa de betão reforçada com fibras é submetida a uma carga por intermédio de um pistão, colocado no centro da placa. Regista-se a carga/flecha e prossegue-se com o ensaio até se obter uma flecha de 30mm no centro da laje, o ensaio realiza-se a uma velocidade de 1 mm/min, tendo uma duração de 30 minutos, tal como é ilustrado na Figura 3.11.

As placas de betão que foram ensaiadas ao longo do estágio eram constituídas por betão projetado com fibras metálicas ou de polietileno, sendo estas placas ensaiadas para controlo de qualidade e também para estudo das soluções mais favoráveis a adotar no túnel de Águas Santas.

O ensaio é realizado segundo a NP EN 14488-5. A partir da integração da curva de carga/flecha, (Figura 3.10 (a)), é traçado o diagrama de energia representando o trabalho efetuado em função do deslocamento, (Figura 3.10 (b)). O resultado do ensaio consiste no valor de energia necessário para se obter uma deformação na placa de 25 mm.



(a) - Curva de carga vs. flecha



(b) - Diagrama de energia

Figura 3.10 – Curvas características do ensaio de absorção de energia em placas de betão



Figura 3.11 - Absorção de energia em placas de betão projetado reforçado com fibras

3.2.2 Determinação da forma das partículas

A forma das partículas de um agregado influencia o comportamento do betão, pois interfere na trabalhabilidade, no ângulo de atrito interno e na compactidade, ou seja, nas propriedades que dependem da quantidade de água de amassadura do elemento. As medições geométricas sobre cada uma das partículas permitem classificar a forma do agregado e concluir sobre a sua utilização no fabrico de betão (Coutinho, 2002).

Para a avaliação da forma das partículas de agregados existem métodos distintos, de acordo com o tipo de agregado, sendo fino, grosso ou de granulometria extensa.

Sendo agregados finos, a avaliação é dedicada à angulosidade do agregado, conforme a NP EN 933-6, que estima o desempenho e tempo de escoamento, numa amostra num recipiente.

No caso dos agregados grossos ou fração grossa dos agregados de granulometria extensa, a avaliação da forma das partículas faz-se por via de um de dois métodos alternativos, o Índice de achatamento (FI) e o Índice de forma (SI).

3.2.2.1 Ensaio de análise granulométrica

O ensaio de análise granulométrica é efetuado para se obter uma distribuição das partículas de uma amostra de solo ou de agregados e assim realizar uma curva de caracterização das dimensões dessa mesma amostra.

É realizado segundo a NP EN 933-1 e consiste na determinação da massa de cada amostra parcial que fica retida em cada um dos vários peneiros utilizados (peneiros 0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm, 0,5 mm, mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm e 63 mm). Por último é efetuado o cálculo dos retidos acumulados em cada peneiro e é traçada a curva de distribuição granulométrica, ilustrado na Figura 3.12. Na realização deste ensaio é necessário o cuidado na preparação e esquarteramento da amostra de modo a obter-se uma toma representativa da mesma.

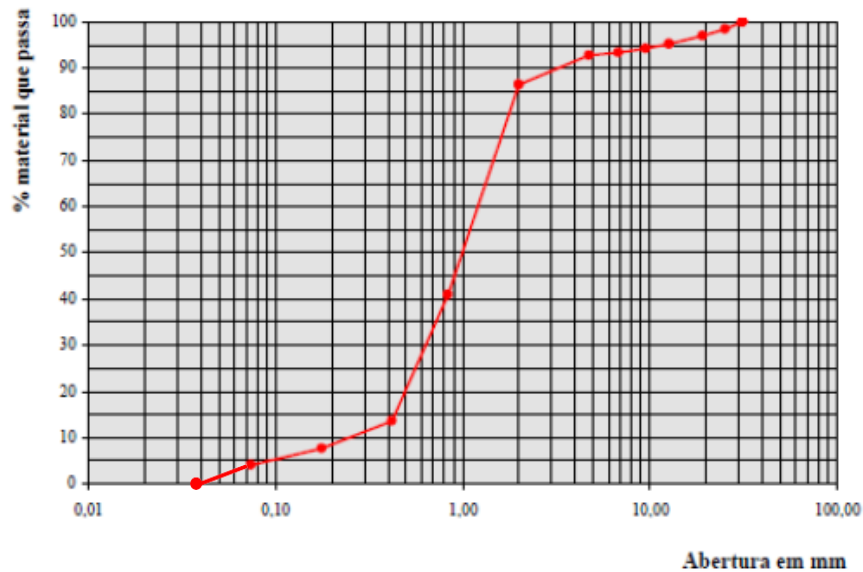


Figura 3.12 - Exemplo de uma curva granulométrica

Com a realização deste ensaio é possível identificar os agregados que mais se adequam a serem usados nas composições de betão ou betuminosos consoante as soluções e comportamentos que se pretendam. Ao longo do estágio, o ensaio foi realizado várias vezes em agregados, britas e *tout venant*, provenientes de pedreiras e de obras nas quais a Senqual efetuou o controlo de qualidade.

3.2.2.2 Ensaio de índice de forma

Este ensaio é realizado geralmente depois da realização de uma análise granulométrica em que o material já se encontra separado em várias frações.

O ensaio é realizado segundo a NP EN 933-4, e consiste na avaliação individual das partículas de uma amostra de agregado grosso, sendo estas classificadas de acordo com a relação entre o comprimento e a espessura de cada uma, com o auxílio de um paquímetro de forma, exemplificado na Figura 3.13.

A forma diz respeito às características geométricas, podendo ser arredondada, angulosa ou achatada. O índice de forma é definido pela média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe, sendo o

comprimento de um grão a maior dimensão possível de ser medida em qualquer direção do grão e a espessura a menor distância possível entre planos paralelos entre si em qualquer direção do grão.

No decorrer do estágio foi um ensaio realizado para avaliação de parâmetros de britas produzidas numa pedreira.



Figura 3.13 - Paquímetro de forma

3.2.2.3 Ensaio de índice de achatamento

Este ensaio, tal como o índice de forma é realizado geralmente depois da realização de uma análise granulométrica em que o material já se encontra separado em várias frações.

O ensaio é realizado segundo a NP EN 933-3, em que a partir de cada fração retida peneira-se novamente o material, em peneiros de barras, ilustrado na Figura 3.14, de forma a reter as partículas não achatadas e por fim faz-se uma relação entre a massa total e a massa achatada.

O ensaio de índice de achatamento consiste principalmente em determinar a percentagem de partículas achatadas de uma amostra de um agregado.

Este ensaio foi realizado algumas vezes ao longo do estágio para controlo de qualidade de britas proveniente de pedreiras.

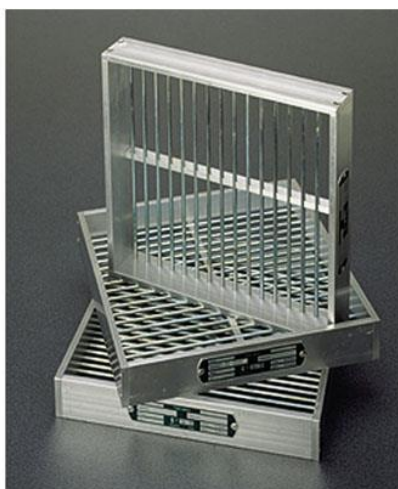


Figura 3.14 - Peneiros do tipo II, ensaio de índice de achatamento

3.3 SÍNTESE

Neste capítulo foram apresentadas algumas das atividades desenvolvidas, bem como a descrição do procedimento e conclusões de alguns dos ensaios realizados durante o estágio curricular.

Os objetivos, inicialmente estabelecidos para o desenvolvimento do estágio curricular, foram sendo concretizados com sucesso. Deste modo, os diversos trabalhos desenvolvidos, na sua prática, permitiram ao estagiário compreender a importância do controlo da qualidade dos materiais por empresas especializadas no setor da construção civil.

Capítulo 4

PROPOSTA DE TEMA

4.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

O BIM (Building Information Modeling) constitui uma metodologia de trabalho que é já uma realidade em muitos países da Europa, e que assume cada vez mais expressão no nosso país.

Em BIM, todos os intervenientes do processo de construção são chamados a participar de forma muito ativa no fornecimento de informação que permita o enriquecimento do projeto, tendo por base um modelo tridimensional da estrutura a edificar (Bernstein & Jones, 2008).

Associado à implementação BIM surgem novos *software* cada vez mais capazes e com ferramentas inovadoras que possibilitam e impulsionam a metodologia BIM para as áreas da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Uma das ferramentas BIM mais utilizadas no mercado atualmente é o *software* Revit da empresa Autodesk, ferramenta esta que será utilizada para desenvolver o presente trabalho. Será ainda utilizado o *software* Dynamo também da empresa Autodesk. Pretende-se então a integração de resultados provenientes de ensaios de controlo de qualidade de materiais (betões, caldas, solos, agregados, betuminosos, entre outros) nos modelos BIM da estrutura/infraestrutura.

4.2 BUILDING INFORMATION MODELING

4.2.1 Definição BIM

Building Information Modeling pode ser definido como o processo de gerir informação ao longo do ciclo de vida de um edifício (desde a sua conceção até à demolição) que se foca em permitir e facilitar a forma integrada de fluxo de projeto e entrega, através do uso colaborativo de modelos digitais de edifícios em 3D semanticamente ricos em todas as fases do projeto e do ciclo de vida da construção (Underwood, 2009).

O BIM pode ser usado em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Pode ser usado pelo dono de obra para perceber as necessidades do projeto, pode ser utilizado pela equipa projetista para analisar, desenhar e desenvolver o projeto, pelo empreiteiro na gestão da construção do projeto e pelo gestor do edifício durante a fase de entrega e durante a fase de normal operação do edifício (Eastman C, Teicholtz P, 2008).

Hoje em dia, acredita-se que o BIM seja indispensável para a Indústria AEC, a fim de gerir e trocar informações entre todas as entidades relacionadas a um projeto, como engenheiros, contratados, arquitetos, proprietários e gerentes de instalações (Eastman C, Teicholtz P, 2008).

Na opinião do autor, a grande vantagem do BIM reside na quantidade de informação útil que um modelo pode conter. Esta metodologia oferece enormes ganhos de custo e tempo, muito maior precisão, estimativas muito mais precisas, evitando erros e correções *a posteriori*. Mas adotar BIM envolve muito mais do que simplesmente mudança de *software*. 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.

4.2.2 Definições associadas

4.2.2.1 Dimensões BIM

Por dimensões BIM entende-se a forma como um determinado modelo está programado e, conseqüentemente, os tipos de informação que serão dele retirados. Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informação possíveis de serem modeladas a partir delas, tornando as tomadas de decisão mais simples, fundamentadas e acertadas (Campestrini, 2015).

Na Figura 4.1 é possível entender as informações fornecidas por cada dimensão e os seus propósitos exclusivos:



Figura 4.1 – Dimensões do BIM (MAKEBIM, 2017)

Dessa forma, temos:

- BIM 3D: Modelo virtual (protótipo);
- BIM 4D: Modelo virtual + planeamento físico da obra (tempo);
- BIM 5D: Modelo Virtual + orçamento / Modelo Virtual + orçamento + planeamento físico da obra;
- BIM 6D: Sustentabilidade;
- BIM 7D: Facility Management (COBie).

4.2.2.2 Níveis de maturidade

Os níveis de maturidade, exemplificados na Figura 4.2, representam uma visão geral daquilo que se pratica atualmente ao nível de BIM em termos de sofisticação, assim como aquilo que se pretende para o futuro (NBS, 2017).

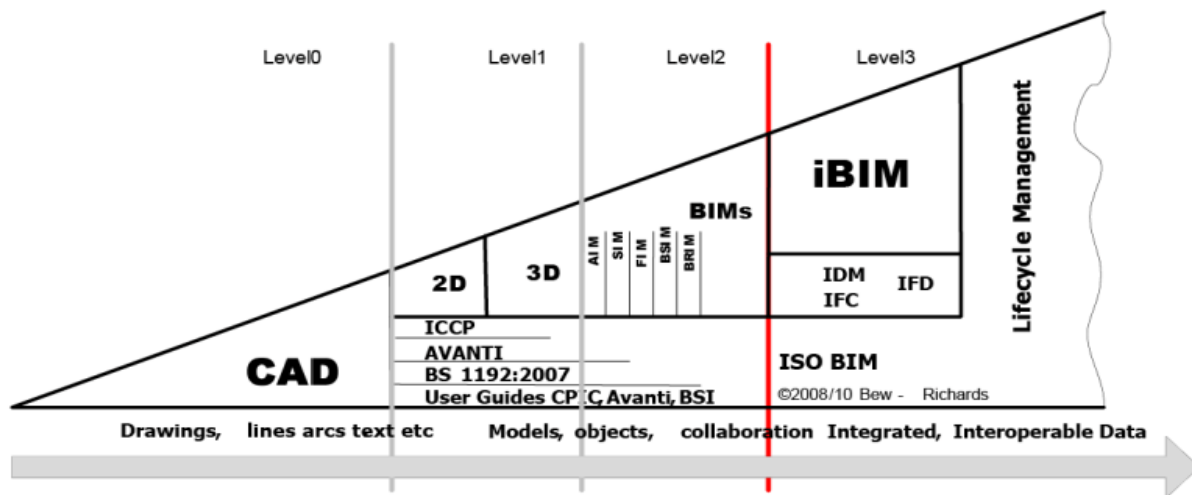


Figura 4.2 - Níveis de Maturidade associados ao BIM (BIMExperts, 2017)

Existem quatro níveis de BIM:

O BIM **Nível 0** onde apenas são apresentados os desenhos em CAD, modelos 2D.

O BIM **Nível 1** é a modelação de um modelo digital que é partilhado num único sentido num instante de tempo t.

BIM **Nível 2** corresponde a uma colaboração com base no modelo digital com um intercâmbio bilateral entre arquiteto, escritórios de design e empresas. O modelo deve ser a base de exportação, mas também integrar informações dos utilizadores (técnicos). Esta colaboração pode começar gradualmente com um ou dois utilizadores e, com o decorrer dos projetos e maturidade dos mesmos, serão acrescentados novos utilizadores, incorporando assim mais partes interessadas.

BIM **Nível 3** corresponde à utilização de um modelo digital e à sua repartição, através de uma rede para os vários utilizadores, que se pode ligar a qualquer momento ao modelo.

4.2.2.3 Níveis de detalhe – LOD

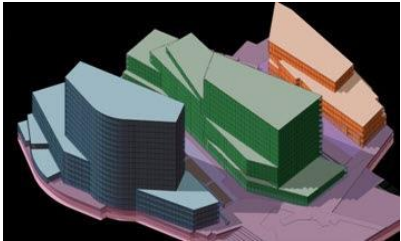
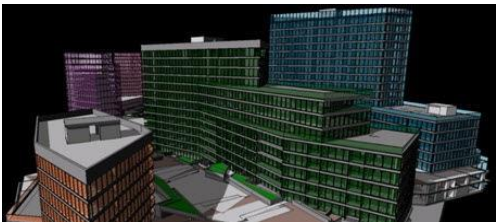
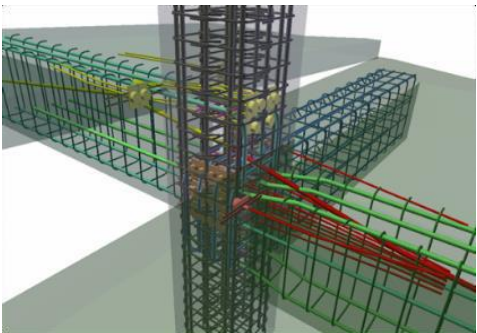
Level of Development (LOD), ou em português nível de desenvolvimento, é um critério desenvolvido pela AIA (American Institute of Architects) que define o grau de maturidade e integralidade de um modelo BIM nas diferentes etapas de um projeto.


O LOD identifica a quantidade de informação que é conhecida sobre um elemento do modelo em um determinado momento. Esta "riqueza de informações" cresce à medida que o projeto se aproxima da

conclusão. Existem cinco níveis que classificam a forma lógica de progressão do modelo. Os níveis variam de 100 até 500, mas podem ser definidos níveis intermédios (Soares, 2013).

No AIA Document E202, são definidos os requisitos para cada um dos 5 níveis existentes, sendo ilustrados na Tabela 4.1, a caracterização de cada um desses níveis (The American Institute of Architects, 2008).

Tabela 4.1 - Nível de desenvolvimento (Soares, 2013)

Ilustração	Descrição
	<p>LOD 100: Volumetria geral do edifício indicativa da área, altura, volume, localização e orientação podendo ser modelado em três dimensões ou representados por outros dados.</p>
	<p>LOD 200: Elementos do Modelo são modelados como sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximadas.</p> <p>Informações não geométricas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.</p>
	<p>LOD 300: Elementos do Modelo são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não geométricas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.</p>
	<p>LOD 400: Elementos do modelo são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com fabricação completa, a montagem, e informação detalhada.</p> <p>Informações não geométricas também podem ser ligadas a elementos do modelo.</p>

	<p>LOD 500: Elementos do Modelo são modelados como construídos na realidade (modelo as-built) e precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não geométricas também podem ser ligadas aos elementos modelados.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Os níveis de desenvolvimento, acima apresentados, podem também ser relacionados com as diferentes etapas da concepção 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 (Eastman C, Teicholtz P, 2008).

4.2.2.4 Níveis de informação

O nível de informação, conhecido na indústria como *LOI (Level of Information)*, reflete a necessidade de criar paralelismos entre os *LOD* e a informação a que correspondem determinados objetos nos *softwares* de metodologia BIM. Este tópico vai de encontro à necessidade de definir que tipos de informação é que são indispensáveis ao longo do processo construtivo (NBS, 2017).

Apesar de um modelo 3D permitir recolher informação como altura, espessura e comprimento dos mais variados elementos, serão eventualmente necessárias informações adicionais que descrevam os materiais, as propriedades físicas, ou até mesmo os fabricantes associados a um objeto (NBS, 2017).

4.2.2.5 Interoperabilidade – IFC

O modelo BIM é um modelo computacional desenvolvido em *software* voltado para a construção civil. Este é composto por um conjunto de modelos específicos como por exemplo, modelos de arquitetura, estruturas, planeamento etc., que quando estão numa única plataforma formam um modelo integrado. Neste ponto é que se levanta a questão da interoperabilidade de modelos, ou seja, como juntar todos estes modelos específicos num único modelo, o modelo integrado. Cada um desses modelos precisará ser programado de forma a seguir uma única padronização, permitindo a integração de todos eles (Campestrini, 2015).

Desta forma surgiram as Industry Foundation Classes (IFC), uma plataforma neutra que tem como objetivo criar um formato de ficheiro informático capaz de garantir a total interoperabilidade entre diferentes *software* na indústria independente das marcas e dos fabricantes dos mesmos. É um formato que trabalha

com *software* à base de objetos e que permite realizar um processo colaborativo entre diferentes especialidades (Campestrini, 2015).

O desenvolvimento atual do modelo IFC está sob a responsabilidade do Model Support Group, coordenado pela buildingSMART (2012). O IFC tem sido desenvolvido desde 1997, quando foi lançada a versão 1.0, e após sucessivas e regulares atualizações encontra-se hoje na versão 2x4 (IFC4), lançada no princípio de 2012. As versões vão sofrendo modificações e incrementos para poder representar cada vez mais entidades e relações no edifício e no seu ciclo de vida para assim poder acompanhar o desenvolvimento da própria metodologia BIM (Manziona, 2016).

4.3 DESCRIÇÃO DOS SOFTWARES UTILIZADOS

4.3.1 Autodesk Revit

O REVIT é um *software* da empresa *Autodesk* que utiliza a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) para realizar trabalhos de arquitetura, estruturas, MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*). Pode também ser utilizado por projetistas e Empreiteiros. Este *software* permite a criação de um modelo gráfico em 3 dimensões de uma obra ou projeto à qual estão associadas determinadas características específicas que transcendem as dimensões gráficas associadas a *softwares* CAD (*Computer Aided Design*) que por si só, de um modo geral, apenas fazem uma representação geométrica, mais ou menos fidedigna. Podemos também extrair vários tipos de informação útil para o uso em obra.

4.3.2 Autodesk Dynamo

O *Dynamo* é uma aplicação de código aberto, instalada com o *software* Revit, que introduz uma interface de programação visual que permite personalizar o seu *Workflow* de modelação BIM no REVIT, de forma a facilitar a análise de soluções conceptuais.

O *Dynamo* oferece aos utilizadores do Revit da Indústria AEC uma maneira de explorar parâmetros detalhados projetar e ampliar os recursos BIM sem ter que entender uma linguagem de programação típica. Em vez das linhas de código habituais, o *Dynamo* apresenta uma programação gráfica em que o utilizador é confrontado com "nós" pré-embalados: algoritmos gráficos a serem usados dentro de um ambiente lógico (Autodesk Inc, 2017). Cada nó tem um propósito, uma funcionalidade, arrastando e soltando esses nós e ligando-o a outros nós através de fios de conexão, é possível criar um fluxo de trabalho lógico. Estes fios são conectados aos diferentes nós através de portas de entrada e saída que, como o nome sugere, são usados para apresentar e extrair informações dos nós. Os nós podem variar, desde a criação de números simples e texto até a criação de geometrias complexas, funções matemáticas

e substituições paramétricas no interior do Revit. A Figura 4.3, através de uma pequena fórmula, exemplifica de que forma funcionam os “nós” no *software* Dynamo.

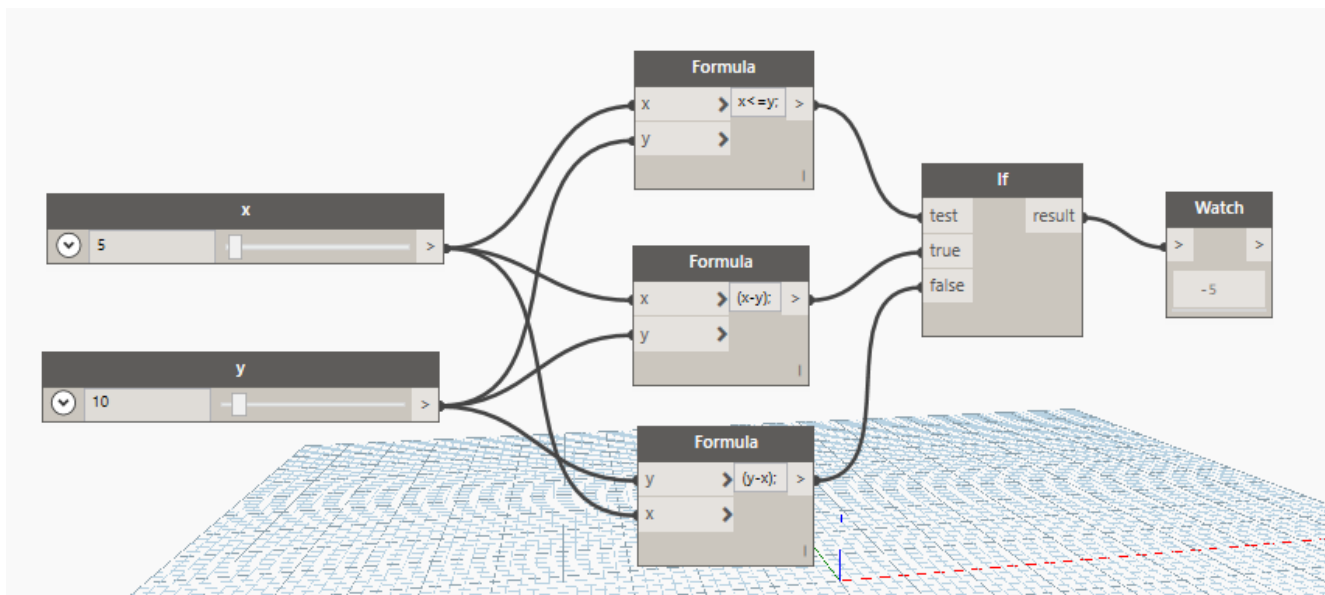


Figura 4.3 – Exemplo de como os “Nós” Dynamo funcionam

4.3.3 Autodesk Navisworks Manage

O *Autodesk Navisworks Manage* 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* habilita 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 que permite ligar o tempo aos elementos e serviu para realizar a simulação construtiva.

4.3.4 Autodesk A360

O *software* A360 é uma ferramenta de colaboração que ajuda os engenheiros e projetistas a visualizar, partilhar e rever projetos 2D e 3D num espaço de trabalho central. Uma das grandes vantagens deste *software* é que mantém os projetos, ficheiros e equipas de trabalho atualizados, independentemente de se estar no escritório ou no campo.

Permite que os participantes tomem decisões juntos, navegando por modelos e partilhando comentários num navegador. É ainda possível aceder aos projetos através do smartphone ou tablet com a aplicação móvel A360, disponível para iOS e Android (Autodesk Inc, 2017). Na Figura 4.4 é possível visualizar-se o modelo 3D através do *software* A360.

