

Implementação de Metodologias BIM na Fiscalização de Obras

Aplicação ao caso prático da Reabilitação das Claraboias do Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico

Leonardo Alexandre Marques Varandas

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Aeronáutica Militar, na especialidade de Engenharia de Aeródromos

Orientadores:

Professora Doutora Ana Paula Martins Falcão Flor

Professor Doutor Carlos Oliveira Cruz

Major Eng.º De Aeródromos Luís Filipe Magalhães Pereira

Júri

Presidente: BGen Eng.º De Aeródromos António Maria Afonso Marcos

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Martins Falcão Flor

Vogal: Professor Doutor Alexandre Bacelar Gonçalves

Outubro de 2022

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Esta dissertação é o culminar de um longo percurso, iniciado em 2014 com a entrada no mestrado integrado na especialidade de Engenharia de Aeródromos na Academia da Força Aérea, e que termina agora em 2022 no Instituto Superior Técnico. Todo este trabalho não seria possível de realizar sem o enorme apoio de todas as pessoas à minha volta que me acompanharam ao longo destes anos.

Antes de mais gostaria de agradecer à minha família e amigos, a todos os camaradas do meu curso, HURAKANS, e a muitos outros que sempre estiveram comigo e me apoiaram em todos os momentos, simples e complicados, este percurso é também deles, que sempre estiveram presentes mesmo sem eu pedir.

Agradecimento obrigatório às pessoas diretamente envolvidas no desenvolvimento desta dissertação: aos orientadores, Professora Doutora Ana Paula Falcão, Professor Doutor Carlos Oliveira Cruz e Major Luís Pereira, por toda a ajuda, orientação e paciência durante todo o projeto. Ao engenheiro José Fonseca e ao engenheiro Pedro Sanches, pela disponibilidade e pelo fornecimento de dados essenciais para o desenvolvimento da dissertação. Mais uma vez ao Major Luís Pereira, diretor de curso, pelo apoio e paciência, principalmente nas fases mais complicadas do meu percurso.

Resumo

O *Building information Modelling* (BIM) é uma metodologia que atualmente é cada vez mais utilizada na indústria da construção. É de conhecimento geral que o BIM tem grandes vantagens em fase de projeto, na coordenação das diversas especialidades e calendarização e na gestão dos edifícios, facilitando a gestão de ativos e o planeamento de ações de manutenção. Surgiu o desafio de verificar se seria vantajoso utilizar esta metodologia na fiscalização de obras, etapa muito importante e fundamental durante a fase de construção que garante a conformidade do projeto.

Neste seguimento, vai então ser acompanhada a reabilitação das claraboias do Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico. Vão ser recolhidos os dados da fiscalização, que vão ser inseridos na metodologia BIM, e depois analisadas quais as eventuais vantagens e desvantagens desta metodologia na fiscalização de obras.

Palavras-chave

Building Information Modelling (BIM); Fiscalização; Navisworks; Edifício público.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is an increasingly used methodology in the construction industry. It is common knowledge that BIM has great advantages in the design phase, in the coordination of the different specialties and scheduling, and, in the management of buildings, facilitating the management of assets and the planning of maintenance actions. The challenge arose of verifying whether it would be advantageous to use this methodology in the supervision of works, a very important and fundamental step during the construction phase that guarantees the compliance of the project.

In this follow-up, the rehabilitation of the skylights of the Civil Pavilion of Instituto Superior Técnico will be monitored. The inspection data will be collected, which will be inserted into the BIM methodology, and then the possible advantages and disadvantages of this methodology in the inspection of works will be analyzed.

Keywords

Building Information Modeling (BIM); Works supervision; Navisworks; Open and public building.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice de figuras	vii
Índice de tabelas	ix
Lista de acrónimos e abreviaturas	x
1. Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Estrutura	2
2. Revisão de Literatura	3
2.1 Conceito de BIM	3
2.1.1 Níveis de Complexidade do BIM	3
2.1.2 “N” Dimensões do BIM	6
2.2 BIM na fiscalização	7
3. Metodologia	11
4. Caso de estudo – Reabilitação das Claraboias do Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico	13
4.1 Descrição do caso de estudo	13
4.1.1 Descrição da situação existente	14
4.1.2 Projeto de reabilitação	16
4.1.3 Período de execução	19
4.1.4 Modelação geométrica	22
4.1.5 Exportação para o software de análise	27
4.1.6 Fiscalização em BIM	28
4.1.7 Fiscalização tradicional	30
4.1.8 Análise comparada segundo os pilares custo, tempo e qualidade	31
5. Conclusões	33
5.1 Considerações finais	33
5.2 Desenvolvimentos Futuros	33
Referências bibliográficas	I
Anexos	III
Anexo A - Custos	III
Anexo B – Planta das Claraboias	V
Anexo C – Corte Transversal das Claraboias	VI
Anexo D – Pormenor em Planta do Canto	VII
Anexo E – Especificações Técnicas da Empreitada	VIII
Anexo F – Notas Engenheiro Fonseca	XIV

Índice de figuras

Figura 1 – Nível de detalhe dos modelos BIM (LOD).....	4
Figura 2 – Representação do nível de precisão (LOA).....	4
Figura 3 - Dimensões do BIM.....	7
Figura 4 – Relação entre os três grandes pilares da construção.....	10
Figura 5 – Representação metodológica do fluxo de trabalho.....	11
Figura 6 – Localização do pavilhão de Engenharia Civil do Campus da Alameda do IST, vista de sudeste para noroeste.....	13
Figura 7 – Planta da cobertura do Pavilhão de Civil com claraboias numeradas.....	14
Figura 8 – Claraboias do corpo nascente.....	14
Figura 9 – Exterior das claraboias com rede.....	15
Figura 10 - Perspetiva interior das claraboias.....	15
Figura 11 - Novos painéis a colocar.....	15
Figura 12 – Planta planeada de vãos a intervir.....	17
Figura 13 - Plano de trabalhos detalhado da intervenção a realizar nas claraboias.....	18
Figura 14 - Estrutura interna das chapas de policarbonato.....	19
Figura 15 – Obra a dia 8 de Março (remoção dos rufos metálicos).....	20
Figura 16 - Planeamento inicial e planeamento executado.....	21
Figura 17 – Vista do topo da CI3 com painéis novos.....	22
Figura 18 - Vista plana com indicação das ocupações dos espaços disponível nos documentos de gestão.....	23
Figura 19 - Vista plana do modelo BIM.....	23
Figura 20 - Vista transversal do modelo BIM, correspondente ao alçado norte.....	24
Figura 21 - Vista completa do modelo BIM.....	24
Figura 22 - Topo das claraboias modelado em CAD 3D.....	25
Figura 23 - CL06 alterada, por forma a ser possível observar estrutura metálica modelada.....	25
Figura 24 - Modelo Revit com claraboias já modeladas.....	26
Figura 25 - Painéis de topo e central modelados separadamente.....	26
Figura 26 - Modelo 3D painel a painel da claraboia CL01.....	27
Figura 27 - Vista do modelo no Navisworks.....	28

Figura 28 - Navisworks com o <i>timeliner</i>	29
Figura 30 - Notas diárias de fiscalização tradicional	30

Índice de tabelas

Tabela 1 – Valores limite (alcance superior e inferior) associados aos níveis de precisão (LOA).....5

Lista de acrónimos e abreviaturas

AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado

BIM - *Building Information Modelling*

CEN – European Committee for Standardization

CT197 – Comissão Técnica 197

DECIVIL – Departamento de Engenharia Civil

IST – Instituto Superior Técnico

LOA - *Level of Accuracy*

LOD - *Level of Detail;*

LOD_t - *Level of Development*

LOI - *Level of Information*

ONS/IST – Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico

POSEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos

1. Introdução

1.1 Motivação

O conceito de *Building Information Modelling* (BIM) tem vindo a ser cada vez mais aplicado em vários sectores, nomeadamente na indústria da construção. Nas várias etapas do ciclo de vida de um edifício é maioritariamente aplicado em fase de projeto, permitindo a antevisão de problemas que só viriam a ser detetados em fase de construção, tais como os conflitos existentes entre as diversas especialidades como arquitetura, estrutura, rede elétrica, rede de águas e AVAC. Este método é conhecido como *clash detection*, poupando tempo e dinheiro e permitindo uma leitura mais clara do produto final. Quando aplicado na gestão e manutenção do edifício, é possível através do BIM analisar o custo do ciclo de vida do edifício, facilitando o planeamento de ações de manutenção.

A fiscalização de obras é uma etapa muito importante, senão das mais importantes, para garantir a conformidade e qualidade da construção, mas é feita de uma forma bastante tradicional e sem recurso a tecnologia digital. Assenta principalmente no controlo de três grandes pilares: qualidade, custo e tempo, com recurso a registos escritos à mão que são depois arquivados. A utilização do BIM nesta etapa da construção surge como uma nova abordagem ao tema da fiscalização, com um possível potencial de a melhorar e inovar.

1.2 Objetivos

O objetivo desta dissertação consiste em avaliar de que modo a metodologia BIM pode melhorar o processo de fiscalização relativamente ao modo tradicional. A concretização do objetivo depende da realização dos seguintes trabalhos:

- construção do modelo geométrico.
- exportação do modelo para software de análise.
- simulação de fiscalização em BIM.
- recolha de dados de fiscalização tradicional.
- análise de resultados.

O caso de estudo é a reabilitação das claraboias do pavilhão de civil do Instituto Superior Técnico. A intervenção ocorreu no conjunto das 6 claraboias existentes, com um total de 140 painéis com uma área de cerca de 750m². Esta intervenção tem complexidade suficiente para verificar se é possível melhorar o processo de fiscalização com o BIM, no entanto, não é complexa ao ponto de ser necessário um tratamento de dados exaustivo devido a um grande número de tarefas e processos construtivos.

1.3 Estrutura

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos e seis anexos. No presente capítulo é feita uma introdução geral ao tema, descrita a motivação e identificados os objetivos a atingir.

No segundo capítulo é feita a revisão da literatura e são apresentados os principais conceitos relacionados com a abordagem BIM e a sua aplicação à etapa da fiscalização no contexto do ciclo de vida dos edifícios. A exposição termina com a identificação de vantagens e desvantagens, face aos procedimentos tradicionais, listadas em trabalhos similares.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia desenvolvida na dissertação.

O quarto capítulo é inteiramente dedicado ao caso de estudo. Inicia-se com a caracterização da área intervencionada, descrição das tarefas propostas na reabilitação do espaço e o acompanhamento e os resultados da intervenção. No mesmo capítulo é ainda descrito como foram modelados os diversos elementos, tanto em AutoCad como em Revit, assim como a exportação do modelo para o Navisworks e a sua posterior análise.

Ainda no quarto capítulo é feita uma menção à fiscalização tradicional, e como a metodologia BIM pode melhorá-la, facilitando a fiscalização e ainda garantindo que toda a informação fica disponível no mesmo lugar. Neste capítulo é feita uma análise comparativa segundo os pilares custo, tempo e qualidade.

No quinto capítulo encontram-se as conclusões do trabalho efetuado, assim como uma sugestão de trabalhos a desenvolver no futuro.

Os anexos contêm informação suplementar, que fornecem mais detalhes e informação para melhor compreensão do trabalho efetuado.

2. Revisão de Literatura

2.1 Conceito de BIM

O BIM é usado para documentar *designs* de infraestruturas e edifícios e todos os detalhes de um edifício podem ser modelados. O modelo pode ser usado para analisar, explorar e simular várias opções, e permite a criação de visualizações que permitem aos investidores e a todos os envolvidos verem como irá ser o produto final (Autodesk, 2020). No caso de se tratar de um edifício pré-existente, os detalhes que podem ser modelados vão depender da informação disponível.

BIM é um processo que começa com a criação de um modelo 3D inteligente e permite a gestão de documentos, coordenação e simulação durante o ciclo de vida do projeto, está presente nas diferentes fases (Eadie et al., 2013):

- Planeamento – criação de modelos do ambiente, tanto natural como urbano, onde se vai inserir a posterior modelação do modelo, por forma a criar um contexto mais realista;
- *Design* – análise do *design* conceptual, uso da informação do BIM para iniciar o processo de pré-construção;
- Construção – início da construção com as especificações presentes no modelo BIM, a logística do projeto é partilhada com os diversos intervenientes para garantir a máxima eficiência;
- Operação e manutenção – os dados do BIM permitem prever diversas operações de manutenção, estes dados também podem ser utilizados para reconstruções e demolições eficientes.

2.1.1 Níveis de Complexidade do BIM

A construção dos modelos BIM implica a escolha de um conjunto de definições, descritos através do nível de detalhe geométrico (*Level of Detail*), de informação (*Level of Information*), de precisão (*Level of Accuracy*) e de desenvolvimento (*Level of Development*).

O *Level Of Detail* (LOD) é uma classificação do detalhe da representação gráfica do modelo. Normalmente faz-se referência a conjuntos de níveis incrementais, como se pode ver na Figura 1, que inclui detalhes geométricos extensos do objeto assim como as suas ligações. Este detalhe vai de pura informação visual, referente à forma ou aparência generalizada do objeto, a uma representação geométrica precisa, que contém o tamanho, forma e posição, e a correspondente informação funcional.

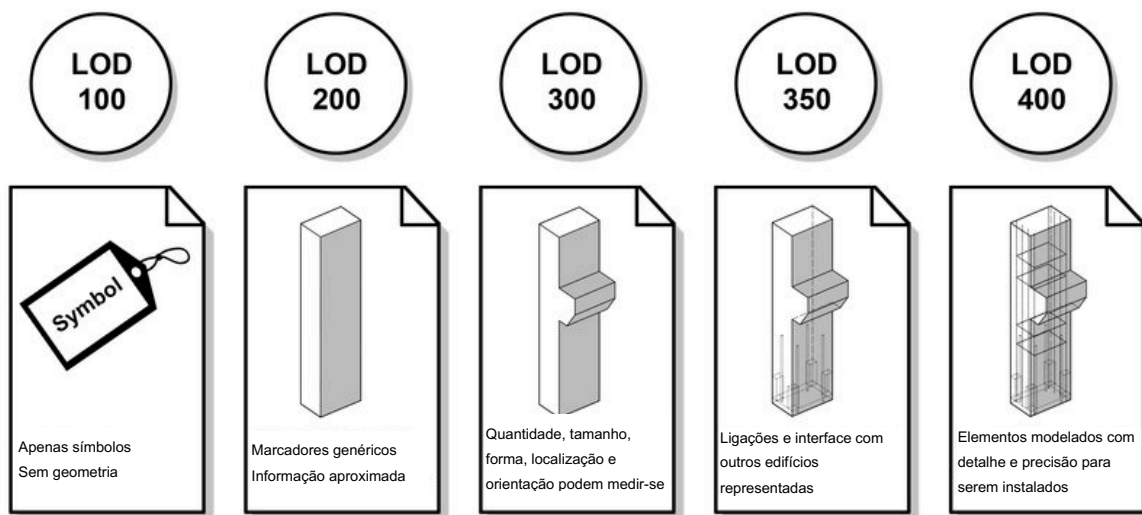


Figura 1 – Nível de detalhe dos modelos BIM (LOD)

O *Level Of Information* (LOI) é definido em função da existência de dados descritivos dos objetos do modelo. Os níveis de LOI vão desde um elemento não classificado até um modelo que inclui todas as especificações de materiais e as fontes de dados associadas. Este descritor percorre uma longa escala que começa com a simples representação da funcionalidade de um elemento até uma descrição exaustiva de múltiplos atributos (Machete et al., 2021)

O *Level Of Accuracy* (LOA) contém duas características. Descreve a precisão dos dispositivos de aquisição de informação e descreve também o grau de generalização espacial na conversão da nuvem de pontos para um objeto no modelo. Todos estes níveis de complexidade são essenciais para a descrição geométrica, informação gráfica e não gráfica nos modelos existentes. Dependendo do propósito específico de aplicação do BIM, podem ser consideradas diferentes abordagens com diferentes níveis de complexidade.

