



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da
Empresa Grupo Entrepósito Maputo**

Trabalho de licenciatura para a obtenção do grau de licenciatura em
Engenharia Civil

Autor: Magalhães, João Dionísio

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves

Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Maputo, Maio de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da
Empresa Grupo Entrepósito Maputo**

Trabalho de licenciatura para a obtenção do grau de licenciatura em
Engenharia Civil

Autor: Magalhães, João Dionísio

Supervisora:

Eng^a. Alexandra Neves

Co-Supervisor:

Eng^o. Rafael Mabunda

Maputo, Maio de 2023

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO

Eu, **João Dionísio Magalhães**, declaro que este trabalho nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau em alguma instituição de ensino superior, nacional ou internacional, e que o mesmo constitui o resultado da minha investigação pessoal.

Maputo, Maio de 2023

(João Dionísio Magalhães)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus pai do nosso Senhor Jesus Cristo, a toda a minha família que sempre esteve ao meu lado, e que ajudou-me a encarar essa fase muito difícil.

AGRADECIMENTOS

Os meus profundos agradecimentos vão, em primeiro lugar à Deus pai do nosso Senhor Jesus Cristo, pelo dom da vida e por me ter dado saúde, inteligência e persistência nesta fase muito difícil da minha vida.

Em segundo lugar aos meus pais, Dionísio Magalhães, Josina Silvano e Cecília Magalhães que, ao longo deste tempo não curto, prestaram o seu apoio incondicional, dando todo suporte necessário para que eu pudesse alcançar este nível.

Em terceiro lugar, aos meus supervisores e técnicos do laboratório de engenharia de Moçambique, a engenheira Alexandra Neves e o engenheiro Rafael Mabunda (supervisores), engenheira Filda (técnica do LEM), que foram os grandes mentores por detrás da produção deste trabalho de pesquisa, tendo emprestado parte do seu escasso tempo assim como parte do seu extenso conhecimento.

Em quarto lugar aos meus irmãos, José, Rosymary, Awalina, Nicole, Dionísio e a Milagrosa, que me deram muito apoio da forma que podiam ao longo deste tempo.

Em quinto lugar, aos meus dois primos, Filipe Ábaco e Pérola Diamantino, que ajudaram-me na revisão linguística do trabalho e por último há todos os colegas, amigos e conhecidos que estiveram sempre comigo e apoiaram-me nesta longa caminhada.

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objectivo, produzir um projecto de reabilitação de um edifício. O projecto desenvolvido, teve como caso de estudo, o edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto – Maputo. Para a produção deste projecto, foram feitos levantamentos fotográficos e geométricos, de modo a descrever-se e conhecer-se detalhadamente o edifício, fez-se também o levantamento das patologias presentes no edifício, especificamente, nos elementos estruturais e nos panos de alvenaria, para poder analisar o seu nível de deterioração. Também para se poder melhor avaliar as possíveis causas que originaram essas patologias, assim como para a determinação de algumas das propriedades mecânicas de alguns dos elementos que compõem a estrutura do edifício, foram analisados dados colhidos em ensaios realizados tanto em laboratório assim como *in situ*, tendo estes sido colhidos pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique. Foi produzido um modelo estrutural numérico em 3D, de uma parte do edifício, que foi seleccionada tendo em conta as patologias identificadas, foram quantificadas as acções actantes e com a aplicação destas no modelo, obtidos os esforços actantes usados para as verificações de segurança tendo em conta os estados limites últimos e de utilização. E por fim foram propostas as soluções para resolução das anomalias identificadas no edifício, que foram compostas por simples reparações.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação, patologias, testes de diagnóstico, modelação estrutural e reparação.

Índice

Dedicatória	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Lista de símbolos.....	vii
Lista de abreviaturas	ix
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	xi
CAPÍTULO I: Introdução.....	1
Generalidades	1
Objectivos.....	2
1.1.1 Geral.....	2
1.1.2 Específicos	2
Metodologia.....	3
Estrutura do trabalho	4
CAPÍTULO II: Estado de arte	5
1. Reabilitação como conceito.....	5
2. Manifestações patológicas	5
2.1. Patologias Estruturais.....	6

2.2.	Patologias de durabilidade	10
3.	Ensaaios de Diagnóstico	17
3.1.	Técnicas de percepção sensorial	18
3.2.	Técnicas de acção mecânica	18
3.3.	Técnicas de reacções químicas e electroquímicas	21
3.4.	Técnicas de efeitos eléctricos e magnéticos	22
4.	Verificação da resistência de estruturas existentes.....	23
4.1.	Modelação da estrutura existente.....	24
4.2.	Estimativa dos esforços resistentes.....	25
5.	Soluções típicas para reparação	25
5.1.	Técnicas de reparação de Manchas de humidade	26
5.2.	Técnicas de reparação de fissuras.....	26
5.3.	Técnicas de reparação de zonas de uma estrutura com betão deteriorado	28
6.	Metodologia de reabilitação	29
CAPITULO III: Estudo do edifício das antigas instalações do grupo entreposto - maputo		31
1.	Descrição do edifício	31
1.1.	Arquitectura e localização.....	31
1.2.	Descrição estrutural.....	34

2.	Levantamento das patologias e determinação das suas possíveis causas	36
2.1.	Patologias verificadas.....	37
3.	Caracterização mecânica e química dos materiais da estrutura	44
3.1.	Detecção de armadura	45
3.2.	Ensaio esclerométrico	46
3.3.	Extracção e ensaio de compressão de carotes	46
3.4.	Ensaio de carbonatação	49
4.	Avaliação do comportamento estrutural	49
4.1.	Parte do edifício analisada	50
4.2.	Quantificação das cargas	51
4.3.	Cálculo dos esforços actuantes.....	53
5.	Soluções propostas para reparação.....	59
5.1.	Soluções propostas para a reparação das manchas de humidade	60
5.2.	Soluções propostas para a reparação das fissuras	60
5.3.	Soluções propostas para o destacamento de betão e corrosão de armaduras	62
CAPÍTULO IV: Conclusões, recomendações e anexos		63
Conclusões.....		63
Recomendações.....		65
Bibliografia.....		66

Anexos	68
A – Descrição do edifício	68
B – Patologias.....	68
C – Dados e resultados realizados <i>in situ</i> e em laboratório	68
D – Cálculo estrutural	68
E – Soluções propostas para a reparação.....	68

LISTA DE SÍMBOLOS

Letras latinas maiúsculas

A_s – área da armadura;

F_c – resultante das tensões de compressão numa secção de betão;

F_s – resultante das tensões de tracção no aço;

G_m – valor médio da acções permanentes;

Q_k – valor característico da acção variável base;

Q_{ik} – valor careacterístico das restantes acções variáveis;

R'_d – valor de cálculo do esforço resistente residual;

S_d – valor de cálculo do esforço actuante;

S_{Qk} – esforço resultante da acção variavel considerada como acção de base da combinação,tomada com seu valor caracteristico;

S_{wk} - esforço resultante da acção variavel considerada como acção de base da combinação,tomada com seu valor característico;

W – módulo de flexão;

Letras latinas minúsculas

b – largura da secção de betão;

d – altura útil de uma secção;

f_{cd} – valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão;

$f_{ck, is}$ – resistência à compressão *in situ* característica;

f_{ctm} – valor médio da tensão resistente do betão à tracção;

$f_{is, menor}$ – menor valor da resistência à compressão das carotes ensaiadas;

$f_{m(n)is}$ – média dos resultados, $f_{is, i}$, da resistência à compressão de n carote;

f_{syd} – tensão de cedência de tracção de armadura.

g_{reboco} – valor da acção do reboco.

h - espessura da laje;

k – margem que depende do numero n dos resultados de ensaio;

l – vão teórico; Comprimento livre de um pilar;

n – número de carotes ensaiados;

x - profundidade da linha neutral;

z – braço do binário das forças interiores em flexão;

Letras gregas

γ'_g – coeficiente de majoração de acções permanentes em estruturas existentes;

γ'_q – coeficiente de majoração de acções variáveis em estruturas existentes;

$\gamma_{argamassa}$ – peso específico da argamassa;

$\gamma_{betão}$ – peso específico do betão;

γ_g – coeficiente de majoração de acções permanentes;

γ_q – coeficiente de majoração de acções variáveis;

γ_{reboco} – peso específico da argamassa de reboco;

ρ – percentagem de armadura;

ψ_{1j} , ψ_{2j} – coeficientes ψ correspondentes à acção variável de ordem j .

LISTA DE ABREVIATURAS

EC1 – Eurocódigo 1

ELS – Estados limite de serviços

ELU – Estados limite último

REAE – Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios

REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado

RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fissuras inclinadas causadas pela dilatação térmica. (Thomaz, 2020).....7

Figura 2: Fissura no pano de alvenaria (Thomaz, 2020).....	7
Figura 3: Fissuras verticais causadas por movimentações térmicas. A- fissura entre pano de alvenaria e pilar. B- Fissura no pano de alvenaria. (Thomaz, 2020)	7
Figura 4:Fissura gerada por um esforço de tracção (Branco, 2005).	8
Figura 5: Fissura gerada por um esforço de compressão (Branco, 2005).....	8
Figura 6:Fissura gerada por esforço de flexão simples (Thomaz, 2020).....	8
Figura 7: Fissuras geradas por esforços transversos (Branco, 2005).	8
Figura 8:Fissuras causadas pela acção simultânea de todas as outras acções (Branco, 2005).	8
Figura 9: Fissuras no pano de alvenaria, causada por deflexão da região em balanço da viga (Thomaz, 2020).....	9
Figura 10:Fissura causada pelo assentamento diferencial de elementos da fundação (Branco, 2005).....	10
Figura 11: Humidade ascendente de águas freáticas em paredes interiores (Martins, Jâcome, 2005).....	15
Figura 12: Humidade ascendente de águas superficiais em paredes exteriores (Martins, Jâcome, 2005).....	15
Figura13:Esclerómetro. (Ferreira, 2010)	19
Figura 14: Curva de conversão do modelo de Esclerómetro N/NR (Proceq, 2011).	19
Figura 15: Carroteadora. (Abreu, 2013)	21
Figura 16: Parcómetros (Abreu, 2013).	23
Figura 17: Localização do edifício em estudo (Google Earth).	31
Figura 18: Arranjo de armaduras da fibra inferior da laje das lajes do subloco AIV.	45

Figura 19: Modelo numérico para análise estrutural em 3D	50
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de K.	21
Tabela 2: Causas das patologias.	38
Tabela 3: Cálculo das tensões características para o caso dos carotes extraídos nas lajes.	47
Tabela 4: Cálculo das tensões características para o caso dos carotes extraídos nos pilares.	48
Tabela 5: Acções permanentes.	52
Tabela 6. Acções variáveis.	53
Tabela 7: Acções considerando ELU.	54
Tabela 8: Valores de momentos considerando ELU	55
Tabela 9: Acções considerando ELS.....	55
Tabela 10. Valores de momentos considerando ELS.....	56

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

GENERALIDADES

Os edifícios, assim como, outros tipos de construção, são concebidos, projectados, e materializados, considerando um tempo de vida útil, assim como, um ou vários tipos de utilização. Pelo facto de estes serem implantados, no meio ambiente, sofrem vários tipos de agressão impostos pela atmosfera deste ambiente, sendo por esta razão necessária a inspecção periódica da integridade dos seus componentes, de forma a impedir a expansão das anomalias decorrentes da acção destes agentes. No entanto, nem sempre esta inspecção é feita em edifícios, na fase da sua utilização, o que condiciona em boa parte a sua durabilidade, pois com o passar do tempo, vão-se atingindo níveis de degradação elevados, que obrigam não apenas pequenas reparações, mas também estudos profundos de causa/efeito para se poder determinar, com a maior precisão possível, as causas das anomalias resultantes do processo de degradação e definir estratégias, assim como técnicas propriamente ditas, para a sua correcção.

Este trabalho refere-se ao estudo do edifício das antigas instalações da empresa Grupo Entreposto-Maputo, tendo como principal objectivo, a produção de um projecto de reabilitação e reforço estrutural. Este edifício já tem um tempo de utilização razoavelmente longo, e apresenta um estado de degradação avançado devido à ausência de actividades de manutenção. O edifício, desde a sua concepção e consequente materialização, esteve sendo usado pela empresa acima referida, para fins comerciais, no entanto, o edifício mudará de função, e passará a ser usado para fins académicos, ou seja, passará a fazer parte de um campus universitário.

OBJECTIVOS

1.1.1 Geral

O presente trabalho tem como objectivo principal desenvolver um projecto de reabilitação estrutural do edifício das antigas instalações do Grupo Entrepasto-Maputo.