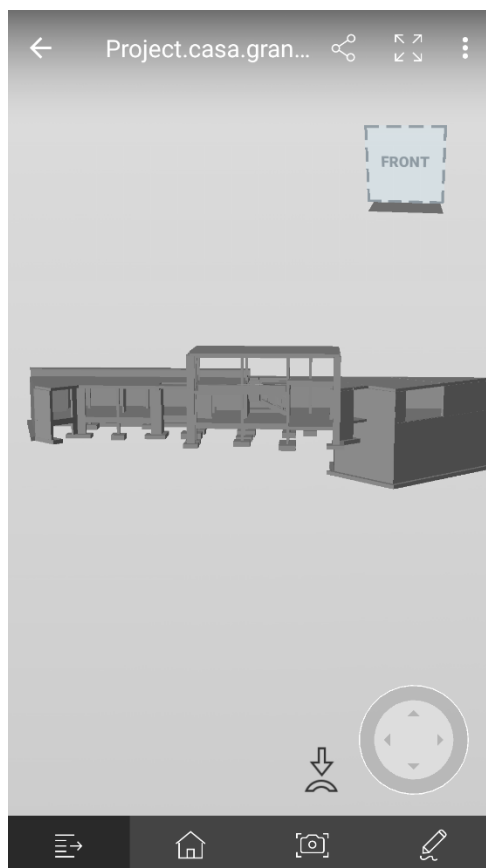


Figura 4.4 - Visualização do modelo 3D através do *software* A360 móvel

Capítulo 5

CASO DE ESTUDO - INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS DE ENSAIOS EM MORADIA UNIFAMILIAR

5.1 DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo apresentado pelo autor é uma moradia unifamiliar com localização na Granja, Vila Nova de Gaia, na qual, a Senqual realizou o controlo de qualidade do betão em obra. A moradia em questão de tipologia T4, de arquitetura moderna, com área bruta de 324,25 m², é constituída por uma cave, uma garagem, um piso térreo e um piso superior. A sua estrutura é praticamente toda em betão sendo que apenas as escadas de acesso ao piso superior são em estrutura metálica.

Neste controlo de qualidade o cliente, na qualidade de Dono de Obra, pretendeu que fosse realizado o ensaio de abaixamento (Slump Test) e o ensaio de resistência à compressão de provetes em todas as fases de betonagem da obra em questão.

A Senqual está em constante atualização e desenvolvimento, a acompanhar os avanços tecnológicos presentes no mercado, desta forma é que surgiu a ideia da criação de uma ferramenta que permitisse a integração dos resultados provenientes de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM estrutura, podendo assim obter um enriquecimento dos modelos, através da informação neles inserida.

Uma das vantagens de toda a informação estar presente num só modelo é evitar a acumulação dos mais variados tipos ficheiros que por muitas vezes se perdem e a grande rapidez com que é possível chegar aos resultados pretendidos.

A ferramenta anteriormente descrita foi desenvolvida e testada num modelo BIM já existente estrutura de uma obra acompanhada pela Senqual.

Foi devido ao facto do tema proposto ser bastante inovador e muito pouco usual que o autor se interessou pelo trabalho. Serão introduzidos nos elementos dados com nível bastante detalhado e aprofundado, que no futuro numa fase de manutenção ou reparação de qualquer problema da estrutura podem ser bastante úteis.

O autor analisou os resultados obtidos nos ensaios tendo posteriormente feito a sua interligação com o modelo BIM da estrutura. Foi então acrescentada informação aos elementos da estrutura tais como sapatas, pilares, vigas, paredes, escadas e laje.

Para facilitar e organizar os resultados dos controlos de qualidade do betão, o autor ordenou cronologicamente as betonagens realizadas na obra.

Na apresentação do caso de estudo, são descritas, como exemplo, as rotinas Dynamo criadas para os pilares e para as fundações estruturais, sendo que para todos os outros elementos estruturais o processo será repetitivo.

Em suma, o dono de obra pretende garantir que, o que foi planeado e estabelecido em projeto relativamente às características do betão escolhido corresponde à realidade. Estas informações foram, bastantes úteis tanto no presente, durante o processo construtivo pois permitiu um contínuo controlo de qualidade, e será, espera-se a longo prazo numa fase de manutenção da estrutura.

Na Figura 5.1 é possível visualizar-se o modelo tridimensional da moradia. Por sua vez na Figura 5.2 é ilustrada uma fotografia real da obra.

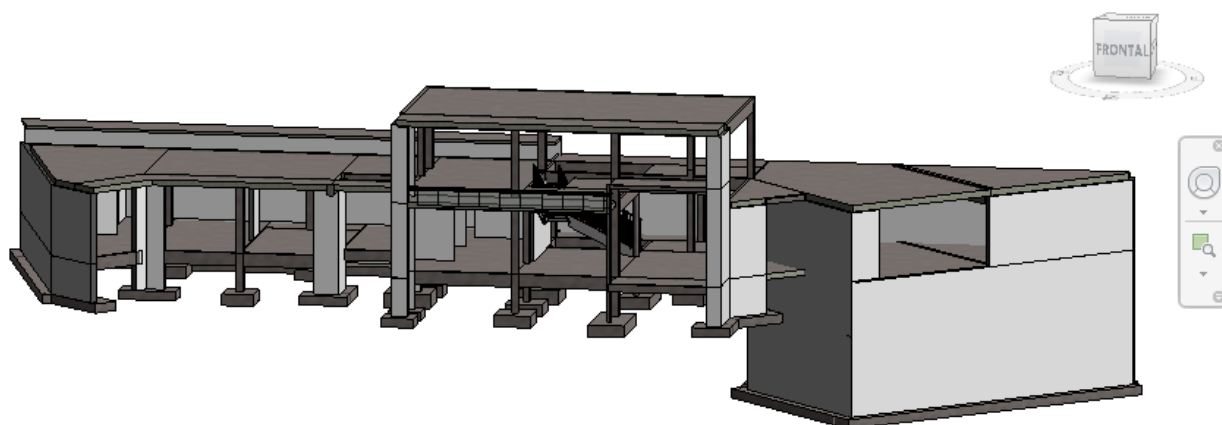


Figura 5.1 – Modelo tridimensional da moradia unifamiliar no *software* Revit



Figura 5.2 – Fotografia da moradia unifamiliar abordada no caso de estudo

Uma vez descrito o caso de estudo é importante enquadrar o trabalho relativamente às dimensões BIM e ao nível de desenvolvimento.

No que diz respeito às dimensões BIM o caso de estudo aborda a terceira dimensão BIM (3D), pois gira em torno de um modelo de dados integrados a partir do qual as várias partes interessadas, tais como arquitetos, engenheiros, construtores, e proprietários de projeto podem extrair e gerar pontos de vista e informações de acordo com suas necessidades. A dimensão BIM 3D traz bastantes benefícios como, melhor visualização do projeto, a melhor comunicação da intenção do projeto, a melhoria da colaboração multidisciplinar e a redução do retrabalho. Aborda também a quarta dimensão BIM (4D) que é utilizada para atividades relacionadas com faseamento construtivo, tendo este sido desenvolvido através do *software* Autodesk® Navisworks. Por fim o modelo apresentado pode contribuir, em reunir informação para a criação da sétima dimensão BIM (7D), que é utilizado pelos gestores na operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida.

O nível de desenvolvimento neste caso de estudo é o LOD 300, pois os elementos do modelo são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Foram também anexadas informações não geométricas aos elementos do modelo, que neste caso são os resultados de ensaios realizados para controlar a qualidade do betão em obra.

5.2 METODOLOGIA

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

Modelo BIM já elaborado e fornecido pelo cliente, em software Revit, com um nível de desenvolvimento LOD 300. Foi necessário corrigir algumas alterações no modelo como por exemplo a criação de uma cave que não tinha sido prevista.

Através do *software* Autodesk® Revit foi realizada a visualização do modelo, divisão do modelo em grupos, divisão dos elementos já existentes, bem como a sua utilização, para o acréscimo de informação em todos os elementos da estrutura.

O Microsoft® Excel 2017 permitiu ao autor preparar os dados/informação através de uma folha de Excel onde estarão os resultados dos ensaios, e assim enviar os dados para o modelo Revit, recorrendo à ferramenta de programação Dynamo.

O *software* Autodesk® Navisworks, permitiu acrescentar ao modelo já existente o seu faseamento construtivo o que representa a dimensão BIM 4D.

O *software* Autodesk® A360 permite o acesso ao modelo e à informação nele inserida através de dispositivos móveis, o que é uma mais valia importante quando se realiza trabalho de campo. Na Figura 5.3 são ilustrados todos os *software* utilizados no presente documento.

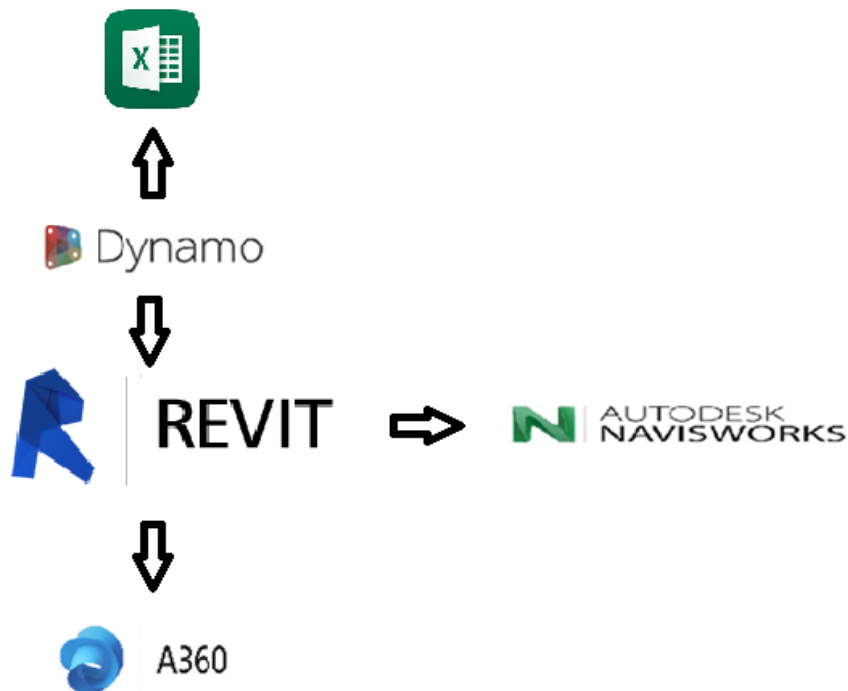


Figura 5.3 - *Software* utilizados

5.3 CRIAÇÃO DA FOLHA EXCEL E ANÁLISE DOS RESULTADOS DE ENSAIO

No decorrer da obra foram realizadas treze betonagens, tendo-se procedido ao controlo de qualidade das primeiras doze. O controlo foi feito no momento em que os camiões de betão chegavam à obra, sendo retiradas amostras para se realizar inicialmente o ensaio de abaixamento (Slump Test) e em seguida eram moldados 8 provetes cúbicos 150x150 para ensaio a diferentes idades.

Nos boletins de ensaio utilizados pela Senqual é imediatamente registada a informação de cada amostra, data, localização da betonagem, entre outros parâmetros, para assim ser possível identificar quais os elementos que correspondem a essa betonagem e o respetivo valor do ensaio ao Slump.

Mais tarde, já em laboratório, era realizado o ensaio resistência à compressão aos 3, 7 e 28 dias registando-se a tensão média de rotura (MPa), exemplificado na Figura 5.4.

Requerente: Dono de Obra		Obra: Moradia Unifamiliar - Granja									
		Ref.: Amostra 1									
		Recolha: Senqual									
		Data de Recepção/ recolha 20/04/2017									
BETÃO		Boletim nº: RCNP.442.008.17									
Resistência à Compressão		Data: 18/05/2017									
Norma de Ref: NP EN 12390-3:2011		Pág. 1/1									
Localização: Fundações cave		Peça:	Volume de betão(m ³):		Classe de resistência:						
		-	-		C30/37						
Máx. dimensão do agregado:		Classe de trabalhabilidade:	Classe de exposição:		Outras especificações:						
D20		S3	-		-						
Superfície do provete		Tipo de Cura			Tipo de Provete						
Seca (S/N):		Água (S/N):			Cubo 150x150 (S/N):		S				
Húmida (S/N):		S									
Rectificação		Câmara húmida (S/N):			Cilindro (S/N): d=150 h=300		N				
Polimento (S/N):		N									
Capeamento (S/N):		N									
Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm ²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A1	1,0	20/04/17	23/04/17	3	8,035	22500	621,2	27,61	28,2	S	
	2,0				8,090	22500	647,3	28,77		S	
	3,0										
A1	4,0	20/04/17	27/04/17	7	8,033	22500	718,9	31,95	31,7	S	
	5,0				8,025	22500	702,6	31,23		S	
	6,0				8,016	22500	719,7	31,99		S	
A1	7,0	20/04/17	18/05/17	28	8,078	22500	949,3	42,19	41,7	S	
	8,0				8,077	22500	950,8	42,26		S	
	9,0				8,107	22500	916,9	40,75		S	
Observações: Slump = 12											

Figura 5.4 – Boletim de ensaio utilizado pelos técnicos da Senqual

Com base nos boletins de ensaio, o autor criou a folha em Excel, a qual tem o nome de compilador, onde foi dada maior importância à amostra que indica qual a betonagem e a sua localização, ao valor da tensão de rotura média aos 28 dias e ao valor do Slump.

Serão estas as informações/dados que se pretendem exportar para cada elemento estrutural presente no modelo.

Ensaio Resistência à Compressão Norma de Refª NP EN 12390 -3: 2011						Ensaio de Abaixamento
SENQUAL SOCIEDADE DE ENGENHARIA E QUALIDADE, LDA			Tensão de Rotura Média (MPa)			Slump (cm)
Amostras	Data Betonagem	Características	Idade Provete			
			4 dias	7 dias	28 dias	
Amostra 1	20/04/2017	C30/37 S3	28,20	31,70	41.70	12.00
Amostra 2	27/04/2017	C30/37 S3	27,80	30,60	40.80	13.00
Amostra 3	05/05/2017	C30/37 S3	19,40	25,10	35.80	12.00
Amostra 4	10/05/2017	C30/37 S3	21,90	27,40	38.50	13.00
Amostra 5	12/05/2017	C30/37 S3	24,60	32,90	44.80	12.00
Amostra 6	23/05/2017	C30/37 S3	22,30	25,90	35.20	12.00
Amostra 7	30/05/2017	C30/37 S3	23,30	27,70	39.90	13.00
Amostra 8	02/06/2017	C30/37 S3	23,90	27,40	40.90	12.00
Amostra 9	06/06/2017	C30/37 S3	24,30	30,70	43.90	19.00
Amostra 10	07/06/2017	C30/37 S3	29,10	34,20	49.20	14.00
Amostra 11	22/06/2017	C30/37 S3	23,60	24,80	35.40	12.00
Amostra 12	05/07/2017	C30/37 S3	16,30	22,60	32.00	15.00
Não ensaiado			0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 5.5 - Compilador criado pelo autor para proceder à transferência dos resultados de ensaio

Os resultados dos ensaios realizados pelos técnicos da Senqual são inseridos no boletim de ensaio de forma manual no computador. A introdução dos dados no compilador, por questões logísticas e de confidencialidade, é também introduzida manualmente, ilustrado na Figura 5.5.

Tal como descrito no capítulo 3.2.6.1, o ensaio de consistência do betão fresco foi determinado de acordo com a NP EN 12350-2 e NP 206-1, sendo a classe do betão S3 os valores de abaixamento podem variar entre 10 a 15 cm o que foi verificado em onze das doze amostras.

Relativamente aos valores obtidos nos ensaios de resistência à compressão verificou-se que quatro amostras não apresentam valores de resistência característica mínima para cubos. Um betão C30/37 deveria apresentar uma resistência mínima em cubos de 37 MPa, tal como ilustrado na Tabela 3.1.

A resistência do betão apresenta uma variabilidade significativa resultante quer da própria heterogeneidade do material, quer das condições de fabrico, isto é, dos meios empregues para fabricar o betão que influenciam a precisão com que é efetuada a dosagem dos seus componentes, pela organização do estaleiro e ainda pelo controlo exercido sobre o fabrico (Costa & Appleton, 2002).

Desta forma a dispersão dos valores obtidos pode ser justificada devido à produção do betão em fábrica. Os valores dos ensaios são enviados ao clientes que por sua vez deverá analisa-los com o projetista e assim serem tomadas as medidas necessárias, se necessário.

5.4 AUTODESK REVIT

Uma vez que o modelo BIM da estrutura foi fornecido, o autor apenas teve de efetuar algumas correções na sua modelação pois foi acrescentado um piso de cave na garagem.

É necessário entender que todos os elementos como vigas, pilares, fundações são objetos que têm determinado nome no Revit. Estes objetos pertencem a uma família que por sua vez pertence a uma categoria.

Como referido anteriormente, pretende-se que sejam introduzidos aos elementos do modelo os resultados dos ensaios de resistência à compressão e de Slump que lhes dizem respeito. Para isso o autor decidiu criar novos parâmetros de projeto, que especificam os parâmetros que podem ser adicionados nas categorias de elemento do projeto.

Foram criados dois parâmetros novos com o nome de “Resistência à compressão” e “ Slump”. Na sua criação foi definido que o “Tipo de parâmetro” seria “número”; no “Parâmetro de grupo sob” seria “Texto”, exemplificado na Figura 5.6 e na Figura 5.7. Estes dois novos parâmetros serão então apresentados na barra de propriedades sob: “texto”, como é ilustrado na Figura 5.8, quando é selecionado o elemento pretendido.

É muito importante escolher todas as categorias, isto é, aos elementos onde queremos que apareçam estes novos parâmetros. As categorias escolhidas neste projeto foram fundações, paredes de betão, pisos (lajes), quadro estrutural (vigas), pilares estruturais, exemplificado no lado direito da Figura 5.7.

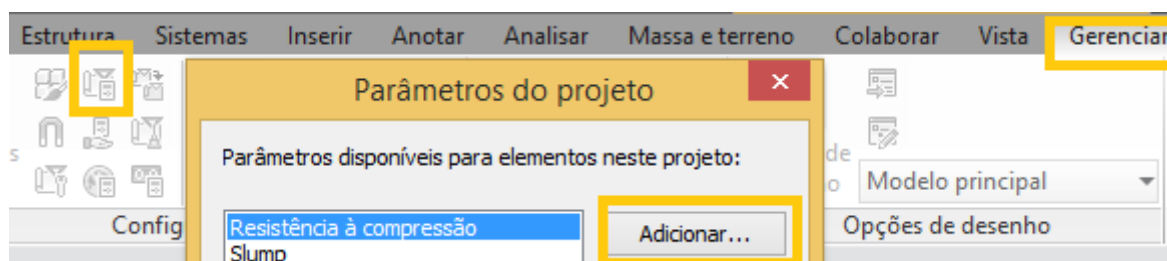


Figura 5.6 – Caminho para criação de novos parâmetros de projeto

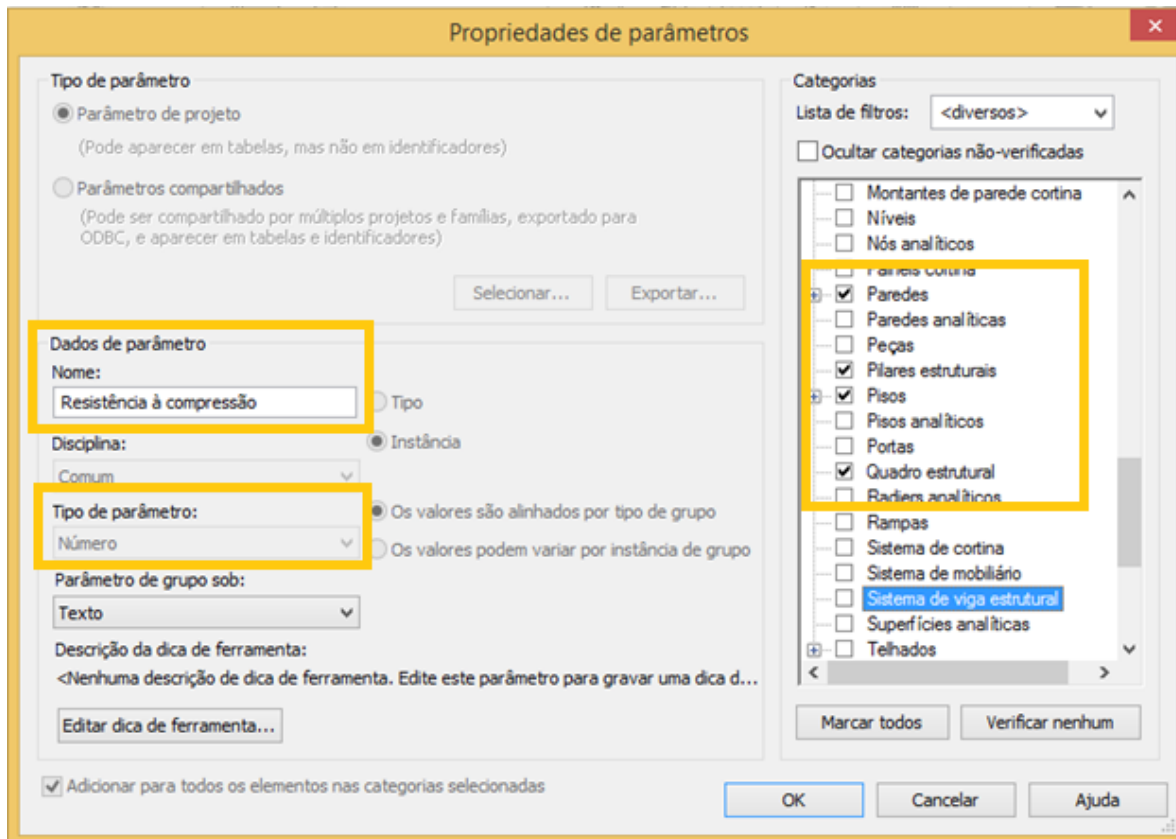


Figura 5.7 – Propriedades dos novos parâmetros criados

Concluída a criação dos novos parâmetros nas categorias do elemento pretendido no modelo Revit, o passo seguinte consiste no envio da informação que determinado elemento possa ter no modelo para o Excel. Para se testar a rotina, num determinado pilar, foi escolhido o pilar P3, foi acrescentada informação na barra de propriedades: ao parâmetro “Dados de identidade” – “Comentários” – Bom Estado, ao parâmetro “Resistência à compressão” – 50 MPa, e ao “Slump” – nada foi acrescentado, tal como é apresentado na Figura 5.8.

O próximo passo será enviar os dados de todos os elementos pretendidos para o Excel, o que será explicado no subcapítulo que se segue.

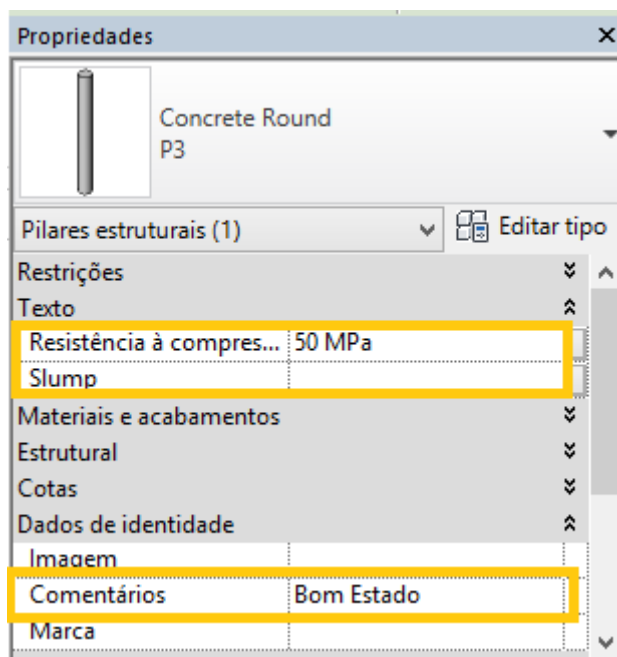


Figura 5.8 – Novos parâmetros criados na barra de propriedades

5.5 INTERLIGAÇÃO: REVIT - DYNAMO - EXCEL

Neste subcapítulo será explicada a rotina Dynamo que permite enviar a informação dos elementos do modelo Revit para o Excel.

O Dynamo não se apresenta ao utilizador com as linhas de código habituais, apresentando-se com "Nós" pré-embalados. Cada nó tem uma funcionalidade. Arrastando e soltando esses nós e ligando-os a outros nós através de fios de conexão, é possível criar um fluxo de trabalho lógico.

Assim sendo, é possível através dos nós do Dynamo, chamar todos os pilares estruturais presentes no modelo. Cada pilar tem um nome – "Family.Name", podendo vários pilares ter o mesmo nome no mesmo modelo, no entanto cada pilar tem também o seu – "Element.Id" e este é único para cada pilar, ilustrado na Figura 5.9.