Através da Figura 2 e da Tabela 1 pode-se perceber melhor este conceito.

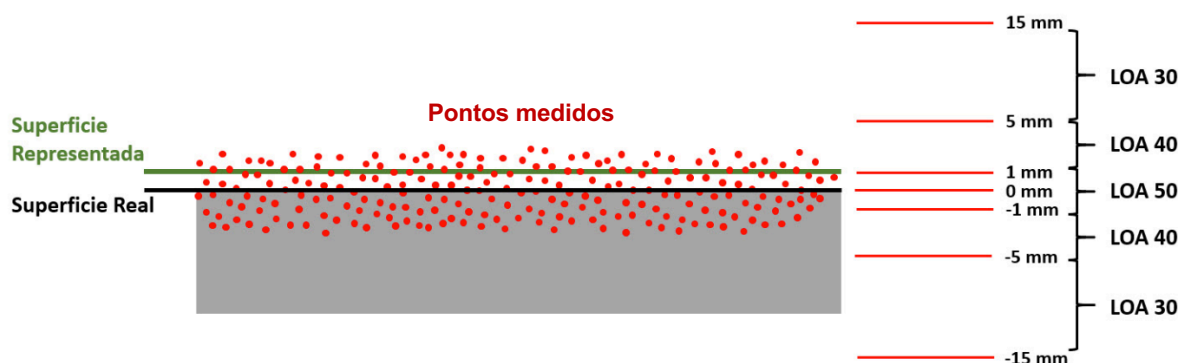


Figura 2 – Representação do nível de precisão (LOA)

Nível	Alcance Superior	Alcance Inferior
LOA 10	Definido pelo utilizador	5 cm
LOA 20	5 cm	15 mm
LOA 30	15 mm	5 mm
LOA 40	5 mm	1 mm
LOA 50	1 mm	0

Tabela 1 – Valores limite (alcance superior e inferior) associados aos níveis de precisão

Por fim, o *Level Of Development* (LOD_t) refere-se ao conteúdo e fiabilidade do modelo desenvolvido nas várias fases durante o processo de design e construção, especificando a complexidade e os dados associados contidos no modelo. A escala do LOD_t vai desde simples modelos conceptuais até representações altamente precisas, que incluem detalhes específicos como o fabricante e modo de instalação. Alguns modelos possuem descritivos de quantidades, tamanho, forma e localização e orientação dos diversos elementos do edifício não apenas planeados mas exatamente como serão construídos. Este nível de pormenor é necessário para planear ações de operação e manutenção do edifício (Machete, et al., 2021).

A escala de LOD_t é definida por:

- LOD_t 100 – os elementos são representados por símbolos ou outras representações genéricas, mas não com a sua localização, forma ou tamanho exatos. Fornece principalmente informação de massa e volume.
- LOD_t 200 – os elementos são graficamente representados no modelo como objetos genéricos, com formas, tamanhos, quantidades, localizações e orientações aproximadas. Pode ser anexada informação não gráfica aos elementos para ajudar a estimar custos.
- LOD_t 300 – as formas, tamanhos, quantidades, localizações e orientações podem ser medidas no modelo BIM, sem a necessidade de referenciar informação não gráfica. Este nível é suficiente para criar modelos de análise estrutural e desenhos para fornecedores, assim como mapas de quantidade e de trabalho.
- LOD_t 350 – em adição ao já presente no nível anterior, existe a possibilidade de modelar partes acessórias, como itens de conexão e suporte, aos elementos modelados.
- LOD_t 400 – os elementos são representados graficamente completamente detalhados e com precisão no modelo, e incluem todas as estruturas primárias e secundárias de suporte. Inclui também informação completa relativamente ao fabrico, montagem e detalhes para a instalação dos componentes.

2.1.2 “N” Dimensões do BIM

Existem diversas opiniões no que diz respeito às dimensões do BIM, sendo que o maior consenso define que existem as dimensões 3D, 4D, 5D e 6D e acima, Figura 3. Apresenta-se apenas a título de exemplo, não vinculativo, possíveis definições das dimensões 6D, 7D e 8D. (Koutamanis, 2020)

- BIM 3D – a representação básica da geometria sustenta a definição. A geometria e posição de qualquer elemento pode ser descrito na sua totalidade com base nas três dimensões geométricas.
- BIM 4D – o tempo é o óbvio candidato para a quarta dimensão. É informação primária e determina a história de um elemento. A quarta dimensão pode-se definir como uma lista de eventos sequenciais, incluindo todos os marcos no projeto, construção, manutenção e uso dos objetos representados, no que diz respeito tanto a mudanças ao objeto em si, como ao ambiente em que o mesmo está inserido. A calendarização da construção é a principal aplicação do BIM 4D, aplicando diversas fases temporais a diferentes fases de construção e os seus elementos.
- BIM 5D – a escolha que reúne um maior consenso para a quinta dimensão é o custo. O problema inicial com o custo, é que este abrange vários níveis. Por exemplo, pode-se referir a preço do material, componentes ou elementos (ex.: janelas). Estes preços unitários são considerados dados primários no entanto, o custo de juntar todos estes elementos numa parte do edifício ou até em todo o edifício é uma tarefa complexa que envolve fatores geométricos, económicos, entre outros, pelo que se torna mais difícil de introduzir no modelo. O custo relaciona-se com tarefas e não com elementos isolados. Os preços unitários, podem e devem ser adicionados como informação primária aos respetivos símbolos.
- BIM 6D e acima – a partir deste ponto, não existe um consenso e, vários aspetos de desempenho do edifício podem ser considerados, tais como: sustentabilidade, energia, operação, segurança e acústica. Outro candidato como dimensão é o *facility management*, que pode adicionar propriedades primárias aos objetos, como descrições dos seus estados durante as inspeções. Estas propriedades podem ser bastante úteis para diversas tarefas como a manutenção por exemplo. Vai ser apresentada uma definição possível para as dimensões 6D, 7D e 8D.
- BIM 6D – segundo Nical et al (2016), o *facility management* é a sexta dimensão do BIM. Um fluxo de informação coeso é crucial e deve ser um objetivo primário desde o início de qualquer construção até à fase de operação. O BIM permite a rápida localização dos recursos do edifício, uma fácil gestão do espaço, melhor planeamento de intervenções e a sua viabilidade e estudos de manutenção.
- BIM 7D – Andreani et al (2019) afirma que o BIM aponta para um design sustentável, principalmente porque permite o controlo expedito de grandes quantidades de dados pertencentes a diferentes disciplinas associados ao projeto, facilita a organização de

funções e processos integrados e permite a comparação quantitativa dos diversos designs das fases preliminares.

- BIM 8D – a oitava dimensão do BIM adiciona informação de segurança ocupacional ao modelo geométrico do edifício, durante a fase de design e de execução. O BIM permite a modelação dos elementos permanentes do edifício assim como as estruturas temporárias necessárias no local de construção, como vedações, áreas de armazenamento, máquinas, etc.. Todos os elementos podem ser visualizados realisticamente ao usar renderização em tempo real e num ambiente imersivo se for usada realidade virtual. A segurança ocupacional no local de construção também pode ser melhorada com a aplicação de testes de colisão (*clash detection*), (Sampaio et al.).



Figura 3 - Dimensões do BIM

2.2 BIM na fiscalização

A fiscalização é um tópico de importância fundamental na indústria da construção. O diretor de fiscalização é uma posição muito influente tanto em obra como fora dela. É a pessoa que garante as boas práticas de construção, nomeadamente em termos de processos construtivos e de materiais aplicados, que garante a segurança, e que pode levar à satisfação ou insatisfação do cliente (Rounds & Jr., 2011).

O trabalho do diretor de fiscalização é complexo e requer que o mesmo tenha capacidades e conhecimentos extensivos de ler, interpretar e executar contratos de construção. Deve ser capaz de planear, calendarizar e coordenar o trabalho do projeto, perceber os custos da construção, e a interação entre o custo, prazos, produção e qualidade, mantendo sempre um ambiente de segurança no trabalho.

O BIM tem vindo a desenvolver-se há mais de uma década um pouco por todo o mundo. Os países desenvolvidos estão numa posição líder na pesquisa e na sua aplicação e o governo tem um papel importante em acelerar o processo de implementação do BIM (Pérez-Garcia, et al., 2021).

Durante o período de *design*, podem ser ajustados os parâmetros para garantir a racionalidade geral do *design* do edifício. Ao mesmo tempo, durante a fase de construção, é necessário obter os dados básicos do projeto quando necessário, de modo a que ambas as partes, da construção e do projeto, consigam sincronizar a informação temporalmente. Com uma base de dados detalhada, é possível perceber o controlo de custos dinâmico de todo o processo, e controlar com eficiência o risco do projeto. A tecnologia BIM é utilizada para carregar na plataforma informação dos dados do projeto em tempo real. Através do ajuste, adição e alteração desta informação, a situação geral do projeto pode ser representada de uma maneira precisa. Depois, através da correlação com os dados, podem ser tomadas decisões de controlo de custos e de qualidade, por forma a melhorar a qualidade do projeto, reduzindo os custos indiretos e aumentando o lucro do projeto. A calendarização do projeto é também controlada através de software BIM, através do BIM 4D, que resulta da combinação do modelo 3D com o fator tempo, como já foi referido anteriormente. O progresso real da construção e o que está calendarizado no BIM são comparados em tempo real. Este método é usado para o controlo visual e dinâmico do progresso de construção, garantindo assim a gestão do progresso da construção.

Em Portugal a normalização BIM é da responsabilidade da Comissão Técnica (CT) 197, coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST) que tem como missão desenvolver a normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção e acompanhar os desenvolvimentos do CEN/TC 442, comité Técnico do CEN (European Committee for Standardization) relativo à normalização BIM. (Leading Change in Construction Management, 2016)

Os Estados Unidos prepararam o primeiro “national standard of BIM”. Comparado com países desenvolvidos da Europa e os Estados Unidos, o interesse pelo BIM na China começou tarde, com o governo chinês e as escolas a fazerem investigações extensivas relacionadas com o BIM, que consistiam em analisar o potencial da metodologia nas diversas fases da construção. Esta abordagem foi aplicada com sucesso em vários projetos de grande escala na China, como é o caso da ponte HongKong-Zhuhai-Macau. A construção desta ponte utilizou tecnologia BIM na fase de design, para realizar funções de análise de conflitos e inspeções para otimizações: o software usado foi o Revit, um software BIM que permite a modelação paramétrica de famílias com base em todos os atributos e características dos elementos. A informação digital da inspeção pode ser introduzida nos modelos geométricos do BIM. Para diferentes componentes da construção é possível inserir os respetivos dados resultantes das inspeções, por exemplo, os atributos de uma viga incluem flecha a meio-vão, escala e descrição qualitativa. Para além de ser possível inserir a informação, também é possível inserir fotos das inspeções no Revit. Ao estabelecer um modelo BIM de inspeção

integrada, é possível construir uma base de dados tridimensional de dados das inspeções, e formar um sistema de gestão de informação das inspeções, o que melhora consideravelmente a eficiência das inspeções (Zhang, 2020).

Os dados provenientes de várias fontes podem ser usados durante todo o ciclo de vida da infraestrutura em questão. Por exemplo, o design da ponte pode ser incluído no modelo na fase de pré-construção, na fase de construção e na fase de operação. No caso da ponte de Donggou, na China, foi criado um modelo 3D baseado em desenhos 2D da mesma com o software Revit. O BIM 4D resulta da adição do fator tempo ao modelo 3D. Esta dimensão foi incluída do modelo através do Navisworks, um software também da Autodesk, onde foi gerado um calendário através da exportação da informação do modelo presente no Revit para o Navisworks. Mais tarde foi ainda adicionado ao modelo o fator custo, resultando um modelo BIM 5D (Kaewunruen, 2020).

Segundo Munagala (2020), uma grande vantagem de usar o Navisworks é a fácil importação do modelo do Revit. O Navisworks tem incorporado três programas, o Navisworks freedom, o Navisworks Simulate e o Navisworks manage que são utilizados para análise de BIM 4D. A formação para o uso de ferramentas BIM, e os próprios softwares, estão acompanhados por um custo elevado, no entanto, o uso do BIM em comparação com o método tradicional como MS software e Primavera, traduz-se em ganhos de tempo (25%) e redução de custos totais.

O maior objetivo da gestão de projetos é maximizar os benefícios do projeto e os custos de controlo com eficiência. Controlo de custos é o projeto básico em que o empreendimento pode atingir o efeito esperado, sendo por isso necessário controlar eficientemente os custos durante todo o processo, a tecnologia BIM pode melhorar o nível e a eficiência do controlo de custos. Baseado no controlo eficiente de investimentos, e combinado com os requisitos do proprietário e os problemas associados a cada especialidade, o modelo BIM é otimizado e é formulado um esquema de controlo para evitar o impacto no processo de construção. O controlo de qualidade do projeto é levado a cabo tendo por base o Navisworks e o modelo 3D criado, através testes de colisão, estes tipo de problemas podem ser detetados a tempo antes da fase de construção, evitando assim problemas nessa fase. Através da aplicação do BIM, é possível a partilha de informação de todos os participantes envolvidos, desempenhando um papel muito importante ao nível da gestão de qualidade dos projetos (Ma et al., 2020).

Um estudo de investigação levado a cabo no Brasil, tinha como objetivo verificar o potencial do uso da tecnologia BIM nas atividades de inspeção de obras públicas. Foi realizado um estudo à legislação e às normas do governo federal para perceber quais eram as obrigações e o que era esperado da supervisão, tendo sido identificadas as irregularidades mais frequentes nas obras públicas. Concluiu-se que as irregularidades relacionadas com a superfacturação, com a definição insuficiente do projeto de fiscalização e atrasos não sustentados nos trabalhos de construção poderiam ser eliminados com o recurso a uma abordagem do processo de fiscalização em BIM. Matos e Miranda (2018) identificaram os fatores propostos de: desenvolvimento do design em BIM, associação da documentação do projeto ao modelo BIM, auditoria ao modelo BIM na fase de projeto,

onde devem ser verificadas a consistência e uniformidade das especificações dos elementos modelados, a integração do plano de manutenção e a análise do plano de trabalhos através de simulações virtuais usando o BIM 4D e 5D, como principais na diminuição de ocorrência dos problemas.

Segundo Banihashemi et al (2021), um dos maiores desafios na gestão de projetos é uma estimativa precisa do tempo de execução, custos e um nível de qualidade aceitável do projeto. Considera-se que um projeto é concluído com sucesso se for executado no menor período de tempo, com os custos mais baixos ao mesmo tempo que é executado com a melhor qualidade de acordo com o que é definido no projeto. Os gestores de projeto devem desenvolver um calendário de acordo com as incertezas do ambiente de trabalho, condições e restrições do projeto. Muitas vezes implica custos adicionais para que algumas tarefas sejam executadas num menor tempo por forma a acelerar a conclusão do projeto. As alterações na duração e no custo das atividades têm um grande impacto na qualidade.