1.1.2 Específicos

Este trabalho tem os seguintes objectivos específicos:

- Identificar as manifestações patológicas presentes no edifício e suas possíveis causas.
- Caracterizar as propriedades dos materiais que compõem a estrutura a partir de ensaios apropriados.
- Analisar o comportamento estrutural de uma parte do edifício criteriosamente seleccionada.
- Propor soluções de reparação e/ou reforço estrutural para as anomalias verificadas no edifício.

METODOLOGIA

Para a produção deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas, entrevistas, recolha de dados de campo, organização e análise dos dados recolhidos.

a) Pesquisas Bibliográficas

Neste ponto foram investigadas e identificados livros, dissertações de mestrado, artigos científicos, entre outros dados, que continham a informação relativa à área de reabilitação de edifícios.

b) Entrevistas

Neste ponto, foram consultados técnicos especializados na área pesquisada, assim como, supervisores do trabalho e outros que achou-se relevante a sua opinião.

c) Recolha de dados de Campo

Neste ponto, através do registro fotográfico e de inspeção visual, foram colhidas e registadas as patologias do edifício, especificamente, as do bloco A. Foram também colhidos dados para os ensaios laboratoriais, usando para o efeito equipamentos apropriados.

ESTRUTURA DO TRABALHO

Como forma de alcançar os objectivos propostos, o presente trabalho terá a seguinte organização:

- I. Capítulo 1 – Este introduz o trabalho, contendo as generalidades concernentes ao tema em estudo, seguindo os objectivos gerais assim como os específicos finalizando com a descrição da metodologia usada na elaboração deste trabalho.
- II. Capítulo 2 – Este apresenta o estado de arte, que apresenta o resumo teórico referente ao tema em estudo, começando por definir o conceito de reabilitação de edifícios, passando para a menção dos tipos de patologias que podem surgir em edifícios e suas causas, de alguns ensaios de diagnósticos que podem ser realizados nesses, da forma como pode ser mensurada a resistência residual e de algumas soluções de reparação e reforço estrutural que podem ser aplicadas em edifícios de forma a corrigir as anomalias provenientes das patologias.
- III. Capítulo 3 – Este apresenta o caso de estudo, começando por fazer uma descrição sintética do objecto de estudo, neste caso em concreto, o edifício das antigas instalações do Grupo Entrepósito-Maputo, passando para a menção das patologias existentes, assim como para a apresentação dos resultados obtidos nos ensaios realizados em laboratório ou *in situ*; apresenta também a modelação estrutural de uma parte do edifício que foi seleccionada tendo em conta o cenário patológico, e apresenta as soluções de reparação sugeridas para a correcção das anomalias no edifício;
- IV. Capítulo 4 - Este apresenta as conclusões tiradas com a realização do trabalho, as recomendações e os anexos do trabalho.

CAPÍTULO II: ESTADO DE ARTE

1. REABILITAÇÃO COMO CONCEITO

Pode-se definir reabilitação como o conjunto de acções que tem como principal objectivo conferir à estrutura capacidade suficiente para cumprir com as exigências iniciais ou com as novas quer de funcionalidade quer de resistência. (Sousa, 2008)

Trabalhos de reabilitação podem limitar-se a simples reparações ou podem incluir acções de reforço quando houver necessidade de aumentar a capacidade resistente na estrutura ou repor a resistência inicial no caso de esta ter sido comprometida com a degradação da estrutura ao longo da sua utilização (Sousa, 2008).

2. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Este subcapítulo aborda as principais patologias, explicando as formas como estas se apresentam e as potenciais causas que as originaram.

As manifestações patológicas podem ter várias causas, e o estudo destas consiste essencialmente em conhecer de forma pormenorizada o seu processo de formação, e as causas que as originam de modo a identificarem-se formas de colmatar as anomalias daí provenientes e prevenir que ocorram de forma repetida.

A partir das palavras escritas anteriormente percebe-se que para o estudo das manifestações patológicas, não basta apenas identificá-las, é necessário também que investigue-se as possíveis causas, pois estas influenciam na forma como vai ser tratada a anomalia, e também a forma como poder-se-á prevenir que tal anomalia ocorra futuramente.

As causas que originam as manifestações patológicas são diversas, podendo estas surgir nas várias fases da vida da edificação, a saber (Branco *apud* Erthal, 2020):

- I. Durante a concepção e projecção da edificação, sendo estas os erros cometidos à este nível;
- II. Durante a materialização do projecto (execução), sendo estas, também os erros cometidos a este nível;

III. Durante a fase de utilização da edificação podendo estas ser:

- a) A acção natural, como por exemplo, as acções físicas, químicas, biológicas e mecânicas;
- b) Acidentes decorrentes da acção humana, como por exemplo, fogo, explosões e choques/colisões;
- c) Desastres naturais que não podem ser previstos, como por exemplo sismos, ciclones, cheias e deslizamento de terra;
- d) Falta de manutenção.

A seguir estão apresentadas as manifestações patológicas, considerando a fase em que elas ocorrem e enfatizando as causas que as originam, estando estas divididas em 2 principais grupos, nomeadamente:

1. Patologias Estruturais;
2. Patologias de durabilidade.

2.1. Patologias Estruturais

As manifestações patológicas estruturais são causadas por acções mecânicas e físicas, e manifestam-se maioritariamente em forma de fissuras e deformações significativas em elementos estruturais podendo surgir em paramentos de alvenaria mesmo quando estas não desempenham papel estrutural. (Branco, 2005)

Sendo as fissuras umas das patologias mais comuns, proceder-se-á a enumeração das mesmas pelas causas que as originaram, sendo:

- Fissuras causadas por movimentações térmicas;
- Fissuras causadas por actuação de sobrecargas;
- Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas ou elementos de betão armado;
- Fissuras causadas pelo assentamento de fundações;

2.1.1. Fissuras causadas por movimentações térmicas

As movimentações térmicas são naturalmente causadas pelas variações de temperatura que ocorrem nas atmosferas que envolve as estruturas ou construções,

estas movimentações geram nos componentes destas estruturas variações volumétricas (contração ou dilatação), e estas variações por sua vez introduzem tensões nestes componentes devido à restrição imposta pela ligação que existe entre os diversos componentes da estrutura. Estas tensões podem causar fissuras nos componentes das estruturas, dependendo das propriedades físicas, da intensidade da variação da temperatura destes componentes.

2.1.1.1. Configurações típicas de fissuras causadas por movimentações térmicas

Estão representadas nas figuras 1,2 e 3 as fissuras que são normalmente causadas pelas movimentações térmicas.



Figura 1: Fissuras inclinadas causadas pela dilatação térmica. (Thomaz, 2020)

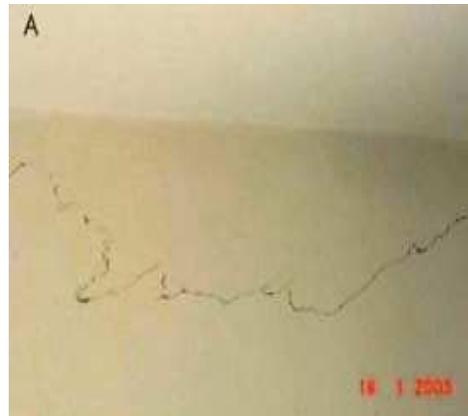


Figura 2: Fissura no plano de alvenaria (Thomaz, 2020).

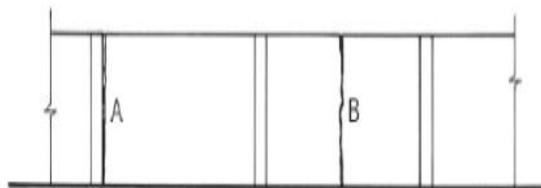


Figura 3: Fissuras verticais causadas por movimentações térmicas. A- fissura entre pano de alvenaria e pilar. B- Fissura no pano de alvenaria. (Thomaz, 2020)

2.1.2. Fissuras provocadas pela actuação das cargas de cálculo

As cargas de cálculo normalmente provocam fissuração em elementos de betão o que não é necessariamente um problema, no entanto, quando estas atingem níveis significativos comprometem aspectos como: estética do elemento estrutural ou alvenaria, protecção contra a corrosão das armaduras e a garantia da estanqueidade.

Por essa razão os níveis de fissuração devem ser controlados tendo como base os limites já propostos no REBAP com o objectivo de assegurar os aspectos anteriormente definidos. Estas podem apresentar várias disposições consoante o tipo de esforço que atua sobre o elemento de betão em causa (Branco,2005). As figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram a forma como estas fissuras se apresentam.

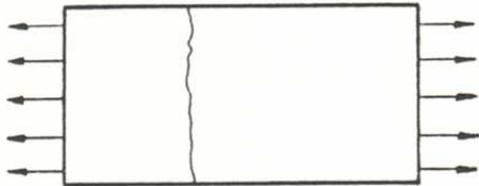


Figura 4:Fissura gerada por um esforço de tracção (Branco, 2005).



Figura 5: Fissura gerada por um esforço de compressão (Branco, 2005).

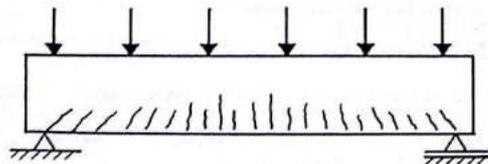


Figura 6:Fissura gerada por esforço de flexão simples (Thomaz, 2020).

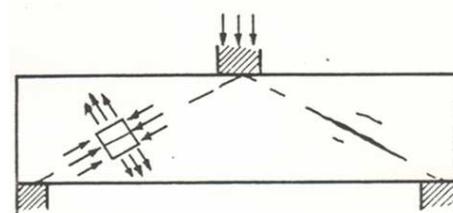


Figura 7: Fissuras geradas por esforços transversos (Branco, 2005).

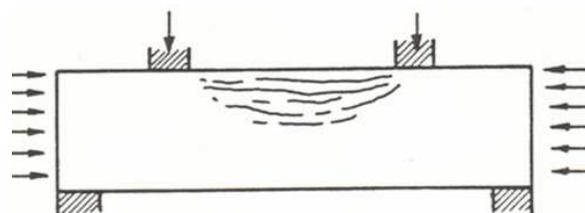


Figura 8:Fissuras causadas pela acção simultânea de todas as outras acções (Branco, 2005).

2.1.3. Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de betão armado

Segundo Thomaz (2020), a deformabilidade das estruturas de betão armado não constitui necessariamente um problema grave para os elementos estruturais dessa mesma estrutura, pois estes são dimensionados tendo em conta esta deformabilidade,

limitada pelas flechas máximas propostas nos regulamentos apropriados. No entanto, a deformação destes elementos, gera nos outros componentes destas estruturas, esforços de variadas naturezas e, pelo facto de estes componentes não terem sido dimensionados ou concebidos para absorver tais esforços, estes geram naqueles componentes fissuras, com várias disposições, dependendo de como a deformação ocorre. No caso dos edifícios, um dos componentes que frequentemente sofre o impacto destas deformações e, por consequência disso fissura, são as paredes de alvenaria que, normalmente, são usadas para delimitar os compartimentos e não para absorver qualquer tipo de esforço. As fissuras causadas por este fenómeno, podem ter várias configurações, dependendo estas da forma como a deformação ocorre. Na figura 9 está apresentado uma configuração típica, de fissuras causadas por este fenómeno.

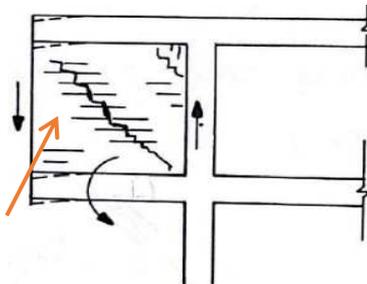


Figura 9: Fissuras no pano de alvenaria, causada por deflexão da região em balanço da viga (Thomaz, 2020).

2.1.4. Fissuras provocadas por assentamentos diferenciais das fundações

Segundo Branco (2005), o assentamento diferencial dos solos de fundação origina o deslocamento dos elementos de apoio nas mesmas proporções originando fissuras ou deformações nas paredes perpendiculares a esses elementos. Geralmente essas fissuras têm um ângulo de 45° e são de magnitude considerável nos casos em que a estrutura apresenta alta rigidez. A figura nr. 10i lustra este fenómeno:

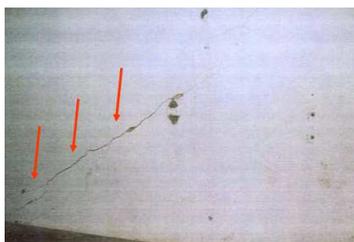


Figura 10: Fissura causada pelo assentamento diferencial de elementos da fundação (Branco, 2005)

2.2. Patologias de durabilidade

Estas manifestações patológicas são causadas pelo processo de degradação, maioritariamente originadas por reacções químicas a que as estruturas de betão armado estão sujeitas ao longo de sua vida útil (Branco, 2005).

Dentre várias, aqui são descritas as seguintes manifestações:

- i. Corrosão das armaduras;
- ii. Fissuração;
- iii. Desagregação do betão;
- iv. Manchas de humidade.