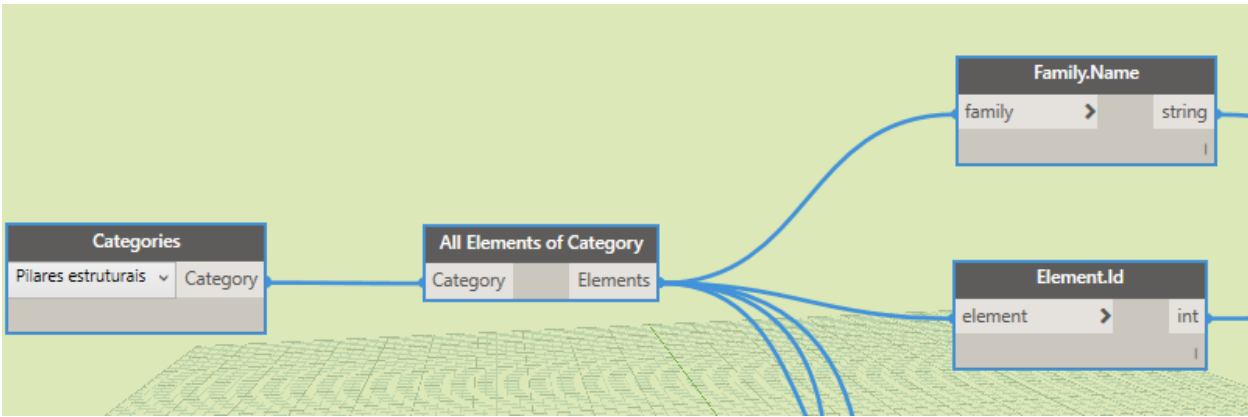


Figura 5.9 – Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel

É através do nó “Element.GetParameterValueByName” que é possível obter o valor do parâmetro de um elemento. Neste caso os nomes dos parâmetros pretendidos são “Comentários”, “Resistência à compressão”, “Slump” e então ligados ao “parameterName”. No “element” são chamados aqueles elementos que se pretende, neste caso “All Elements of Category” da “Categories” – Pilares estruturais. Todo o processo explicado em cima é ilustrado na Figura 5.10.

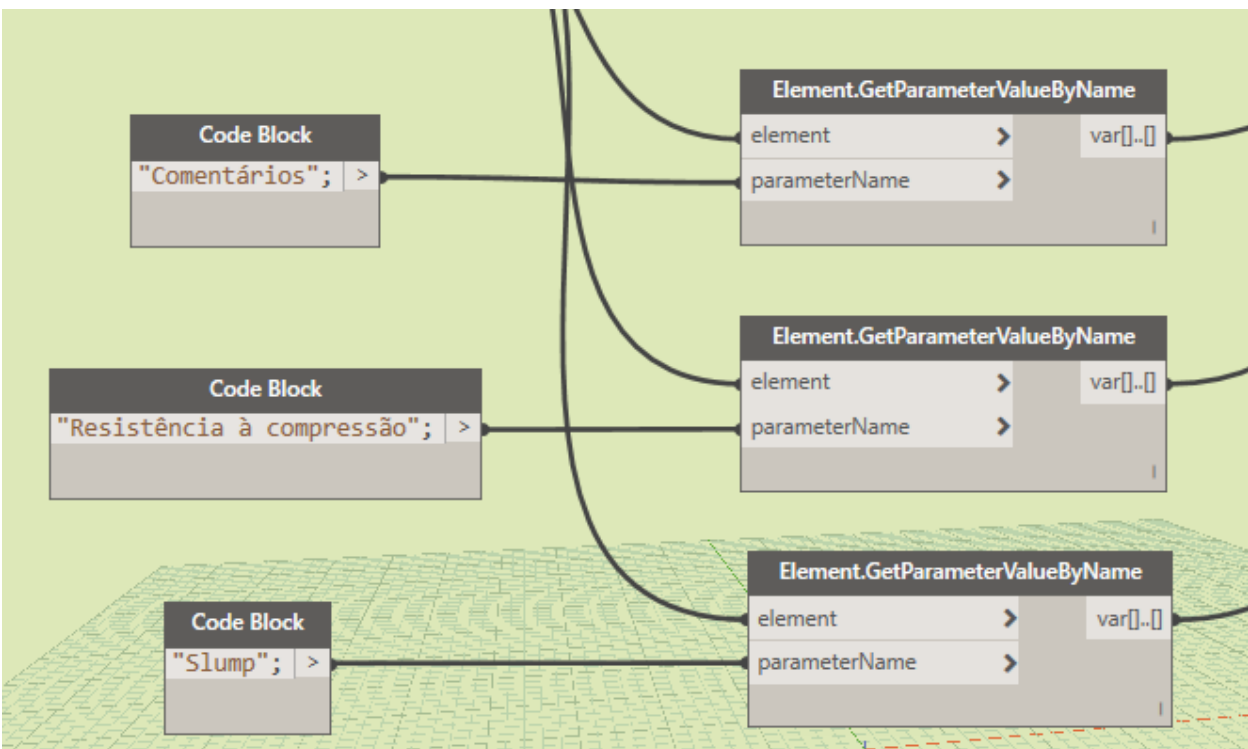


Figura 5.10 - Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel

“Excel.WriteToFile”- insere todos os dados numa folha de Excel. Os dados são inseridos por linha com sublistas a serem escritas em linhas sucessivas. As linhas e colunas são indexadas em zero, por exemplo, o valor na lista dos dados em [0,0] será inserido na célula A1. Os valores nulos e as listas vazias serão inseridas no Excel como células vazias.

Para melhor organização pretendeu-se que os dados fossem organizados por colunas ao invés de linhas e para isso utilizou-se o nó “List.Transpose” que permite essa troca de linhas por colunas.

Ainda para organizar a informação foi adicionado um item no início da lista “List.AddItemToFront” que permite a criação de um cabeçalho, na folha de Excel, em que na primeira linha de cada coluna aparece “Nome”, “ID Família”, “Comentários”, “Resistência à compressão” e “Slump”.

Os inputs “startRow” e “StartCol” são a linha e a coluna inicial para se gravar os dados, 0 para linha A e 0 para coluna 1 respetivamente.

O input “SheetName” – é o nome que queremos dar à folha de Excel na qual vamos gravar os dados, que neste caso será “Pilares”, no entanto serão também criadas as outras categorias já mencionadas anteriormente.

O nó “File Path” – permite que se selecione um arquivo já gravado no sistema, neste caso iremos buscar o ficheiro Excel que temos gravado como “Compilador.xlsx”, como é apresentado na Figura 5.11.

Assim foi criada uma nova folha no ficheiro Excel onde se encontrava gravado o compilador, já com todas as características anteriormente descritas.

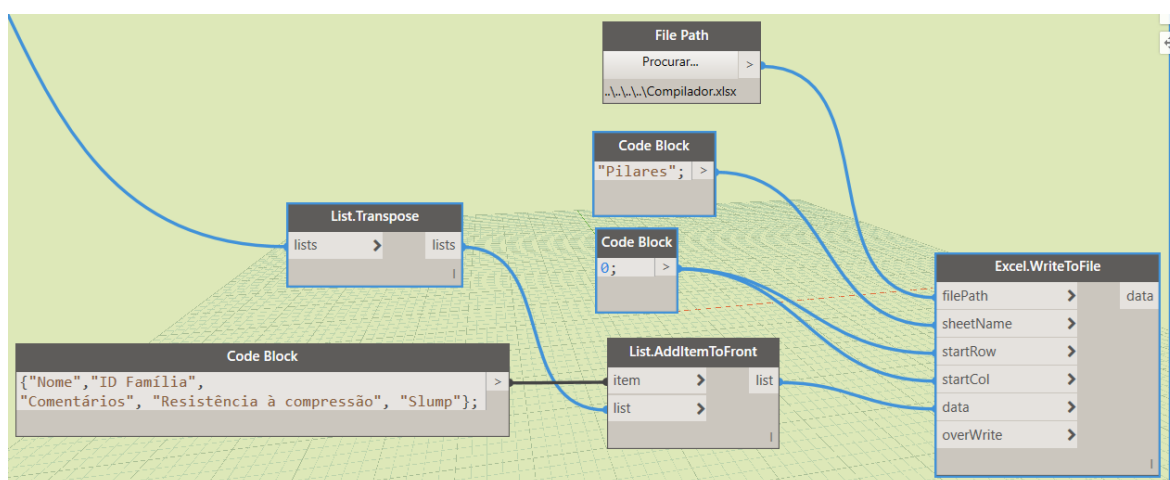


Figura 5.11 - Código Dynamo para exportação dos dados do Modelo Revit para o Excel

Concluída a rotina, esta é executada e então é criada automaticamente a folha de Excel pretendida, como é apresentado na Figura 5.12.

Como foi explicado a rotina criou automaticamente o cabeçalho (Ponto 1) e deu o nome à folha de Excel (Ponto 4).

No ponto 3 é possível verificar que a informação acrescentada anteriormente ao Pilar 3 foi bem importada do Revit para o Excel.

No ponto 5 mostra-se a folha de Excel onde já se encontrava gravado e criado o compilador.

	A	B	C	D	E
1	Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
2	P1	349621			
3	P1	350950			
4	P1	351109			
5	P1	355332			
6	P1	355423			
7	P1	355643			
8	P1	356110			
9	P1	357098			
10	P1	357672			
11	P2	423757			
12	P1	427930			
13	P1	429646			
14	P1	433224			
15	P3	434219	Bom Estado	50 MPa	
16	P4	434691			

Figura 5.12 – Exportação da informação contida nos elementos do Modelo Revit para o Excel

No ponto 2 podemos verificar que no modelo, tal como seria de esperar num projeto de estruturas, existem vários pilares com o mesmo nome, no entanto com “ID Família” diferente. Foi então necessário identificar todos os elementos do modelo para assim ser acrescentada a informação dos ensaios respetivos a cada um desses elementos.

Foi também observada a necessidade de dividir alguns elementos devido às diferentes betonagens e, por consequência, diferentes resultados dos ensaios.

Como é ilustrado na Figura 5.13, a parede de betão foi modelada da fundação até à cobertura, e, portanto, só aparece no Excel um “ID família” associado a essa parede, no entanto através da Figura 5.14 é possível visualizar-se que foram realizadas 2 betonagens distintas nesta parede, então teriam de aparecer dois “ID família” diferentes para assim ser possível associar cada uma dessas betonagens às amostras recolhidas.

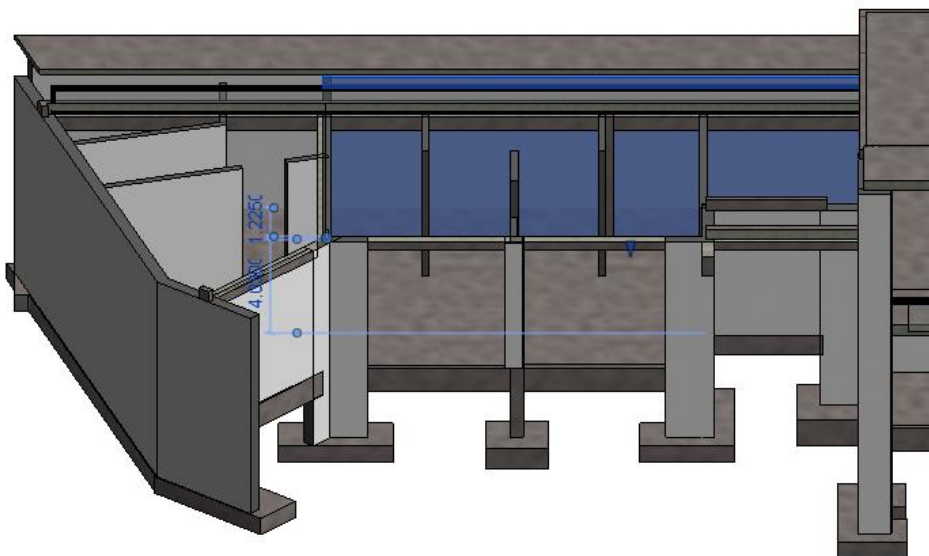


Figura 5.13 – Exemplo de identificação dos elementos no modelo Revit



Figura 5.14 – Visualização de uma junta que evidencia a realização de duas fases de betonagens de um elemento

Foi necessário proceder à divisão de todos os elementos do modelo por betonagem, identificá-los, e só depois importar todos os dados para o Excel.

5.6 IDENTIFICAÇÃO DE TODOS OS ELEMENTOS DO MODELO REVIT

Neste ponto foi necessário identificar todos os elementos e associá-los às respectivas betonagens através dos boletins de ensaio onde está identificada a localização da betonagem. Uma vez identificada a betonagem de cada elemento foi também necessário fazer a divisão de alguns elementos como pilares e paredes de betão, tal como já foi explicado no subcapítulo anterior.

Para a identificação de todos os elementos selecionou-se o elemento pretendido e nas suas propriedades através do caminho “Editar tipo”, “Duplicar”, “Novo” foi dado um novo nome a cada elemento. Na Figura 5.15 mostra-se como foi realizado para uma fundação estrutural, sendo que para todos os outros elementos foi efetuado o mesmo. A Figura 5.16 mostra um exemplo de quatro sapatas de fundação já com a nova identificação, anteriormente estavam a quatro sapatas com o nome “S1”.

No anexo II é possível visualizar o nome de todos os elementos estruturais do modelo, entre eles fundações estruturais, parede de betão, pilares, lajes e vigas.

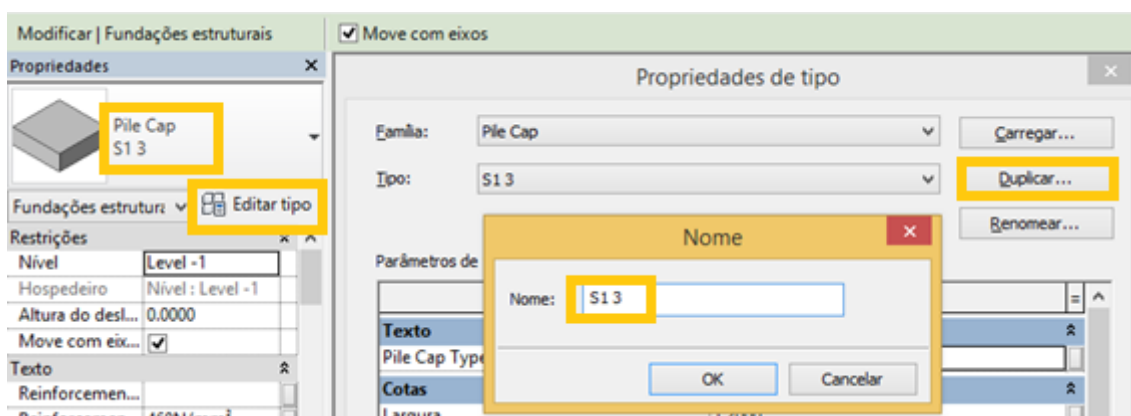


Figura 5.15 – Caminho para nova identificação de todos os elementos necessários

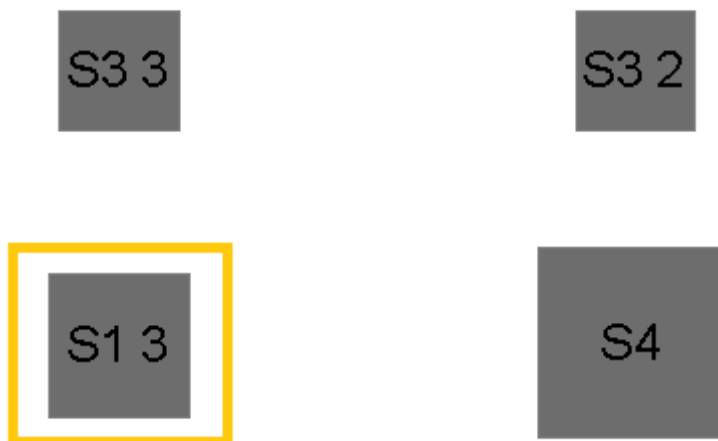


Figura 5.16 – Exemplo de identificação de quatro sapatas de fundação no modelo Revit

Para a identificação dos pilares o autor decidiu criar um referencial (X,Y,Z) e identificar o pilar $P(0,0,0)$ como origem de coordenadas, tal como é ilustrado na Figura 5.17.

A partir do referencial criado o autor identificou com as medidas reais de projeto todos os outros pilares. Por exemplo o Pilar P1 $(3.65,5.4,1.5)$ encontra-se à distância de 3.65 metros no eixo X , a 5.4 metros no eixo Y e a uma altura de 1.5 metros no eixo Z , exemplificado na Figura 5.17.

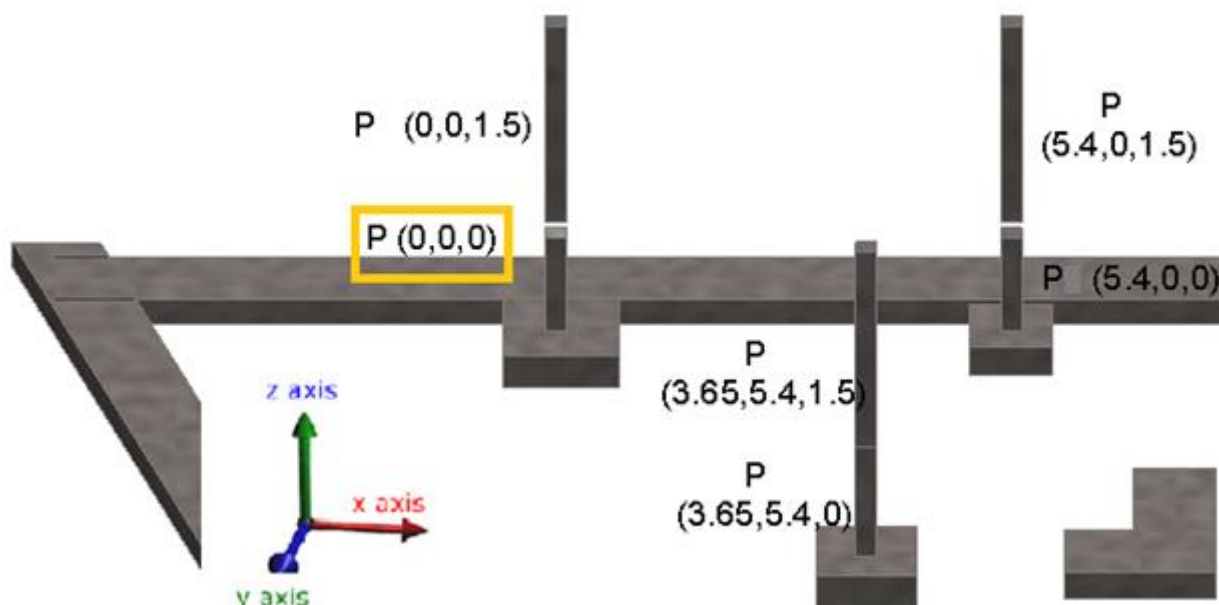


Figura 5.17 – Criação do referencial para identificação dos pilares estruturais no modelo

Terminada a divisão e identificação de todos os elementos, executa-se a rotina Dynamo criada e assim gera-se automaticamente o ficheiro Excel, como é apresentado na Figura 5.18.

	A	B	C	D	E
1	Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
2	S cave 1	501083			
3	S cave 2	501129			
4	S cave 3	533072			
5	S cave 4	532114			
6	S cave 5	533898			

PRONTO

Figura 5.18 – Importação de todos os elementos estruturais e dados do modelo para o ficheiro Excel

É importante referir que neste momento a importação de dados do Revit para o Excel está terminada e não serão feitas novas mudanças, pois qualquer mudança de nome, medida ou informação altera todo o processo.

5.7 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS NO EXCEL

Terminado o processo de importação e identificação de todos os elementos para a folha Excel, onde já se encontrava gravado o compilador, foi realizada a transferência dos resultados de ensaio para todos os elementos nas várias folhas de Excel, entre elas fundações, parede de betão, pilares, lajes e vigas.

Tal como já foi referido anteriormente no capítulo 5.3, foi através dos boletins de ensaio que se efetuou a correspondência entre a amostra ou betonagem e cada elemento.

Uma vez localizado e identificado a que elemento pertence cada amostra foi preenchida a folha de Excel. Na coluna “Comentários” foi introduzida manualmente a amostra e a partir daí preencheu-se a célula “Resistência à compressão” e “Slump”, automaticamente, através do compilador.

Assim sendo, os valores das colunas “Resistência à compressão” e “Slump” das várias folhas Excel foram obtidos a partir da folha “Compilador”, ilustrado na Figura 5.19. Para o efeito foi criada uma fórmula com várias instruções “SE” encadeadas. Foram também aplicadas referências absolutas e relativas conforme necessário, para que a cópia das células fosse possível, exemplificado na Figura 5.20.

Compilador criado pelo autor para proceder à transferência dos resultados de ensaio

Ensaio Resistência à Compressão Norma de Refª NP EN 12390 -3: 2011						Ensaio de Abaixamento
			Tensão de Rotura Média (MPa)			Slump (cm)
			Idade Provete			
Amostras	Data Betonagem	Características	4 dias	7 dias	28 dias	
Amostra 1	20/04/2017	C30/37 S3	28,20	31,70	41.70	12.00
Amostra 2	27/04/2017	C30/37 S3	27,80	30,60	40.80	13.00
Amostra 3	05/05/2017	C30/37 S3	19,40	25,10	35.80	12.00
Amostra 4	10/05/2017	C30/37 S3	21,90	27,40	38.50	13.00
Amostra 5	12/05/2017	C30/37 S3	24,60	32,90	44.80	12.00
Amostra 6	23/05/2017	C30/37 S3	22,30	25,90	35.20	12.00
Amostra 7	30/05/2017	C30/37 S3	23,30	27,70	39.90	13.00
Amostra 8	02/06/2017	C30/37 S3	23,90	27,40	40.90	12.00
Amostra 9	06/06/2017	C30/37 S3	24,30	30,70	43.90	19.00
Amostra 10	07/06/2017	C30/37 S3	29,10	34,20	49.20	14.00
Amostra 11	22/06/2017	C30/37 S3	23,60	24,80	35.40	12.00
Amostra 12	05/07/2017	C30/37 S3	16,30	22,60	32.00	15.00
Não ensaiado			0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 5.19 - Compilador para proceder à interligação dos resultados de ensaio

Formula in E2: `=SE($C2=Compilador!$C$5;Compilador!I5;SE($C2=Compilador!C6;Compilador!I$6;SE($C2=Compilador!C7;Compilador!I$7;SE($C2=Compilador!C8;Compilador!I$8;SE($C2=Compilador!C9;Compilador!I$9;SE($C2=Compilador!C10;Compilador!I$10;SE($C2=Compilador!C11;`

	A	B	C	D	E	F
1	Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump	
2	S cave 1	501083	Amostra 1	41.70	12.00	
3	S cave 2	501129	Amostra 1	40.80	13.00	
4	S cave 3	533072	Amostra 1	35.80	12.00	
5	S cave 4	532114	Amostra 1	38.50	13.00	
6	S cave 5	533898	Amostra 1	44.80	12.00	
7	S parede 1 (1)	402019	Amostra 2	40.80	13.00	
8	S parede 1 (2)	466514	Amostra 2	40.80	13.00	

Figura 5.20 - Preenchimento das folhas de Excel através do compilador

5.8 INTERLIGAÇÃO: EXCEL – DYNAMO – REVIT

Neste subcapítulo é explicado como se procedeu à exportação dos dados de cada elemento do Excel para o Revit.

Através do nó “File path” é selecionado o ficheiro Excel que tinha sido anteriormente gravado. Para a leitura dos dados inseridos no Excel foi utilizado o nó “Excel.ReadFromFile” e no qual o input “sheetName” permite escolher qual folha desse Excel se pretende ler, que no caso apresentado na Figura 5.21, foi a folha do Excel com o nome “Fundações”.

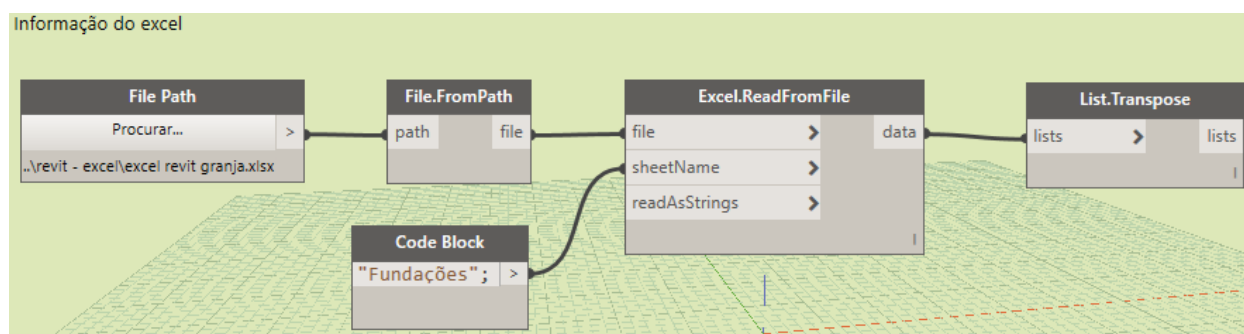


Figura 5.21 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o modelo Revit

A Figura 5.22 exemplifica como foi estruturado o código para a exportação dos dados da coluna do Excel “Comentários” para o parâmetro “Comentários” do modelo Revit. O nó “List.RemoveItemAtIndex” permite excluir o cabeçalho criado no Excel, cabeçalho que tinha sido criado automaticamente através da rotina que fez a importação do Revit para o Excel, subcapítulo 5.5.