O método do caminho crítico usado na investigação de Kim (2011), tem como base a relação entre o tempo de execução do projeto e os custos do mesmo, sendo que o objetivo é a execução total das tarefas no menor intervalo de tempo. Esta investigação identifica um terceiro pilar que corresponde à qualidade, com impacto direto na relação entre o tempo e o custo. De acordo com o nível de qualidade pretendido, é necessário encontrar o ponto ideal entre tempo e custo, procurando encontrar o equilíbrio entre os três pilares.

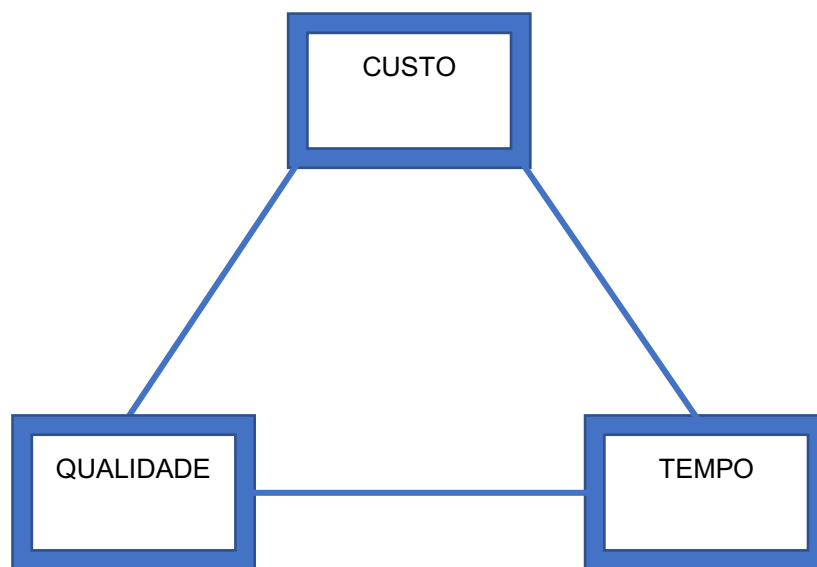


Figura 4 – Relação entre os três grandes pilares da construção

O esquema representado na Figura 4, representa a relação entre o custo, a qualidade e o tempo que determinada construção demora até ser concluída. Sabendo que não conseguimos obter uma elevada qualidade se construirmos rápido e barato e, se é necessário executar rápido e com qualidade, vai resultar em custos elevados.

3. Metodologia

Pretende-se neste trabalho verificar se o recurso à abordagem BIM, na etapa da fiscalização de uma operação de reabilitação, traz efetivamente vantagens relativamente ao modelo tradicional, relativamente aos três pilares do método do caminho crítico: Tempo, Custo e Qualidade. A abordagem metodológica está orientada para edifícios construídos para os quais não existe modelo tridimensional em formato digital.

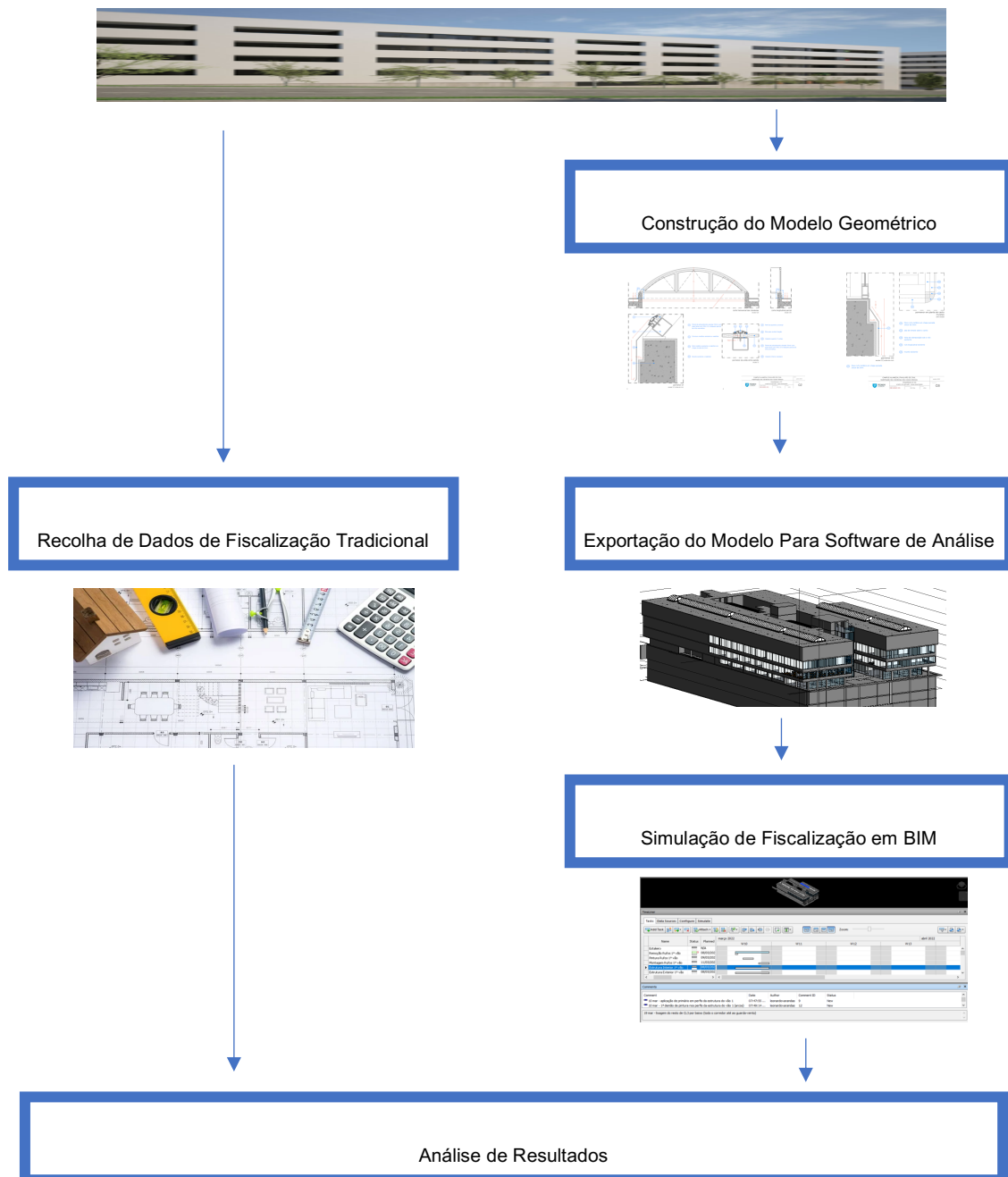


Figura 5 – Representação metodológica do fluxo de trabalho.

A metodologia, descrita na Figura 5 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, consiste em cinco etapas principais: construção do modelo geométrico, exportação do modelo para software

de análise, simulação de fiscalização em BIM, recolha de dados de fiscalização tradicional e análise de resultados.

- Construção do modelo geométrico - Corresponde à etapa de construção do modelo BIM do elemento que se pretende fiscalizar. A definição dos níveis de detalhe geométrico (LOD), da precisão (LOA) e da informação (LOI) devem ser previamente definidos para que o modelo seja efetivo no apoio à tarefa de fiscalização. Estes elementos podem ser modelados geometricamente a partir de plantas e alçados em formato CAD e depois exportados para software BIM (e.g. Revit, ArchiCAD) ou a partir de nuvens de pontos recolhidos por sistemas de varrimento Laser.
- Exportação do modelo geométrico para software de análise BIM - Conforme o projeto e desenhos realizados para melhor compreensão da intervenção, o modelo BIM irá ser importado para um software que permita analisar os modelos, por exemplo o Navisworks que é um software de análise dos modelos Revit, muito utilizado para *clash detection* e visualização prévia do produto final. Nesta fase devem ser recolhidos todos os dados relacionados com planeamento geral, a definição da frequência de atualização do planeamento geral, calendarização das tarefas, materiais a usar, processos a executar, e todo o tipo de informação que se considerar relevante. Toda esta informação deve ser associada ao modelo.
- Simulação de fiscalização em BIM - Todas as atividades e procedimentos devem ser associadas aos elementos modelados em BIM, num registo que deve ser exaustivo e contínuo. Este registo permitirá no final da intervenção saber como decorreu a obra, se todos os trabalhos foram executados corretamente, seja em termos de processos construtivos, seja nos materiais aplicados.
- Recolha de dados de fiscalização tradicional - Os dados de fiscalização devem ser recolhidos, por forma a que se perceba de que modo a fiscalização tradicional foi executada, para ser possível comparar com a eventual fiscalização através de metodologia BIM.
- Análise comparada de processo de fiscalização - Nesta etapa serão comparados os processo de fiscalização associados à abordagem tradicional e ao ambiente em BIM. As variáveis consideradas nesta comparação serão o tempo, o custo e a qualidade

4. Caso de estudo – Reabilitação das Claraboias do Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico

4.1 Descrição do caso de estudo

O caso de estudo corresponde à obra de substituição das claraboias da cobertura do Pavilhão de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico (IST) em Lisboa, Portugal, no Campus Alameda. O pavilhão, assinalado na Figura 6, foi projetado em 1982 com o objetivo de dar resposta à necessidade de instalações adequadas para o crescente número de estudantes de engenharia civil e foi implementado numa antiga zona de jardim. O edifício está localizado numa zona de talude, com 4 pisos elevados em relação ao ponto de entrada principal, e 3 pisos subterrâneos com uma área total de mais de 38000 m².



Figura 6 – Localização do pavilhão de Engenharia Civil do Campus da Alameda do IST, vista de sudeste para noroeste

O projeto de reabilitação das claraboias insere-se num conjunto de obras a realizar no âmbito da candidatura do técnico ao Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR) e ocorreu nas claraboias dos corpos laterais, nascente e poente, do pavilhão do departamento de engenharia civil (DECIVIL), num total de 140 painéis que correspondem a uma área de cerca de 750m², apresentadas em planta na Figura 7.

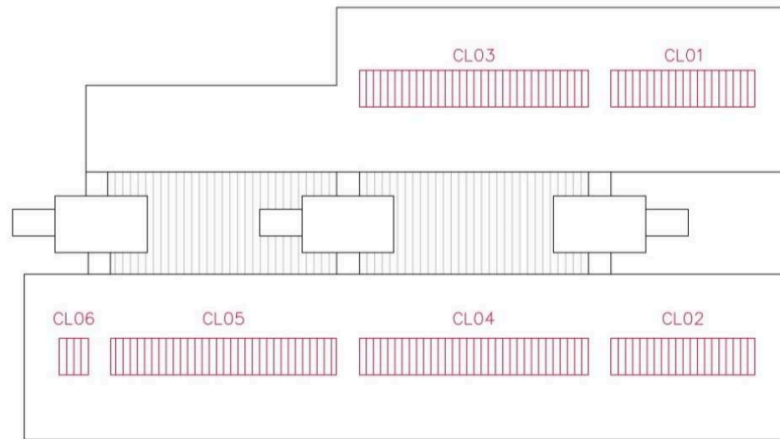


Figura 7 – Planta da cobertura do Pavilhão de Civil com claraboias numeradas

4.1.1 Descrição da situação existente

As claraboias, ilustradas nas Figura 8 e Figura 9, apresentam uma secção semicircular, com revestimento em chapas de polycarbonato, numa tecnologia semelhante ao vidro duplo com caixa de ar, e acompanham o desenvolvimento longitudinal dos espaços de circulação do piso 3 do Pavilhão de Civil. Esta obra de reabilitação tem como principal motivo a degradação dos diversos elementos que as compõem e o fraco desempenho térmico da solução existente que não cumpre requisitos vigentes e desejáveis presentes na norma sustentada pelo D-L nº 101-D/2020, e sobre as quais foi colocada uma rede de sombreamento como tentativa de minimizar o desconforto térmico sentido no último piso do edifício nos meses mais quentes.

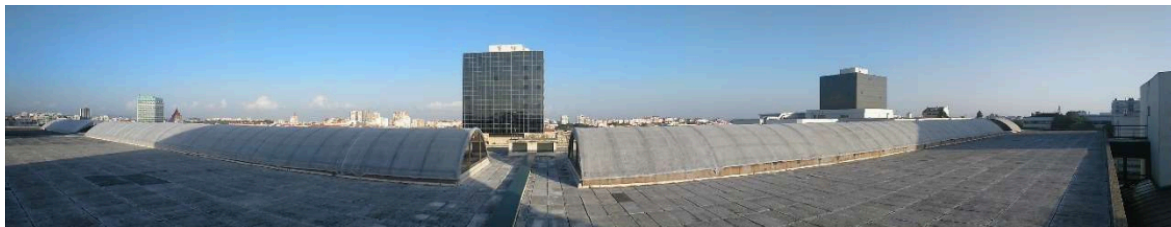


Figura 8 – Claraboias do corpo nascente



Figura 9 – Exterior das claraboias com rede

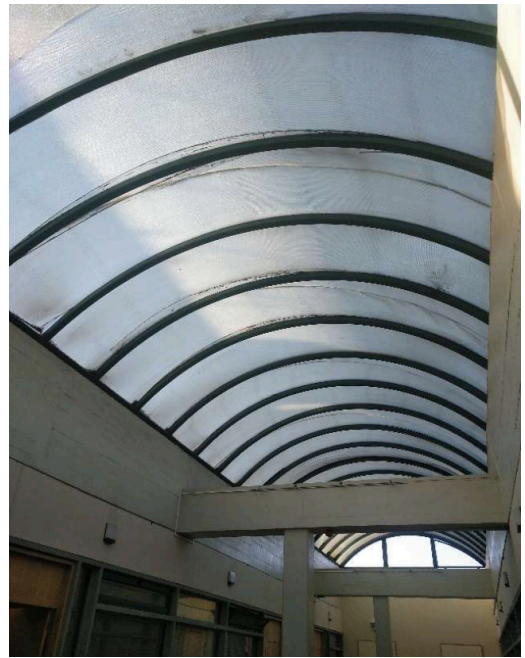


Figura 10 - Perspetiva interior das claraboias

A escolha da solução a aplicar recorreu a uma simulação com recurso ao software “EnergyPlus”, foi feito um modelo de simulação dinâmica do Pavilhão de Civil que foi integrado no projeto. No software simulou-se a aplicação de novos elementos exteriores que estavam previstos executar, as claraboias com policarbonato alveolar com os parâmetros de $U=1,77 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0,39$ e $T=0,38$, que podemos observar na Figura 11, e caixilhos com corte térmico e vidro duplo com caixa de ar (a implementar noutra obra).



Figura 11 - Novos painéis a colocar

4.1.2 Projeto de reabilitação

A intervenção ocorreu em dois grandes elementos:

1. A substituição integral de todos os painéis de policarbonato, todos os perfis de união e vedantes associados aos mesmos;

2. A reabilitação da estrutura metálica que suporta os painéis, assim como os rufos de remate longitudinais.

Todos os envidraçados e caixilharias nos topos das claraboias foram também reabilitados. Nestes topos foram também instalados rufos metálicos de 2 milímetros de espessura.

Estes pontos correspondem aos seguintes trabalhos:

- Remoção, carga e transporte a vazadouro dos elementos de revestimento existentes;
- Lixagem dos perfis metálicos existentes, tratamento anti-corrosão e aplicação de novo esquema de pintura com base epóxi e acabamento em poliuretano;
- Fornecimento e aplicação de novo revestimento em chapas de policarbonato alveolar do tipo Lexan Thermoclear LT2UV IR 169X VRD GN8B038TI, ou equivalente;
- Recuperação e pintura dos rufos laterais das claraboias;
- Fornecimento e aplicação de novos rufos metálicos em chapa galvanizada, nos topos das claraboias.