2.2.1. Corrosão das armaduras

Esta manifestação é comumente encontrada nas estruturas de betão armado, sendo das mais presentes, sobretudo em estruturas com longos anos de utilização. Esta patologia é causada essencialmente por cinco factores, a saber:

- a) A Carbonatação do betão;
- b) As Características do meio ambiente;
- c) A presença de agentes agressivos na atmosfera e no próprio betão;
- d) Agentes agressivos incorporados ao betão;

2.2.1.1. Carbonatação do betão

A carbonatação resulta da reacção química que ocorre entre o dióxido de carbono presente na atmosfera que normalmente acede ao elemento de betão a partir dos poros, com o hidróxido de cálcio presente na água contida neste elemento de betão. Esta reacção gera uma redução do Ph, de 13-13,5 para menor que 9-9,5, fazendo com que o betão deixe de exercer a função de protector da armadura acelerando a sua corrosão por oxidação (Martins e Jácome, 2005). A figura 11, ilustra o fenómeno aqui descrito.

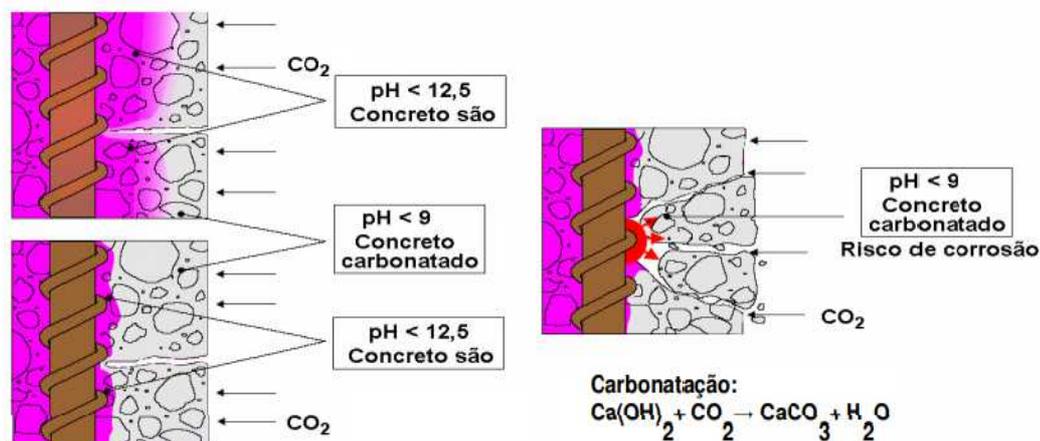


Figure 11: Despassivação por carbonatação do betão (Freitas, 2019).

2.2.1.2. Características do meio ambiente

As estruturas de betão armado podem estar inseridas em vários tipos de atmosfera, podendo estes ser: rurais, urbanos, industriais, marinhos e viciados (galerias de águas pluviais, colectores de esgoto, cozinhas industriais entre outros). Das atmosferas mencionadas, as industriais e urbanas são caracterizadas pela presença de óxidos de enxofre, fuligem ácida, com concentração considerável, que concentram-se na superfície dos elementos de betão e penetram por difusão gasosa criando a corrosão. Este mecanismo de corrosão depende da humidade relativa do meio envolvente pois caso esta não atinja o valor crítico, a corrosão pode não ocorrer (Martins, Jácome, 2005).

2.2.1.3. Agentes agressivos presentes na atmosfera

Dentre vários, o agente com considerável potencial de criação de corrosão é o cloreto, que normalmente aparece em ambientes marinhos. Pelo facto de os cloretos não fazerem parte dos produtos da corrosão, eles actuam como agentes de catalisação de reacções electroquímicas, podendo mesmo em pequenas quantidades criar consideráveis índices de corrosão. Existem para além dos cloretos, outros iões (aniões) que atuam como catalisadores, a saber: sulfatos e amónia; mas com intensidade ligeiramente baixa (Martins, Jâcome, 2005).

2.2.1.4. Agentes agressivos incorporados ao betão

Há agentes agressivos que podem ser incorporados no betão, de forma não intencional, aquando da sua amassadura por meio de alguns dos seus componentes como aditivos, aceleradores de presa, inertes e águas contaminadas. Dentre os vários agentes, os cloretos são os que predominantemente são incorporados e quando estes tem uma concentração de 700 mg/l (no betão) removem do aço a passividade e geram uma redução da resistividade eléctrica no betão criando condições favoráveis para a ocorrência das reacções electroquímicas e conseqüentemente da corrosão das armaduras (Martins, Jâcome, 2005).

2.2.2. Fissuração

Esta manifestação patológica evidencia-se com a presença de fissuras num determinado elemento de betão e pode ter como principais causas (Branco, 2005):

- Solidificação precoce da água capilar;
- Ciclo gelo/degelo;
- Corrosão das armaduras;
- Ataque de alcalis.

Para este trabalho importou descrever apenas as duas últimas, pois as outras não ocorrem devido ao clima do ponto onde está localizado o edificio em estudo.

2.2.2.1. Corrosão das armaduras

A oxidação nas armaduras embutidas nos elementos de betão gera expansão criando no interior destes elementos tensões de tracção que por sua vez provocam o surgimento de fissuras (Branco, 2005).

2.2.2.2. Ataque de alcalis

Alguns agregados que comumente são usados no betão contém sílica reactiva em sua composição, esta sílica quando entra em contacto com o cimento reage com o potássio, sódio e hidróxido de cálcio ali contidos, formando um gel que envolve-se na superfície dos agregados. Este gel em meio húmido expande-se no betão gerando esforços de tracção que geram fissuras em torno dos agregados (Branco, 2005).

2.2.3. Desagregação do betão

Sabe-se que o cimento é o aglomerante usado em betões, no entanto, com o andar do tempo, este pode perder de forma progressiva as suas propriedades de ligante fazendo com que haja uma separação dos agregados, libertando-os facilmente. A alteração da cor e fissuração da superfície de betão marcam o início da degradação, agravando-se a fissuração e, conseqüentemente, a fragmentação destes com o andar do tempo, esta pode ser causada pelos seguintes factores (Branco, 2005):

- Ataque de Sulfatos;
- Ataque de cloretos;
- Ataque de ácidos;
- Ciclos gelo/degelo;
- Erosão.

2.2.3.1. Desagregação gerada pelo ataque de sulfatos

Os sulfatos que comumente podem ser encontrados em águas, solos e processos industriais são os de cálcio e sódio, pode-se também encontrar, o de magnésio que tem o maior grau destrutivo dentre os três aqui referidos. Quando estes sulfatos entram em contacto com os elementos de cimento invadem a matriz cimentícia convertendo-a

num tipo de gesso, causando a perda de aderência entre o cimento e os agregados, gerando um cenário parcial e, com tempo, a total de degradação do betão (Branco, 2005).

2.2.3.2. Desagregação gerada pelo ataque de cloretos

A acção dos cloretos provoca oxidação na armadura, gerando fissuração e por consequência disso o destacamento do betão. A figura nr. 11 apresenta este fenómeno.



Figura 12: Destacamento de betão provocado pela corrosão de armaduras causada por ataque de cloretos (Branco,2005).

2.2.3.3. Desagregação gerada pelo ataque de ácidos

Os ácidos atacam o elemento de betão reagindo com o hidróxido de cálcio, que resulta da hidratação do betão, criando uma separação dos agregados, à semelhança do que acontece com o ataque de sulfatos, pese embora haja diferença destes na coloração.

2.2.4. Manchas de humidade

O surgimento deste tipo de manifestação patológica em estruturas de betão armado é essencialmente causado pela humidade que acede aos seus elementos, proveniente de vários pontos e surgindo de várias formas, criando estas manchas que variam de aspecto dependendo da sua origem. Abaixo são explicadas as formas como a humidade surge nos elementos de betão e como as manchas daí resultantes apresentam-se. Dependendo da origem podem-se ter os seguintes tipos de humidade (Martins, Jácome, 2005):

- Humidade do terreno;
- Humidade de precipitação;

- Humidade devida a fenómenos de higroscopicidade
- Humidade de condensação;
- Humidade devida a causas fortuitas

2.2.4.1. Humidade do terreno

Segundo Martins e Jácome (2005), quando não existe impermeabilização ou devida drenagem de água, a humidade do terreno no qual determinada estrutura está implantada pode penetrar nos elementos de fundação, pela parte inferior, ou pelas paredes que estão em contacto com o solo, de forma horizontal ou por ascensão capilar, podendo inclusive atingir partes da estrutura que não estão em contacto com o solo, gerando manchas. A humidade do terreno pode resultar da presença de águas freáticas ou superficiais. Estas últimas surgem devida a uma recolha defeituosa das águas da chuva e ruptura de canalizações de águas de esgotos. As manchas causadas por este tipo de humidade apresentam-se de várias formas, dependendo da sua proveniência (águas freáticas ou superficiais). As figuras nrs. 12 e 13, apresentam alguns exemplos de como estas manchas apresentam-se.



Figura 11: Humidade ascendente de águas freáticas em paredes interiores (Martins, Jácome, 2005).



Figura 12: Humidade ascendente de águas superficiais em paredes exteriores (Martins, Jácome, 2005).

2.2.4.2. Humidade de precipitação

A acção da chuva isolada não é necessariamente um problema para as paredes dos edifícios, no entanto, quando esta actua com o vento, pode gerar nas paredes exteriores humidades de infiltração e, como resultado, podem surgir danos de magnitude significativa que irão comprometer os materiais e sua eficiência construtiva, nomeadamente: Eflorescências, criptoflorescências, “*ocorrência de bolores, manchas de humidade e água visível, acompanhadas por vezes de difusão de humidade em*

círculos concêntricos, que aparecem em paredes exteriores muito batidas pelas chuvas e pelo vento.” (Martins, Jâcome, 2005: pág. 77)

2.2.4.3. Humidade devida a fenómenos de higroscopicidade

Os sais que podem estar presentes nas paredes e elementos de betão provêm dos materiais de construção que possuem em sua composição, da humidade do solo no qual estão implantados e do ar dependendo da atmosfera onde estão inseridos. No entanto, quando estes sais dissolvem-se em água proveniente do humedecimento das paredes são transportados para a superfície das paredes onde cristalizam-se em forma de eflorescências e criptoflorescências.

Alguns destes sais têm capacidade de absorver a humidade do ar e dissolver-se nos casos em que a humidade relativa é superior a 65%-75%, cristalizando-se novamente, crescendo significativamente o volume nos casos em que tem-se valores de humidade relativamente inferiores aos anteriormente referidos. Este fenómeno de absorção da humidade do ar denomina-se higroscopia.

As manifestações patológicas resultantes do fenómeno de higroscopicidade são: *“manchas de humidade em locais com forte concentração de sais e a degradação do revestimento das paredes.” (Martins, Jâcome, 2005: pág. 70).*

2.2.4.4. Humidade de Condensação

Este tipo de humidade é causado pela condensação do vapor de água que ocorre na superfície dos paramentos das edificações ou outros tipos de estruturas de betão, presente no ar que circula na atmosfera em que estas estão inseridas. A quantidade de vapor de água no ar é função da temperatura, sendo maior quanto mais alta for a temperatura e menor quanto mais baixa for a temperatura. Normalmente a superfície interior dos paramentos das edificações apresenta temperatura inferior se comparada com a temperatura do ambiente, assim sendo, quando há uma intensa produção de vapores no interior dessas edificações criam-se condições para que haja o fenómeno de condensação superficial pois o limite de saturação da superfície dos paramentos é inferior ao do ambiente. Designa-se limite de saturação o limite de vapor de água que o ar pode conter. Este fenómeno evidencia-se pelo surgimento de manchas de humidade

e bolores, sejam estes generalizados ou localizados, a nível da superfície dos paramentos. (Martins, Jácome, 2005)

2.2.4.5. Humidade devido a causas fortuitas

As causas deste tipo de humidade podem surgir durante o processo construtivo (defeitos de construção), a utilização (acidentes e erros humanos) e a conservação da construção (manutenção periódica inexistente).

São algumas causas do surgimento deste tipo de humidade: a rotura de canalizações, infiltrações de água proveniente da cobertura e deficiências dos remates da cobertura com as paredes emergentes ou a deficiência no capeamento destas (Martins e Jácome, 2005).

3. ENSAIOS DE DIAGNÓSTICO

Para o estudo, de qualquer estrutura de betão existente, ser pormenorizado e fiável, é necessário realizar ensaios de modo a obter-se a informação necessária para a caracterização completa do mesmo. Tendo isso em conta, várias técnicas são usadas para a obtenção destas informações e essas técnicas aplicam princípios de funcionamento usados em várias áreas da ciência (Abreu, 2013).