O nó “List.GetItemAtIndex” retorna um item de uma determinada lista que está localizada num índice especificado, o seu input “index” permite ler os valores pretendidos nas colunas do Excel. Para a coluna ID Família “Code Block” -1 para a coluna Comentários “Code Block” -2.

O nó “Element.ByID” é que obtém a identificação (os ID) dos elementos no Revit que tinham sido lidos no ID Família do Excel e assim fazer a sua interligação.

Por fim o nó “Element.SetParameterByName” permite o envio dos valores lidos na coluna do Excel para o parâmetro “Comentários” do Revit.

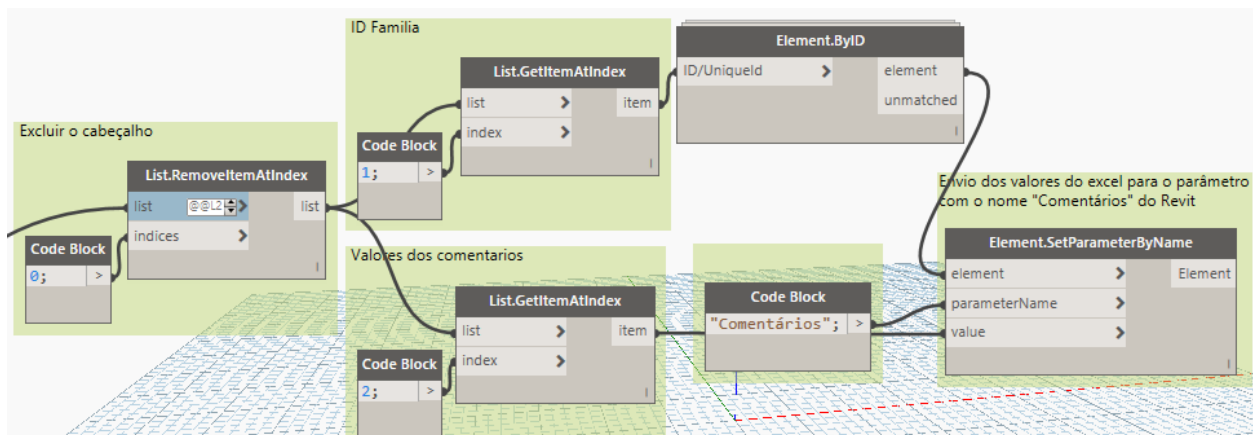


Figura 5.22 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o parâmetro “Comentários” do modelo Revit

Seguidamente é explicado como se exportaram os resultados do Slump para o Revit, exemplificado na Figura 5.23. A rotina Dynamo é quase igual à explicada anteriormente, no entanto foi acrescentado um novo código. Os nós “Object.IsNull”, “Not” e “List.FilterByBoolMask” permitem que se leiam apenas os elementos que não são nulos. É importante referir que o nulo não significa zero, mas sim células vazias do Excel que, de outro modo poderiam originar erros no processamento da informação.

Neste ponto é necessário referir que a formatação “Slump” e “Resistência à Compressão” foram criados como parâmetros de “número” no Revit tendo então sido necessário utilizar o nó “String.ToNumber” para converter o texto em número.

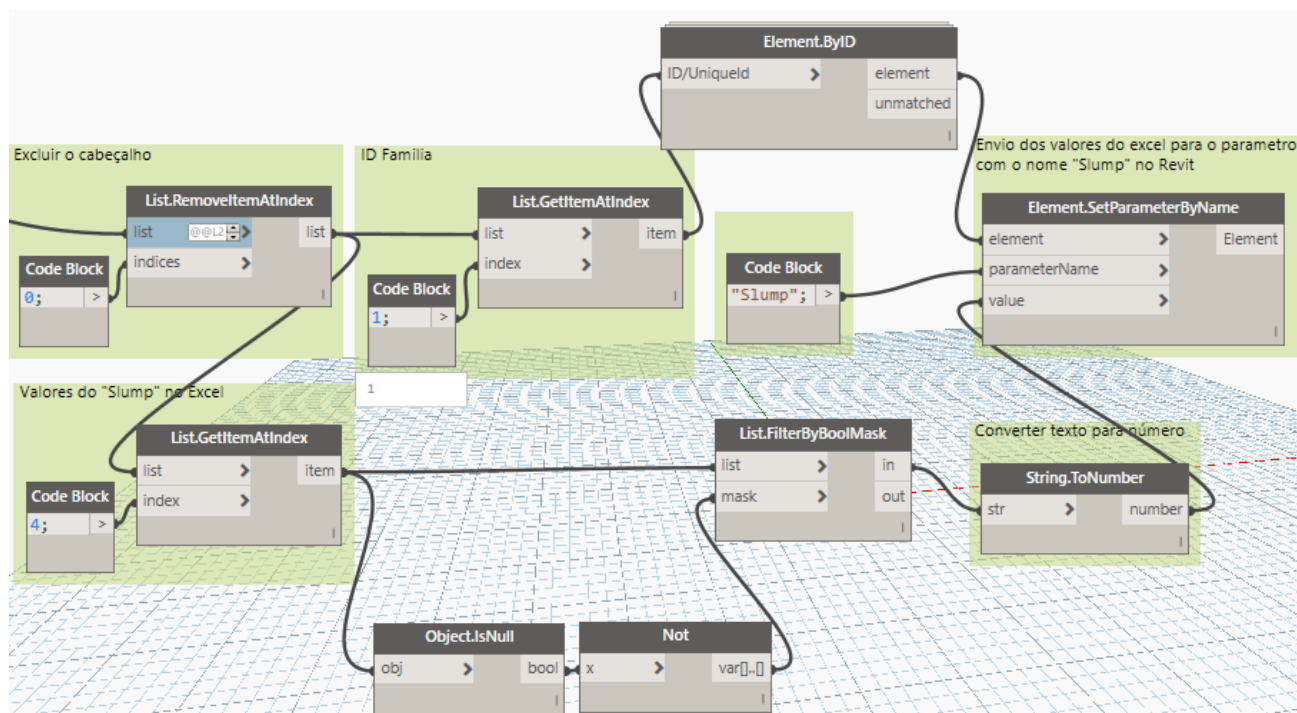


Figura 5.23 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o parâmetro "Slump" do modelo Revit

Uma vez exportados os valores do "Slump" e a informação contida nos "Comentários" explica-se de seguida a exportação dos valores "Resistência à compressão".

Para os valores da resistência à compressão a rotina é idêntica à do "Slump" atrás descrita. No entanto o autor decidiu criar uma rotina que permitisse pintar os elementos de forma automática no modelo Revit, consoante o seu valor, de forma a servir de alerta para valores não conformes.

Foi então estabelecido para este caso como sinal de alerta que se os valores das resistências fossem iguais a zero pintaria de preto significando que não foram realizados ensaios, se fossem menores do que zero ou menores ou iguais a 30 MPa pintaria esses elementos de vermelho significando que os valores não estavam em conformidade, por último os restantes valores pintaria de cinzento significando que os valores estão em conformidade.

Seguindo a lógica do código anterior foi ligado o nó que nos permite ler a coluna dos valores presente no Excel, correspondentes às resistências à compressão ao "Code Block" onde está escrita uma estrutura de decisão (*if*) cujo resultado pode ser (0,1 ou 2). Este resultado foi usado como índice da lista "cores" tendo sido utilizado para o efeito o nó "List.GetItemAtIndex", que permite obter um item de uma lista que está localizado num determinado índice. A Lista - "cores" foi criada através de um "Code Block" que contém no índice zero a cor vermelha, no índice um a cor preta e no índice dois a cor cinza.

Para a visualização do resultado foi inserido o elemento “Element.OverrideColorInView” que permite a troca da cor dos elementos, em função do valor anteriormente obtido, resultado da estrutura *if* descrita anteriormente. Este último nó foi ligado ao “Element.SetParameterByName” permitindo assim o envio dos valores lidos na coluna do Excel para o parâmetro “Resistência à compressão” do Revit e também a sua coloração, exemplificado na Figura 5.24.

Como exemplo, se um dado valor do ensaio da resistência à compressão de um determinado elemento lido na folha de Excel for igual a zero, o que significa que não houve ensaio, então a rotina faz com que este elemento seja pintado de preto automaticamente na vista ativa do Revit, apresentado na Figura 5.25.

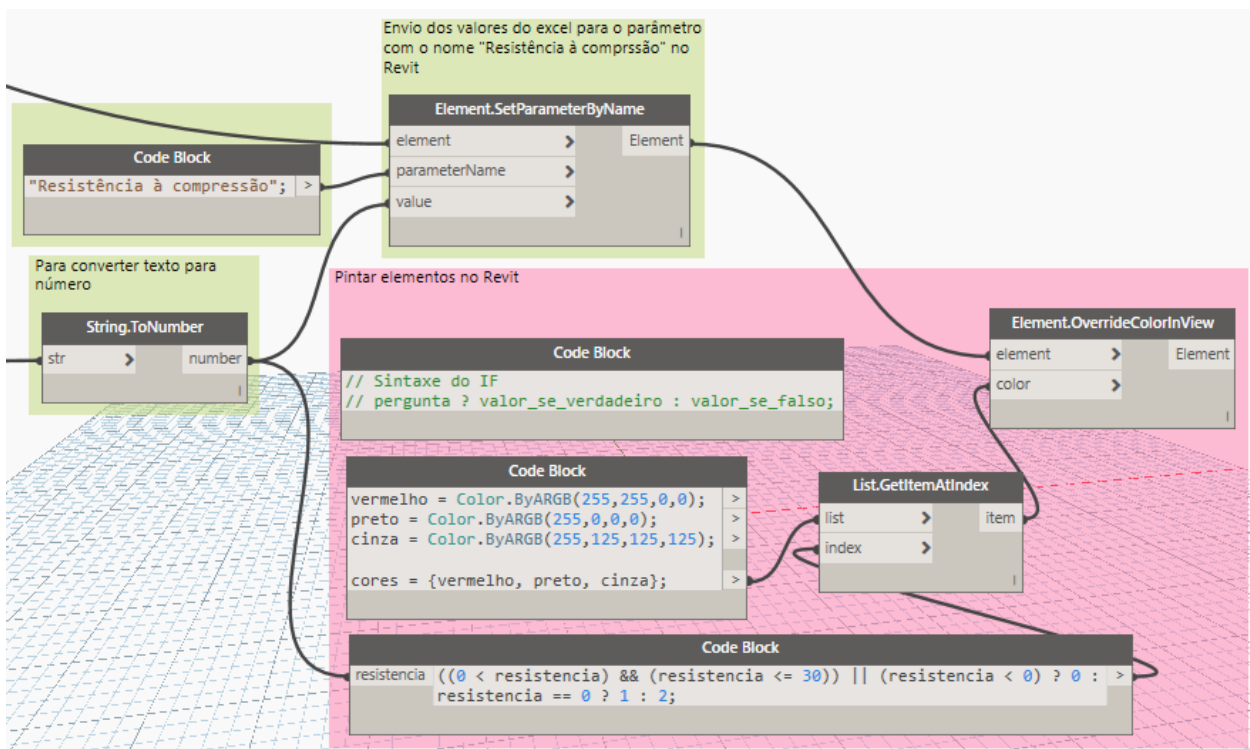


Figura 5.24 - Código Dynamo para exportação dos dados do Excel para o modelo Revit que permite pintar os valores da resistência a compressão

Antes de se executar a rotina Dynamo é de extrema importância chamar a atenção para os seguintes pontos:

- Na folha Excel “Compilador” todos os valores que se pretenda exportar têm de estar formatados como texto e em vez de vírgula utilizar o ponto, pois o Dynamo não reconhece as virgulas.
- Nas restantes folhas de Excel a coluna “Comentários” tem de estar formatada com texto, pois esse parâmetro no Revit está assim formatado.

- Ainda no Excel as colunas “Resistência à compressão” e “Slump” têm de estar formatadas como número, pois, estes parâmetros no Revit foram criados como número.
- Sempre que se fizer qualquer alteração no ficheiro Excel é necessário gravar o mesmo e só depois executar a rotina.

Estes pontos são válidos tendo em conta a forma como o autor preparou o Modelo Revit, ou seja na criação dos novos parâmetros. Então para todos os Modelos que tenham os parâmetros criados da mesma forma o código Dynamo funcionará.

Terminado todo processo, executou-se a rotina Dynamo e verificou-se o seu bom funcionamento, como pretendido tendo então sido atingido o principal objetivo do tema proposto, ilustrado na Figura 5.25, na Figura 5.26 e na Figura 5.27.

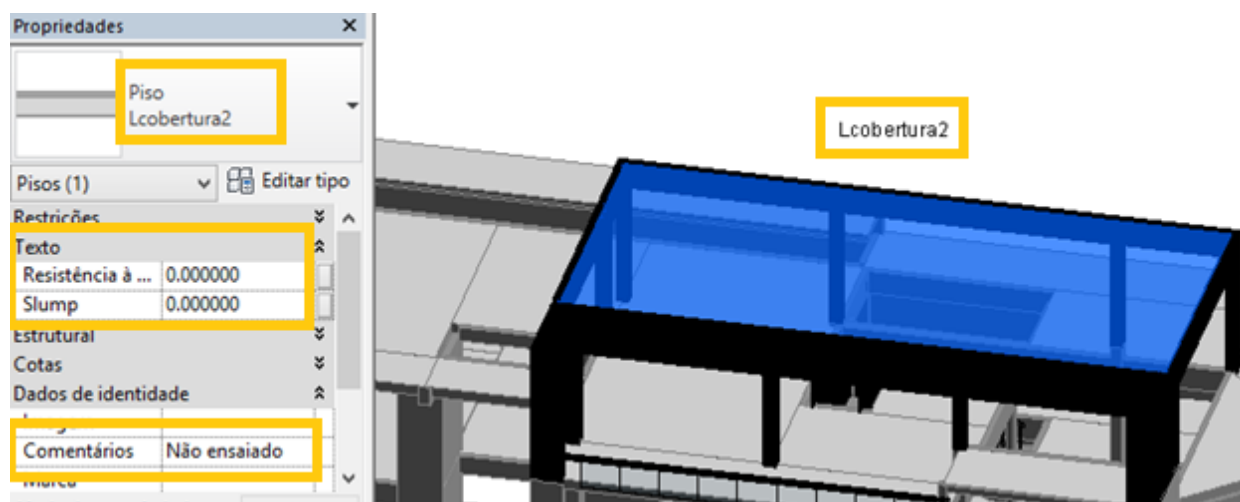


Figura 5.25 – Dados exportados do Excel relativamente ao elemento Lcobertura2 para o modelo Revit

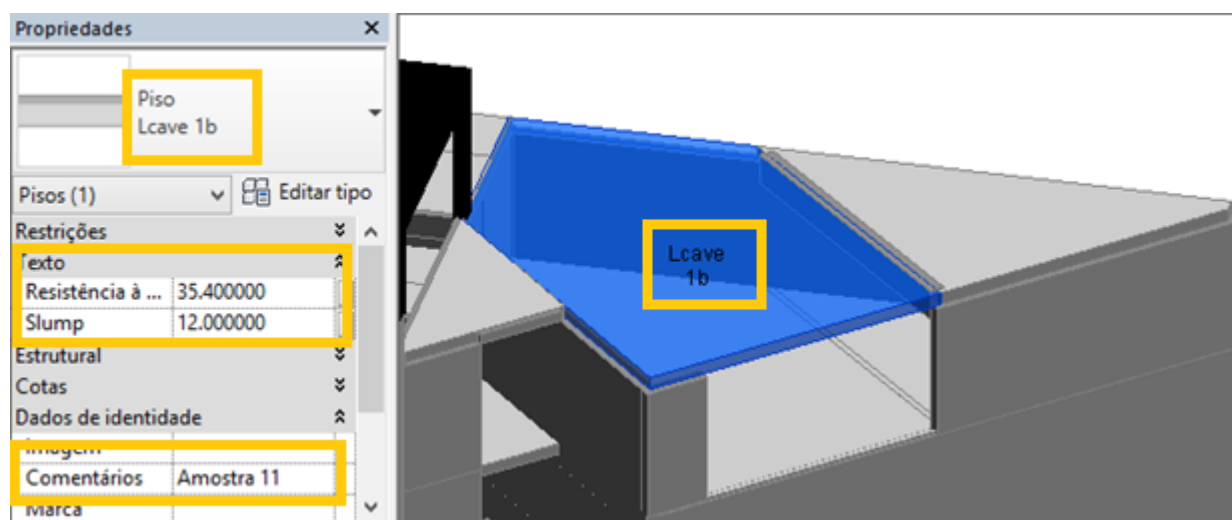


Figura 5.26 - Dados exportados do Excel relativamente ao elemento Lcave 1b para o modelo Revit

	A	B	C	D	E
1	Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
29	Lcave 1b	448967	Amostra 11	35.40	12.00
30	Lcobertura2	448013	Não ensaiado	0.00	0.00

< > | Fundações | Paredes Betão | Pilares | **Lajes** | Vigas | Compilador | (+)

PRONTO

Figura 5.27 – Dados da Lcave 1b e Lcobertura2

5.9 NAVISWORKS MANAGE

Tal como mencionado anteriormente o *software* Autodesk® Navisworks, permitiu acrescentar ao modelo já existente o seu faseamento construtivo o que representa a dimensão BIM 4D. Este *software* é uma ferramenta de planeamento que permite ligar o tempo aos elementos, simulando assim o seu faseamento construtivo.

Neste caso de estudo apenas se recorreu à ferramenta “Timeliner”, no entanto foi bastante útil pois permitiu, de uma forma visual, perceber se todos os elementos foram bem identificados e assim adicionados corretamente os seus respetivos valores de ensaios.

Para se proceder à importação do ficheiro bastou exportar o modelo no Revit como arquivo NWC do Navisworks.

5.9.1 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 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 os elementos pertencentes à mesma amostra/betonagem.

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 mais de 250 elementos, selecionar cada objeto individualmente e ligá-lo ao *set* correspondente seria um trabalho muito demorado 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 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*”, para executar a pesquisa nesta ferramenta preencheu-se a coluna “*Category*” com “*Element*”, a coluna “*Property*” com “*Comentários*”, a coluna “*Condition*” com “*=*”, a coluna “*Value*” com “*Amostra 2*”. Executando o comando “*Find all*” permitiu que fossem selecionados todos os elementos do modelo que tivessem no campo “*Comentários*” os valores de Amostra 2, exemplificado na Figura 5.28, o preenchimento destes campos tinha sido realizado através do compilador para o Revit, sendo que foi exportado para o Navisworks e assim foi muito facilitada a seleção dos elementos.

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 5.28.

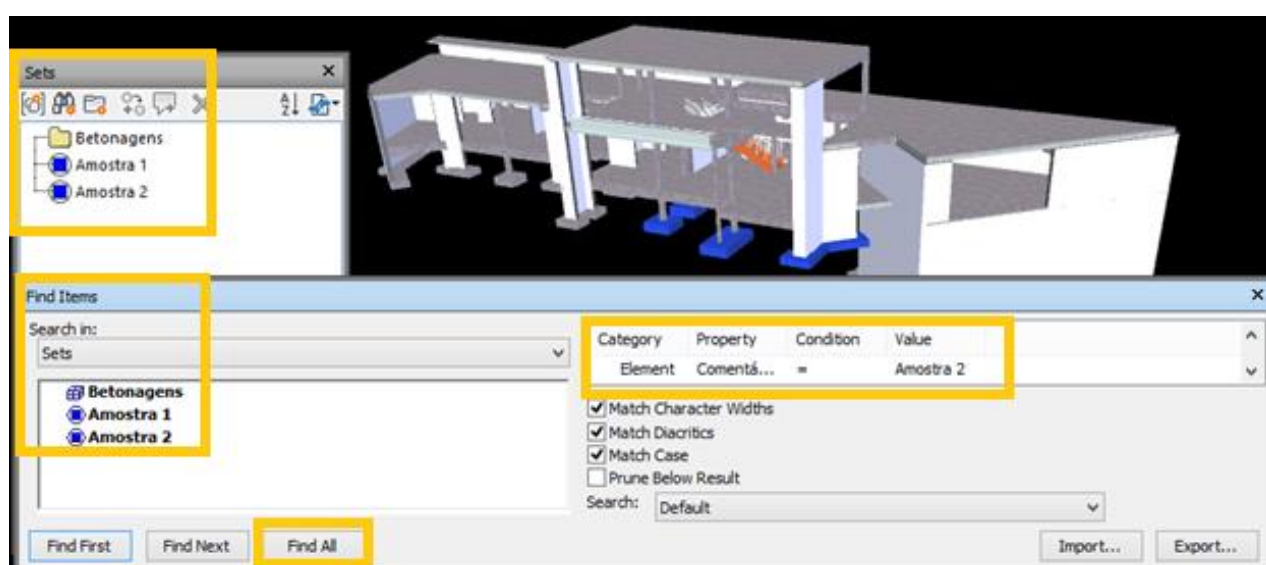


Figura 5.28 – Exemplo de ligação dos objetos localizados pelo “*find Items*” aos sets, no Navisworks®

Assim se concluiu o processo de ligação entre tarefas e objetos/elementos. Este processo repete-se para cada amostra do planeamento.

5.9.2 Simulação 4D

A função “*TimeLiner*” do Navisworks® permite vincular o modelo a uma programação de construção externa e obter um planeamento visual com base no tempo e custo. 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, que se pretende 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 alterar 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.

Então após se selecionar a janela “TimeLiner” seguindo o caminho “Tasks”, e a opção “autoaddtask” foram introduzidos automaticamente todos os sets criados anteriormente, sets esses que ligam os elementos à sua amostra/betonagem. Em seguida é preenchido a data em que foi realizada cada amostra, exemplificado na Figura 5.29.

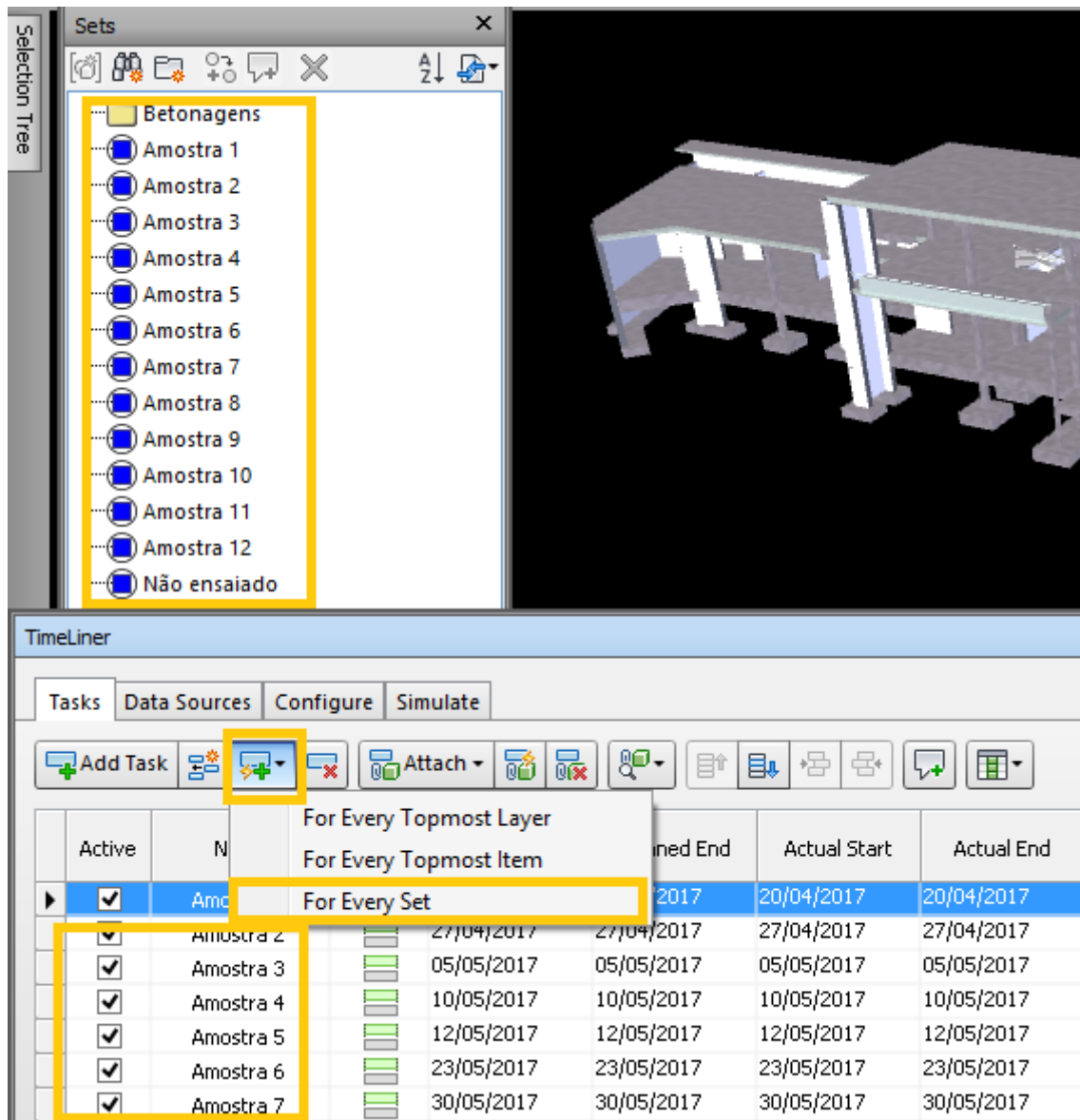


Figura 5.29 – Exemplo da ligação dos “Sets” ao “TimeLiner” no Navisworks®

Para se concluir o processo “TimeLiner” falta simular o faseamento construtivo. Em baixo na Figura 5.30, 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 que faltam realizar. É possível visualizar-se que a amostras 1, 2 e 3 já estão concluídas, estando a iniciar-se a amostra 4.