Do ponto de vista da segurança no uso do espaço do 3º piso, nas áreas abrangidas pelas claraboias, foi decidido pelo Núcleo de Higiene e Segurança (NHS) que o acesso às mesmas e aos correspondentes gabinetes ficaria impedido por um período de 5 dias, o que implicou um planeamento extra dos acessos aos espaços.

Para a intervenção as claraboias foram divididas em vãos, pelo Núcleo de Obras do IST, de acordo com a

Figura 12. O planeamento detalhado, com uma duração prevista de cerca de sessenta dias, pode ser visto na Figura 13. Os custos detalhados da intervenção podem ser vistos no anexo A.

PLANO DE TRABALHOS DETALHADO

EMPREITADA: Reabilitação das Clarabóias dos Corpos Laterais do Pavilhão de Civil do IST - Medida 7, POSEUR

ENTIDADE ADJUDICANTE: Instituto Superior Técnico

CAP.	DESIGNAÇÃO	MESES																																																										
		mês 1															mês 2																																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q								
1	ESTALEIRO, PFGCD E PSS	1																																																										
2	RUFOS		2.1	2.2	2.3			2.1	2.2					2.1	2.2	2.3					2.1	2.2	2.3					2.1	2.2					2.1	2.2	2.3					2.1	2.2	2.3					2.1	2.2	2.3										
3	CLARABÓIAS		3.1	3.2 e 3.3	3.4			3.1	3.2	3.4				3.1	3.2 e 3.3	3.4					3.1	3.2	3.4					3.1	3.2	3.4					3.1	3.2 e 3.3	3.4					3.1	3.2 e 3.3	3.4					3.1	3.2 e 3.3	3.4									
4	DIVERSOS		4.1	4.1		4.2	4.2			4.1	4.1			4.2		4.2	4.1	4.1						4.2	4.2	4.1	4.1	4.2			4.2	4.1	4.1	4.2					4.1	4.1					4.2	4.1					4.1		4.2	4.2	4.1					4.2

Legenda:

1º vão a realizar
2º vão a realizar
3º vão a realizar
4º vão a realizar
5º vão a realizar
6º vão a realizar
7º vão a realizar
8º vão a realizar
9º vão a realizar
10º vão a realizar
11º vão a realizar
12º vão a realizar
13º vão a realizar
14º vão a realizar
15º vão a realizar
16º vão a realizar
17º vão a realizar
18º vão a realizar
D S Descanso

Figura 13 - Plano de trabalhos detalhado da intervenção a realizar nas clarabóias

Relativamente às características dos materiais as informações apresentadas no caderno de encargos do projeto foram:

- Chapas dos rufos em chapa zincada zincor (aço DC01+ZE25), com dois milímetros de espessura. É utilizado o esquema de pintura epóxi (de dois componentes, de alto teor em sólidos com boa aderência a aço galvanizado) + poliuretano (tinta de poliuretano alifático de dois componentes, ou equivalente, na cor RAL 6005 e acabamento acetinado).
- Chapas de policarbonato alveolar com duas faces com filtro UV, controlo solar por bloqueio parcial dos raios infra-vermelhos, dimensões gerais de L900-1000 x C2770 milímetros, espessura de 16 milímetros com 9 paredes interiores e configuração em X conforme a Figura 14. Coeficiente de transmissão térmica máximo de $U=1,77W/m^2,K$, transmissão mínima de luz de 38% e transmissão máxima solar total de 39% (conforme norma ISSO 9050) e se o painel é do tipo Lexan Thermoclear LT2UVIR 169X VRD GN8B038T ou equivalente.

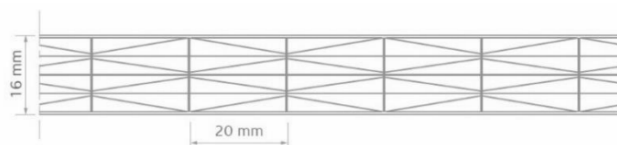


Figura 14 - Estrutura interna das chapas de policarbonato

4.1.3 Período de execução

Na fase de execução desta intervenção, uma vez que se tratava de uma obra na cobertura, o normal decorrer da mesma estava dependente das condições atmosféricas e, por esse motivo, a intervenção estava planeada para o período entre 12 de Julho e 11 de Setembro de 2021. Não tendo sido possível iniciar a intervenção nas datas inicialmente planeadas, apenas foi colocado o contentor no espaço de estaleiro a 5 de Março de 2022, e a obra iniciou-se a 8 de Março de 2022.



Figura 15 – Obra a dia 8 de Março (remoção dos rufos metálicos)

Devido às condições climáticas adversas que se fizeram sentir, principalmente na fase inicial da intervenção, com chuva e ventos fortes, não foi possível que a obra decorresse conforme o planeamento inicial. Estas condições tornavam muito difícil o manuseamento dos painéis, tanto da retirada dos antigos como da colocação dos novos. Devido à sua grande superfície em relação com o peso, o vento influenciava o manuseamento dos mesmos.

Para além disso a chuva tornava todas as superfícies da cobertura escorregadias e inseguras para circulação. A inicial divisão por vãos não foi cumprida, primeiro em termos de tarefas, pois uma vez que não era possível trabalhar no exterior, tarefas como a reabilitação da estrutura metálica teve de ser dividida a meio, pelo interior e pelo exterior, quando não era possível trabalhar no exterior. Verificou-se que não era vantajoso trabalhar nos corpos nascente e poente em simultâneo, optou-se por isso por acabar uma claraboia até ao fim antes de se iniciar outra. Na Figura 16 podemos observar a diferença entre o planeamento inicial e o executado.



Figura 17 – Vista do topo da CI3 com painéis novos

Verificou-se também que não iria ser possível aproveitar os rufos antigos, pois como a nova solução aplicada era diferente, não havia forma de encaixarem corretamente, optou-se por isso pela aquisição de novos rufos metálicos, e a tarefa de reabilitação dos rufos passou a ser pintura dos novos rufos.

4.1.4 Modelação geométrica

O modelo BIM do pavilhão de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico (DECIVIL) foi desenvolvido no âmbito da dissertação de mestrado “Building Information Modelling in Facility Management: Application to the Civil Engineering Pavilion at IST” (Moreno, 2021). Este modelo foi construído a partir de representações 2D de todos os andares do edifício, ilustradas na Figura 18, e que indicavam, com um grau de precisão aceitável, a distribuição dos espaços e a posição das paredes exteriores, colunas, paredes divisórias, portas, janelas e escadas.



Figura 20 - Vista transversal do modelo BIM, correspondente ao alçado norte

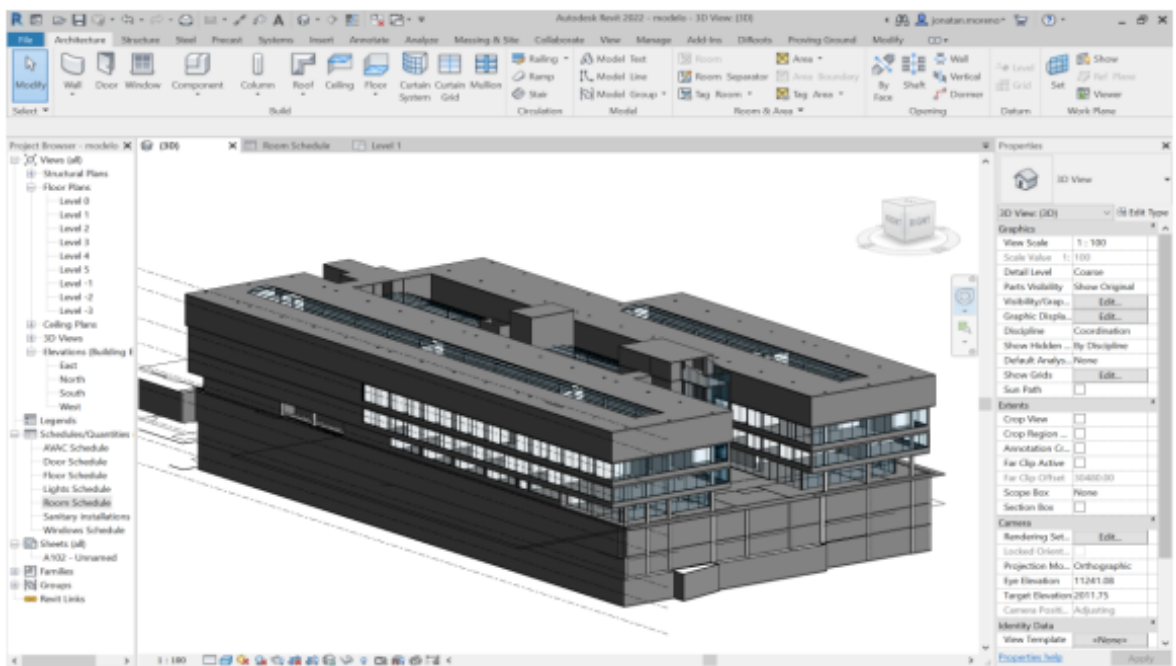


Figura 21 - Vista completa do modelo BIM

Dado que o modelo disponibilizado não tinha as claraboias do caso de estudo modeladas e pormenorizadas, foi necessário modelar as claraboias com um maior nível de pormenor. Tal foi possível através da utilização dos anexos:

- Anexo B – Planta das Claraboias.
- Anexo C – Corte Transversal das Claraboias.
- Anexo D – Pormenor em Planta do Canto.

Tendo por base a informação contida nestes anexos, e o ficheiro CAD dos mesmos, foram sendo modelados os vários elementos da estrutura metálica, os rufos e os painéis das claraboias como exemplificado na Figura 22, e na Figura 23, é possível ver a claraboia CI06, na qual se pode ver a estrutura metálica que suporta os painéis.

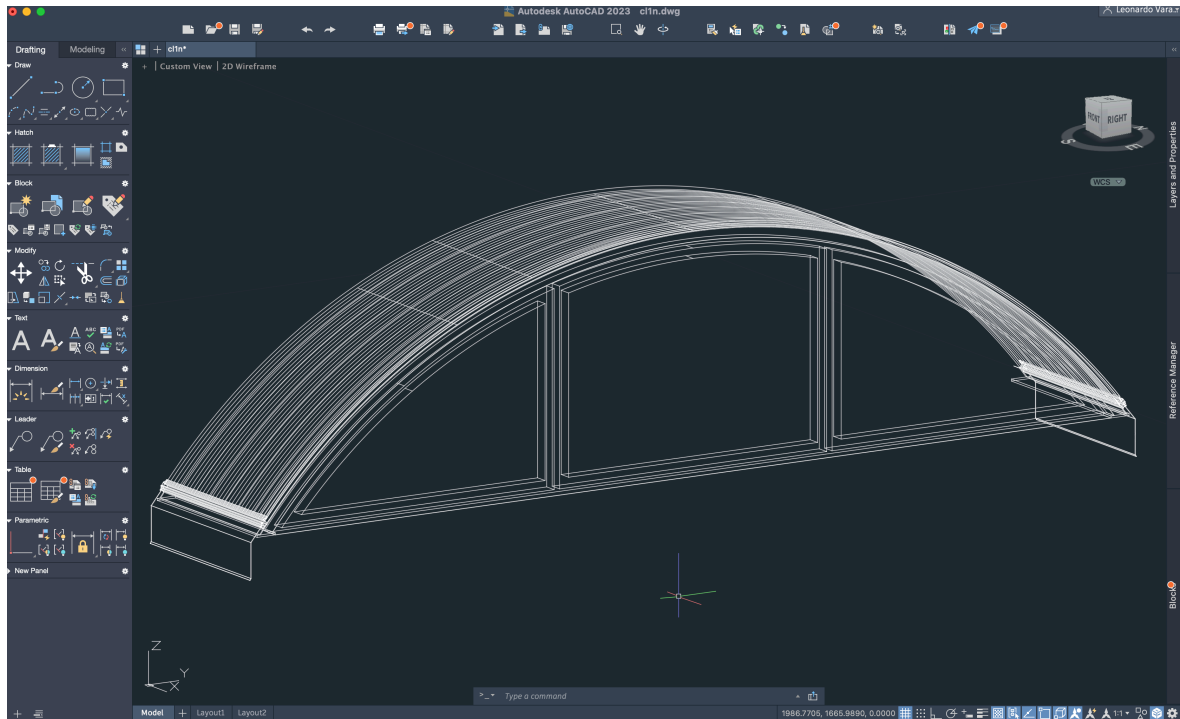


Figura 22 - Topo das claraboias modelado em CAD 3D

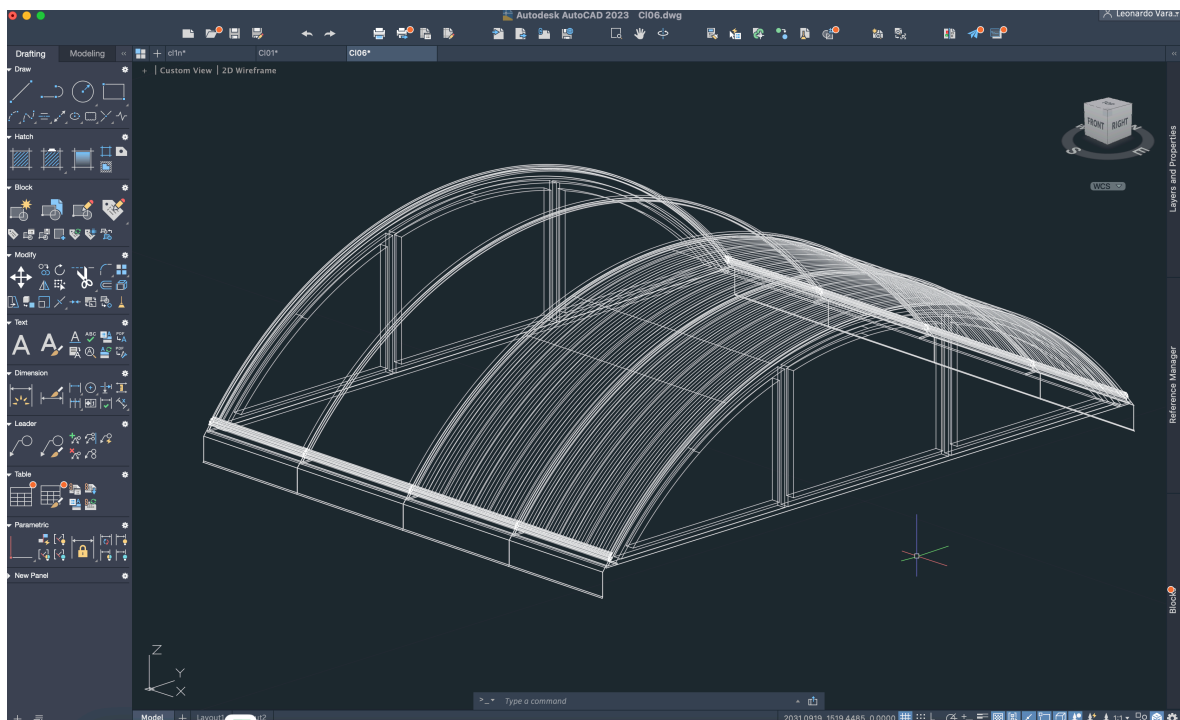


Figura 23 - CL06 alterada, por forma a ser possível observar estrutura metálica modelada

Após serem modeladas em CAD, todas as claraboias foram importadas para o modelo Revit, e inseridas no seu local exato. Antes disto, foi também necessário modelar os muretes que suportam a estrutura metálica. Os muretes foram modelados diretamente no Revit.