Dentre as várias técnicas de ensaio existentes, há algumas que se destacam, nomeadamente (Abreu, 2013):

- ✓ Técnica de percepção sensorial;
- ✓ Técnica de acção mecânica;
- ✓ Técnica de propagação de ondas elásticas ;
- ✓ Técnicas de detecção e análise de vibrações;
- ✓ Técnicas de reacções químicas e electroquímica;
- ✓ Técnicas de propagação e electromagnetismo;
- ✓ Técnicas de inspecção hidrodinâmica dos materiais e estruturas;
- ✓ Técnicas de efeitos eléctricos e magnéticos;
- ✓ Técnicas de monitorização;
- ✓ Técnicas de inspecção higrotérmica;

Dentre as várias técnicas que foram anteriormente mencionadas, apenas as que foram usadas para a produção deste trabalho estão descritas ao pormenor.

3.1. Técnicas de percepção sensorial

Segundo Abreu (2013) estas técnicas são de aplicação relativamente simples, pois usam os órgãos de sentido como meio de recolha de dados, podendo, em alguns casos, recorrer-se a dispositivos ou equipamentos apropriados para auxiliar nessa recolha de modo a se ter dados reais e precisos.

Pelo facto de estas técnicas usarem os órgãos de sentido como principal meio de recolha de informação, é importante que o inspector ou a equipa de inspecção seja qualificada, tenha experiência, prática, perspicácia e conhecimento pois destes factores dependem a qualidade dos resultados que serão obtidos desta recolha.

3.2. Técnicas de Acção Mecânica

Estes tipos de técnicas usam acção mecânica sobre os elementos a serem estudados, sejam estes estruturais ou de revestimento, removendo parte deles para posteriores análises ou actuando sem criar danos. Esta acção é lograda com recurso a dispositivos mecânicos, eléctricos, hidráulicos ou electromecânicos (Abreu, 2013).

Dentro destas técnicas, destacaram-se apenas duas:

- i) Ensaio Esclerométrico;
- ii) Técnicas de extracção e ensaio de carotes.

3.2.1. Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro de Schmidt

Segundo Abreu (2013), o ensaio esclerométrico é realizado *in situ* e serve para analisar a dureza superficial de determinado elemento de betão ou de argamassa sem danificar o elemento. O equipamento usado para realizar este ensaio designa-se Esclerómetro e este, a partir do choque do êmbolo, que é um de seus componentes, com a superfície do elemento em análise quantifica o índice esclerométrico, sendo este posteriormente usado para estimar a resistência à compressão simples.

Em termos práticos, a determinação da resistência à compressão simples é feita da seguinte forma (Proceq, 2011):

- I. Identificando-se uma área na superfície do elemento a analisar.
- II. Realizando-se os impactos sobre aquela, pelo menos, 8 ou 10, de modo a determinar os valores de rebotes, que são lidos no painel presente no contorno do aparelho;
- III. Calculando o valor médio dos rebotes registados no ponto II, que neste caso, é a mediana do conjunto daqueles valores;
- IV. Finalmente, estimando à resistência a partir das curvas de conversão apropriadas.

As figuras 14 e 15 apresentam respectivamente o equipamento usado para realizar este ensaio e o tipo de gráfico que é usado para converter o valor de dureza em tensão.



Figura13:Esclerómetro. (Ferreira, 2010)

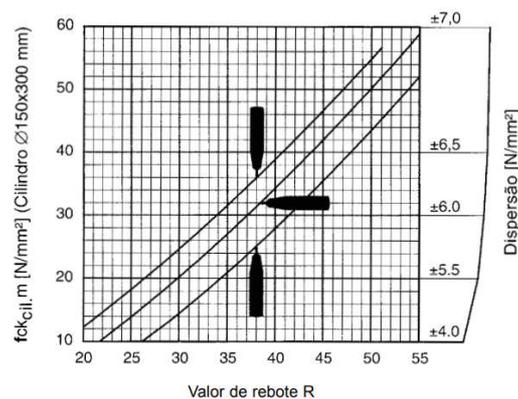


Figura 14: Curva de conversão do modelo de Esclerómetro N/NR (Proceq, 2011).

3.2.2. Técnicas de extracção e ensaio de carotes

Segundo Abreu (2013), estas são aplicadas nos elementos de betão ou de alvenaria por um equipamento mecânico denominado carroteadora, que extrai destes elementos provetes cilíndricos com diâmetro mínimo de 10cm no caso de alvenaria e de 5 centímetros no caso de elementos de betão.

Estes provetes são posteriormente submetidos, em laboratório, a ensaios de rotura à compressão simples, com o fim de obter a tensão de rotura característica.

A determinação da tensão característica pode ser realizada, considerando os procedimentos dispostos nas normas existentes para o efeito. Para este trabalho, considerou-se a norma portuguesa NP EN 12390-3-2011, esta norma possui para a determinação da tensão, duas abordagens, que tem em conta o número de amostras ensaiadas. A classificação do betão que foi usado na materialização das amostras, é feita a partir da comparação que é feita entre a tensão característica calculada nas abordagens anteriormente referidas, e a tensão resistente obtida no ensaio realizado em cubos (quando as amostras possuem a relação entre o comprimento e altura $l/h=1$) ou em cilindros (quando as amostras possuem a relação entre o comprimento e altura $l/h=2$) (Ribeiro, 2019).

Como foi referido anteriormente, a norma usada neste trabalho, possui duas abordagens, que tem em conta o número de amostras ensaiadas, nomeadamente:

- a) Abordagem A – quando o número de amostras $n \geq 15$;
- b) Abordagem B – quando o número de amostras esta entre 3 e 14.

Pelo facto de ter-se para o caso deste trabalho, para cada caso analisado, número de amostras menor que 14, foi apenas explicada a abordagem B.

A abordagem B, defende que a resistência à compressão, *in situ*, é o menor valor obtido na equação 1.

$$f_{ck, is} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{m(n)is} - k \\ f_{is, menor} + 4 \end{array} \right. \quad (1)$$

Sendo: - $f_{ck, is}$ – resistência à compressão *in situ* característica;

- $f_{m(n)is}$ – média dos resultados, $f_{is,i}$, da resistência à compressão de n carote;

- $f_{is, menor}$ – menor valor da resistência à compressão das carotes ensaiadas;

- k - margem que depende do número n dos resultados de ensaio.

A tabela 1 apresenta os valores de k, que dependem do número de amostras (n).

N	k
10 à 14	5
7 à 9	6
3 à 6	7

Tabela 1: Valores de K.

Tendo-se obtido o valor $f_{ck, is}$, este é relacionado com os valores da tabela que está no anexo C3.3., afim de se classificar o betão usada para a materialização das amostras que estão sendo analisadas. A classe deste betão, é a que na tabela em anexo, apresenta o valor inferior ao $f_{ck, is}$.

A figura nr. 15 ilustra o equipamento usado para a extracção dos provetes.



Figura 15: Carroteadora. (Abreu, 2013)

3.3. Técnicas de reacções químicas e electroquímicas

Estes tipos de técnicas de diagnóstico podem ser divididos em dois principais grupos: servindo umas para a análise dos efeitos resultantes da ocorrência de reacções químicas no interior dos materiais que compõem o elemento a analisar e, outras, para análise de efeitos resultantes da ocorrência de fenómenos de natureza electroquímica.

Para este trabalho são apenas pormenorizadas as técnicas de diagnóstico que analisam o efeito das reacções químicas nos elementos a estudar (Abreu, 2013).

Para as análises são usados reagentes ou indicadores que são colocados em contacto com os materiais que compõem os elementos de betão de modo a descrever os ou a perceber o seu estado de equilíbrio químico.

Para este trabalho, abordar-se-á apenas uma técnica que é a avaliação da profundidade de carbonatação.

3.3.1. Técnica de Avaliação da profundidade de carbonatação – indicador de Fenolftaleína

Esta técnica consiste na aplicação do indicador de fenolftaleína na superfície do elemento a analisar de modo a analisar a presença ou não do Carbonato de Cálcio (CaCO_3). Quando aplicado sobre a superfície que normalmente é incolor, rapidamente esta superfície muda sua coloração no caso de não haver carbonatação ou mantém a sua coloração inicial caso haja carbonatação (Abreu, 2013).

3.4. Técnicas de efeitos eléctricos e magnéticos

Estas técnicas de diagnóstico fazem a recolha da informação usando equipamentos que relacionam a electricidade com o magnetismo. Os dois efeitos que são aproveitados neste tipo de técnicas são: a relutância magnética e as correntes induzidas (Abreu, 2013).

3.4.1. Técnica para a detecção de armaduras, avaliação do diâmetro e recobrimento

Esta técnica serve para medir o recobrimento e o diâmetro das armaduras presentes em elementos de betão armado ou pré-esforçado, para a partir dos resultados obtidos, conhecer a disposição e conseqüentemente o valor da secção tendo em conta essa disposição. A técnica usa equipamentos que fazem essa leitura de forma indirecta. Na figura 16 estão ilustrados alguns dos equipamentos usados nesta técnica.



Figura 16: Parcómetros (Abreu, 2013).

4. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ESTRUTURAS EXISTENTES

Segundo Sousa (2008), as estruturas existentes, diferente das que ainda estão por ser construídas apresentam já características e propriedades mecânicas reais, uma vez que já encontram-se implantadas, pelo que, para a efectiva verificação da segurança face aos estados limites últimos e de utilização necessário é que desenvolvam-se modelos numéricos que procurem ao máximo recriar o cenário de carga e de resistência presentes na realidade.

No geral, a verificação da segurança nas estruturas existentes, face aos estados limites, é regida pela seguinte equação:

$$S_d \leq R'_d \quad (2)$$

Onde: S_d – valor de cálculo do esforço actuante;

R'_d – valor de cálculo do esforço resistente residual.

Importa referir que pelo facto de a verificação, nestes casos, ser feita em estruturas existentes, é preciso considerar nalgum momento que estas podem estar ligeira ou profundamente deterioradas e também que poderão ter passado por vários padrões diferentes de carga.

Em termos práticos, são necessárias duas fases para a efectivação do referido anteriormente, nomeadamente:

- I. A modelação da estrutura existente; e

II. A Estimativa dos esforços resistentes;

4.1. Modelação da estrutura existente

Para a modelação estrutural são necessários os seguintes elementos:

- a) Características mecânicas dos materiais;
- b) Dados referentes a estrutura de betão armado;
- c) Acções.

4.1.1. Características mecânicas dos materiais

Quanto aos materiais, são necessários para a análise das propriedades mecânicas que são obtidas a partir de ensaios estruturais no laboratório e no local onde a estrutura encontra-se, e no projecto de estabilidade.

4.1.2. Dados referentes a Estrutura de betão armado

Quanto à estrutura, são necessários para a análise o arranjo estrutural que pode ser obtido a partir do levantamento estrutural, e do projecto de estabilidade; e a secção transversal dos elementos estruturais.

4.1.3. Acções

Para o cálculo de acções, há dois aspectos a ter-se em conta: a quantificação das acções, que pode ser efectuada usando regulamentos apropriados para o efeito (RSA, REAE, EC1); e os coeficientes de majoração das acções que são obtidos da seguinte forma (Sousa, 2008):

$$\gamma'_g = \begin{cases} 1.1 * (\gamma_g - 0.1) \Rightarrow \text{Estruturas danificadas} \\ 1.0 * (\gamma_g - 0.1) \Rightarrow \text{Estruturas sãs} \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma'_q = \begin{cases} 1.1 * \gamma_q \Rightarrow \text{Estruturas danificadas} \\ 1.0 * \gamma_q \Rightarrow \text{Estruturas sãs} \end{cases} \quad (4)$$

Onde: - γ'_g – coeficiente de majoração de acções permanentes em estruturas existentes;

- γ'_q – coeficiente de majoração de acções variáveis em estruturas existentes;

- γ_g – coeficiente de majoração de acções permanentes;
- γ_q – coeficiente de majoração de acções variáveis.

Portanto, o cálculo propriamente dito pode ser feito a partir de um software apropriado, que recebe todos os dados recolhidos e determina os esforços actuantes.

4.2. Estimativa dos esforços resistentes

Esta estimativa deve ser feita considerando o facto de que as propriedades mecânicas da estrutura foram reduzidas pelo efeito de degradação que ocorreu durante a sua utilização, ou seja, os valores de esforço resistentes são residuais e podem ser obtidos pelos seguintes métodos (COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BETÓN *apud* Sousa, 2008):

- i) Estimativa analítica – esta é feita a partir de gráficos apropriados que relacionam a valores de resistência mecânica com o processo de degradação de edifícios como índice de corrosão, incêndios e sismos;
- ii) Ensaios de carga – esta é feita a partir de ensaios de carga realizados na estrutura em questão, com o devido controle;
- iii) Estimativa empírica – é feita a partir do produto entre os valores da resistência no início de exploração da estrutura, com coeficientes de minoração que têm em consideração a degradação que ocorre ao longo do seu tempo de utilização.