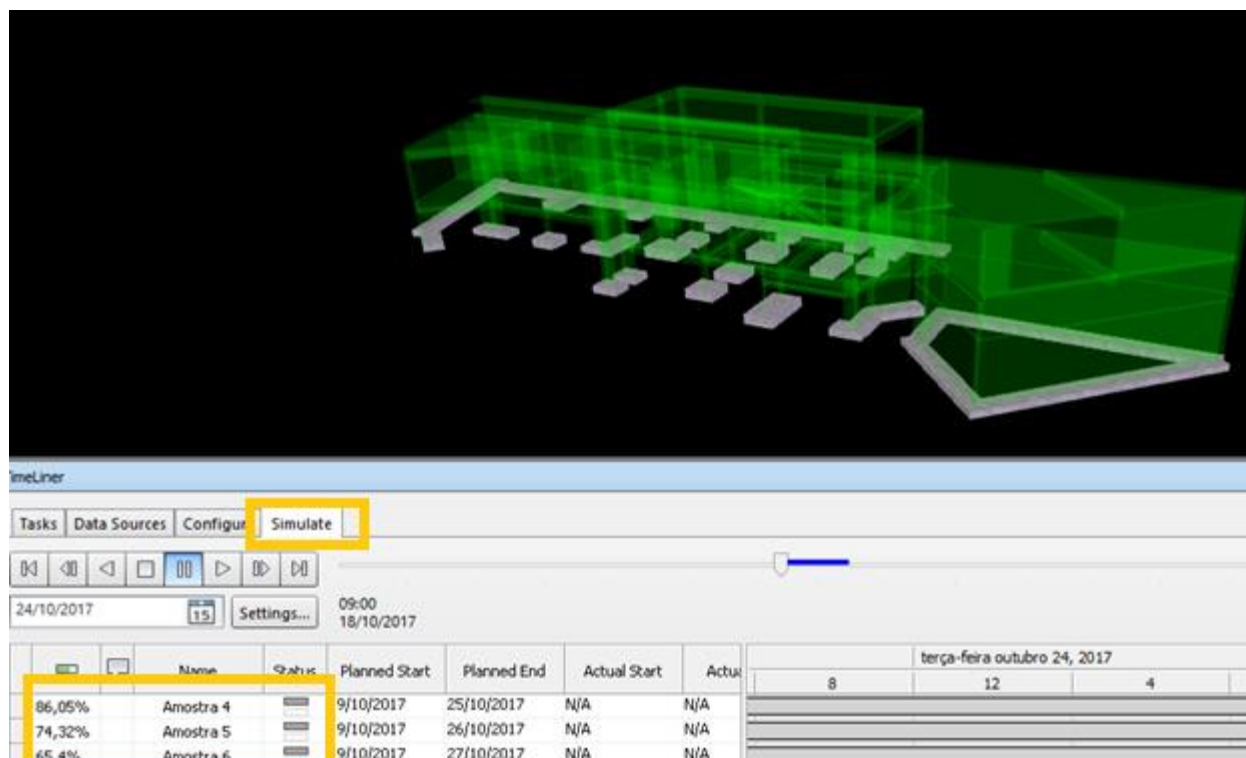


Figura 5.30 – Exemplo do faseamento construtivo no Navisworks

Como referido anteriormente, esta primeira abordagem ao Navisworks®, revelou-se bastante importante no caso de estudo, pois visualmente permitiu verificar se cada elemento foi corretamente identificado e localizado

Em relação à facilidade de utilização considera-se que, é um *software user friendly*, com uma boa fluidez, não exigindo um *hardware* potente.

5.10 APLICAÇÃO MOBILE A360

Tal como referido no subcapítulo 4.3.4 o *software* A360 foi projetado especificamente para arquitetos, engenheiros e projetistas para visualizar, comentar e marcar desenhos 2D e 3D, permitindo que se visualize praticamente qualquer arquivo independentemente do software que foi usado na sua criação.

Apesar da aplicação A360 permitir a abertura de ficheiros gravados com extensão do Revit, (.rvt) o autor não conseguiu abrir o modelo, tendo então optado por utilizar um formato de ficheiro aberto, o IFC definido pela buildingSMART.

O IFC tem como objetivo criar um formato de ficheiro informático capaz de garantir a interoperabilidade entre diferentes *software*. No entanto é importante referir que o formato IFC ainda apresenta algumas lacunas, uma das razões é ainda não ter sido totalmente aceite pelos fabricantes dos *software* (Marinho, 2014).

O autor utilizou a aplicação mobile quando foi à obra em questão e abrindo o modelo da estrutura, permitiu registrar apontamentos importantes relativamente às localizações das betonagens. Permitiu também o acesso aos resultados dos ensaios que já tinham sido realizados e exportados para o modelo.

Foi verificado que o formato IFC apresenta problemas, pois não abrange completamente todos os tipos de elementos de todas as categorias, resultando na perda de propriedades e das informações que estes possuíam.

Verificou-se que no modelo os pilares, as lajes e as fundações estruturais tiveram uma boa interoperabilidade pois não houve perda de informação, tal como é ilustrado na Figura 5.31 e na Figura 5.32. O mesmo não aconteceu para as vigas e paredes de betão, sendo ilustrado um exemplo para a perda de informação numa parede de betão, como mostra a Figura 5.33.

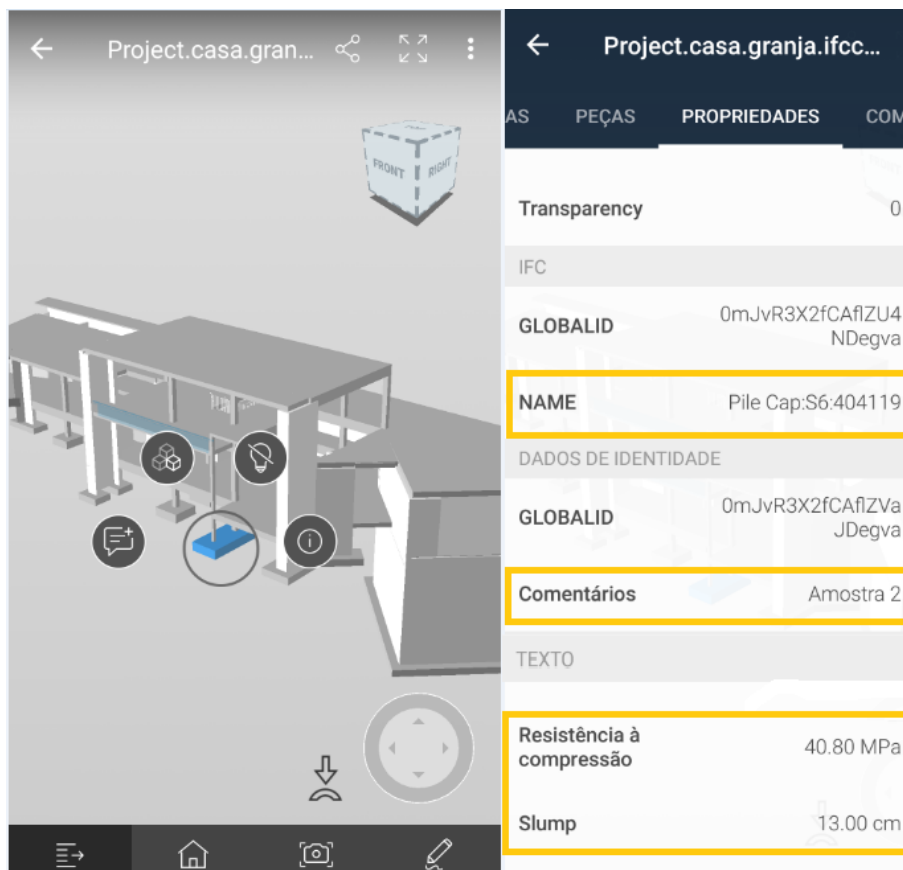


Figura 5.31 – Exemplo de uma fundação estrumal na aplicação mobile A360

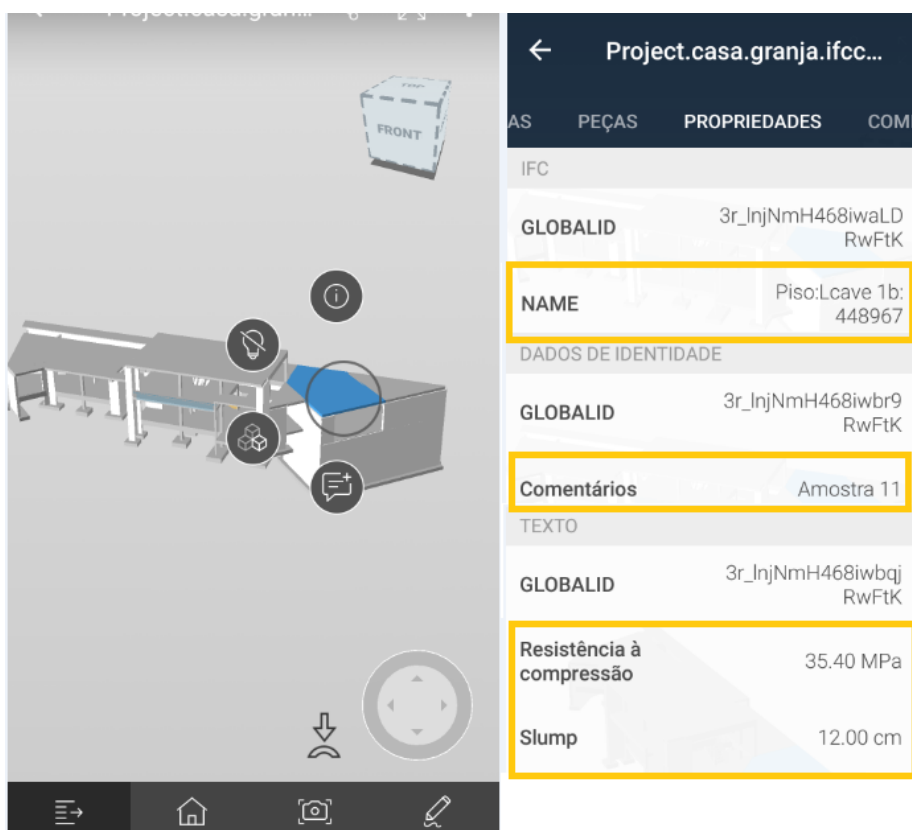


Figura 5.32 - Exemplo de uma laje na aplicação mobile A360

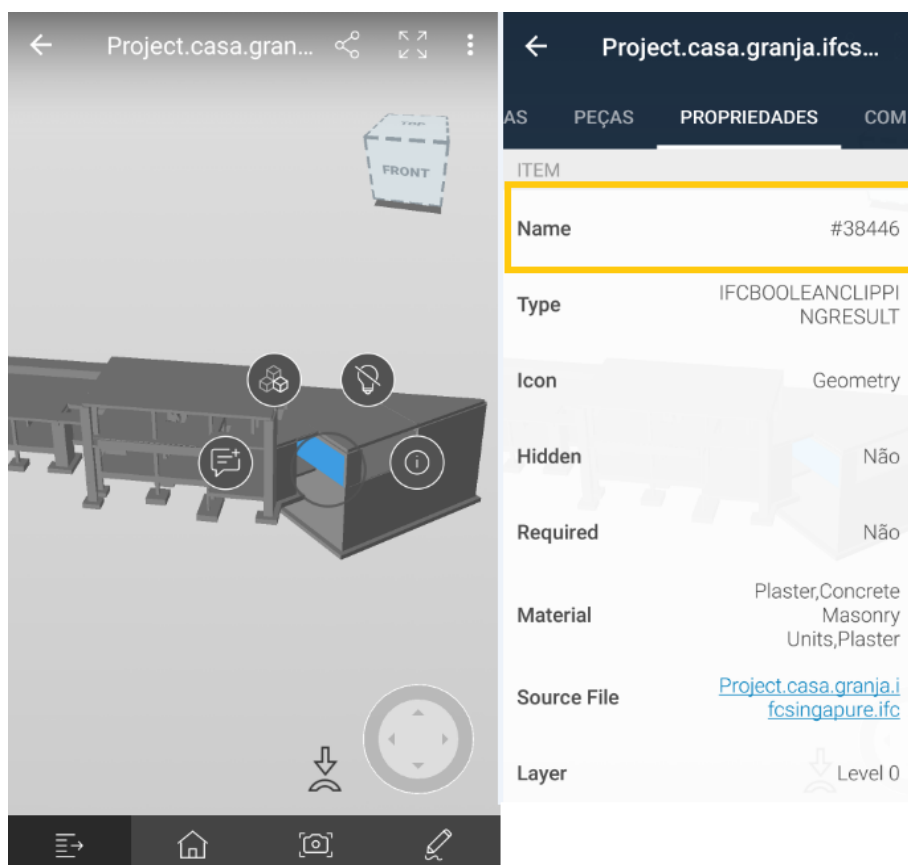


Figura 5.33 - Exemplo de uma parede de betão na aplicação mobile A360

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

O presente documento é o resultado de 5 meses de inserção como estagiário em contexto profissional e pretende resumir as atividades desenvolvidas e acompanhadas ao longo do estágio efetuado.

Deste modo, o principal objetivo deste trabalho foi a criação de uma ferramenta que permita fazer a integração dos resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM, podendo assim obter um enriquecimento dos modelos, através da informação neles inserida.

Este foi um trabalho inovador na medida em que consistiu em introduzir os resultados dos ensaios no próprio modelo, o que permite que durante o processo construtivo seja possível fazer um contínuo acompanhamento do controlo de qualidade, e também no final na possível utilização numa abordagem de BIM-FM.

Pretendeu-se o desenvolvimento da ferramenta para perceber se a mesma é viável e quais as mais-valias que poderá ter a implementação da metodologia BIM na empresa.

Resumidamente foi criado uma folha em Excel, “compilador”, onde se registaram os resultados obtidos das amostras retiradas em obra, que corresponderam às diferentes betonagens. Através do Dynamo foram importados para o Excel os elementos estruturais do modelo Revit e associados os seus resultados de ensaio. Por fim foi exportada também através do Dynamo toda essa informação adicional para o Revit, permitindo enriquecer o modelo BIM pela introdução de informação de que o modelo inicialmente não dispunha.

Para a criação da ferramenta acima referida o autor necessitou de realizar alterações no modelo 3D existente, como modelação de novos elementos estruturais e divisão de outros já existentes. Foi ainda necessário introduzir informação referente ao faseamento construtivo para assim conseguir inserir a informação adicional dos ensaios, pois os resultados como explicado anteriormente, foram efetuados por uma sequência de betonagem. Então o modelo evoluiu para um modelo com algumas características 4D, pois de outra forma não seria possível adicionar as informações pretendidas.

Durante o decorrer do estágio surgiram algumas dificuldades principalmente com aplicação do *software* Dynamo, uma vez que o *software* em questão nunca tinha sido explorado pelo autor.

No que diz respeito ao estágio realizado, considera-se que o proposto pelo ISEP foi cumprido rigorosamente, com assiduidade, motivação e empenho. Relativamente ao proposto pela supervisora da empresa também foi atingido com sucesso.

O período de estágio permitiu ao aluno um contacto com o mundo profissional e situações reais de trabalho, alargando e aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, além de ter aprendido a trabalhar com três novos *software*. O acompanhamento de ensaios durante o período de estágio permitiu compreender a importância do controlo de qualidade dos materiais na indústria da construção civil. Conclui-se que o controlo dos materiais deve sempre ser realizado por empresas devidamente especializadas. Para além disso, o espírito, autonomia, disciplina, comunicação e capacidade de organização foram outros aspetos desenvolvidos pelo autor durante o estágio.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na sequência deste trabalho a pesquisa futura poderia ser dividida em dois grupos: a criação de outras ferramentas para automatizar as informações dos ensaios; e / ou refinar o programa desenvolvido em Dynamo. Como tal os seguintes pontos representam propostas que poderiam ser desenvolvidas em estudos futuros:

- Criação de uma ferramenta que permita realizar de forma automática a introdução dos dados dos boletins de ensaio para o compilador Excel criado.
- Atualizar o *software* e o compilador Excel de forma a abranger outros ensaios. Por exemplo, no cenário de uma obra de reabilitação na qual se desconhece a informação sobre a estrutura, conseguir-se acrescentar a informação obtida dos mais diversos ensaios de inspeção da estrutura aos elementos.
- Desenvolver métodos mais eficazes para obter uma maior otimização do *software*, estudo e criação de uma nova rotina Dynamo que permita realizar uma interligação mais abrangente do que apenas pelos “ID Família”, realizado neste caso de estudo. Com isto pretende-se que se consiga com uma rotina mais complexa adotar aos mais diferentes modelos 3D existentes, minimizando assim a intervenção nos modelos 3D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appleton, J. (2013). *Estruturas de betão Vol 1*. (Edições Orion, Ed.) (1ª Edição). Lisboa.
- Autodesk Inc. (2017a). About Creating Dynamo Scripts for Revit. Obtido 18 de Setembro de 2017, de <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Customize/files/GUID-768D1E37-10CC-405D-A9D4-E2D5CF4224E5-htm.html#mtc-brazilian-portuguese>
- Autodesk Inc. (2017b). Início do A360. Obtido 11 de Outubro de 2017, de <https://a360.autodesk.com/>
- Bernstein, H. M., & Jones, S. A. (2008). *Building Information Modeling (BIM)*. SmartMarket Report.
- BIMExperts. (2017). Níveis de Maturidade BIM. Obtido 18 de Setembro de 2017, de <http://bimexperts.com.br/tag/niveis-de-maturidade-bim/>
- Caetano, C., Maia, L., Hilário, L., & Correia, M. (2017). Módulo de elasticidade em betões com agregados basálticos. Obtido de https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/226_Artigo.pdf
- Campestrini, T. F. (2015). *Entendendo bim - Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação*. (Tiago Francisco Campestrini, Ed.) (1ª Edição). Curitiba, Brasil.
- Costa, A., & Appleton, J. (2002). *Estruturas de Betão - Materiais - Parte II*. Lisboa: IST: Departamento Engenharia Civil.
- Coutinho, J. de S. (2002). Agregados Para Argamassas E Betões. *Ciência de Materiais - 1ª Parte*, (FEUP), pag: 105-125.
- Eastman C, Teicholtz P, S. R. and L. K. (2008). *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. (Wiley, Ed.).
- Fernando Martha, L. (2010). *Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos*. (Elsevier, Ed.).
- MAKEBIM. (2017). Tecnologia BIM: Ciclo do 3D ao 7D - makeBIM. Obtido 8 de Outubro de 2017, de <http://www.makebim.com/2017/01/13/tecnologia-bim-ciclo-do-3d-ao-7d/>
- Manziona, L. (2016). O IFC é muito mais que um simples formato de arquivo - Coordenar. Obtido 8 de Novembro de 2017, de <http://www.coordenar.com.br/o-ifc-e-muito-mais-que-um-simples-formato-de-arquivo/>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Marinho, A. J. C. (2014). Aplicação do Building Information Modeling na gestão de projetos de construção. *Tese de Mestrado*, (Universidade do Minho-Escola de Engenharia: Mestrado em Construção).
- NBS. (2017a). BIM Levels explained. Obtido 20 de Agosto de 2017, de <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- NBS. (2017b). Levels of definition. Obtido 20 de Setembro de 2017, de <https://toolkit.thenbs.com/articles/levels-of-definition/>
- NP EN 206-1. (2007). Betão - Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. *Concrete*.
- SENQUAL. (2017). Senqual - Na vanguarda da tecnologia. Obtido 5 de Julho de 2017, de <http://senqual.pt/en/>
- Soares, J. D. R. T. (2013). *A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático*. Tese de Mestrado. ISEP: Departamento Engenharia Civil.
- The American Institute of Architects. (2008). Document E202™ – 2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit. Obtido de https://www.smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/aia-e202-building-information-modeling-protocol-exhibit-pdf.pdf?sfvrsn=333afea5_0
- Underwood, J. (2009). *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction informatics*. (J. Underwood & U. Isikdag, Eds.). 1 edition.

NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

NP EN 12390-3: Ensaio do betão endurecido – Parte 3: Resistência à compressão de provetes. Instituto Português da Qualidade, 2011.

NP EN 12390- 4: Ensaio do betão endurecido, Parte 4: Resistência à compressão. Características das máquinas de ensaio, Instituto Português da Qualidade, 2003.

NP EN 12390-6: Ensaio do betão endurecido – Parte 6: Resistência à tração de provetes. Instituto Português da Qualidade, 2003.

NP EN 12390-8: Ensaio do betão endurecido. Parte 8: Profundidade de penetração da água sob pressão, Instituto Português da Qualidade, 2009.

DIN 1048-5: Testing concrete: Testing of hardened concrete (specimens prepared in mould). Deutsche norm , June 1991.

NP EN 12350-2: Ensaio do betão fresco - Parte 2: Ensaio de abaixamento. Instituto Português da Qualidade, 2009.

NP EN 12350-6 : Ensaio do betão fresco – Parte 6: Massa volúmica. Instituto Português da Qualidade, 2009.

E393-1993 do LNEC: Betão – Determinação da absorção de água por capilaridade. Especificação LNEC, 1993.

NP EN 14488-5: Ensaio do betão projectado. Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras, Instituto Português da Qualidade, 2008.

NP EN 14488-7: Ensaio do betão projectado. Parte 7: Dosagem de fibras no betão reforçado com fibras, Instituto Português da Qualidade, 2008.

NP EN 933-1: Ensaio de análise granulométrica, Instituto Português da Qualidade, 2000.

NP EN 933-3: Determinação de forma das partículas - Índice de Achatamento, Instituto Português da Qualidade, 2002.

NP EN 933-4: Determinação de forma das partículas - Índice de Forma, Instituto Português da Qualidade, 2002.

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo I – Boletins de ensaio das Amostras.....	73
Anexo II - Identificação de todos os elementos do modelo.....	88
Anexo III – Faseamento construtivo no Navisworks	102

Anexo I – Boletins de ensaio das Amostras



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 1 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha: 20/04/2017
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref.: NP EN 12390-3:2011	Boletim n°: RCNP.442.001.17-A* Data: 18/05/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Localização: Fundações	Peça: Sapatas da Cave	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A1	1,0	20/04/17	24/04/17	4	8,090	22500	621,2	27,61	28,2	S	
	2,0				8,224	22500	647,3	28,77		S	
A1	3,0	20/04/17	27/04/17	7	8,003	22500	718,9	31,95	31,7	S	
	4,0				8,038	22500	702,6	31,22		S	
	5,0				8,067	22500	719,7	31,99		S	
A1	6,0	20/04/17	18/05/17	28	8,078	22500	949,3	42,19	41,7	S	
	7,0				8,077	22500	950,8	42,26		S	
	8,0				8,107	22500	916,9	40,75		S	

Observações: Slump = 6 *Este boletim anula e substitui o boletim n° RCNP.442.001.17.