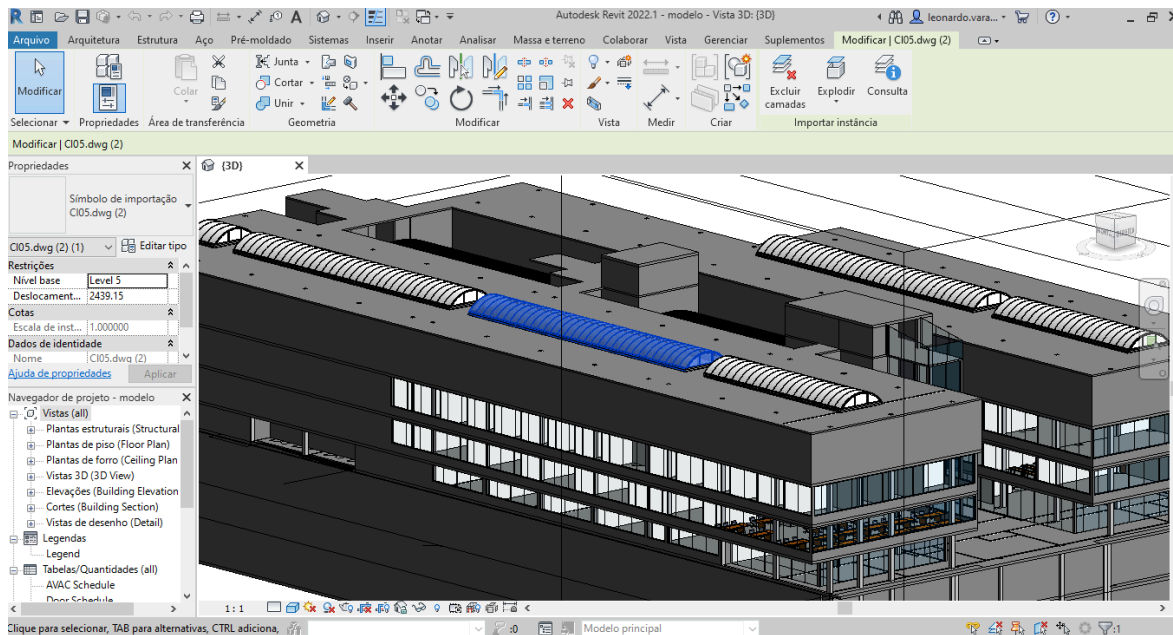


Figura 24 - Modelo Revit com claraboias já modeladas

Depois de importar todas as claraboias para o modelo Revit, Figura 24, foi verificado que, apesar de no AutoCad as claraboias terem sido modeladas elemento a elemento, ao serem importadas apresentavam-se representadas no modelo como um elemento só, ficando assim definida como unidade a claraboia, e não o painel como era pretendido.

A solução que foi encontrada para este problema foi, em primeiro lugar, modelar separadamente ambos os topos, norte e sul, das claraboias, assim como os painéis centrais, no AutoCad, o que se pode observar na Figura 25.

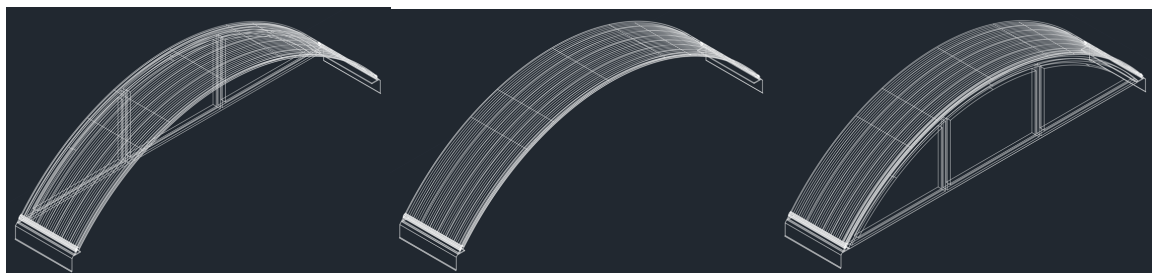


Figura 25 - Painéis de topo e central modelados separadamente

Estas modelações foram depois importadas para o modelo 3D uma a uma, os painéis de topo foram inseridos nos respetivos lugares, e os painéis centrais foram repetidamente replicados e colocados.

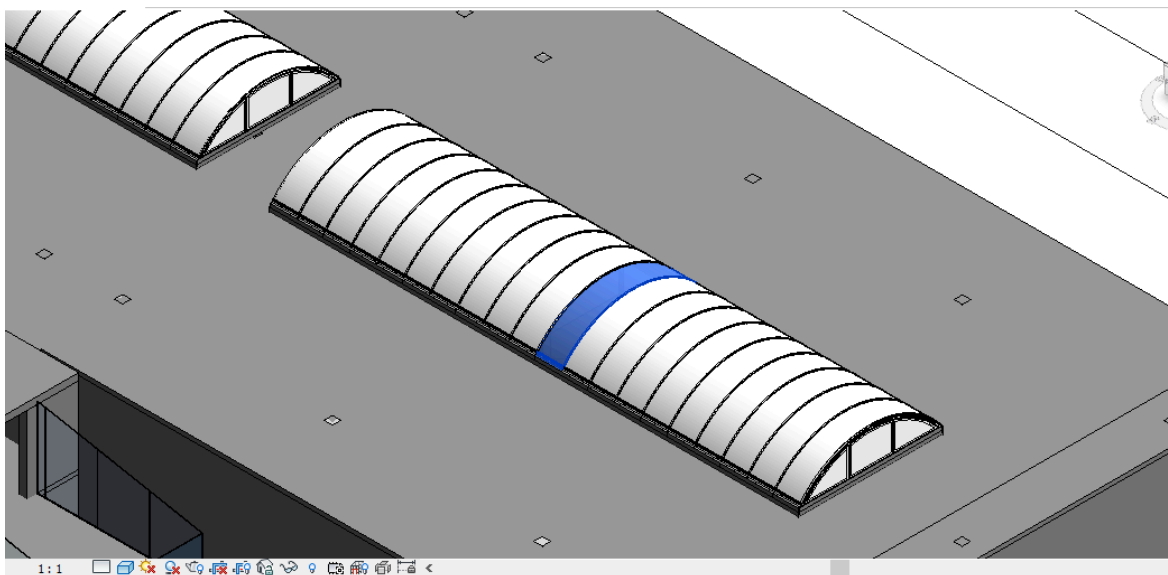


Figura 26 - Modelo 3D painel a painel da claraboia CL01

Na Figura 26, podemos observar que já conseguimos seleccionar cada um dos painéis individuais da claraboia, ultrapassando assim o problema inicial.

4.1.5 Exportação para o software de análise.

A escolha do software Navisworks para implementar o processo de fiscalização justificou-se pela completa interoperabilidade com o software REVIT, utilizado na construção do modelo BIM. Uma vez tendo o nosso modelo completo no REVIT, apenas é necessário exportar o nosso ficheiro para o formato DWF/DWFX. Após a exportação do modelo, inicia-se o programa Navisworks, e selecciona-se a opção de abrir um ficheiro compatível. De seguida selecciona-se a pasta onde guardamos o ficheiro exportado, seleccionamos o tipo de ficheiro que se pretende que o Navisworks abra, e abre-se o ficheiro. Após isto o programa vai abrir o modelo que foi importado e criar automaticamente um ficheiro .nwf novo.

Após a importação do modelo ficamos com a vista que podemos observar na Figura 27.

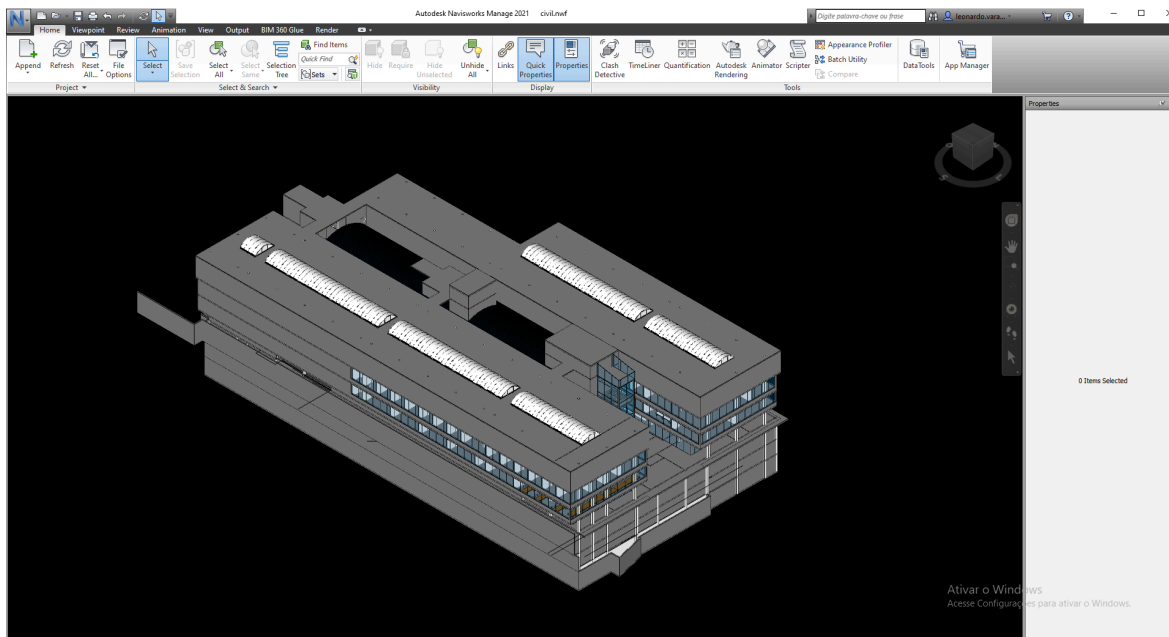


Figura 27 - Vista do modelo no Navisworks

A ferramenta do Navisworks usada no processo de fiscalização foi a função *timeliner*. Esta ferramenta permitiu introduzir no programa toda a calendarização da obra, por tarefas, e cada tarefa que é introduzida pode, e foi, associada ao respetivo elemento 3D modelado. O *timeliner* oferece diversas opções de introdução de informação.

Primeiramente, foram introduzidas as datas iniciais planeadas para as tarefas, ou seja, todo o planeamento inicial foi colocado no programa. Após isso, foi adicionada mais informação, como os custos, sempre associadas diretamente a uma tarefa específica de processo construtivo, que por sua vez está associada ao elemento 3D a ser intervencionado.

4.1.6 Fiscalização em BIM

As datas em que efetivamente as tarefas começaram a ser efetuadas e foram terminadas, e todas as notas de fiscalização foram associadas às respetivas tarefas, o que nos permite ter toda uma outra visão sobre a intervenção, e um controlo mais apurado sobre o decorrer da mesma.

O resultado é a interface que podemos ver na Figura 28, o *timeliner* deixa várias informações ao dispor do utilizador, permite selecionar quais as tarefas ativas, tem um calendário associado que tem três vistas possíveis, o planeamento inicial, o que efetivamente aconteceu na realidade, e ambos em simultâneo. Imediatamente a seguir à tarefa temos o estado da tarefa, que permite rapidamente ver quais as tarefas que foram realizadas dentro do prazo, a verde, as que foram realizadas fora do prazo, a vermelho e, até as que foram realizadas antes do suposto, a azul.

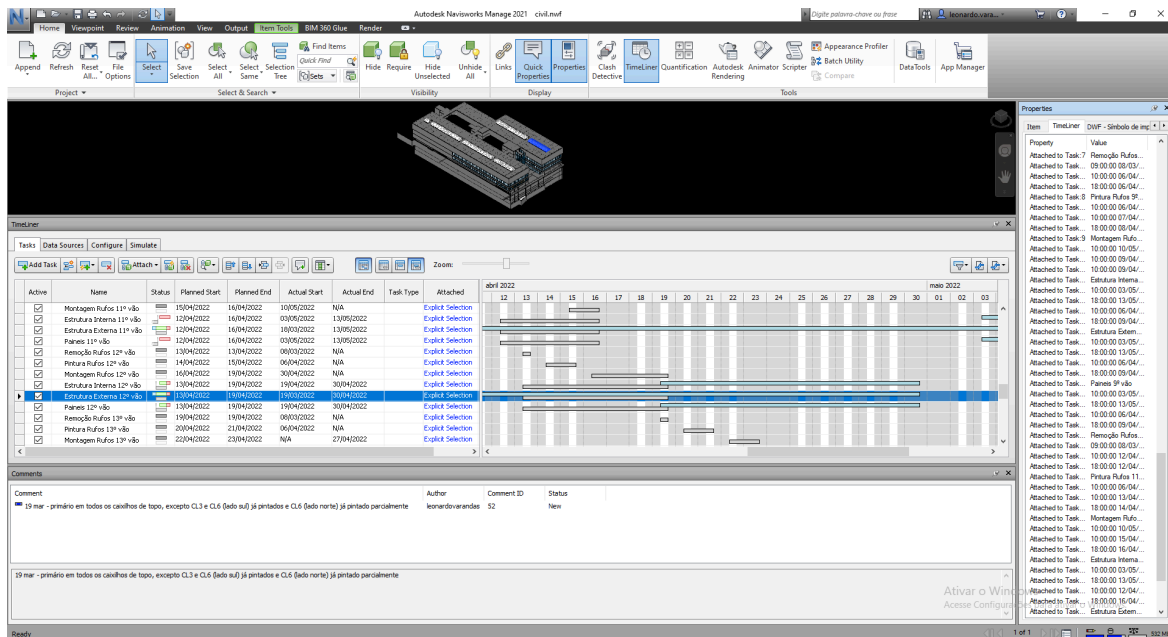


Figura 28 - Navisworks com o *timeliner*

Após selecionarmos as propriedades de qualquer elemento no modelo, podemos ver na secção “*timeliner*” das propriedades, quais as tarefas que foram efetuadas nesse elemento e, depois, abrindo o *timeliner*, ver o estado dessas tarefas, o custo, e até quem as efetuou caso essa informação tenha sido introduzida. É também possível ver se há algum tipo de comentário extra em relação a essa tarefa, quer seja apenas uma nota de atualização, ou até algum problema que tenha ocorrido na execução da tarefa.

Esta ferramenta permite exportar todos os dados para um ficheiro compatível com Excel, e permite também exportar o planeamento diretamente para o Microsoft Project. Relativamente ao controlo dos processos construtivos foram consideradas as seguintes situações:

- Relativamente aos rufos, uma vez que eles acabaram por ser todos novos devido à incompatibilidade dos antigos como o novo sistema de chapas alveolares, foi apenas necessário verificar que eram devidamente dadas as demãos necessárias do esquema de pintura epóxi + poliuretano (uma demão de tinta epóxi + duas demãos de tinta de poliuretano), que os mesmo seriam instalados por aparafusagem à estrutura metálica existente, com recurso a parafusos em aço inox. Para além disso, verificar que todas as juntas entre rufos seriam bem feitas de maneira a que não ocorressem futuras infiltrações.
- No que diz respeito às claraboias e à reabilitação da estrutura metálica, a estrutura deve ser previamente lavada, limpa até ao grau st3 nas zonas com oxidação, despolidas e limpas com diluente e deve-lhe ser aplicada o mesmo esquema de pintura que aos rufos. As claraboias devem ser instaladas com um raio de curvatura de três metros, fixadas com perfilaria de alumínio ao longo das secções transversais

das mesmas, com profundidade de entrega dos painéis de cerca de vinte milímetros e folga para expansão de entre cinco a dez milímetros. As chapas devem ser seladas com fita porosa ao longo do limite longitudinal, permitindo a saída de condensações e ao mesmo tempo protegendo contra a entrada de poeiras e detritos. Estas fitas devem ser protegidas pelos rufos longitudinais.