5. SOLUÇÕES TÍPICAS PARA REPARAÇÃO

Este subcapítulo aborda as técnicas de reparação que podem ser usadas para corrigir as anomalias existentes em determinado edifício de betão armado. As técnicas estão apresentadas para cada tipo de anomalia que foi estudada.

São aqui abordadas as técnicas de reparação, das seguintes anomalias ou patologias:

- a) Manchas de humidade;
- b) Fissuras (quer as que ocorrem em elementos estruturais, quer as que ocorrem em panos de alvenaria);

- c) Corrosão de armaduras;
- d) Destacamento de betão;

5.1. Técnicas de reparação de Manchas de humidade

Como se viu nos subcapítulos anteriores, várias são as fontes da humidade, que surge nos componentes dos edifícios. Para cada tipo de fonte, há anomalias características, assim também é para as técnicas de reparação, ou seja, elas dependem das fontes da humidade, que é naturalmente a causa do surgimento das manchas de humidade. Neste trabalho são abordados apenas algumas técnicas que são consideradas adequadas à solução dos problemas encontrados.

- a) Humidade de solo – a técnica empregada para a reparação das anomalias provenientes deste tipo de humidade, considerada neste trabalho, é a secagem da fonte de alimentação da água.

Esta técnica impede o acesso da água as paredes, pois cria condições para que a água que, eventualmente, possa chegar as paredes não chegue. A técnica é empregue para casos em que se tem águas superficiais, como é caso de águas provenientes de colectores de águas residuais obsoletos, assim como de colectores de águas pluviais também obsoletos. E ela consiste essencialmente na reparação daqueles componentes do sistema de drenagem de águas.

- b) Humidade de precipitação - A técnica empregada para a reparação das anomalias provenientes deste tipo de humidade, considerada neste trabalho, é a aplicação de um revestimento curativo com base em ligantes sintéticos na superfície manchada. Esta técnica consiste na aplicação de duas camadas do revestimento adoptado, 1 de base e uma de acabamento.

5.2. Técnicas de reparação de fissuras

Como se viu também nos subcapítulos anteriores, as fissuras podem ser causadas por vários factores, e podem surgir tanto em elementos estruturais (lajes, vigas e pilares), assim como, nos não estruturais, sendo que para este trabalho são analisados fissuras que surgem nos panos de alvenaria não estruturais.

5.2.1. Técnicas de reparação de fissuras em elementos estruturais

Segundo Araújo (2016), existem para a reparação de fissuras em elementos estruturais 3 técnicas, nomeadamente: revestimento superficial, selagem e, injeção.

5.2.1.1. Revestimento superficial

Esta técnica é usada quando se pretende reparar uma fissura superficialmente, e ela consiste na aplicação de um material que omite a fissura e da estética ao elemento, mas que não garante a resistência mecânica e nem a estanquidade (Araújo, 2016).

5.2.1.2. Selagem

Esta técnica é usada também para reparar as fissuras superficialmente, no entanto, esta já introduz com a reparação alguma resistência mecânica, pois é feita com materiais que possuem esta propriedade, que podem absorver os movimentos resultantes da deformação da fenda.

Pode-se definir selagem como o preenchimento de um material com as características já referidas, na superfície da fenda, após um ligeiro alargamento transversal e em profundidade desta, com recurso a martelo pneumático, disco de coroas diamantadas e escopro para o alargamento desta em toda a sua extensão (Correia, 2011).

5.2.1.3. Injeção

Esta técnica é usada para reparar as fissuras completamente, não apenas à superfície, usando materiais que restabelecem a estanquidade plena e as propriedades mecânicas ao elemento fissurado (Correia, 2011).

Segundo Araújo (2016), existem dois tipos de sistema de injeção, cuja seleção depende do tipo de reparação a ser feita, nomeadamente: sistemas rígidos e sistemas flexíveis. O uso de sistemas rígidos é mais indicado nos casos em que tem-se fissuras passivas (com movimento nulo), que tenham surgido em elementos estruturais e o uso dos sistemas flexíveis é mais indicado nos casos em que tem-se fissuras activas (com movimento), estando estas em meio húmido ou seco. Os sistemas flexíveis usam

produtos à base de resinas acrílicas e de poliuretano enquanto os rígidos usam produtos à base de resinas epóxi e produtos cimentícios (grouts).

5.2.2. Técnicas de reparação de fissuras em panos de alvenaria

Existem várias técnicas de reparação de fissuras, e a escolha destas depende das causas, da zona do pano em que elas se manifestam, da configuração, entre outros factores. As reparações que resultam do uso destas técnicas devem apresentar resistência mecânica, capacidade de deformação, estanqueidade, textura superficial compatível com o revestimento anterior e durabilidade (Muci, Netto, & Silva, 2013).

Podem ser adotadas as seguintes técnicas para a reparação de fissuras em panos de alvenaria: colocação de agráfos regularmente espaçados e perpendiculares a fissura, reabilitação em ponte e a aplicação de uma rede de reforço que pode ser de fibra de vidro anti-alkalina ou metálica revestida com um anti-corrosivo (Gonçalves, Brito, & Branco).

Os passos que são seguidos na aplicação das técnicas acima referidas, estão apresentadas nos anexos E2.2 referentes à reparação de fissuras em panos de alvenaria, do Capítulo III.

5.3. Técnicas de reparação de zonas de uma estrutura com betão deteriorado

A reparação de zonas consiste essencialmente, na remoção do produto deteriorado e posterior colocação de novo produto (argamassa ou microbetão), com propriedades mecânicas e químicas adequadas e, que ofereça estética. De forma pormenorizada, este processo segue a seguinte sequência: remoção do betão deteriorado, limpeza da corrosão do aço, assim como da superfície de betão exposta, substituição da armadura corroída caso esta apresente secção restante insuficiente, protecção da armadura exposta com produtos anti corrosão, preparação da superfície a partir da aplicação de um primário ou da saturação desta com água e a colocação da argamassa proprimante dita ou do microbetão caso a profundidade da zona deteriorada justifique (Saraiva, 2007).

Importa referir, que existem dois tipos de argamassa, que tem como componente diferente o ligante, que são: argamassas ou microbetão de ligante mineral (que tem

como principal ligante o cimento Portland) e argamassa ou microbetão de ligante polimérico (resinas de epoxy ou acrílicas) (Saraiva, 2007).

6. METODOLOGIA DE REABILITAÇÃO

Segundo Sousa (2008), propor uma sequência de etapas geral, bem definida, que se adequa a qualquer projecto de reabilitação, é difícil. A sequência abaixo apresentada é para estruturas de betão armado, julgando-se aqui aplicável também, para os demais componentes da estrutura, uma vez que o edifício, que é o objecto de estudo deste trabalho, apresenta também elementos de alvenaria, caixilharia, entre outros componentes.

Um projecto de reabilitação está dividido em várias fases, a saber:

- I. Avaliação do estado da estrutura;
- II. Avaliação da segurança da estrutura;
- III. Caracterização do tipo e objectivos da intervenção;
- IV. Projecto de reabilitação.

6.1. Avaliação do estado da estrutura

Esta fase possui duas etapas, e cada uma destas etapas possui os elementos necessários, assim como onde e como podem ser encontrados.

a) 1ª etapa – Recolha de informação

Nesta etapa, a informação que é recolhida é referente à: elementos de projecto, elementos de obra, história da estrutura e geometria da estrutura actual.

b) 2ª etapa – Inspeção da estrutura

Nesta etapa, em que tem-se inspeção, esta é feita a dois níveis, sendo que no primeiro faz-se o registo patológico, quantificando-se as manifestações patológicas evidentes e as não totalmente evidentes; e no segundo faz-se “*quantificação das propriedades mecânicas do betão e do aço através de ensaios in situ ou em*

laboratório” (Sousa, 2008: pág. 24) assim como das patologias detectadas no nível anterior.

6.2. Avaliação da segurança da estrutura

Esta fase consiste essencialmente em verificar a resistência da estrutura em questão face aos estados limites últimos e de utilização. Esta verificação é feita considerando dois cenários de carga, sendo o primeiro, a carga referente à utilidade inicial da estrutura, e o segundo às novas cargas, no caso de esta mudar de utilidade.

6.3. Caracterização do tipo e objectivos da intervenção

Esta fase, é dependente das duas anteriores pois a partir das constatações que lá são tidas, decide-se a este nível que tipo de intervenção realizar na estrutura. Há pelo menos 5 decisões que podem ser tomadas a este nível, e são estas:

- a) Não intervir;
- b) Reparar em pequena escala;
- c) Reparar e eventualmente reforçar;
- d) Demolir.

CAPITULO III: ESTUDO DO EDIFÍCIO DAS ANTIGAS INSTALAÇÕES DO GRUPO ENTREPOSTO - MAPUTO

1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

1.1. Arquitectura e Localização

O edifício localiza-se na cidade de Maputo, na avenida do trabalho como ilustra a figura nr. 17.



Figura 17: Localização do edifício em estudo (Google Earth).

O edifício está disposto em forma de U sendo composto por 3 blocos nomeadamente: Bloco A, Bloco B e Bloco C. O bloco B é paralelo ao eixo da estrada e os Blocos A e C são perpendiculares ao bloco B (Vide Anexo A1.1.).

1.1.1. Descrição do Bloco A

O bloco A está dividido em 5 sub-blocos, nomeadamente:

- I. Sub-bloco AI;

- II. Sub-bloco AII;
- III. Sub-Bloco AIII;
- IV. Sub-bloco AIV;
- V. Sub-bloco AV.

Abaixo está descrita ao pormenor a divisão e a composição de cada sub-bloco.

1. Sub-bloco AI

O sub-bloco AI ocupa uma área de 250 m², tem piso único com pé direito de 4.91m. Tem dois acessos, 1 na fachada lateral direita, sendo este um portão para automóveis e outro na parte lateral esquerda, que conecta-o ao bloco B e tem apenas um compartimento que compreende quase a totalidade desta área.

2. Sub-bloco AII

O sub-bloco AII ocupa uma área de 380 m², tem dois pisos, o piso térreo e o primeiro piso, ambos como pé direito de 3.65 m. O piso térreo tem 11 compartimentos e dois acessos, um na parte lateral esquerda, que conecta-o ao bloco B e outro na parte de trás, que conecta-o ao corredor. O primeiro piso tem vários compartimentos e um acesso na parte lateral esquerda, que conecta-o ao bloco B e um acesso na parte de trás que conecta-o a caixa de escadas do corredor.

3. Sub-bloco AIII

O sub-bloco AIII e o corredor ocupam uma área de 1500 m², possui 3 pisos, a saber: a cave, o piso térreo e o primeiro piso; a cave ocupa toda a área anteriormente referida, tem um pé direito de 3,65 m, um acesso pela caixa de escadas na parte lateral direita e tem apenas um compartimento; o rés-do-chão está dividido em duas partes nomeadamente: o corredor, que tem piso único, uma caixa de escadas na parte lateral direita e uma conexão com o sub-bloco AIII na parte lateral esquerda, e o sub-bloco AIII com dois pisos com pé direito de 2.67 m.

4. Sub-bloco AIV

O sub-bloco AIV para além da cave que começa no bloco anterior tem mais dois pisos, o piso térreo e o primeiro piso com pé direito 5 e 4 m respectivamente, contém 1 caixa de escada em forma oval no centro e 2 caixas de Elevador, sendo uma para pessoas e outra para automóveis. O piso térreo tem uma sobreloja na parte de trás que divide o pé direito por dois, tem 2 acessos na parte frontal, na parte lateral esquerda e dois na parte de trás; a sobreloja tem dois acessos na parte frontal, nos cantos que são dois lanços de escadas. O primeiro piso é um espaço aberto com compartimento único e tem 1 acesso na parte frontal.

5. Sub-bloco AV

O sub-bloco AV ocupa uma área de 340 m², tem piso único com o pé direito de 5 m, duas sobrelojas nas duas partes laterais, uma rampa na parte lateral direita que conecta-o a cave do sub-bloco AIV e contém 2 compartimentos. Esta parte contém essencialmente 1 acesso na parte de trás composta por 3 portões para automóveis. As sobrelojas têm apenas um acesso cada que é composto por 1 lanço de escada.

O anexo A1.2. apresenta a planta deste Bloco assim como as delimitações dos sub-blocos.

1.1.2. Descrição do Bloco B

O bloco B ocupa uma área de 1350 m², tem piso único de 6 m de pé direito, contém uma sobreloja (sub-bloco BII), dois corredores laterais, dois jardins laterais e 3 caixas de escadas das quais duas estão nos corredores e uma na parte de trás, na zona central. Este bloco tem 4 acessos, dois na parte frontal especificamente nos corredores e dois na parte de trás também nos corredores. O sub-bloco BII tem um sótão na parte de trás, na zona central do bloco.

O anexo A1.3. apresenta a planta deste Bloco assim como as delimitações dos sub-blocos.