Data de ensaio: Inicial: 24/04/2017 Final: 18/05/2017	Ensaiou: Nuno Vaz	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	----------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 2 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha: 27/04/2017
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Refº: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.002.17-A* Data: 25/05/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Localização: Fundações	Peça: Sapatas do R/C	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A2	1,0	27/04/17	02/05/17	5	8,119	22500	628,7	27,94	27,8	S	
	2,0				8,099	22500	622,5	27,66		S	
A2	3,0	27/04/17	04/05/17	7	8,032	22500	673,8	29,95	30,6	S	
	4,0				8,138	22500	691,2	30,72		S	
	5,0				7,998	22500	697,2	30,99		S	
A2	6,0	27/04/17	25/05/17	28	8,101	22500	909,3	40,41	40,8	S	
	7,0				8,126	22500	938,5	41,71		S	
	8,0				8,192	22500	908,6	40,38		S	

Observações:
 Slump = 13
 *Este boletim anula e substitui o boletim nº RCNP.442.002.17.

Data de ensaio: Inicial: 02/05/2017 Final: 25/05/2017	Ensaiou: Nuno Vaz	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	----------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4 O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 3 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha:05/05/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.003.17-A* Data: 02/06/2017 Pág. 1/1
------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Localização: Fundações	Peça: Sapatas e 1º lanço do muro	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A3	1,0	05/05/17	08/05/17	3	8,040	22500	444,1	19,74	19,4	S	
	2,0				7,993	22500	429,7	19,10		S	
A3	3,0	05/05/17	12/05/17	7	8,120	22500	553,0	24,58	25,1	S	
	4,0				8,113	22500	569,2	25,30		S	
	5,0				8,265	22500	569,7	25,32		S	
A3	6,0	05/05/17	02/06/17	28	8,122	22500	809,3	35,97	35,8	S	
	7,0				8,126	22500	789,6	35,09		S	
	8,0				8,100	22500	816,8	36,30		S	

Observações: Slump = 12 *Este boletim anula e substitui o boletim nº RCNP.442.003.17.

Data de ensaio: Inicial: 08/05/2017 Final: 02/06/2017	Ensaio: Nuno Vaz	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	---------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 4 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha:10/05/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Refº: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.004.17 Data: 07/06/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Muro da cave e pilares da zona centro da casa	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A4	1,0	10/05/17	13/05/17	3	8,153	22500	496,1	22,05	21,9	S	
	2,0				8,092	22500	487,7	21,67		S	
A4	3,0	10/05/17	17/05/17	7	8,169	22500	614,4	27,31	27,4	S	
	4,0				8,158	22500	624,5	27,75		S	
	5,0				1,160	22500	607,9	27,02		S	
A4	6,0	10/05/17	07/06/17	28	8,177	22500	854,7	37,99	38,5	S	
	7,0				8,280	22500	881,6	39,18		S	
	8,0				8,134	22500	863,1	38,36		S	

Observações:
Slump = 13

Data de ensaio: Inicial: 10/05/2017 Final: 07/06/2017	Ensaio: Leonel Freitas	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	---------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4 O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 5 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha:12/05/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.005.17 Data: 09/06/2017 Pág. 1/1
------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Parede da cave encostada ao vizinho	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecamento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A5	1,0	12/05/17	15/05/17	3	8,188	22500	553,8	24,61	24,6	S	
	2,0				8,183	22500	553,8	24,61		S	
A5	3,0	12/05/17	19/05/17	7	8,214	22500	763,8	33,95	32,9	S	
	4,0				8,197	22500	752,7	33,45		S	
	5,0				8,113	22500	705,7	31,36		S	
A5	6,0	12/05/17	09/06/17	28	8,182	22500	1043,8	46,39	44,8	S	
	7,0				8,123	22500	984,1	43,74		S	
	8,0				8,203	22500	998,6	44,38		S	

Observações: Slump = 12

Data de ensaio: Inicial: 15/05/2017 Final: 09/06/20175	Ensaiou: Pedro Alves	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
--------------------------------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 6 Recolha: Senqual Data de Receção/ recolha 23/05/2017
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Refº: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.006.17 Data: 20/06/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Laje	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A6	1,0	23/05/17	26/05/17	3	8,149	22500	498,5	22,15	22,3	S	
	2,0				8,119	22500	504,6	22,43		S	
A6	3,0	23/05/17	30/05/17	7	8,171	22500	577,8	25,68	25,9	S	
	4,0				8,094	22500	571,9	25,42		S	
	5,0				8,164	22500	595,2	26,45		S	
A6	6,0	23/05/17	20/06/17	28	8,163	22500	786,7	34,96	35,2	S	
	7,0				8,050	22500	781,4	34,73		S	
	8,0				8,151	22500	809,8	35,99		S	

Observações:
Slump = 12

Data de ensaio: Inicial: 26/05/2017 Final: 20/06/2017	Ensaio: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	-------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n.º 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 7 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 30/05/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref.: NP EN 12390-3:2011	Boletim n.º: RCNP.442.007.17 Data: 27/06/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Localização: Pilares	Peça: -	Volume de betão(m ³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	S	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	N				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm ²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A7	1,0	30/05/17	02/06/17	3	8,142	22500	529,2	23,52	23,3	S	
	2,0				8,149	22500	521,3	23,17		S	
A7	3,0	30/05/17	06/06/17	7	8,066	22500	607,7	27,01	27,7	S	
	4,0				8,167	22500	628,6	27,94		S	
	5,0				8,161	22500	633,3	28,15		S	
A7	6,0	30/05/17	27/6/2017	28	8,142	22500	890,7	39,59	39,9	S	
	7,0				8,176	22500	907,4	40,33		S	
	8,0				8,154	22500	893,8	39,72		S	

Observações: Slump = 13

Data de ensaio: Inicial: 02/06/2017 Final: 27/06/2017	Ensaiou: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 8 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 02/06/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Refª: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.008.17 Data: 30/06/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Paredes traseiras da casa	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	N	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	S				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A8	1,0	02/06/17	05/06/17	3	8,035	22500	527,8	23,46	23,9	S	
	2,0				8,090	22500	547,9	24,35		S	
A8	3,0	02/06/17	09/06/17	7	8,199	22500	628,3	27,93	27,4	S	
	4,0				8,137	22500	597,4	26,55		S	
	5,0				8,166	22500	621,8	27,64		S	
A8	6,0	02/06/17	30/06/17	28	8,152	22500	910,8	40,48	40,9	S	
	7,0				8,182	22500	909,2	40,41		S	
	8,0				8,217	22500	943,9	41,95		S	

Observações:
Slump = 12

Data de ensaio: Inicial: 05/06/2017 Final: 30/06/2017	Ensaiou: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n.º 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 9 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 06/06/2017
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref.: NP EN 12390-3:2011	Boletim n.º: RCNP.442.009.17 Data: 04/07/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Localização: Muro Frontal	Peça: -	Volume de betão(m ³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	N	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	S				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm ²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A9	1,0	06/06/17	09/06/17	3	8,214	22500	549,3	24,41	24,3	S	
	2,0				8,113	22500	542,6	24,11		S	
A9	3,0	06/06/17	13/06/17	7	8,088	22500	680,1	30,23	30,7	S	
	4,0				8,418	22500	720,7	32,03		S	
	5,0				8,200	22500	669,1	29,74		S	
A9	6,0	06/06/17	04/07/17	28	8,188	22500	967,8	43,01	43,9	S	
	7,0				8,188	22500	1015,3	45,12		S	
	8,0				8,205	22500	979,1	43,52		S	

Observações: Slump = 19

Data de ensaio: Inicial: 09/06/2017 Final: 04/07/2017	Ensaiou: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 10 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 07/06/2017
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.010.17 Data: 05/07/2017 Pág. 1/1
------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Muro Frontal	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D20	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	N	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	S				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A10	1,0	07/06/17	12/06/17	5	8,296	22500	640,3	28,46	29,1	S	
	2,0				8,158	22500	670,2	29,79		S	
A10	3,0	07/06/17	14/06/17	7	8,278	22500	772,0	34,31	34,2	S	
	4,0				8,198	22500	772,0	34,31		S	
	5,0				8,260	22500	766,3	34,06		S	
A10	6,0	07/06/17	05/07/17	28	8,230	22500	1135,9	50,48	49,2	S	
	7,0				8,206	22500	1111,3	49,39		S	
	8,0				8,233	22500	1075,1	47,78		S	

Observações:
Slump = 14

Data de ensaio: Inicial: 07/06/2017 Final: 05/07/2017	Ensaiou: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
Tel. 227346825 Fax 227319116
E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 11 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 22/06/2017
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Ref: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.011.17 Data: 20/07/2017 Pág. 1/1
------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Laje	Peça: -	Volume de betão(m³): -	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D22	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	N	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	S				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Caapeamento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A11	1,0	22/06/17	26/06/17	4	8,128	22500	532,7	23,68	23,6	S	
	2,0				8,115	22500	530,5	23,58		S	
A11	3,0	22/06/17	29/06/17	7	8,121	22500	568,7	25,27	24,8	S	
	4,0				8,130	22500	560,4	24,90		S	
	5,0				8,147	22500	545,8	24,26		S	
A11	6,0	22/06/17	20/07/17	28	8,077	22500	780,5	34,69	35,4	S	
	7,0				8,310	22500	793,6	35,27		S	
	8,0				8,158	22500	814,2	36,19		S	

Observações: Slump = 12

Data de ensaio: Inicial: 26/06/2017 Final: 20/07/2017	Ensaio: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	-------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.



Rua 19 n° 286, 4500-255 Espinho
 Tel. 227346825 Fax 227319116
 E-mail: senqual@sapo.pt

Requerente:	Obra: Moradia Unifamiliar - Granja Ref.: Amostra 12 Recolha: Senqual Data de Recepção/ recolha 05/07/2017
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BETÃO Resistência à Compressão Norma de Refº: NP EN 12390-3:2011	Boletim nº: RCNP.442.012.17 Data: 02/08/2017 Pág. 1/1
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Localização: Laje	Peça: -	Volume de betão(m³): 10	Classe de resistência: C30/37
Máx. dimensão do agregado: D22	Classe de trabalhabilidade: S3	Classe de exposição: -	Outras especificações: -

Superfície do provete		Tipo de Cura		Tipo de Provete	
Seca (S/N):	N	Água (S/N):	S	Cubo 150x150 (S/N):	S
Húmida (S/N):	S				
Rectificação		Câmara húmida (S/N):	N	Cilindro (S/N): d=150 h=300	N
Polimento (S/N):	N				
Capecimento (S/N):	N				

Amostra	Provete	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade do Provete	Massa do Provete (kg)	Secção (mm²)	Força de Rotura (kN)	Tensão de Rotura (MPa)		Rotura Satisfatória (S/N)	Rotura Não Satisfatória (Tipo)
								Provete	Média		
A12	1,0	05/07/17	07/07/17	2	8,076	22500	358,3	15,92	16,3	S	
	2,0				8,132	22500	374,4	16,64		S	
A12	3,0	05/07/17	12/07/17	7	8,232	22500	504,8	22,43	22,6	S	
	4,0				8,190	22500	520,1	23,11		S	
	5,0				8,216	22500	501,7	22,30		S	
A12	6,0	05/07/17	02/08/17	28	8,148	22500	715,1	31,78	32,1	S	
	7,0				8,173	22500	719,4	31,97		S	
	8,0				8,096	22500	730,4	32,46		S	

Observações: Slump = 15

Data de ensaio: Inicial: 07/07/2017 Final: 02/08/2017	Ensaiou: João Machado	Responsável Técnico: (Alves Ribeiro, Eng.)
-------------------------------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------------------

Mod.E132.4

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra salvo autorização expressa da Senqual.

Anexo II - Identificação de todos os elementos do modelo

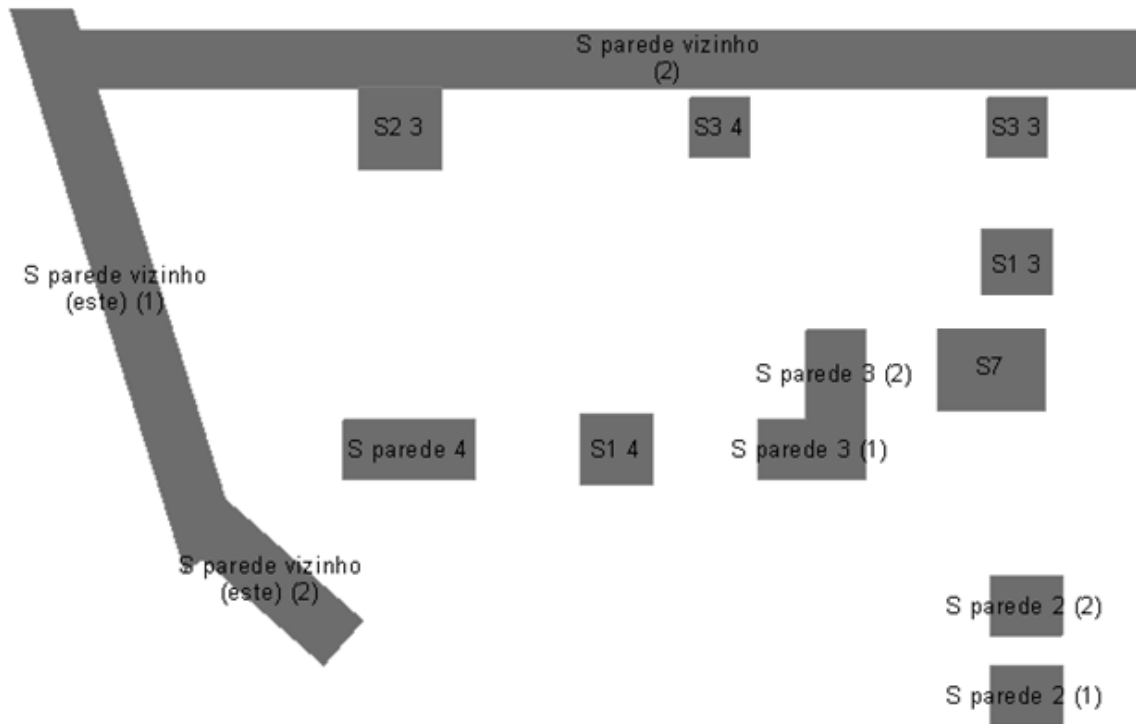


Figura 1- Fundações Estruturais no modelo Revit

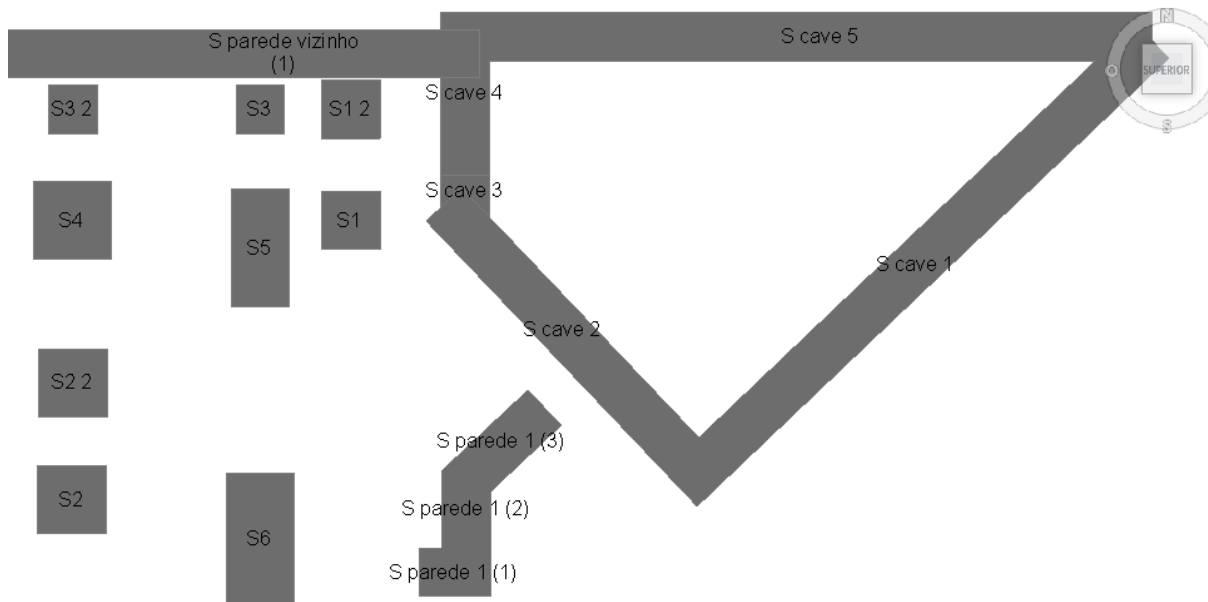


Figura 2- Fundações Estruturais no modelo Revit

Tabela 1- Informação/dados das Fundações Estruturais

Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
S cave 1	501083	Amostra 1	41.70	12.00
S cave 2	501129	Amostra 1	41.70	12.00
S cave 3	533072	Amostra 1	41.70	12.00
S cave 4	532114	Amostra 1	41.70	12.00
S cave 5	533898	Amostra 1	41.70	12.00
S parede 1 (1)	402019	Amostra 2	40.80	13.00
S parede 1 (2)	466514	Amostra 2	40.80	13.00
S parede 1 (3)	466528	Amostra 2	40.80	13.00
S parede 2 (1)	523652	Amostra 3	35.80	12.00
S parede 2 (2)	523671	Amostra 3	35.80	12.00
S parede 3 (1)	402029	Amostra 3	35.80	12.00
S parede 3 (2)	417638	Amostra 3	35.80	12.00
S parede 4	402089	Amostra 3	35.80	12.00
S parede vizinho (1)	528776	Amostra 3	35.80	12.00
S parede vizinho (2)	504982	Amostra 3	35.80	12.00
S parede vizinho (este) (1)	561949	Amostra 3	35.80	12.00
S parede vizinho (este) (2)	502830	Amostra 3	35.80	12.00
S1	466312	Amostra 2	40.80	13.00
S1 2	466348	Amostra 2	40.80	13.00
S1 3	422500	Amostra 3	35.80	12.00
S1 4	403726	Amostra 3	35.80	12.00
S2	404252	Amostra 2	40.80	13.00
S2 2	465753	Amostra 2	40.80	13.00
S2 3	468343	Amostra 3	35.80	12.00
S3	471562	Amostra 2	40.80	13.00
S3 2	402720	Amostra 2	40.80	13.00
S3 3	402988	Amostra 3	35.80	12.00
S3 4	403165	Amostra 3	35.80	12.00
S4	403865	Amostra 2	40.80	13.00
S5	471621	Amostra 2	40.80	13.00
S6	404119	Amostra 2	40.80	13.00
S7	523082	Amostra 3	35.80	12.00

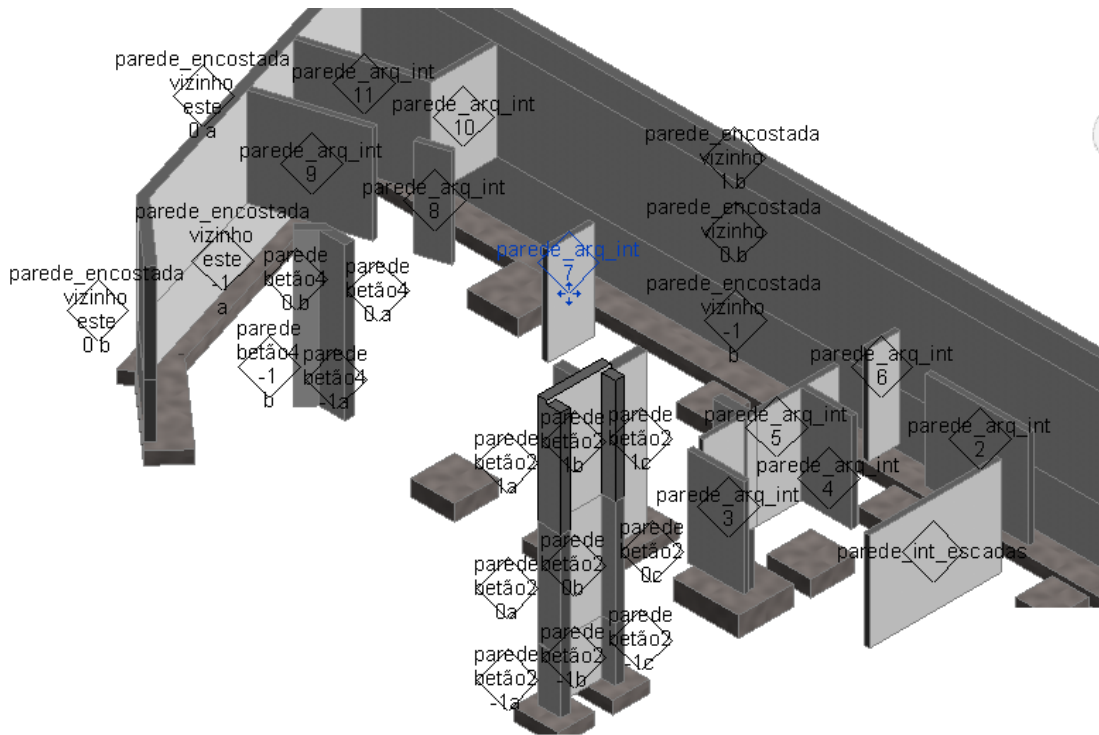


Figura 3- Paredes de betão no modelo Revit

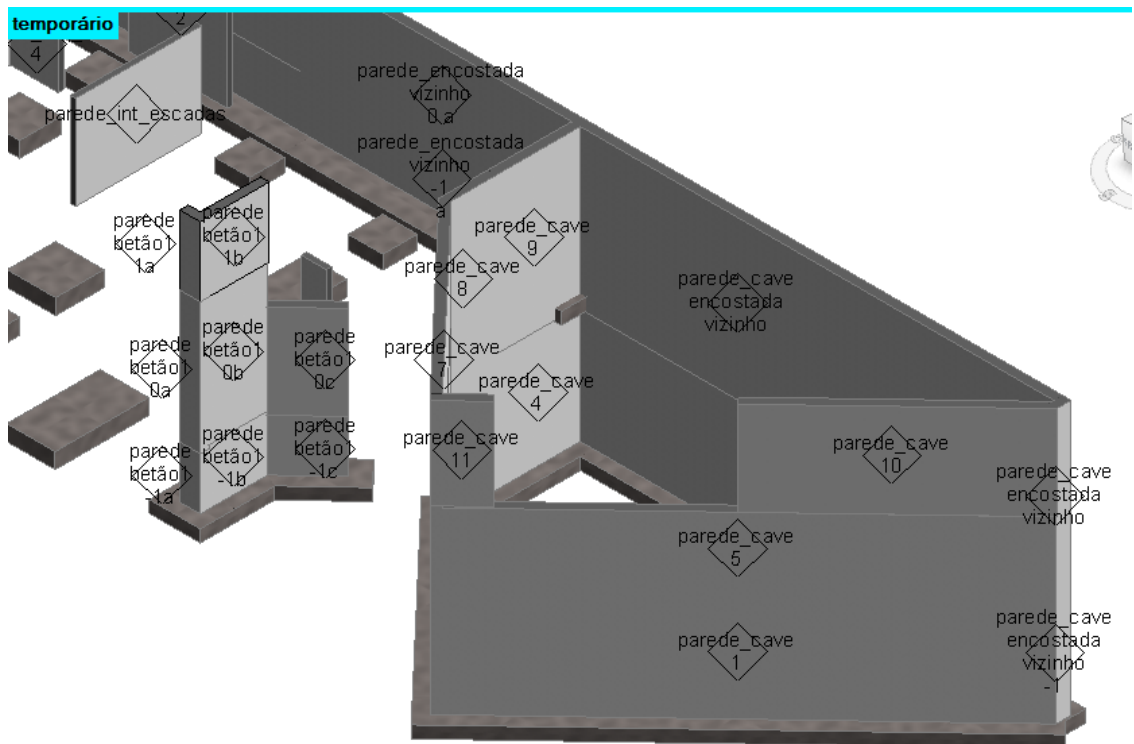


Figura 4- Paredes de betão no modelo Revit

Tabela 2 - Informação/dados das Paredes de betão

Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
parede betão S7 0	552092	Amostra 9	43.90	19.00
parede betão S7 -1	287682	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão1 0a	537889	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão1 0b	538245	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão1 0c	538578	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão1 1a	537011	Não ensaiado	0.00	0.00
parede betão1 1b	537292	Não ensaiado	0.00	0.00
parede betão1 -1a	289221	Amostra 4	38.50	13.00
parede betão1 -1b	450114	Amostra 4	38.50	13.00
parede betão1 -1c	443052	Amostra 4	38.50	13.00
parede betão2 0c	546036	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão2 0a	546149	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão2 0b	551472	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão2 1a	549674	Não ensaiado	0.00	0.00
parede betão2 1b	551685	Não ensaiado	0.00	0.00
parede betão2 1c	549772	Não ensaiado	0.00	0.00
parede betão2 -1c	397914	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão2 -1a	445405	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão2 -1b	550621	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão3 0 a	554137	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão3 0 b	553558	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão3 -1 a	287490	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão3 -1 b	371292	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão4 0 a	555207	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão4 0 b	555671	Amostra 10	49.20	14.00
parede betão4 -1 b	287063	Amostra 5	44.80	12.00
parede betão4 -1 a	287123	Amostra 5	44.80	12.00
parede_arq_int 1	295921	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 10	383977	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 11	289957	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 2	293206	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 3	296151	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 4	292147	Amostra 9	43.90	19.00