Cabe ainda à fiscalização garantir que são cumpridas todas as normas de segurança, e também assegurar que o normal funcionamento do edifício não é afetado mais do que deveria.

As especificações técnicas completas, redigidas pelo Núcleo de Obras do IST, podem ser vistas no Anexo F.

4.1.7 Fiscalização tradicional

Neste caso da reabilitação das claraboias do Pavilhão de Civil, a fiscalização focou-se em dois aspetos principais: controlo de materiais e controlo de processos. Os detalhes e pormenores controlados e fiscalizados foram já referidos anteriormente na fase de projeto e aquando da simulação de fiscalização com BIM.

O responsável pela fiscalização desta obra foi o engenheiro José Fonseca do núcleo de Obras do IST. O engenheiro estava presente na obra diariamente, quando presente no local dos trabalhos, eram feitas notas diárias relativamente ao avanço da obra, apenas não o tendo feito entre 9 e 26 de Abril em que esteve ausente.

Estas notas não têm presentes tudo o que se passou na obra, pois muitos assuntos e problemas que eram detetados aquando da fiscalização diária eram resolvidos no imediato. Quando uma nota refere que um determinado componente foi montado/instalado ou qualquer uma nota de um processo, assume-se que esta tarefa foi executada dentro dos parâmetros que é suposto. Podemos ver, a título de exemplo, na Figura 29 um excerto das notas e no anexo G podemos ver as notas completas.

27	Abr	CL3 já com cordão de polietileno no topo sul / já com rufos / já com botões e perfis U de extremidade das chapas de policarbonato
		CL1 - nada
		CL6 já com rufos / já com botões e perfis U de extremidade
		CL5 já com rufos / já com perfis U de extremidade / já com alguns botões no lado nascente
		CL4 já com todas as chapas de policarbonato mas sem rufos
		remoção de acrílicos de CL2
		primário e 1ª demão de pintura por cima na CL2
		estrutura metálica de CL2 já pintada pelo interior

Figura 29 - Notas diárias de fiscalização tradicional

4.1.8 Análise comparada segundo os pilares custo, tempo e qualidade.

Comparando os dois métodos, o tradicional, e a fiscalização com o uso do BIM (simulação), foi possível verificar que o uso da metodologia pode trazer diversas vantagens ao nível dos três pilares da construção: custo, tempo e qualidade, com mais ênfase no pilar do tempo e da qualidade.

O controlo do tempo no caso desta reabilitação, através da fiscalização tradicional, foi feito através de registos em papel, e apenas eram verificadas as tarefas já executadas, e feito um novo planeamento semanal quando as condições meteorológicas assim o exigiam. No caso da simulação com BIM, é possível ter um panorama geral imediato assim que se abre o modelo no Navisworks é possível verificar se algum elemento específico já sofreu algum tipo de intervenção, se sofreu, se esta decorreu no prazo planeado, se atrasou, ou por outro lado, adiantou, ou se está a decorrer.

Ao verificar se os elementos já foram intervencionados, na ferramenta podemos ver as notas introduzidas nas tarefas, verificar se existe alguma incoerência verificada no processo ou no material, ou se tudo foi executado corretamente, no caso de ausência de notas. Esta verificação de qualidade na fiscalização tradicional nem sempre é registada, e tem a desvantagem de, em caso de anomalia futura, ser muito difícil ir consultar as notas de fiscalização em formato de papel para verificar se existiu alguma anomalia construtiva na altura de execução.

O controlo do custo é feito de forma idêntica na forma tradicional e com o uso do BIM, é feita uma medição dos trabalhos executados e consoante o auto de medição são pagos os trabalhos. Com o uso do BIM, como existe um melhor controlo do tempo e da qualidade, indiretamente vai existir um melhor controlo e possível redução dos custos da intervenção, o que é uma inegável vantagem.

5. Conclusões

5.1 Considerações finais

Devido à tendência de usar cada vez mais o BIM no setor AEC, surgiu a ideia de investigar se esta metodologia poderia trazer vantagens ao nível da fiscalização de obras. Embora muito utilizada nas fases de projeto, construção, a aplicação desta metodologia à etapa da fiscalização da reabilitação continua numa fase embrionária, em geral porque os edifícios onde agora se intervencionam não foram concebidos com recurso a ferramentas de digitalização.

O caso de estudo selecionado para aplicação da metodologia corresponde a uma intervenção de reabilitação das claraboias no edifício de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos do Instituto Superior Técnico, que se revelou adequado por não ser uma intervenção muito complexa e limitada a um intervalo temporal de 60 dias.

Foram fornecidos dados sobre a fiscalização efetuada, pelo Engenheiro responsável pelo processo de fiscalização, incluindo todos os elementos e processos que deveriam ser fiscalizados, assim como todas as notas diárias do responsável pela fiscalização desta intervenção. Estes conjuntos de dados convergiram num modelo BIM no Navisworks.

Através da simulação de fiscalização em BIM, foi possível verificar que esta metodologia tem diversas vantagens, principalmente referentes ao fator tempo. Permite saber quase de imediato se determinado elemento foi executado, verificar ainda se o mesmo foi executado corretamente e sem qualquer tipo de problema, apontando para o pilar da qualidade. O BIM permite um melhor controlo do fator tempo na generalidade da construção, o que implica indiretamente um melhor controlo do custo.

No entanto, ao pensar em todo o ciclo de vida de um edifício concebido com recurso a ferramentas de digitalização, começa a tornar-se mais claro que efetivamente, o facto de a fiscalização ser acompanhada por esta metodologia, irá ter vantagens, não só na fase de construção, como era esperado da investigação, mas também será útil na fase de gestão do edifício.

O facto de todas as ações de fiscalização ficarem associadas ao modelo, pode fazer com que futuramente se poupe tempo e dinheiro. Numa fiscalização em que não existe BIM, até que ainda existam registos em formato digital, estes não estão visualmente associados a nenhum elemento 3D, se tivermos todas as notas de fiscalização associadas aos respetivos elementos, pode ser mais fácil identificar problemas. Por exemplo neste caso de estudo, se futuramente surgir uma infiltração em determinado painel, seria só ir ao modelo, verificar nas tarefas desse elemento, os comentários existentes, ver se existia alguma referência a falhas no processo de construção ou algo que pudesse provocar o atual problema, ou no caso de se verificar uma coisa relativamente simples como a quebra de um parafuso, através do modelo rapidamente seria possível verificar em que elementos é que esse tipo de parafuso está aplicado e sugerir a sua substituição.

A grande vantagem de realizar a fiscalização com BIM está aqui, para permitir um rápido acesso à informação de uma forma simples, que só por si já poupa dinheiro porque poupa tempo, e que pode permitir poupar ainda mais dinheiro pois pode ser identificada de imediato a causa do problema. Esta vantagem existe tanto na fase de construção do ciclo de vida do edifício, como na fase de gestão e manutenção do edifício.

Podemos assumir como desvantagem o custo das licenças de utilização dos softwares BIM, que são elevados. Também o facto de esta metodologia necessitar de um conjunto de dados extensivo e detalhado para podermos retirar todo o potencial do BIM o que, em casos de intervenções em edifícios já existentes se torna mais difícil. Como limitação do trabalho desenvolvido aponta-se o facto de o nível de detalhe das notas de fiscalização não ser elevado, não permitindo assim tornar o modelo eficiente. Não foi também possível encontrar informação de fiscalização nos períodos em que o engenheiro esteve ausente em obra.

5.2 Desenvolvimentos Futuros

Esta dissertação é considerada uma abordagem inicial ao uso da metodologia BIM na fiscalização de obras. Seria vantajoso realizar uma investigação em que fosse comparada uma fiscalização tradicional com uma fiscalização BIM em que ao mesmo passo que fosse feita uma ação de fiscalização, esta seria logo de imediato introduzida no sistema e associada ao modelo, verificar que tipo de plataformas de interligação existem que permitissem logo diretamente no local de obra carregar informação para o modelo. Até nem teria de ser o responsável pela fiscalização a fazê-lo, qualquer trabalhador poderia carregar as ações que estava a realizar, com registos fotográficos, e o diretor de fiscalização estaria apenas numa posição de controlo no *background* a analisar toda a informação e, deste modo verificar se esta metodologia, que já se verificou que traz inúmeras vantagens em várias fases e áreas no setor da construção, também pode trazer ainda mais vantagens diretas para a fase da construção e, mais especificamente, para a fiscalização.

Referências bibliográficas

- Andreani, M., Bertagni, S., Biagini, C., & Mallo, F. (2019). 7D BIM for sustainability assessment in design processes: a case study of design of alternatives in severe climate and heavy use conditions. *Architecture and Engineering* 4(2). DOI:10.23968/2500-0055-2019-4-2-3-12, 3-12.
- Autodesk. (2020). Obtido de <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>
- Banihashemi, S. A., Khalilzadeh, M., Antucheviciene, J., & Sapauskas, J. (2021). Trading off Time-Cost-Quality in Construction Project Scheduling Problems with Fuzzy SWARA-TOPSIS Approach. *Buildings*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/buildings11090387>.
- Devi Priya Munagala, V. K. (2020). Feasibility study and implementation of BIM in small scale projects. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 912 (p. 8). IOP Publishing. DOI 10.1088/1757-899X/912/6/062049.
- DOCUMENTATION, U. I. (2016). *USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification Guide*. https://cdn.ymaws.com/www.nysapls.org/resource/resmgr/2019_conference/handouts/hale-g_bim_loa_guide_c120_v2.pdf.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>, 145-151.
- Kim, J. Y., Kang, C., & Hwang, I. (2011). A practical approach to project scheduling: considering the potential quality loss cost in the time-cost tradeoff problem. *International Journal of Project Management*, Volume 30, Issue 2, February 2012, Pages 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.05.004>.
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>, 5.
- Leading Change in Construction Management*. (08 de 04 de 2016). Obtido de LECMA: <https://www.lecma.pt/single-post/2016/04/08/normalização-bim-em-portugal>
- Ma, S., Wang, H., Bao, P., Dong, H., & Wang, S. (2020). Feasibility Study of Applying BIM Technology in Shantytowns Renovation Project. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 794 (2020) 012049. DOI 10.1088/1757-899X/794/1/012049 (p. 7). IOP PUBLISHING.
- Machete, R., Silva, J. R., Bento, R., Falcão, A. P., Gonçalves, A. B., Carvalho, J. M., & Silva, D. V. (2021). Information transfer between two heritage BIMs for reconstruction support and facility management: the case study of the Chalet of the Countess of Edla, Sintra, Portugal. *Journal*

of *Cultural Heritage* Volume 49, May–June 2021, Pages 94-105.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.02.010>, 12.

Matos, C. R., & Miranda, A. C. (2018). The use of BIM in public construction supervision in Brasil. *Organization, Technology and Management in Construction 2018*. DOI:10.2478/otmcj-2018-0007.

Model Detail. (9 de Abril de 2021). Obtido de BIMTOOLBOX.ORG: https://bimtoolbox.org/model-requirements/model-detail/?cli_action=1618158591.875

Moreno, J. (2021). Building Information Modelling in Facility Management: Application to the Civil Engineering Pavillion at IST. *Instituto Superior Técnico*.

Nical, A. K., & Wodynski, W. (2016). Enhancing Facility Management trough BIM 6D. *Procedia Engineering*, Volume 164, 2016, Pages 299-306.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.623>, 299-306.

Pérez-Garcia, A., Martín-Dorta, N., & Aranda, J. Á. (2021). BIM Requirements in the Spanish Public Tender - Analysis of adoption in Construcion Contracts. *Buildings 2021*, 11(12), 594;
<https://doi.org/10.3390/buildings11120594>.

Rounds, J. L., & Jr., R. O. (2011). *Construction Supervision*. Hoboken, New Jersey: Wiley, John Wiley & Sons, Inc.

Sakdirat Kaewunruen, J. S. (2020). Sustainability-Based Lifecycle Management for Bridge Infrastructure Using 6D BIM. *Sustainability 2020*, 12(6), 2436;
<https://doi.org/10.3390/su12062436>, 13.

Sampaio, A. Z., Constantino, G. B., & Almeida, N. M. (2022). 8D BIM Model in Urban Rehabilitation Projects: Enhanced Occupational Safety for Temporary Construction Works. *Appl. Sci. 2022*, 12(20), 10577; <https://doi.org/10.3390/app122010577>.

Tracesoftware. (8 de Abril de 2021). *The Level of Detail and the Level of Development in the BIM environment*. Obtido de Trace Software: <https://www.trace-software.com/the-level-of-detail-and-the-level-of-development-in-the-bim-environment/>

Xiaojian Zhang, Z. S. (2020). Exploring the Aplication of BIM Technology in Bridge Inspection. *2020 IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*. DOI: 10.1109/ICITE50838.2020.9231350, 5.

Anexos

Anexo A - Custos

Linha	Cod.	Descrição	Unidade	Qtd	Preço Unitário	Subtotal
1	1	Estaleiro, PPGRCD e PSS				0,00
2	1.1	Montagem, manutenção, desmontagem e remoção de estaleiro, incluindo todas as instalações necessárias, todas as redes necessárias, vias internas de circulação e tudo o mais necessário, de acordo com os artigos 349º e 350º do Dec-Lei nº 18/2008, de 29 de Janeiro, satisfazendo as prescrições relativas à Segurança, Higiene e Saúde no trabalho, em conformidade com o Dec-Lei nº 273/2003 de 29 de Outubro. Inclui todos trabalhos necessários associados, tais como tapumes, andaimes para execução dos trabalhos nas fachadas, vedações, sinalização provisória, protecções para peões, eventuais desvios de trânsito e estacionamento interno do Campus Alameda e de circulação de pessoas, tapamento temporário dos vãos durante a sua substituição e reposição das condições iniciais.	vg	1	1500,0	1 500,00
3	1.2	Implementação e cumprimento do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, sua actualização, rectificação, adaptação e determinação das quantidades e resíduos no decorrer da obra, incluindo todos os trabalhos e operações de gestão de resíduos resultantes da obra, em conformidade com a legislação em vigor.	vg	1	1200,0	1 200,00
4	1.3	Implementação e controlo de cumprimento do Plano de Segurança e Saúde em fase de obra, incluindo todos os meios humanos e técnicos necessários.	vg	1	954,92	954,92
5	2	Rufos				0,00
6	2.1	Desmorte e remoção dos rufos laterais das clarabóias, para sua reabilitação.	m	262.3	8,0	2 098,40
7	2.2	Reabilitação dos rufos laterais removidos, de acordo com indicações constantes nas especificações técnicas.	m2	175.74	15,0	2 636,10
8	2.3	Fornecimento e montagem de rufos em chapa galvanizada de 2,0mm de espessura, nos topos das clarabóias, com altura aproximada de 25cm, incluindo abas de sobreposição com os rufos instalados nas laterais, aplicação de esquema de pintura próprio para galvanizados, soldaduras, uniões, betumagem e demais trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento.	m2	60	68,0	4 080,00