1.1.3. Descrição do Bloco C

O bloco C é composto por 6 pisos, a cave que não compreende toda a extensão do bloco, Rés-do-Chão, o 1º e o 2º piso e mais dois pisos adicionais que também não compreendem toda extensão do bloco no eixo longitudinal. Este bloco tem 2 caixas de Escadas, 1 destas é perpendicular ao seu eixo longitudinal e uma é paralela ao mesmo eixo. A escada 1 é que dá acesso à cave.

O anexo A1.4 apresenta a planta deste Bloco.

1.2. Descrição Estrutural

1.2.1. Bloco A

O bloco A apresenta diferentes soluções estruturais ao longo da sua extensão, e por esta razão, a sua descrição foi dividida em subcapítulos, tendo naturalmente cada subcapítulo a descrição referente a um ou mais sub-blocos que apresentam a mesma solução estrutural. A descrição de algumas soluções, usa como referência os eixos apresentados no anexo referente a planta do bloco, sendo para este caso em concreto, o anexo A1.2.

I. Sub-bloco AI e AII

O sub-bloco AI é coberto por uma laje aligeirada, que apoia-se em duas vigas dispostas ao longo do comprimento deste, que estima-se terem a de secção $0.2 \times 0.2 \text{ m}^2$; a distância entre elas é de 8 m. As vigas apoiam-se em pilares espaçados em 3.605 m. A viga 1 apoia-se em pilares de secção $0.25 \times 0.6 \text{ m}^2$ e a viga 2 em pilares de secção $0.25 \times 0.75 \text{ m}^2$.

O sub-bloco AII tem duas lajes aligeiradas, que cobrem os dois pisos, com sistema de apoio similar ao descrito anteriormente, tendo como excepção, o espaçamento entre os dois primeiros pilares contando a partir da parte lateral direita que é de 3.625 m e que as vigas estão apoiadas em pilares com secção $0.25 \times 0.75 \text{ m}^2$.

Os sub-blocos AI e AII são cobertos por chapas IBR, que estão apoiadas em madres metálicas.

II. Sub-blocos AIII, AIV e corredor

Como referido anteriormente, o sub-bloco AIII tem um compartimento com dois pisos, contados a partir do rés-do-chão, cobertos por lajes maciças vigadas, que têm o mesmo sistema de apoio, estando apoiadas em vigas de secção $0.20 \times 0.57 \text{ m}^2$ dispostas ao longo do comprimento destas, e as vigas estão apoiadas em pilares, estando as vigas de um lado apoiadas em pilares de secção $0.20 \times 0.75 \text{ m}^2$ e do outro em dois pilares com secções diferentes, medindo um $0.25 \times 0.4 \text{ m}^2$ e outro $0.35 \times 0.7 \text{ m}^2$. A disposição dos pilares aqui referidos está apresentada no anexo A1.5.

O sub-bloco AIV tem 2 lajes maciças vigadas, sendo que, uma delas serve como cobertura da cave, que inicia onde termina o sub-bloco AIII e a outra serve como cobertura do piso térreo, que inicia onde termina o sub-bloco AIII e o corredor; e uma aligeirada intermédia, que serve como pavimento da sobreloja (mezanino). As duas lajes estão apoiadas em vigas duplas e simples. As vigas duplas têm secção rectangular, e medem $0.35 \times 1.0 \text{ m}^2$ e cada uma delas está apoiada em pilares de secção rectangular, com as arestas boleadas, e estão ao longo dos eixos 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 e 11. As vigas simples são diferentes, sendo que as que passam pelos eixos 1 e 13 servem de apoio para as duas lajes e a que passa pelo eixo III serve apenas de apoio para a laje de cobertura da cave.

O primeiro piso do sub-bloco AIV, tem como cobertura chapas tipo IBR que estão apoiadas em madres metálicas. As madres metálicas estão apoiadas em asnas também metálicas. As madres e asnas, quanto ao funcionamento estrutural, são treliças.

III. Sub-bloco AV

Este sub-bloco possui 1 laje maciça de cobertura, que está apoiada em 2 vigas que passam pelos eixos 15 e 16, e em elementos estruturais com secção triangular, que apoiam-se nas vigas que passam pelos eixos 13 e 17. Esta laje possui uma abertura entre os eixos 15 e 16.

1.2.2. Bloco B

O sub-bloco BI apresenta uma laje aligeirada, apoiada em vigas metálicas, e estas por sua vez apoiadas em pilares de secção rectangular. E o sub-bloco BII apresenta duas lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas e com abobadilhas, apoiadas em pilares.

Este bloco está coberto por chapas tipo IBR, com excepção das caixas de escadas e do sótão que estão cobertas por lajes.

1.2.3. Bloco C

O bloco C, tem 4 lajes aligeiradas, e duas maciças vigadas. As 4 lajes anteriormente referidas são as que cobrem a cave, o rés-do-chão, o 1º piso e o 2º piso; e as duas maciças são as que cobrem dos dois pisos adicionais.

Este bloco está coberto por chapas tipo IBR, com excepção do último piso adicional e da caixa de escadas que estão cobertas por lajes maciças.

2. LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS E DETERMINAÇÃO DAS SUAS POSSÍVEIS CAUSAS

Este subcapítulo apresenta as patologias verificadas no Bloco A, assim como as possíveis causas que as originaram.

O levantamento patológico foi realizado em todo edifício, entretanto, a análise patológica foi realizada apenas no bloco A, pois constatou-se que os outros dois blocos que compõem o edifício apresentam, no geral, os mesmos tipos de patologias que este apresenta, e também, este apresenta alguns tipos de patologias que aqueles não apresentam.

O levantamento das patologias foi realizado por meio da inspecção visual, onde foram observadas potenciais patologias, e posteriormente registadas por meio da escrita e da captação de imagens (fotografias), tendo em conta a sua localização.

2.1. Patologias verificadas

O edifício apresenta um grau de degradação muito avançado devido à falta de actividades de manutenção e devido ao vandalismo que vem sofrendo ao longo dos últimos anos. Esse grau de degradação avançado caracteriza-se pela presença massiva dos vários tipos de patologias no edifício, em quase todos os elementos que o constituem, ou seja, na estrutura de betão armado, nos panos de alvenaria, nos materiais de acabamento e/ou revestimento, na caixilharia e no sistema hidráulico. Algumas destas patologias são pontuais quanto à localização e outras, por sua vez, estão distribuídas em uma determinada área, ou seja, ocorrem em vários pontos próximos.

A análise patológica foi feita apenas nos elementos estruturais e nos panos de alvenaria.

A localização das patologias verificadas no bloco está apresentada em tabelas (vide Anexos B1.), tendo as tabelas não somente a localização das patologias, mas também as causas que as originaram, que estão lá representadas pelos símbolos que estão apresentados na tabela 2; e mapas (vide anexo B2.), tendo em conta o tipo e a localização, assim como a configuração da mesma, para o caso das fissuras. Adicionalmente, tem-se alguns dados fotográficos (vide anexos B3.), por piso, que ilustram algumas das patologias verificadas no bloco. A localização das patologias é apresentada em forma de códigos nas tabelas, estes códigos são compostos por letras e números dos eixos que estão nos mapas referidos anteriormente, e tem essencialmente 3 configurações:

- a) AB – Para os casos em que a patologia ocorre no cruzamento entre os eixos A e B;
- b) A-BC – Para os casos em que a patologia ocorre ao longo do eixo A, entre os eixos B e C;
- c) AB-CD – Para os casos em que a patologia ocorre na área delimitada pelos eixos A e B, e pelos eixos C e D.

Obs.: nos casos em que eixos estão representados por números, a separação entre os eixos, na representação é feita por meio do (;) independentemente de serem dois eixos representados por números ou se um deles for representado por uma letra.

De realçar que, as patologias propriamente ditas, são representadas na tabela, por letras a negrito, e também que, para as fissuras, não aparece apenas a letra e o número representativos, mas também a letra que apresenta a configuração destas, sendo V as verticais, O as oblíquas, L as longitudinais e T as Transversais.

As causas também estão representadas por códigos nas tabelas dos anexos B1, tendo estes o significado apresentado na tabela 2.

Patologia	Causa	Símbolo
Manchas de humidade	Humidade de condensação	M-HC
	Humidade de Precipitação	M-HP
	Humidade do Solo	M-HS
	Humidade fortuita	M-HF
Fissuras	Cargas de cálculo	F-CC
	Corrosão de armaduras	F-CA
	Retracção	F-R
	Deformabilidade	F-D
	Assentamento	F-A
	Variação da temperatura	F-VT
Corrosão de Armaduras	Carbonatação	CA-C
	Cloretos	CA-CI
Desagregação	Concentração de armadura	D-CA
Esmagamento de betão	Carga concentrada excessiva	E-CC

Tabela 2: Causas das patologias.

2.1.1. Patologias presentes em elementos estruturais e em panos de alvenaria

Tendo sido feito o levantamento patológico nos elementos do bloco A anteriormente referidos, foi constatado que as patologias presentes, de forma generalizada, são:

- i. Manchas de Humidade (A);
- ii. Fissuras (B);
- iii. Destacamento do betão e corrosão de armaduras (C);
- iv. Degradação do betão (D);
- v. Esmagamento de Elementos estruturais. (E)

2.1.1.1. Manchas de humidade

O bloco A apresenta manchas de humidade, em alguns pontos da superfície dos elementos em estudo, no interior de todos os pisos, assim como, no exterior.

2.1.1.1.1. Interior

a) Cave

De um modo geral, a cave apresenta manchas de humidade em alguns pontos das paredes que a contornam e, em alguns pontos da laje de cobertura.

A cave tem pouca presença de manchas de humidade, pois esta por estar abaixo do nível de solo apresenta pouca exposição ao meio envolvente, e não só, também porque não se tem o nível freático ao nível de suas paredes; há no entanto alguma humidade proveniente do sistema hidráulico danificado, assim como do piso superior acedendo a este a partir de fissuras e de uma das juntas de dilatação, sendo estes os aspectos que originam as manchas.

b) Rés-do-chão

A maior parte das manchas de humidade deste nível do bloco estão presentes nas lajes de cobertura dos sub-blocos AIV e AV, estando o restante das manchas presentes em alguns pontos das faces das paredes que contornam aqueles sub-blocos.

As manchas presentes na laje do sub-bloco AIV são causadas pela água da chuva que provém do pavimento do primeiro piso, pois a cobertura do primeiro piso encontra-se degradada e por esta razão admite a entrada de água que por sua vez, fica estagnada no primeiro piso e, porque não é escoada, infiltra-se na laje.

As manchas presentes na laje do sub-bloco AV são causadas pela água da chuva que se infiltra na laje, pois esta não possui nenhum tipo de impermeabilização, ou se possui, está parcialmente ou completamente desgastada.

c) Mezanino

O mezanino tem uma presença significativa de manchas de humidade, concretamente no subbloco AV, onde tem-se manchas nas lajes de cobertura que por sua vez estendem-se para os elementos estruturais adjacentes, assim como nalguns pontos das faces dos panos de alvenaria.

A causa do surgimento das manchas de humidade neste nível é a presença da humidade de precipitação nos elementos supracitados, que existe porque não se possui impermeabilização na laje de cobertura desta parte do bloco, e por consequência disto admite a infiltração da água proveniente da precipitação.

d) Caixas de elevador 1 e 2

As caixas de elevador têm uma presença significativa de manchas de humidade, pois estão salientes (terminam depois do nível da cobertura do sub-bloco de todo o bloco), estando por esta razão completamente expostas à humidade de precipitação, que por causa da inexistência da inspeção periódica acaba permanecendo nos elementos que compõe estas caixas originando as manchas. As manchas, nas caixas, apresentam-se tanto nas lajes de cobertura, assim como nas paredes que as contornam.

2.1.1.1.2. Exterior

De uma forma geral, as fachadas do bloco A, tem uma ligeira presença de manchas de humidade. Estas apresentam-se nos seguintes pontos: na face dos elementos estruturais (vigas e pilares) e nos panos de alvenaria, com destaque para os panos que contornam o mezanino; em todos os casos, tendo como presumível causa da sua presença a humidade de precipitação.

2.1.1.2. Fissuras

O bloco A, apresenta fissuras em alguns pontos das faces dos elementos estruturais e dos panos de alvenaria, tanto na parte interior, sendo que nesta apresenta-se em todos pisos, assim como na parte exterior.

2.1.1.2.1. Interior

a) Cave

A cave tem uma presença ligeira de fissuras. Estas apresentam-se em alguns pontos da laje de cobertura, na interface elemento estrutural/elemento estrutural e numa das faces de um dos núcleos de rigidez (caixa de elevador 2), que presume-se que sejam decorrentes de juntas mal tratadas ou empalmes na mesma faixa da laje, movimentos térmicos e assentamento diferencial da fundação respectivamente.

b) No rés-do-chão

O rés-do-chão tem uma presença significativa de fissuras, por esta razão dividiu-se a descrição de cada caso, para ter-se uma melhor compreensão,

Tem-se fissuras que apresentam-se nas lajes de cobertura dos sub-blocos AIV e AV que presume-se, que tenham sido causadas por juntas de construção mal tratadas ou empalmes na mesma faixa da laje (sendo estas as que tem disposição regular e que apresentam-se apenas no AIV) e pela corrosão de armaduras (sendo estas, as que tem disposição irregular).