Anexos

parede_arq_int 5	292010	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 6	292417	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 7	291359	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 8	290808	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_int 9	290191	Amostra 9	43.90	19.00
parede_arq_window	337042	Amostra 9	43.90	19.00
parede_cave 3	294766	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 4	527998	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 5	561297	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 6	561715	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 1	286730	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 10	532542	Amostra 10	49.20	14.00
parede_cave 11	534425	Amostra 10	49.20	14.00
parede_cave 2	288814	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave 7	530254	Amostra 10	49.20	14.00
parede_cave 8	533823	Amostra 8	40.90	12.00
parede_cave 9	529538	Amostra 8	40.90	12.00
parede_cave encostada vizinho	529135	Amostra 8	40.90	12.00
parede_cave encostada vizinho	530954	Amostra 8	40.90	12.00
parede_cave encostada vizinho -1	286833	Amostra 4	38.50	13.00
parede_cave encostada vizinho -1	317174	Amostra 4	38.50	13.00
parede_encostada vizinho 0 a	558140	Amostra 8	40.90	12.00
parede_encostada vizinho 0 b	557714	Amostra 8	40.90	12.00
parede_encostada vizinho -1 a	528773	Amostra 4	38.50	13.00
parede_encostada vizinho 1 b	558484	Amostra 12	32.00	15.00
parede_encostada vizinho -1 b	285744	Amostra 5	44.80	12.00
parede_encostada vizinho este 0 a	560603	Amostra 8	40.90	12.00
parede_encostada vizinho este 0 b	556362	Amostra 8	40.90	12.00
parede_encostada vizinho este -1 a	557092	Amostra 5	44.80	12.00
parede_encostada vizinho este -1 b	286255	Amostra 5	44.80	12.00
parede_int_escadas	525051	Amostra 9	43.90	19.00

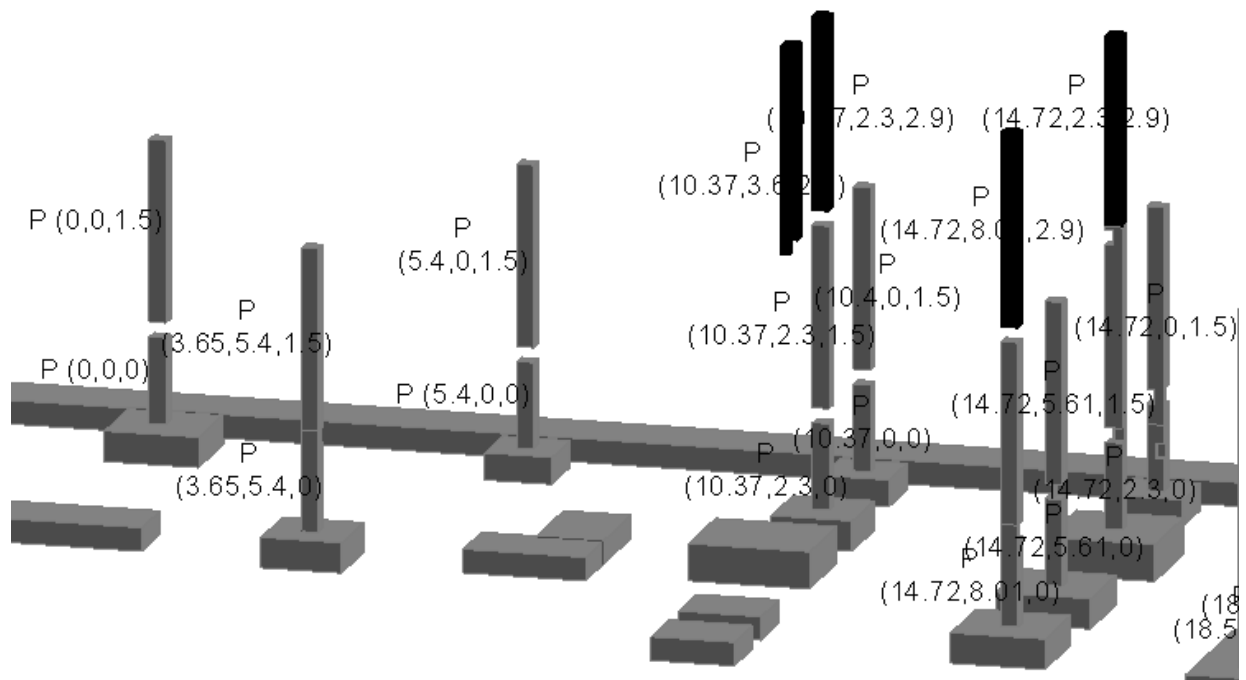


Figura 5- Pilares Estruturais no modelo Revit

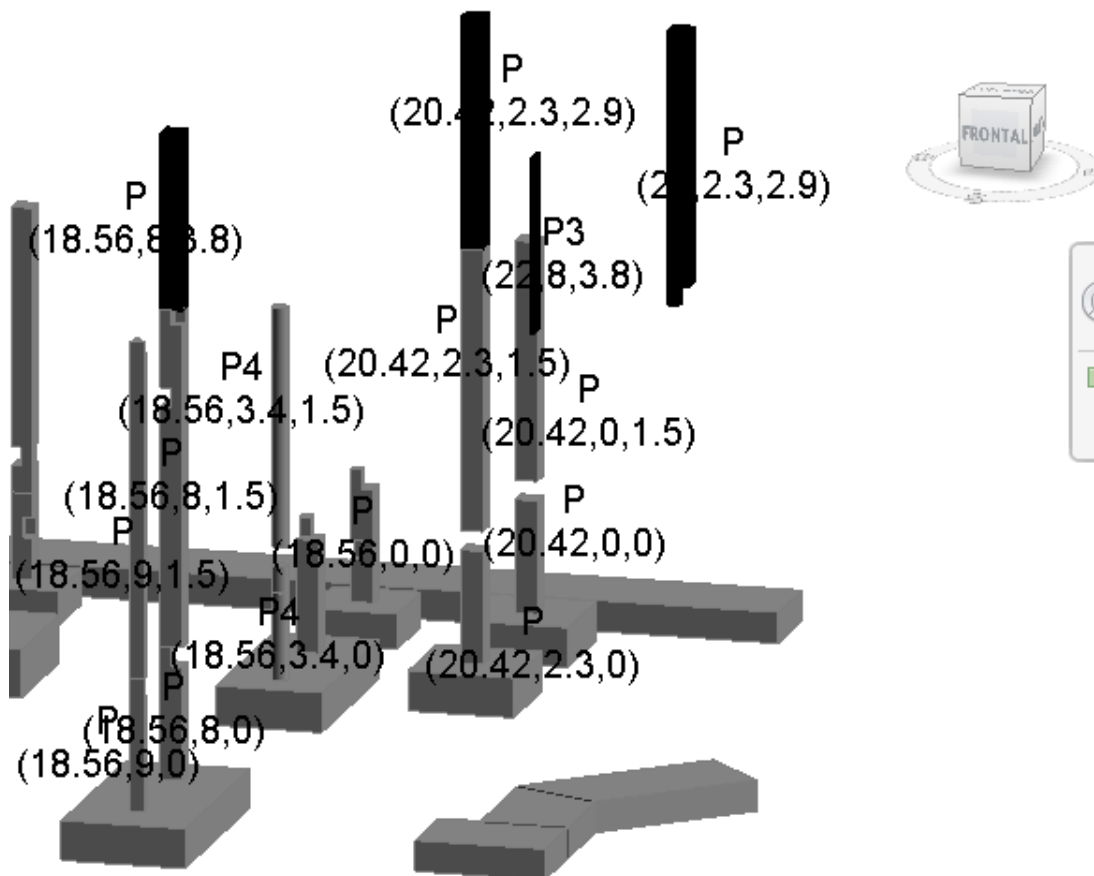


Figura 6- Pilares Estruturais no modelo Revit

Tabela 3 - Informação/dados dos Pilares Estruturais

Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
P (0,0,0)	357672	Amostra 7	39,90	13,00
P (0,0,1.5)	554941	Amostra 7	39,90	13,00
P (10.37,0,0)	356110	Amostra 7	39,90	13,00
P (10.37,2.3,0)	355643	Amostra 7	39,90	13,00
P (10.37,2.3,1.5)	552233	Amostra 7	39,90	13,00
P (10.37,2.3,2.9)	562342	Não ensaiado	0,00	0,00
P (10.37,3.6,2.9)	458048	Não ensaiado	0,00	0,00
P (10.4,0,1.5)	560336	Amostra 7	39,90	13,00
P (14.72,0,0)	355423	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,0,1.5)	559926	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,2.3,0)	355332	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,2.3,1.5)	562285	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,2.3,2.9)	543684	Não ensaiado	0,00	0,00
P (14.72,5.61,0)	433224	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,5.61,1.5)	544667	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,8.01,0)	350950	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,8.01,1.5)	544929	Amostra 4	38,50	13,00
P (14.72,8.01,2.9)	562110	Não ensaiado	0,00	0,00
P (18.56,0,0)	471243	Amostra 4	38,50	13,00
P (18.56,2.3,0)	471373	Amostra 4	38,50	13,00
P (18.56,8,0)	351109	Amostra 4	38,50	13,00
P (18.56,8,1.5)	542111	Amostra 4	38,50	13,00
P (18.56,8,3.8)	540144	Não ensaiado	0,00	0,00

P (18.56,9,0)	434691	Amostra 4	38,50	13,00
P (18.56,9,1.5)	535181	Amostra 4	38,50	13,00
P (20.42,0,0)	427930	Amostra 4	38,50	13,00
P (20.42,0,1.5)	558803	Amostra 4	38,50	13,00
P (20.42,2.3,0)	429646	Amostra 4	38,50	13,00
P (20.42,2.3,1.5)	562174	Amostra 4	38,50	13,00
P (20.42,2.3,2.9)	541113	Não ensaiado	0,00	0,00
P (22,2.3,2.9)	423757	Não ensaiado	0,00	0,00
P (3.65,5.4,0)	349621	Amostra 7	39,90	13,00
P (3.65,5.4,1.5)	554715	Amostra 7	39,90	13,00
P (5.4,0,0)	357098	Amostra 7	39,90	13,00
P (5.4,0,1.5)	560409	Amostra 7	39,90	13,00
P3 (22,8,3.8)	450809	Não ensaiado	0,00	0,00
P4 (18.56,3.4,0)	434219	Amostra 4	38,50	13,00
P4 (18.56,3.4,1.5)	559440	Amostra 4	38,50	13,00

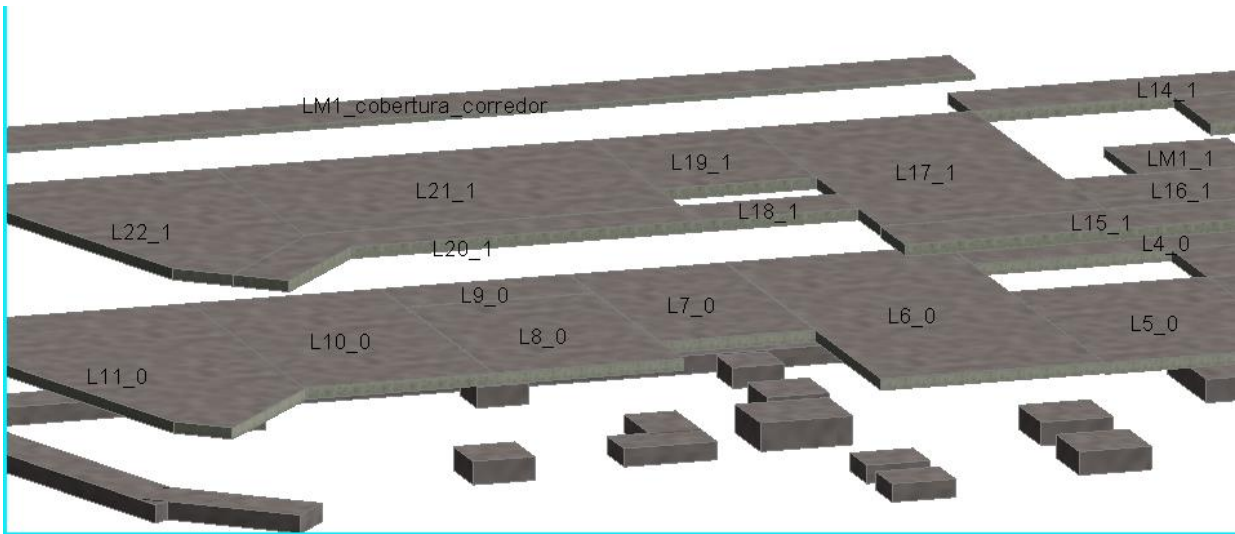


Figura 7- Lajes no modelo Revit

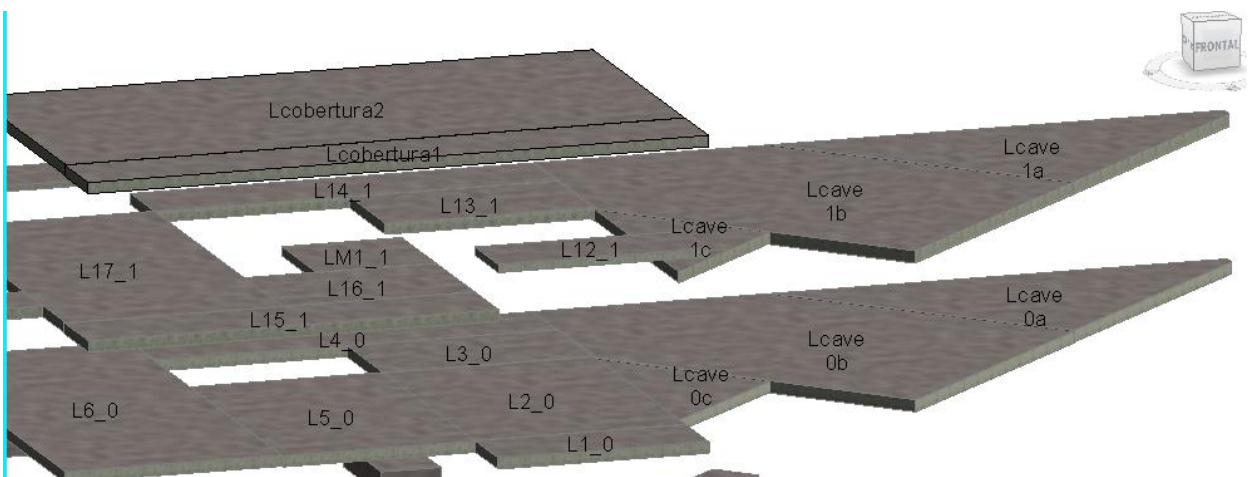


Figura 8- Lajes no modelo Revit

Tabela 4 - Informação/dados das Lajes

Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
L0_-1	472895	Amostra 6	35.20	12.00
L1_0	472988	Amostra 6	35.20	12.00
L10_0	451835	Amostra 6	35.20	12.00
L11_0	468361	Amostra 6	35.20	12.00
L12_1	465023	Amostra 11	35.40	12.00
L13_1	446664	Amostra 11	35.40	12.00
L14_1	446782	Amostra 11	35.40	12.00
L15_1	466681	Amostra 11	35.40	12.00
L16_1	412743	Amostra 11	35.40	12.00
L17_1	407300	Amostra 11	35.40	12.00
L18_1	454491	Amostra 12	32.00	15.00
L19_1	407239	Amostra 12	32.00	15.00
L2_0	472777	Amostra 6	35.20	12.00
L20_1	462984	Amostra 12	32.00	15.00
L21_1	406547	Amostra 12	32.00	15.00
L22_1	405274	Amostra 12	32.00	15.00
L3_0	472821	Amostra 6	35.20	12.00
L4_0	472857	Amostra 6	35.20	12.00
L5_0	472740	Amostra 6	35.20	12.00
L6_0	471641	Amostra 6	35.20	12.00
L7_0	469084	Amostra 6	35.20	12.00
L8_0	469033	Amostra 6	35.20	12.00
L9_0	520792	Amostra 6	35.20	12.00
Lcave 0a	499731	Amostra 6	35.20	12.00
Lcave 0b	499009	Amostra 6	35.20	12.00
Lcave 0c	473037	Amostra 6	35.20	12.00
Lcave 1a	407347	Amostra 11	35.40	12.00
Lcave 1b	448967	Amostra 11	35.40	12.00
Lcave 1c	448203	Amostra 11	35.40	12.00
Lcobertura1	464181	Não ensaiado	0.00	0.00
Lcobertura2	448013	Não ensaiado	0.00	0.00
LM1_1	446625	Amostra 11	35.40	12.00
LM1_cobertura_corredor	410014	Amostra 12	32.00	15.00

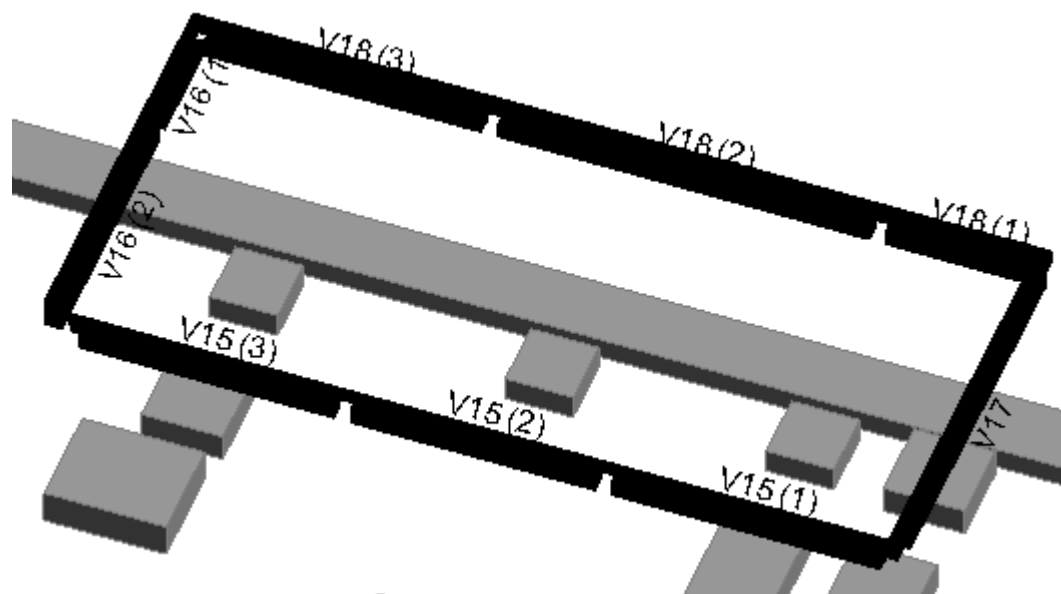


Figura 11- Vigas no modelo Revit

Tabela 5 - Informação/dados das Vigas

Nome	ID Família	Comentários	Resistência à compressão	Slump
V01	361253	Amostra 12	32.00	15.00
V02	361220	Amostra 12	32.00	15.00
V03	361415	Amostra 12	32.00	15.00
V04	360328	Amostra 11	35.40	12.00
V05	360146	Amostra 11	35.40	12.00
V07	429505	Amostra 11	35.40	12.00
V10	362469	Amostra 11	35.40	12.00
V11	360507	Amostra 12	32.00	15.00
V12	444807	Amostra 12	32.00	15.00
V13	444975	Amostra 11	35.40	12.00
V14	360117	Amostra 11	35.40	12.00
V15 (1)	476280	Não ensaiado	0.00	0.00
V15 (2)	447812	Não ensaiado	0.00	0.00
V15 (3)	447655	Não ensaiado	0.00	0.00
V16 (1)	447989	Não ensaiado	0.00	0.00
V16 (2)	458413	Não ensaiado	0.00	0.00
V17	447939	Não ensaiado	0.00	0.00
V18 (1)	447507	Não ensaiado	0.00	0.00
V18 (2)	447306	Não ensaiado	0.00	0.00

Anexos

V18 (3)	447265	Não ensaiado	0.00	0.00
V19 (1)	467177	Amostra 6	35.20	12.00
V19 (2)	467225	Amostra 6	35.20	12.00
V2 (1)	359472	Amostra 12	32.00	15.00
V2 (2)	359727	Amostra 12	32.00	15.00
V2 (3)	359819	Amostra 12	32.00	15.00
V2 (4)	444936	Amostra 12	32.00	15.00
V20	467456	Amostra 6	35.20	12.00
V21	467908	Amostra 6	35.20	12.00
V22 (1)	469222	Amostra 6	35.20	12.00
V22 (2)	469319	Amostra 6	35.20	12.00
V22 (3)	469362	Amostra 6	35.20	12.00
V22 (4)	506667	Amostra 6	35.20	12.00
V23 (1)	469504	Amostra 6	35.20	12.00
V23 (2)	469545	Amostra 6	35.20	12.00
V23 (3)	469581	Amostra 6	35.20	12.00
V23 (4)	469718	Amostra 6	35.20	12.00
V24 (1)	507035	Amostra 6	35.20	12.00
V24 (2)	507003	Amostra 6	35.20	12.00
V24 (3)	470181	Amostra 6	35.20	12.00
V24 (4)	470147	Amostra 6	35.20	12.00
V25	470279	Amostra 6	35.20	12.00
V26 (1)	507240	Amostra 6	35.20	12.00
V26 (2)	507388	Amostra 6	35.20	12.00
V26 (3)	507448	Amostra 6	35.20	12.00
V27	507838	Amostra 6	35.20	12.00
V28 (1)	469981	Amostra 6	35.20	12.00
V28 (2)	469944	Amostra 6	35.20	12.00
V28 (3)	469913	Amostra 6	35.20	12.00
V29 (1)	470898	Amostra 6	35.20	12.00
V29 (2)	508058	Amostra 6	35.20	12.00
V29 (3)	470875	Amostra 6	35.20	12.00
V3	359905	Amostra 12	32.00	15.00
V30 (1)	470646	Amostra 6	35.20	12.00
V30 (2)	470527	Amostra 6	35.20	12.00

V31	473608	Amostra 6	35.20	12.00
V32	494104	Amostra 6	35.20	12.00
V33	494205	Amostra 6	35.20	12.00
V34	494291	Amostra 6	35.20	12.00
V35	494342	Amostra 6	35.20	12.00
V4 (1)	445894	Amostra 11	35.40	12.00
V4 (2)	361809	Amostra 11	35.40	12.00
V4 (3)	361788	Amostra 11	35.40	12.00
V40	514658	Amostra 11	35.40	12.00
V41	508302	Amostra 6	35.20	12.00
V42	362733	Amostra 11	35.40	12.00
V43 (1)	520602	Amostra 6	35.20	12.00
V43 (2)	520552	Amostra 6	35.20	12.00
V43 (3)	447884	Não ensaiado	0.00	0.00
V5	444010	Amostra 11	35.40	12.00
V6 (1)	430127	Amostra 11	35.40	12.00
V6 (2)	363155	Amostra 11	35.40	12.00
V7 (1)	466597	Amostra 12	32.00	15.00
V7 (2)	359978	Amostra 12	32.00	15.00
V7 (3)	361640	Amostra 12	32.00	15.00
V8 (1)	444615	Amostra 11	35.40	12.00
V8 (2)	360078	Amostra 11	35.40	12.00
V8 (3)	369753	Amostra 11	35.40	12.00
V8 (4)	444719	Amostra 11	35.40	12.00
V9	362293	Amostra 11	35.40	12.00