9	3	Clarabóias					0,00
10	3.1	Desmonte, remoção e transporte a vazadouro autorizado do revestimento existente em painéis de policarbonato. Inclui ainda os meios de acesso em altura necessários à perfeita execução da actividade.	m2	734.44	9,0	6 609,96	
11	3.2	Reabilitação da estrutura metálica das clarabóias, incluindo apoios e caixilharias dos topos, de acordo com as indicações constantes nas especificações técnicas.					0,00
12	3.2.1	Perfis tubulares do corpo das clarabóias	m	1012.7	11,0	11 139,70	
13	3.2.2	Caixilharias dos topos das clarabóias	UN	12	350,0	4 200,00	
14	3.3	Afinação/reparação dos elementos basculantes das caixilharias existentes nos topos das clarabóias, incluindo remoção de vedantes deteriorados e fornecimento e aplicação de novos vedantes de forma a assegurar a correcta impermeabilização das caixilharias. Inclui ainda a proteção e limpeza dos envidraçados, bem como os meios de acesso em altura necessários à perfeita execução da actividade.	UN	12	150,0	1 800,00	
15	3.4	Fornecimento e aplicação de chapas em policarbonato do tipo "Lexan Thermoclear LT2UV IR 169x vrd GN8 B038TI", ou equivalente, com a geometria necessária ao perfeito encaixe na estrutura existente, incluindo perfis de alumínio e borrachas vedantes, bem como os demais acessórios necessários à sua perfeita aplicação. Inclui ensaios finais para verificação de estanquidade à água.	m2	734.44	43,0	31 580,92	
16	4	Diversos					0,00
17	4.1	Desvio, proteção e recolocação de mobiliário e equipamentos existente nas áreas alvo de intervenção.	vg	1	2500,0	2 500,00	
18	4.2	Execução de todas e quaisquer limpezas necessárias à entrega da obra, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários a um perfeito acabamento	vg	1	1700,0	1 700,00	
						Preço Total	72 000,00

Anexo B – Planta das Claraboias



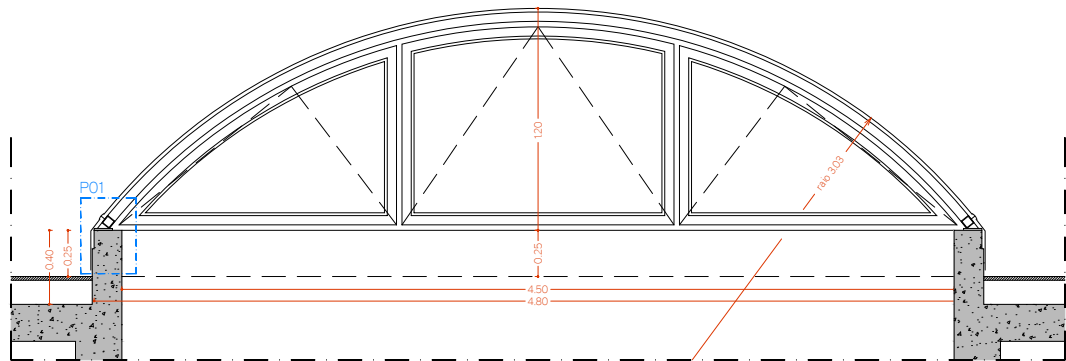
planta geral da cobertura

PRINCIPAIS TRABALHOS A CONSIDERAR [ver articulado e especificações técnicas]

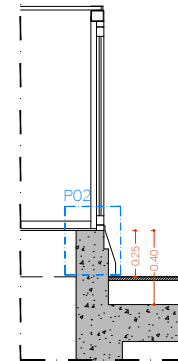
- 1. Remoção, carga e transporte a vazadouro autorizado dos elementos de revestimento existentes;
- 2. Reabilitação da estrutura metálica das claraboias através de lavagem integral dos perfis, tratamentos pontuais em zonas de corrosão e aplicação integral de novo esquema de pintura com base epoxi e acabamento em poliuretano, incluindo casilharias dos topos;
- 3. Fornecimento e aplicação de novo revestimento em chapas de policarbonato alveolar do tipo Lexan Thermoclear LT2UV IR 65X VFD QNS, ou equivalente;
- 4. Reabilitação e pintura dos rufos metálicos existentes e fornecimento e instalação de novos rufos metálicos, em chapa galvanizada lacada, nos topos das claraboias;

CAMPUS ALAMEDA / PAVILHÃO DE CIVIL			data
reabilitação das claraboias dos corpos laterais			Janeiro 2020
Arquitetura e CC			n.º desenho
projeto de execução - peças desenhadas			01
TÉCNICO LISBOA	observações REVISÃO 00	arquitetura Inês Côtas	escala 1/ escala

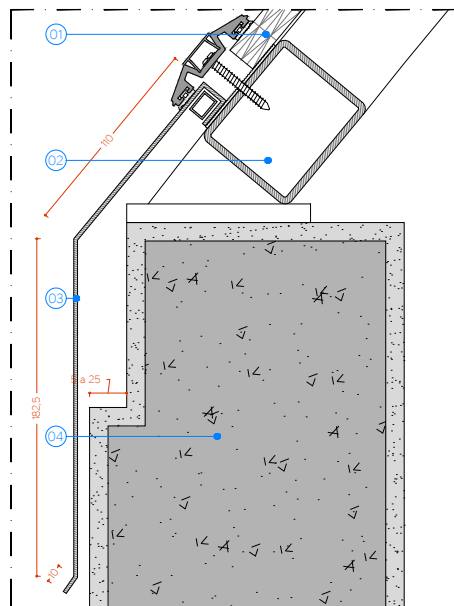
Anexo C – Corte Transversal das Claraboias



corte transversal das claraboias
escala 1:20

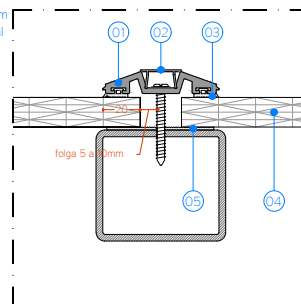


corte longitudinal parcial
escala 1:20



pormenor 01
escala 1:2 / cotas em mm

- 01 Painel de policarbonato alveolar 16mm com duas faces com filtro UV e bloqueio parcial de infra-vermelhos
- 02 Estrutura metálica existente a reabilitar
- 03 Rufo metálico existente a reabilitar em chapa zincada de 2mm
- 04 Murete existente a reabilitar

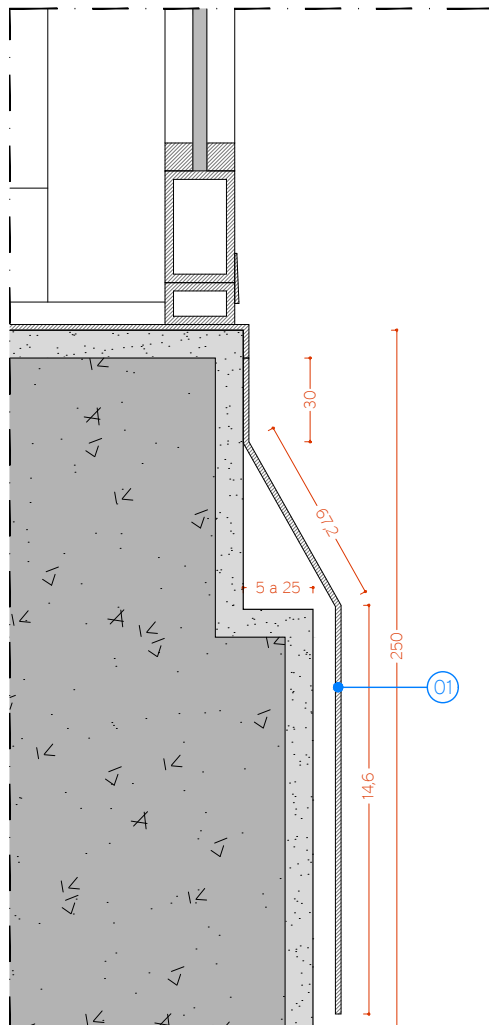


pormenor da união entre painéis
escala 1:2

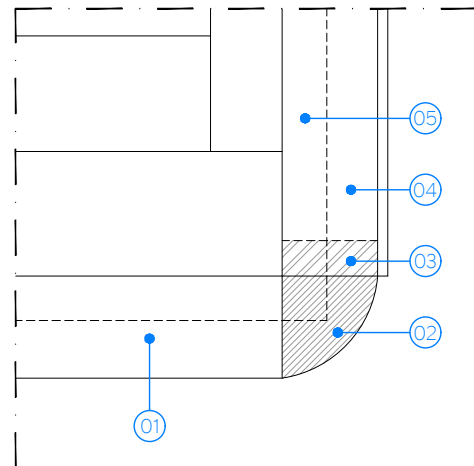
- 01 Perfil de alumínio universal
- 02 Bite para ocultar fixação
- 03 Vedante superior 4 unhas
- 04 Painel de policarbonato alveolar 16mm com duas faces com filtro UV e bloqueio parcial de infra-vermelhos
- 05 Vedante inferior standard

CAMPUS ALAMEDA / PAVILHÃO DE CIVIL reabilitação das claraboias dos corpos laterais			data janeiro 2020
Arquitetura e CC projeto de execução - peças desenhadas			nº desenho 02
observações REVISÃO 00	arquitetura Inês Côas	escala várias	

Anexo D – Pormenor em Planta do Canto




pormenor 02
escala 1:2 / cotas em mm



pormenor em planta do canto
muretes
sem escala

- 01 Novo rufo metálico em chapa quinada zinco de 2mm
- 02 aba de remate sobre o canto
- 03 faixa de sobreposição sob o rufo existente
- 04 rufo longitudinal existente
- 05 murete existente

- 01 Novo rufo metálico em chapa quinada zinco de 2mm

CAMPUS ALAMEDA / PAVILHÃO DE CIVIL reabilitação das claraboias dos corpos laterais			data janeiro 2020
	Arquitetura e CC projeto de execução - peças desenhadas		n.º desenho
	observações REVISÃO 00	arquitetura Inês Córias	escala várias

03

Anexo E – Especificações Técnicas da Empreitada



INTRODUÇÃO

O presente documento é relativo ao procedimento para reabilitação das clarabóias dos corpos laterais do Pavilhão de Civil no Campus da Alameda, em Lisboa. A área de intervenção corresponde a um conjunto de seis clarabóias, com acesso interior pelo piso 3 e acesso exterior pela cobertura do edifício, conforme explanado na memória descritiva anexa ao processo. Todos os trabalhos a realizar estão elencados no mapa de trabalhos anexo, cujas especificações técnicas se apresentam de seguida.

1. ESTALEIRO

Art.º 1.1

Este artigo contempla o seguinte:

- > Montagem, manutenção e desmontagem do estaleiro, conforme legislação em vigor, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários;
- > Disponibilização e, sempre que necessário, instalação de lonas/telas impermeáveis, ou outra solução análoga, em quantidade suficiente para assegurar a protecção do edifício em caso de ocorrência de precipitação durante a execução dos trabalhos;
- > Implementação do PSS em obra, sua atualização e/ou retificação, garantindo o cumprimento de todos os aspetos legais em matéria de segurança e saúde em obra;
- > Implementação do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, sua atualização, retificação, adaptação e determinação das quantidades e resíduos no decorrer da obra, incluindo todos os trabalhos e operações de gestão de resíduos resultantes da obra, tudo de acordo com a legislação em vigor.
- > Disponibilização em obra, e se necessário instalação, de lonas/toldos para cobertura provisória, em caso de ocorrência de precipitação durante a execução da empreitada, das áreas das clarabóias que se encontram a ser alvo de intervenção e desprovidas de revestimento em policarbonato.

2. RUFOS

Art.º 2.1

Contempla os trabalhos de desmontagem cuidada, remoção e transporte dos rufos existentes longitudinalmente ao longo dos muretes das clarabóias para local de armazenamento para posterior reabilitação, incluindo todos os acessórios e trabalhos complementares.

Todos os resíduos resultantes da desmontagem devem ser transportados a vazadouro autorizado.

Art.º 2.2

Contempla todos os trabalhos necessários à reabilitação e reinstalação dos rufos existentes em chapa galvanizada/zincada nas laterais das clarabóias, a saber:

- desempenho das chapas;

- desengorduramento e lavagem com água doce;
 - limpeza mecânica/escovagem ao grau st3 nas zonas com oxidação;
 - despolimento geral e limpeza com diluente;
 - aplicação de esquema de pintura epóxi + poliuretano constituído por:
 - . 1 demão geral de tinta/primário epóxi de dois componentes, de alto teor em sólidos com boa aderência a aço galvanizado;
 - . 2 demãos de tinta de poliuretano alifático de dois componentes, ou equivalente, na cor RAL 6005 e acabamento acetinado.
 - reinstalação dos rufos por aparafusagem à estrutura metálica existente, com recurso a novos parafusos em aço inox. A união entre troços dos rufos deverá ser assegurada com recurso a troços em chapa, com tratamento análogo ao descrito e fixação por rebiteagem.
- A aplicação das tintas deverá ser efectuada no estrito cumprimento das indicações do respetivo fabricante. O adjudicatário deverá proceder a ensaio prévio, do esquema de pintura completo, num troço com 2m de extensão, para verificação de compatibilidade do novo esquema de pintura com a tinta existente.

Art.º 2.3

Contempla todos os trabalhos necessários à instalação de novos rufos metálicos nos topos das clarabóias, com recurso a chapa quinada zincor (aço DC01+ZE25) com 2,0mm de espessura, conforme peças desenhadas. A metodologia preconizada para instalação dos rufos não implica remoção da caixilharia existente. Os rufos deverão exibir as seguintes características:

- desenvolvimento total de cerca de 25cm, conforme peças desenhadas;
- a fixação entre os novos rufos a instalar e a estrutura metálica existente deverá assegurar a criação de uma solução contínua que garanta que a água escorre da caixilharia para o rufo sem infiltrar para o seu tardo. A solução poderá passar por soldadura por pontos com betumagem da interface entre materiais e acabamento a pintura;
- a união entre troços dos rufos deverá ser efetuada de forma análoga à utilizada para os rufos existentes (rebitagem com chapa de reforço no tardo);
- aba de remate sobre a zona de transição a 90º entre os muretes de topo e os troços longitudinais, com sobreposição sob o rufo longitudinal existente, de acordo com peça desenhada;
- aplicação de esquema de pintura epóxi + poliuretano constituído por:
 - . 1 demão geral de tinta/primário epóxi de dois componentes, de alto teor em sólidos com boa aderência a aço galvanizado;
 - . 2 demãos de tinta de poliuretano alifático de dois componentes, ou equivalente, na cor RAL 6005 e acabamento acetinado.

3. CLARABÓIAS

A intervenção irá decorrer com o edifício em condições de exploração, pelo que será necessário considerar alguns condicionalismos no que diz respeito ao faseamento das diversas atividades a realizar.

Uma vez que os trabalhos de reabilitação das estruturas metálicas terão de ser efetuados a partir do piso 3, com recurso a meios de acesso em altura e que as operações de substituição das chapas em policarbonato terão implicações de segurança para os utilizadores do edifício que irão aceder aos corredores do piso 3, deverão obrigatoriamente os concorrentes admitir que a realização destes trabalhos, em cada uma das clarabóias, terá de ser efetuada por troços (desmonte do policarbonato existente, tratamento da estrutura metálica e aplicação da nova solução de revestimento das clarabóias). Num dado momento, os troços que estiverem a ser alvo de intervenção deverão ser previamente vedados, a toda a altura do pé-direito útil existente, de modo a evitar a dispersão de poeiras e detritos para o exterior das zonas de intervenção, possibilitando assim a circulação e permanência dos utentes do edifício nas zonas imediatamente envolventes. No interior de uma zona de trabalho, o acesso em altura poderá realizar-se com uma torre de andaime, ou solução análoga, desde que se garanta a proteção dos revestimentos de paredes e pavimentos.