Tem-se também fissuras que apresentam-se nos panos de alvenaria, concretamente nos sub-blocos AII e AIV, sendo as que estão no AII, obliquas e, as que estão no AIV vertical e oblíqua. As que apresentam-se no AII, podem ter sido causadas pelo assentamento diferencial da fundação e, as que apresentam-se no sub-bloco AIV, podem ter sido por sua vez, causadas pelas movimentações térmicas e pela deformabilidade excessiva dos elementos estruturais a si adjacentes respectivamente.

c) Mezanino

Este piso do bloco, tem fraca presença de fissuras na parte do sub-bloco AIV, e expressiva presença de fissuras na parte do sub-bloco AV.

No sub-bloco AIV, as fissuras apresentam-se em alguns pontos, na face dos panos de alvenaria, próximos a zona de ligação destes com a laje de cobertura e, nas faces

exteriores do núcleo de rigidez (caixa de elevador 2), e presume-se que tenham sido causadas por movimentações térmicas da laje e do núcleo de rigidez respectivamente.

No sub-loco AV, as fissuras apresentam-se em alguns pontos da face inferior da laje de cobertura e da face dos panos de alvenaria, e presume-se que tenham sido causadas pela corrosão de armaduras e pela retracção de produtos à base de cimento respectivamente.

d) Caixas de elevadores 1 e 2

Já as caixas de elevadores, tem uma presença massiva de fissuras, e provavelmente sejam estes dois casos, os mais críticos do bloco.

As duas caixas de elevadores apresentam fissuras nos panos de alvenaria que os contornam, assim como na face inferior das suas lajes de cobertura, sendo as fissuras da caixa de elevador 2, as mais graves e, presume-se que tenham sido causadas pela retracção de produtos à base de cimento e pela corrosão de armaduras respectivamente.

2.1.1.2.2. Exterior

De uma forma geral, o exterior do bloco tem uma presença massiva de fissuras, em elementos estruturais e algumas fissuras nos panos de alvenaria.

Nos elementos estruturais, tem-se fissuras nos seguintes pontos: na face exterior das vigas de bordo da laje de cobertura da cave, com várias disposições que presume-se tenham sido causadas por tensões de cisalhamento, corrosão de armaduras e retracção, nas faces exteriores das paredes de betão que compõem a laje de cobertura do subloco AV que presume-se que tenham sido causadas pela retracção, nas faces exteriores das vigas de apoio da lajes de cobertura da cave e do rés-do-chão do sub-bloco AIV, na zona de ligação entre laje e viga, especificamente, na fachada lateral direita no sub-bloco AI que presume-se que tenham sido causadas pela variação da temperatura, e por fim nos panos de alvenaria, nas fachadas traseira e lateral esquerda.

2.1.1.3. Destacamento do betão e corrosão de armaduras

Estas duas patologias foram agregadas, pois, considerou-se que uma ocorre por causa da outra, neste caso, o destacamento ocorre por causa da expansão da armadura causada, pela sua oxidação.

O bloco apresenta, no geral, poucos pontos com armadura corroída exposta, estando, alguns com exposição de armadura muito fraca ou quase nula, como é o caso dos pontos presentes na face inferior da laje de cobertura e de piso do mezanino, no sub-bloco AIV, outros com exposição média de armadura, como é o caso dos pontos presentes na face inferior da laje de cobertura do rés-do-chão, dos sub-blocos AIV e AV, assim como na face interior do muro de contenção de solos e, por fim, com exposição forte, como é caso dos pontos presentes na face inferior da laje de cobertura do elevador 2.

Apesar dos pontos serem vários, presume-se que as causas sejam as mesmas, sendo estas o ataque de cloretos ou carbonatação do betão.

2.1.1.3.1. Interior

a) Cave

Na cave encontram-se a armadura corroída e destacamento de betão na face inferior da laje de cobertura, em alguns pontos, na parede de contenção de solos, do lado da fachada lateral esquerda, especificamente em dois pontos (neste pontos, expressa-se mais o destacamento de betão do que propriamente a corrosão) e na face de alguns pilares.

b) Rés-do-chão

No rés-do-chão, apresentam-se na face inferior da laje de cobertura, tanto do sub-bloco AIV, assim como do sub-bloco AV.

c) Mezanino

No mezanino, a corrosão de armaduras e o destacamento de betão, apresentam-se em 2 pontos da face inferior da laje de cobertura, do lado da fachada lateral direita, em alguns pontos das vigas de apoio da laje de cobertura do sub-bloco AV, especificamente, na zona de separação entre o mezanino e o rés-do-chão do sub-bloco AV, na face da viga às vigas referidas nos períodos anteriores deste parágrafo, que está do lado da fachada lateral esquerda e, por fim na face de um dos pilares que também está próximo da fachada lateral esquerda.

d) Primeiro piso e caixas de elevadores 1 e 2

O primeiro piso, em específico, apresenta dois pontos na face da viga de apoio da laje de pavimento desta zona de separação entre o subloco AIV e o corredor.

A nível das caixas de elevadores, tem-se alguns pontos na face inferior da laje de cobertura da caixa de elevadores 2, e um ponto no lanço de escada que dá acesso à caixa de elevador 1.

2.1.1.4. Esmagamento de elementos estruturais

Esta patologia ocorre em apenas um ponto, especificamente, num pilar que apoia uma viga metálica, e que presume-se que esteja a ocorrer o esmagamento por causa da carga pontual excessiva sobre o pilar.

3. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E QUÍMICA DOS MATERIAIS DA ESTRUTURA

Essencialmente, foram feitos 4 ensaios no edifício dos quais, 3 foram para a caracterização mecânica e 1 para a caracterização química. Os ensaios realizados foram os seguintes:

- A. Detenção de Armadura;
- B. Ensaio Esclerométrico;
- C. Ensaio de compressão em Carotes;
- D. Carbonatação.

3.1. Detecção de armadura

Este ensaio foi realizado no bloco A do edifício, tendo sido usado para a realização deste ensaio um pacómetro. Este ensaio foi realizado para descrever-se o arranjo das armaduras nos elementos estruturais que se pretendiam estudar, neste caso, em concreto, as lajes do sub-bloco AIV. No entanto não foi possível fazer a detecção das armaduras em vários pontos destas lajes devido à dificuldade de acesso às faces inferiores da laje que na sua maioria, encontram-se a uma altura significativa, e às faces superiores que encontram-se revestidas, pelo que, fez-se a detecção em 1 ponto, na face inferior e, como resultados, obteve-se como armadura longitudinal (principal) $\varnothing 10//12\text{cm}$ que corresponde a $9.42\text{ cm}^2/\text{m}$ de secção, e armadura transversal (distribuição) $\varnothing 6//17.5\text{cm}$ que corresponde à $1.62\text{ cm}^2/\text{m}$. A figura 18 ilustra o arranjo referido anteriormente.

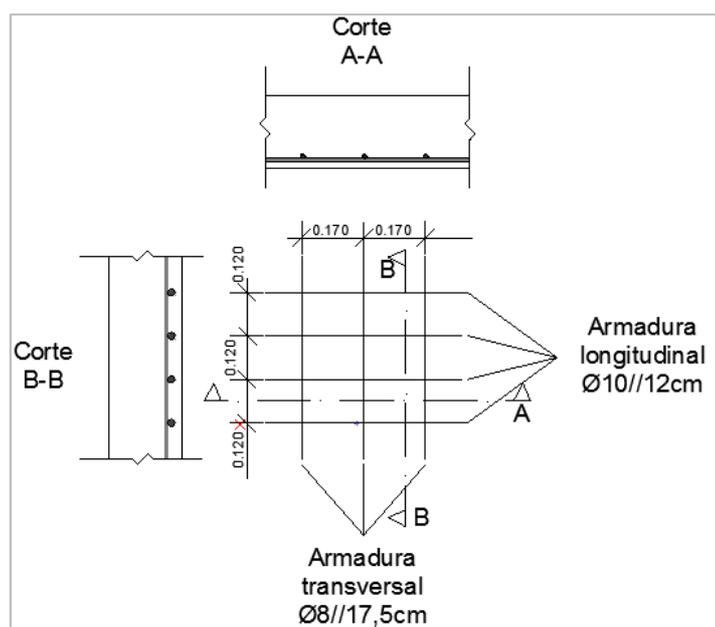


Figura 18: Arranjo de armaduras da fibra inferior da laje das lajes do subbloco AIV.

Como forma de reduzir o grau de incerteza quanto à secção das armaduras, fizeram-se pequenas aberturas na laje de cobertura do rés-do-chão, na face superior desta, especificamente 3 aberturas, tendo sido obtidas as disposições das armaduras e, conseqüentemente, os valores médios das secções de armadura principal (longitudinal) e a armadura de distribuição (transversal). Como valores médios teve-se para a armadura principal $7.97\text{ cm}^2/\text{m}$ e para a armadura de distribuição $1.95\text{ cm}^2/\text{m}$. As

tabelas com os dados usados para obter aqueles resultados, assim como o desenho das disposições das armaduras estão apresentados nos anexos C1.1. e C1.2. respectivamente.

3.2. Ensaio esclerométrico

Este ensaio foi realizado com o equipamento denominado, esclerómetro de Shidmit, tendo-se feito em alguns pilares e em uma viga, do bloco A, em pontos da superfície destes criteriosamente seleccionados. Realizado o ensaio, registaram-se os valores dos rebotes, e posteriormente determinaram-se as tensões de resistência à compressão características a partir do método descrito no II capítulo. Determinadas as tensões características, classificou-se o betão ensaiado em cada elemento estrutural, tendo-se obtido as seguintes classificações:

- Pilares – B35

- Vigas – B25.

Os resultados deste ensaio, assim como os dados colhidos in situ, estão apresentados nas tabelas que estão nos anexos C2.1. (pilares) e C2.2. (viga).

3.3. Extração e ensaio de compressão de carotes

A extração de carotes foi realizada nos blocos A e B, sendo que no A, foram extraídos carotes nas duas lajes do sub-bloco AIV, e num dos pilares do sub-bloco AII; e no bloco B foram extraídos carotes apenas em 1 pilar, pois este bloco apresenta lajes aligeiradas e, por essa razão, não se pôde extrair carotes destas. A extração dos carotes foi realizada através de uma carroteadora, e o posterior ensaio de carga foi realizado em laboratório através de prensa. Os carotes foram submetidos a ensaios de compressão simples, onde foi medida a carga de ruptura para cada carote e determinada posteriormente a tensão de ruptura.

Os resultados dos ensaios de carotes, foram agrupados numa tabela, de acordo com o tipo de elemento estrutural do qual foram extraídos, por forma a se ter a classificação do betão para cada tipo de elemento. A análise dos resultados para cada tipo de elemento, foi feita, e constatou-se que:

- Nas lajes tem-se um betão B20;

- Nos Pilares tem-se um betão B15.

Abaixo, em a) e b) apresentam-se de forma pormenorizada os procedimentos seguidos para a classificação do betão que compõe aqueles elementos.

a) Resultados do ensaio em lajes

Na tabela 3, estão apresentados os cálculos das tensões características, para cada laje analisada.

Laje de cobertura da Cave	Laje de cobertura do rés-do-chão
<p>1. Tensões mínima e média</p> $f_{m(n),is} = 26.66 \text{ Mpa}$ $f_{is,menor} = 25.19 \text{ Mpa}$ <p>2. Cálculo do $f_{ck,is}$</p> $f_{ck,is} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{m(n),is} - k \\ f_{is,menor} + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 26.66 - 7 \\ 25.19 + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 19.66 \\ 29.19 \end{array} \right. \Rightarrow$ $f_{ck,is} = 19.66 \text{ Mpa}$	<p>1. Tensões mínima e média</p> $f_{m(n),is} = 28.3 \text{ Mpa}$ $f_{is,menor} = 26.8 \text{ Mpa}$ <p>2. Cálculo do $f_{ck,is}$</p> $f_{ck,is} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{m(n),is} - k \\ f_{is,menor} + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 28.3 - 7 \\ 26.8 + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 21.3 \\ 30.8 \end{array} \right. \Rightarrow$ $f_{ck,is} = 21.3 \text{ Mpa}$

Tabela 3: Cálculo das tensões características para o caso dos carotes extraídos nas lajes.

Pelos valores de tensão característica obtidos na tabela 5, A partir da tabela apresentada no anexo C3.3., este betão pode ser classificado como um C16/20, ou seja, um B20 considerando a forma de classificação vigente no REBAP.

b) Resultados do ensaio nos pilares

Na tabela 4, estão apresentados os cálculos das tensões características, para cada pilar analisado.