Anexo III – Faseamento construtivo no Navisworks

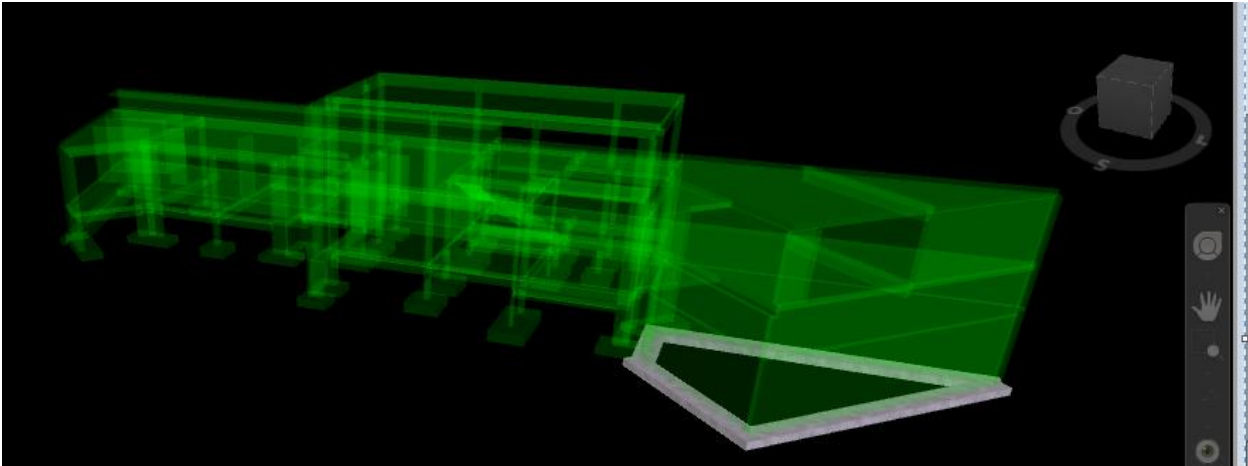


Figura 12- Visualização da primeira betonagem/Amostra no Navisworks

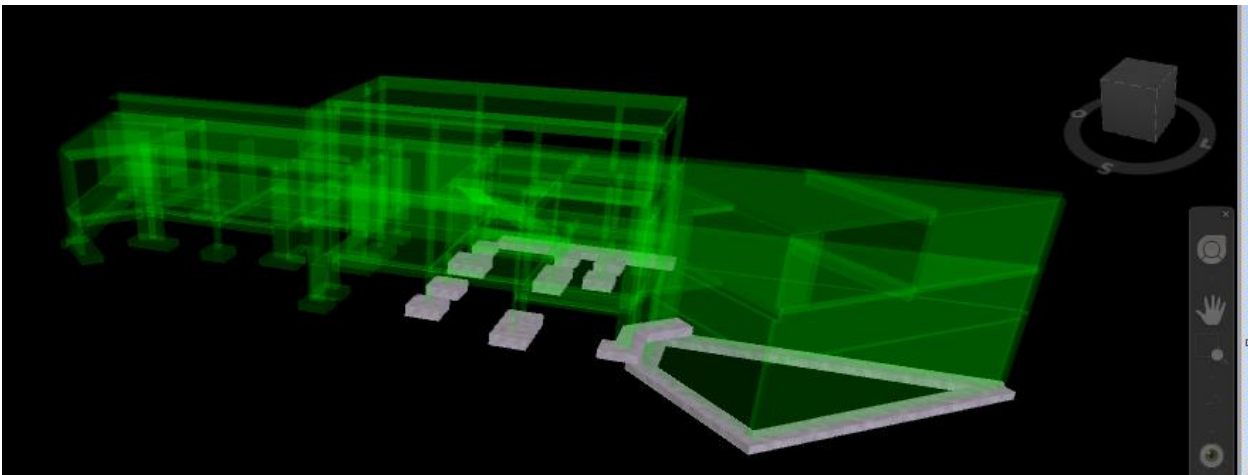


Figura 13- Visualização da segunda betonagem/Amostra no Navisworks

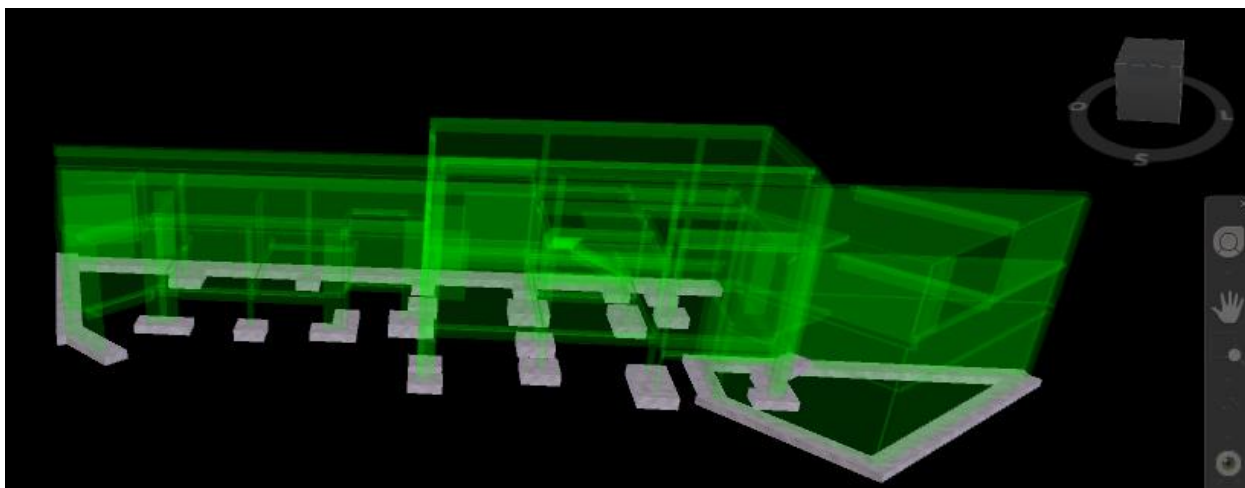


Figura 14- Visualização da terceira betonagem/Amostra no Navisworks

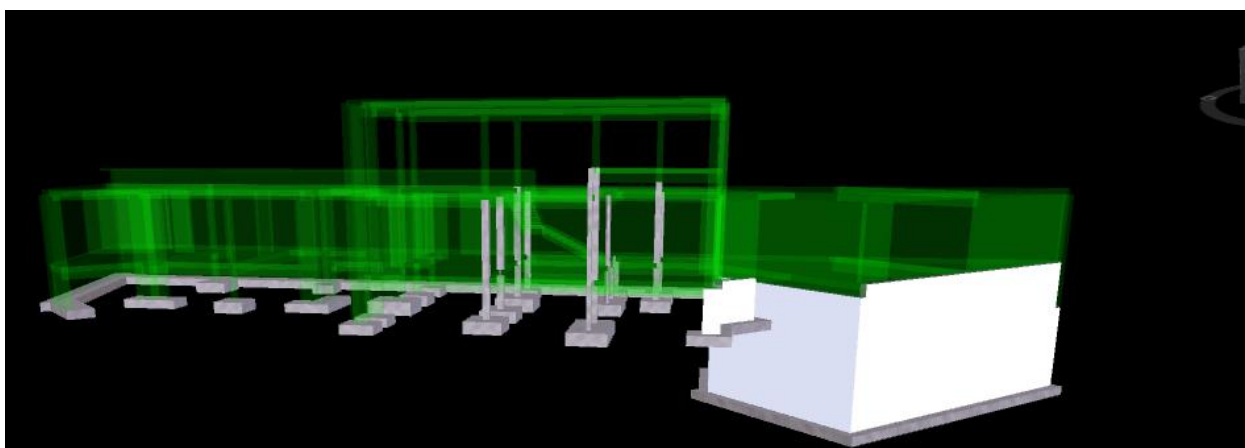


Figura 15- Visualização da quarta betonagem/Amostra no Navisworks

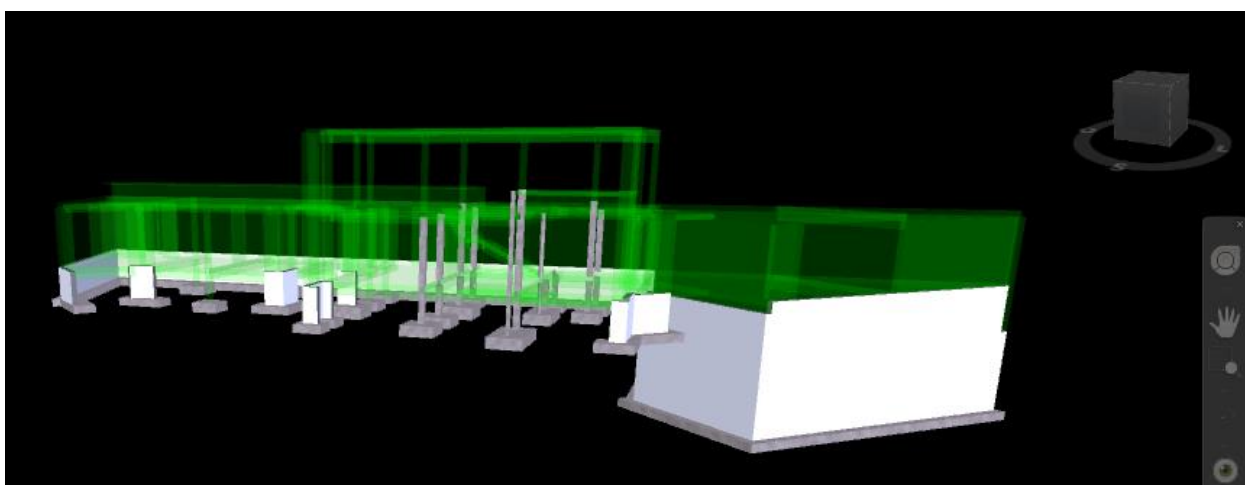


Figura 16- Visualização da quinta betonagem/Amostra no Navisworks

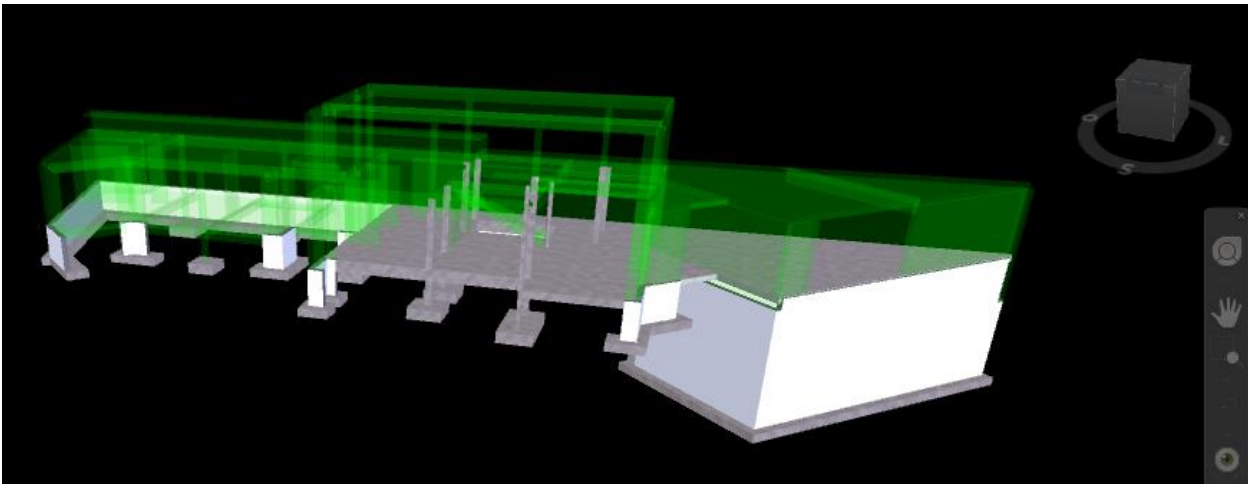


Figura 17- Visualização da sexta betonagem/Amostra no Navisworks

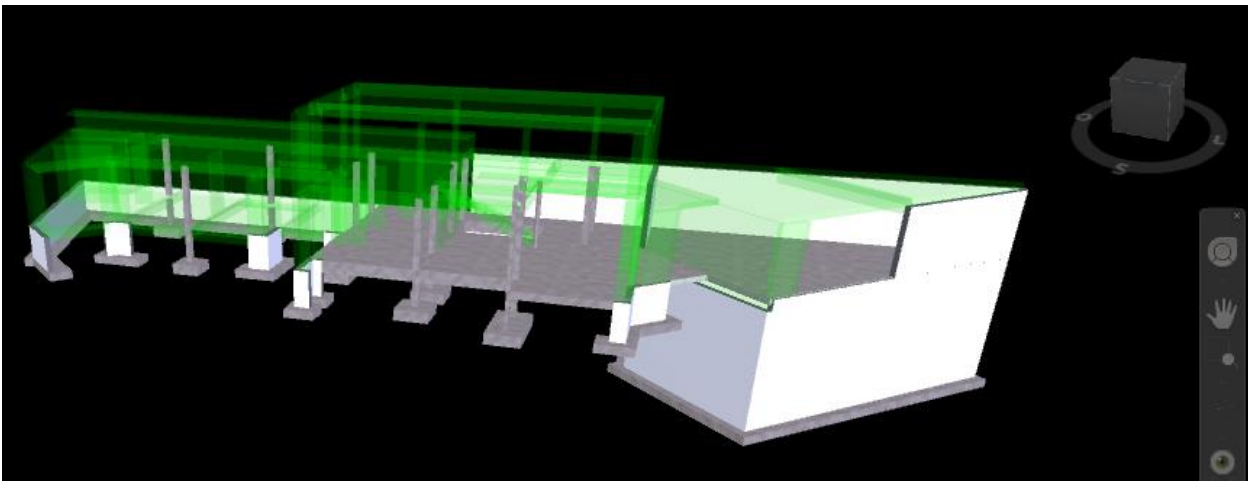


Figura 18- Visualização da setima betonagem/Amostra no Navisworks

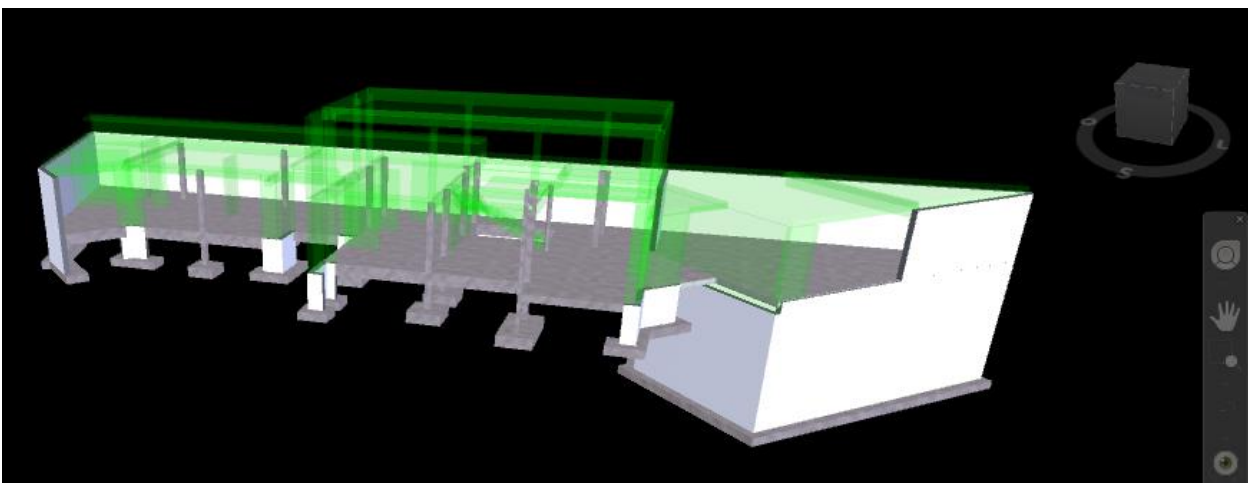


Figura 19- Visualização da oitava betonagem/Amostra no Navisworks

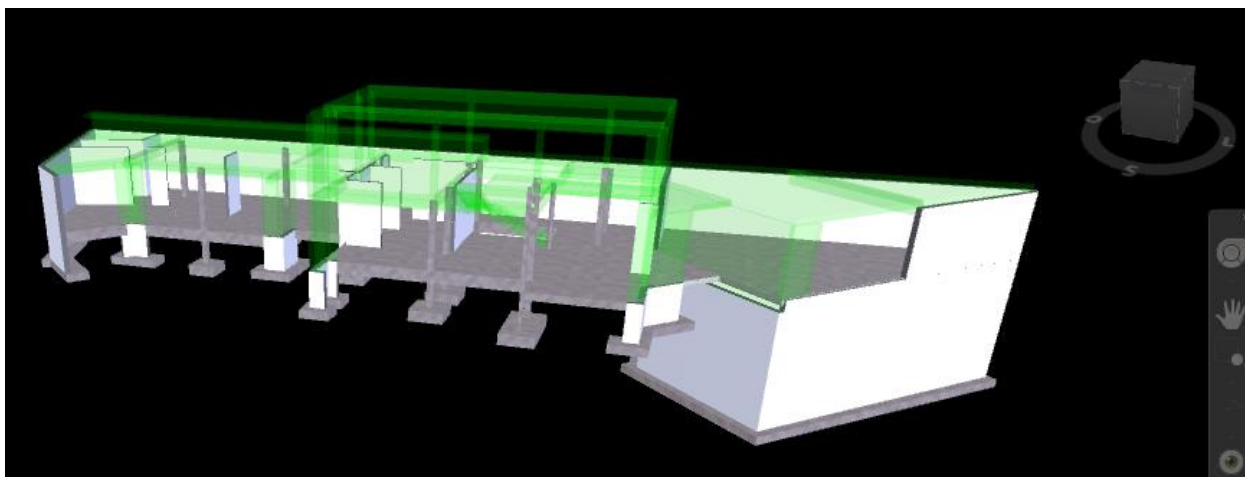


Figura 20- Visualização da nona betonagem/Amostra no Navisworks

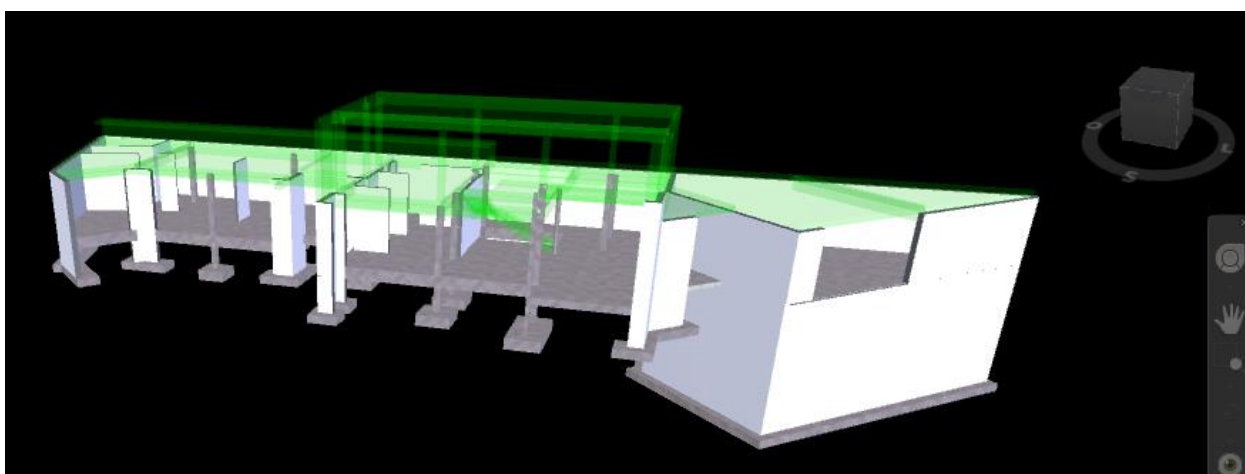


Figura 21- Visualização da décima betonagem/Amostra no Navisworks

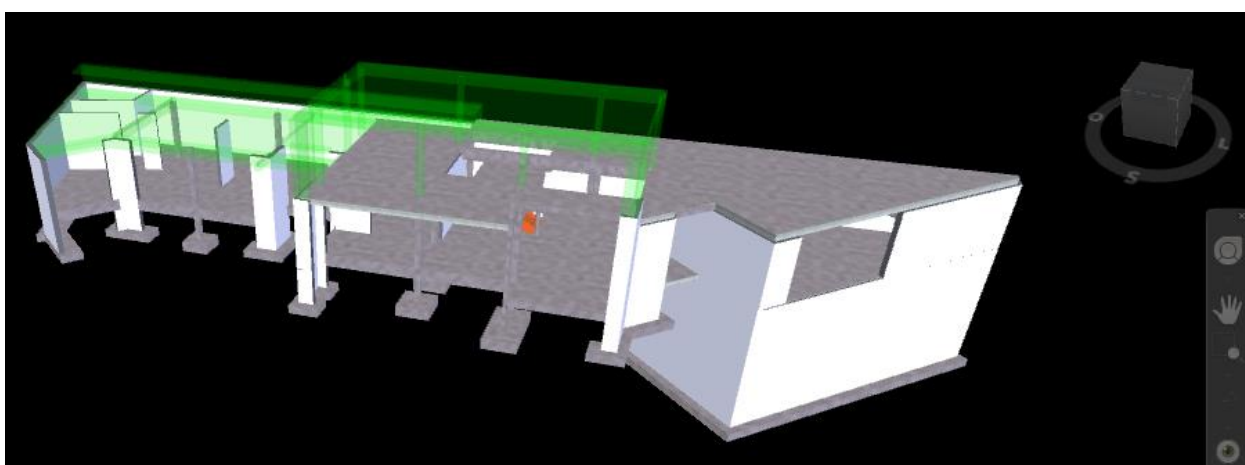


Figura 22- Visualização da décima primeira betonagem/Amostra no Navisworks

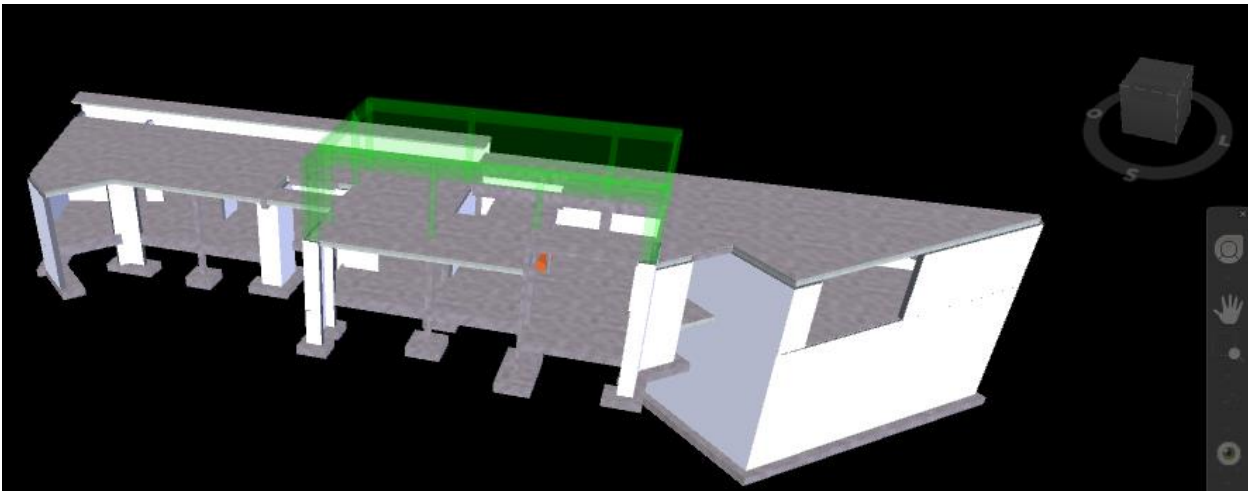


Figura 23- Visualização da décima segunda betonagem/Amostra no Navisworks

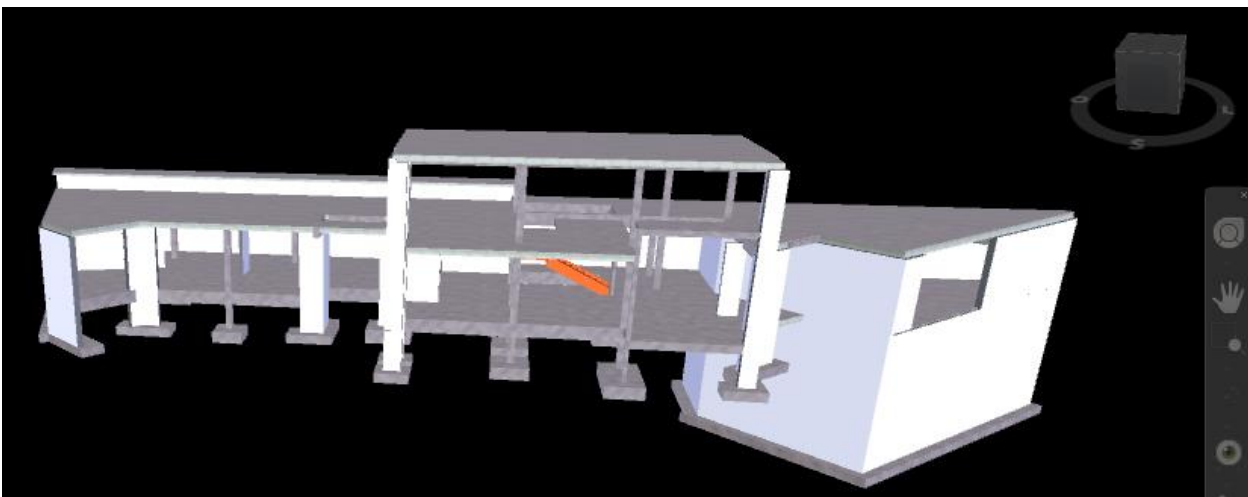


Figura 23- Visualização da décima terceira betonagem/Amostra no Navisworks