Regra geral, em cada uma das clarabóias, a extensão do troço onde poderão decorrer trabalhos não poderá impedir o acesso a mais do que dois núcleos de gabinetes. A exceção a esta regra serão as clarabóias CL01 e CL02 (ver desenho 01) as quais, pelo facto de apenas disporem de acesso pelo lado sul, deverão ser intervencionadas como um todo e se necessário em simultâneo, procurando assim minimizar o prazo de execução dos trabalhos. Seja como for, os trabalhos nestas duas clarabóias deverão decorrer de 02 a 15 de Agosto (inclusive).

O prazo global máximo para a execução de todos os trabalhos será de 60 dias, correspondentes presumivelmente ao período entre 12 de Julho e 11 de Setembro de 2021.

De modo a garantir o cumprimento do prazo referido, poderá o adjudicatário recorrer a um máximo de duas frentes de trabalhos (execução de trabalhos em simultâneo, em duas clarabóias distintas).

Art.º 3.1

Contempla os trabalhos de desmontagem controlada, remoção e transporte do sistema de revestimento existente em chapas de policarbonato, incluindo todos os perfis de união, vedantes e acessórios complementares, bem como todos os meios de acesso em altura, considerando condições de segurança de acordo com legislação aplicável.

Todos os resíduos resultantes da desmontagem devem ser transportados a vazadouro autorizado.

Art.º 3.2

Contempla o tratamento de toda a estrutura metálica de suporte das clarabóias, incluindo as caixilharias/lanternins dos topos, de acordo com o seguinte esquema:

- desengorduramento e lavagem com água doce;
- limpeza mecânica/escovagem ao grau st3 nas zonas com oxidação;
- despolimento geral e limpeza com diluente;
- aplicação de esquema de pintura epóxi + poliuretano constituído por:
 - . 1 demão de tinta/primário epóxi de dois componentes, com agente de cura com poliamida;
 - . 2 demãos de tinta de poliuretano alifático de dois componentes, na cor RAL 6005 e acabamento acetinado.

A aplicação das tintas deverá ser efetuada no estrito cumprimento das indicações do respetivo fabricante. O adjudicatário deverá proceder a ensaio prévio, do esquema de pintura completo, num troço com 2m de extensão, para verificação de compatibilidade do novo esquema de pintura com a tinta existente.

Art.º 3.3

Contempla todos os trabalhos decorrentes da revisão e manutenção geral dos caixilhos existentes nos topos das clarabóias, designadamente:

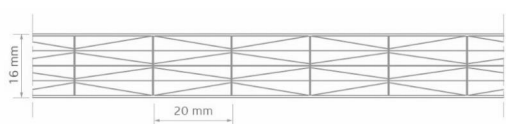
- > Remoção e substituição de todos os vedantes deteriorados, de modo a assegurar a devida estanquidade do conjunto, incluindo betumagem entre a chapa de capeamento do murete e o perfil fixo;
- > Verificação do funcionamento de todas as folhas basculantes, incluindo, se necessário, afinação e/ou substituição de componentes degradados, como sejam dobradiças, compassos, trincos, ou outros;
- > Proteção e limpeza dos vidros.

Art.º 3.4

Este artigo contempla o fornecimento e instalação de novo revestimento das clarabóias, composto por chapas em policarbonato alveolar e respetivos perfis de união e vedantes, conforme requisitos técnicos e especificações de instalação seguidamente elencados, bem como peças desenhadas do procedimento.

> Requisitos das chapas de policarbonato alveolar:

- a) Duas faces com filtro UV;
- b) Controlo solar por bloqueio parcial dos raios infra-vermelhos (o que acarreta possível tonalidade verde);
- c) Dimensões gerais: L900-1000 x C2770mm;
- d) Espessura de 16mm com 9 paredes interiores e configuração em X, conforme imagem seguinte;



- e) Coeficiente de transmissão térmica máximo (U): 1,77W/m².K

- f) Transmissão mínima de luz: 38% (conforme norma ISO 9050);
- g) Transmissão máxima solar total (fator solar): 39% (conforme norma ISO 9050);
- h) Paineis do tipo Lexan Thermoclear, ref.ª LT2UVIR 169X VRD GN8B038T, ou equivalente.

> Requisitos dos perfis de união e vedantes:

Solução de conjunto composta por perfil de alumínio universal, tampa de alumínio para ocultar a fixação e vedantes em EPDM quimicamente compatíveis com policarbonato e com elasticidade compatível com as contrações e dilatações do painel, conforme pormenor das peças desenhadas do procedimento.

A solução completa, incluindo os diversos acessórios que a constituem, deverá ser submetida à aprovação prévia da Fiscalização.

> Requisitos gerais de instalação:

- a) Raio de curvatura de cerca de 3000mm, conforme peças desenhadas do procedimento;
- b) Fixação contínua com perfilaria de alumínio ao longo das secções transversais da claraboia, com profundidade de entrega dos painéis de cerca de 20mm e folga para expansão entre 5 a 10mm, conforme peças desenhadas do procedimento;
- c) Resistência a uma carga distribuída de 1600 a 1400N/m² para painéis com largura aproximada de 900-1000mm;
- d) Selagem das chapas alveolares com fita porosa ao longo do limite longitudinal que permite a saída de condensações e evita a deposição de poeiras e detritos no seu interior; estas fitas devem ser protegidas da intempérie pelo perfil de remate longitudinal.
- d) Uma vez instaladas, as clarabóias deverão ser perfeitamente estanques. Para aferir este aspeto deverão ser realizados ensaios com projeção de água, ao longo de toda a superfície das diversas clarabóias, logo após a conclusão dos trabalhos.

4. DIVERSOS

Art.º 4.1

Contempla a execução de todos os trabalhos necessário a garantir a proteção do mobiliário e equipamentos existente nos corredores do piso 3 (sob as clarabóias): nomeadamente:

- desvio cuidado de mobiliário e equipamentos existentes, para fora das zonas de intervenção, incluindo os trabalhos necessários a evitar a ocorrência de danos nos pavimentos;
- proteção do mobiliário, de modo a evitar a ocorrência de sujidade, ou danos decorrentes da execução dos trabalhos realizados no âmbito da presente empreitada;
- reposição cuidada do mobiliário e equipamentos nos locais de origem.

Art.º 4.2

Contempla a execução da limpeza final dos espaços onde decorreu a intervenção e dos que foram utilizados nesse contexto, designadamente os espaços de circulação do piso 3 e respetivas coberturas,



bem como todos os que lhe serviram de acesso e/ou armazenamento de materiais e que devem ser devidamente limpos para efeitos de entrega de obra.

Anexo F – Notas Engenheiro Fonseca

- 5 Mar 2022 [sáb] colocaram contentor no espaço de estaleiro
- 7 Mar [2ª f] início do prazo da obra
ninguém em obra
- 8 Mar remoção de redes de protecção solar e tubos galvanizados de fixação
remoção de camada superior do 1º vão (clarabóia CL3)
remoção de borrachas
lixagem de perfis na face interior
- 9 Mar lixagem de estrutura metálica pelo interior
remoção de camada superior de alguns tramos do 1º vão
lixagem de estrutura metálica pelo exterior
- 10 Mar aplicação de primário em perfis da estrutura do vão 1
lixagem pelo interior do 2ª vão
1ª demão de pintura nos perfis da estrutura do vão 1 (arcos)
- 11 Mar aplicação da 1ª demão de pintura nos arcos do 1º vão
Nota: só foram removidos os acrílicos de metade do 1º vão
já removidos todos os rufos e pintados com primário todos os apoios da estrutura metálica da clarabóia CL3
em execução primário no exterior dos topos das clarabóias CL6 e CL5
pintura dos arcos do 1º vão (2ª demão)
- 12 Mar [sáb] remoção de todos os rufos na CL3
primário em parte da zona inferior do 2º vão
- 13 Mar [dom]
- 14 Mar [2ª f]
ninguém em obra
- 15 Mar aplicação de 1ª demão de tinta no 2º vão
remoção de acrílicos da 2ª metade do 1º vão
transporte de acrílicos para o lado nascente do edifício
chegaram painéis de policarbonato
assentamento de três painéis e respectivos perfis de alumínio (não estão fixados definitivamente)
pintura da 2ª metade do 1º vão
- 16 Mar colocação de 4º painel e seguintes da CL1
já dado primário na face superior dos arcos da 2ª metade do 1º vão
colocação de painéis até ao 11º / não continuaram porque faltava 2ª demão de tinta na 2ª metade de CL3
colocação de painéis na CL6
pintura de janelas da CL6 pelo interior

- pinturas no 2º vão (interior)
- 17 Mar colocação de restantes painéis de policarbonato na 2ª metade do 1º vão
lixagem pela face inferior da 1ª metade do 4º vão
- 18 Mar pintura do caixilho de topo do 1º vão pelo interior
lixagem do 2ª vão pelo interior
lixagem pelo exterior dos caixilhos de topo de CL3 (norte) e CL1
aplicação de primário no exterior dos caixilhos de topo de CL3 (norte) e CL1
- 19 Mar [sáb]
lixagem do resto de CL3 por baixo (todo o corredor até ao guarda-vento)
primário em todos os caixilhos de topo, excepto CL3 e CL6 (lado sul) já pintados e CL6 (lado norte) já pintado parcialmente
- 20 Mar [dom]
- 21 Mar [2ª f]
ninguém em obra
todos os caixilhos de topo já com primário, excepto CL3 e CL6 (lado sul) já pintados e CL6 (lado norte) já pintado parcialmente
- 22 Mar primário na zona interior da 1ª metade do 4º vão
primário na zona interior do 3º vão
aplicação de protecções no 2º vão na cobertura (por onde entrou água)
- 23 Mar 2ª demão de pintura na zona interior da 1ª metade do 4º vão
2ª demão de pintura na zona interior do 3º vão
limpeza de pavimento na zona do 1º vão
- 24 Mar retiraram chapas acrílico do 3º vão
primário na face superior do 3º vão
remoção de detritos na cobertura (envolvente de CL3)
lixagem face inferior 6º vão
1ª demão pintura pela face superior de parte da 2ª metade do 3º vão e lixagem da face superior da outra parte
- 25 Mar lixagem pela face inferior do 6º vão
remoção de acrílicos do 5º vão
lixagem por cima do 5º vão
primário na face inferior do 6º vão
2ª demão por cima da 2ª metade do 3º vão
1ª demão por cima do 5º vão
- 26 Mar [sáb]
colocação de policarbonato no resto de CL3 (2ª metade do 3º vão e 5º vão)
colocação de fitas de ventilação nas extremidades dos painéis

		pintura 6º vão por baixo
27	Mar	[dom]
28	Mar	[2ª f] ninguém em obra
29	Mar	remoção de acrílicos do 4º e 6º vãos lixagem e pintura com primário na face superior da estrutura dos vãos 4 e 6 1ª demão de tinta no vão 4 por cima
30	Mar	lixagem por baixo dos vãos 13 e 15 primário por baixo nos vãos 13 e 15
31	Mar	2º demão por cima nos vãos 4 e 6 remoção de acrílicos do vão 15 (só falta vão 13)
1	Abr	colocação de painéis de policarbonato nos vãos 4 e 6 depois de prévia colocação da fita lixagem de vãos 15 e 13 por cima colocados painéis nos vãos 4 e 6 primário e 1ª demão de pintura por cima nos vãos 15 e 13 2ª demão por baixo nos vãos 15 e 13
2	Abr	[sáb] colocação de policarbonato no resto de CL5 (15º e 13º vãos) remoção de entulhos da cobertura
3	Abr	[dom]
4	Abr	[2ª f] ninguém em obra ponto de situação de janelas exteriores: CL6 + CL5 + CL3 - 2 demãos de pintura nos lados norte e Sul / CL4 + CL2 - primário nos lados norte e Sul / CL1 - 2 demãos de pintura no lado Sul e primário no lado Norte
5	Abr	lixagem pela face inferior dos vãos 17 e 18
6	Abr	remoção dos acrílicos dos vãos 17 e 18 lixagem pela face superior dos vãos 17 e 18 aplicação de primário na estrutura dos vãos 17 e 18 aplicação de primário em chapas de rufo
7	Abr	manhã: 1ª demão de pintura na estrutura dos vãos 17 e 18 aplicação de primário em chapas de rufo
8	Abr	colocação de chapas de policarbonato no vão 18 aplicação de pintura em chapas de rufo

lixagem por baixo nos vãos 16 e 14

9	Abr	 ausente
26	Abr	
27	Abr	CL3 já com cordão de polietileno no topo sul / já com rufos / já com botões e perfis U de extremidade das chapas de policarbonato CL1 - nada CL6 já com rufos / já com botões e perfis U de extremidade CL5 já com rufos / já com perfis U de extremidade / já com alguns botões no lado nascente CL4 já com todas as chapas de policarbonato mas sem rufos remoção de acrílicos de CL2 primário e 1ª demão de pintura por cima na CL2 estrutura metálica de CL2 já pintada pelo interior
28	Abr	lixagem dos vãos 10 e 8 da CL2 por cima pintura dos vãos 8 e 10 por cima
29	Abr	ausente
30	Abr	[sáb] colocação de policarbonatos na CL2 / colocados rufos do lado nascente / rufos do lado poente ainda não foram colocados colocação de botões e perfis U de extremidade das chapas de policarbonato nas clarabóias CL4 e CL5
1	Mai	[dom]
2	Mai	[2ª f] ninguém em obra
3	Mai	remoção de borrachas pela face superior de CL1 lixagem de estrutura metálica de CL1 por baixo / caiu muita ferrugem da janela do topo Sul colocação de rufos na face poente de CL2
4	Mai	remoção de acrílicos e acessórios da CL1 lixagem da estrutura metálica pela face superior e pela inferior (não ficou concluída)
5	Mai	lixagem estrutura CL1 primário na extremidade sul da CL1 lixagem do interior da janela do topo norte / aplicação de primário
6	Mai	aplicação de primário numa extremidade de CL1 1ª demão de pintura na CL1

7	Mai	[sáb] 2ª demão de pintura na CL1
8	Mai	[dom]
9	Mai	[2ª f] ninguém em obra
10	Mai	colocação de chapas de policarbonato na CL1 execução dos cortes nas chapas de rufo para a zona da caleira colocação de rufos no lado nascente da CL1
11	Mai	colocação das últimas chapas de policarbonato na CL1 colocação de rufos no lado poente da CL1 colocação de perfis U de extremidade dos painéis colocação de botões na zona da caleira
12	Mai	colocação os botões na CL2 limpeza de vidros pelo exterior correção dos botões de CL2, CL4, CL6 e CL5
13	Mai	correção dos botões em CL1 e CL3 limpeza de vidros pelo interior colocação de capas nos perfis
14	Mai	[sáb] execução de rasgos para colocação de rufos nos topos colocação de cordões de fundo de junta nas extremidades das clarabóias colocação de capas CL2 + CL4 + CL5 + CL6 + CL3 (só metade) / CL1 ainda não tem
15	Mai	[dom]
16	Mai	[2ª f] ninguém em obra
17	Mai	colocação de rufos nos topos colocação de capas em falta
18	Mai	colocação de rufos nos topos limpeza de painéis sujos pela face inferior
19	Mai	limpeza de painéis sujos pela face inferior limpeza de vidros
20	Mai	lubrificação de ferragens nas janelas dos topos