Pilar do Bloco A – Sub-bloco AIV	Pilar do Bloco B – Sub-bloco BI
<p>1. Tensões mínima e média</p> $f_{m(n),is} = 20.55 \text{ Mpa}$ $f_{is,menor} = 18.78 \text{ Mpa}$ <p>2. Cálculo do $f_{ck,is}$</p> $f_{ck,is} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{m(n),is} - k \\ f_{is,menor} + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 20.55 - 7 \\ 18.78 + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 13.55 \\ 22.78 \end{array} \right. \Rightarrow$ $f_{ck,is} = 13.55 \text{ Mpa}$	<p>1. Tensões mínima e média</p> $f_{m(n),is} = 22.6 \text{ Mpa}$ $f_{is,menor} = 21 \text{ Mpa}$ <p>2. Cálculo do $f_{ck,is}$</p> $f_{ck,is} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{m(n),is} - k \\ f_{is,menor} + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 22.6 - 7 \\ 21 + 4 \end{array} \right. \Rightarrow f_{ck,is}$ $= \min \left\{ \begin{array}{l} 15.6 \\ 25 \end{array} \right. \Rightarrow$ $f_{ck,is} = 15.6 \text{ Mpa}$

Tabela 4: Cálculo das tensões características para o caso dos carotes extraídos nos pilares.

A partir da tabela apresentada no anexo C3.3., este betão pode ser classificado como um C12/15, ou seja, um B15 considerando a forma de classificação vigente no REBAP.

Os valores de tensão mínima e média, usados para o cálculo das tensões características nas tabelas 5 e 6, foram extraídos das tabelas apresentadas nos anexos C3.1. (lajes) e C3.2 (pilares).

3.4. Ensaio de carbonatação

Este ensaio foi realizado com dois elementos de prova que são: os carotes e o pó de betão. Os carotes usados para este ensaio foram os extraídos para o ensaio anteriormente referido no ponto 3.3., tendo este ensaio ocorrido logo após a extracção, *in situ*; o pó de betão por sua vez foi apenas extraído para ensaio de carbonatação, tendo sido extraído nas paredes exteriores do bloco C, em várias profundidades com recurso a um berbequim. O pó de betão foi extraído apenas no Bloco C, nas paredes exteriores ao longo de seu contorno. O ensaio, realizado nos carotes extraídos nas lajes, permitiu constatar que o betão está carbonatado, em média, nos primeiros 3 a 4cm, contados a partir das faces tanto superior assim como inferior das lajes, tendo-se como excepção a laje de cobertura da cave, que não está carbonatada na face superior, pelo facto de estar revestida com material cerâmico; e para os pilares constatou-se que, no Bloco A o betão não está carbonatado e no Bloco B, o betão está carbonatado nos primeiros 3cm, contados a partir da face exterior.

O pó de betão também foi submetido ao teste de carbonatação, como se referiu anteriormente, tendo sido extraído em 3 profundidades, 1, 3 e 5 cm; tendo-se constatado que o betão não está carbonatado.

Os anexos C4.1. e C4.2 apresentam os resultados obtidos neste ensaio.

4. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

Tendo-se verificado algumas fissuras suspeitas, decidiu-se fazer a avaliação de uma parte do bloco para confirmar a necessidade da aplicação de reforço estrutural ou de uma simples reparação.

Para a avaliação do comportamento estrutural da parte seleccionada, foi desenvolvido um modelo numérico em 3D (ver Figura 19), modelado no software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016. Os anexos D1.1., apresentam demais vistas em perspectiva do modelo desenvolvido.

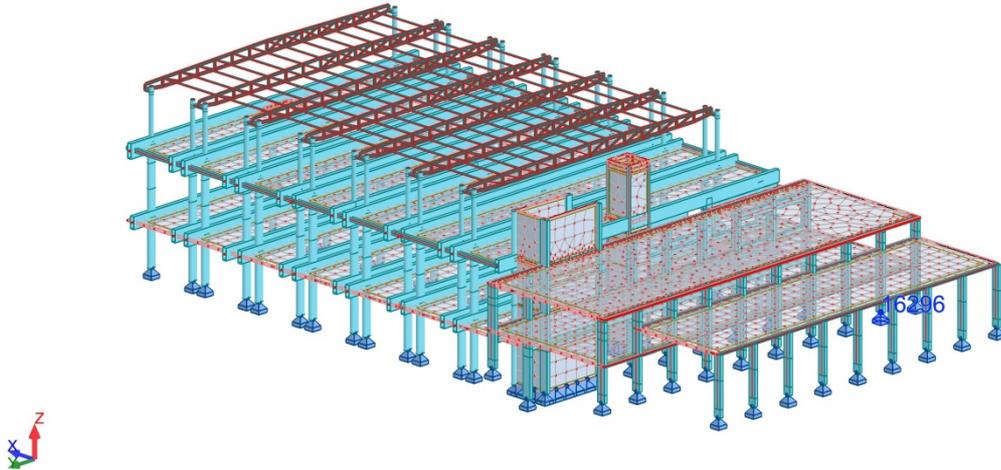


Figura 19: Ilustração da forma do modelo numérico para análise estrutural em 3D.

4.1. Parte do edifício analisada

A análise foi feita em uma parte do bloco A, especificamente, no sub-bloco AIV, pois foi nesta parte do bloco onde foram identificadas nas lajes de cobertura da cave e do rés-do-chão fissuras no sentido longitudinal, especificamente, ao longo do eixo dos pilares centrais, como apresentam os anexos B2 referentes à cave e ao rés-do-chão; na face inferior, tendo-se por esta razão concluído que a análise do comportamento estrutural ia limitar-se a esta zona.

A análise do comportamento estrutural incluiu a verificação dos estados limites de utilização como principal objectivo tendo em vista a análise da fissuração, no entanto, para verificar se a armadura la aplicada é ou não suficiente, foi também feita a verificação da segurança para estados limites últimos considerando a nova provável utilização apenas, uma vez que a antiga utilização tem, em termos quantitativos, valores das acções próximos aos da nova.

Apesar de as fissuras em análise terem-se manifestado no sub-bloco AIV, outros sub-blocos nomeadamente os sub-blocos AI, AII e AIII, foram incluídos no modelo pois estão ligados a este e, de alguma forma, influenciam no comportamento deste. De realçar que o modelo vai terminar na segunda junta de dilatação, como indica o anexo D1.2, e que os anexos D1.3 e D1.4 apresentam os painéis que foram analisados (onde surgiram as fissuras), tanto os da laje de cobertura da cave assim como os da laje de cobertura do rés-do-chão.

4.2. Quantificação das cargas

A quantificação das acções consistiu essencialmente na extracção dos valores de acções no RSA, considerando a provável nova utilização do edifício, pois como foi referido anteriormente, o edifício será remodelado e por esta razão apresentará novas solicitações. Os anexos A1.1. e D1.5., apresentam as novas funções dos pavimentos do edifício, concretamente, da parte que foi analisada aqui.

Nesta quantificação, desprezou-se a acção do vento sobre o edifício como um todo, porque o edifício tem uma altura pouco significativa, apresenta vários núcleos de rigidez e está assente numa zona em que se tem vários edifícios ao seu redor.

4.2.1. Acções Permanentes

A quantificação das acções permanentes foi feita considerando o peso próprio dos elementos estruturais (lajes) e os respectivos revestimentos. Das lajes estudadas, tem-se algumas de que não se possui a espessura e, para estes casos, fez-se uma estimativa desta, e quanto aos revestimentos, assumiu-se reboco de pelo menos 3 cm de espessura para as faces que possuem reboco.

4.2.1.1. Estimativa das espessuras

As lajes que se desconhecem a espessura são as dos sub-blocos AI e All.

a) Estimativa da espessura do sub-bloco AI

Pelo Rebap, Art. 102 tem-se:

$$A235 \rightarrow \eta = 1.4$$

$$l = 8.362 \text{ m}$$

$$\alpha = 1$$

$$\frac{l_i}{h} \leq 30\eta \rightarrow h \geq \frac{l_i}{30\eta} \rightarrow h \geq \frac{\alpha l}{30\eta} \rightarrow h \geq \frac{1 * 8.362}{30 * 1.4} \rightarrow h \geq 0.20 \text{ m}$$

$$h_{estimada} = 0.20 \text{ m}$$

b) Estimativa da espessura do sub-bloco All

$$A235 \rightarrow \eta = 1.4$$

$$l = 11.266 \text{ m}$$

$$\alpha = 1$$

$$\frac{l_i}{h} \leq 30\eta \rightarrow h \geq \frac{l_i}{30\eta} \rightarrow h \geq \frac{\alpha l}{30\eta} \rightarrow h \geq \frac{1 * 11.266}{30 * 1.4} \rightarrow h \geq 0.268 \text{ m}$$

$$h_{estimada} = 0.3 \text{ m}$$

4.2.1.2. Cálculo do peso próprio das lajes e respectivos revestimentos

Para o cálculo do peso próprio das lajes considerou-se o peso específico de betão de $\gamma_{bet\tilde{a}o} = 25 \text{ KN/m}^3$ e para os revestimentos, considerou-se para o reboco o peso específico de $\gamma_{argamassa} = 21 \text{ KN/m}^3$ e para outros tipos de revestimento, considerou-se os valores estabelecidos nas tabelas técnicas.

a) Cálculo da acção do reboco.

$$\gamma_{reboco} = 21 \text{ KN/m}^3$$

$$h_{reboco} = 0.03 \text{ m}$$

$$g_{reboco} = 0.03 * 21 = 0.63 \text{ KN/m}^2$$

A tabela 5, apresenta todas as acções permanentes consideradas no cálculo dos esforços.

Carga permanente							
Sub-bloco	Piso	Peso próprio da laje (KN/m^2)	Revestimento				Total (KN/m^2)
			Superior (KN/m^2)		Inferior (KN/m^2)		
AI	Rés-do-chão	5	Reboco+chapas de zinco	0.88	Reboco	0.63	6.51
AII	Rés-do-chão	7.5	Azulejo cerâmico	0.55	-	0	8.05
	Primeiro Piso	7.5	Reboco+chapas de zinco	0.88	-	0	8.38
AIII	Rés-do-chão	5	Azulejo cerâmico	0.55	-	0	5.55
	Primeiro Piso	5	Reboco	0.63	Reboco	0.63	6.26
AIV	Cave	5	Azulejo cerâmico	0.55	-	0	5.55
	Rés-do-chão	5	Reboco	0.63	-	0	5.63

Tabela 5: Acções permanentes.

4.2.2. Sobrecarga

A sobrecarga que será aplicada em cada pavimento analisado foi extraída no RSA, considerando a utilização daqueles. Os valores das acções referentes à estão apresentados na tabela 6.

Sobrecarga			
Subloco	Piso	Utilização	Acção (KN/ m ²)
AI	Rés-do-chão	Terraço Não acessível	1
AII	Rés-do-chão	Escritório	3
	Primeiro Piso	Terraço não acessível	1
AIII	Rés-do-chão	Escritório	3
	Primeiro Piso	Terraço não acessível	1
AIV	Cave	Ginásio	5
		Laboratório	
		Biblioteca	
	Rés-do-chão	Sala de aulas	3

Tabela 6. Acções variáveis.

4.3. Cálculo dos Esforços actuantes

Os esforços actuantes foram calculados pelo software anteriormente referido. Estes esforços foram calculados considerando a verificação dos estados limites últimos e estados limite de utilização como foi referido anteriormente.

4.3.1. Combinação de acções para o cálculo de esforços actuantes considerando os Estados limites Últimos.

Este tipo de combinação, é regida pela seguinte expressão:

$$S_d = \gamma_g * S_{Gk} + \gamma_q * (S_{Qk} + 0.6 * S_{wk}) \quad (5)$$

A expressão 5 foi a única a ser usada pois tomou-se a sobrecarga como a acção de base para o cálculo dos esforços actuantes. Os coeficientes de segurança sofreram alterações pois a estrutura em análise encontra-se danificada e segundo a informação que consta do resumo teórico, quando se está diante de um caso

destes, é necessário alterar aqueles coeficientes. Portanto, os coeficientes foram alterados da seguinte forma:

$$\gamma_g = 1.5$$

$$\gamma_q = 1.5$$

$$\begin{cases} \gamma'_g = 1.1 * (1.5 - 0.1) \\ \gamma'_q = 1.1 * 1.5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma'_g = 1.54 \\ \gamma'_q = 1.65 \end{cases}$$

A tabela 7 apresenta as acções consideradas no cálculo dos esforços tendo em conta os ELU

Acções ELU				
Subloco	Piso	Acções permanentes (KN/m²)	Sobrecarga (KN/m²)	Sd
AI	Rés-do-chão	6.51	1	11.68
AII	Rés-do-chão	8.05	3	17.35
	Primeiro Piso	8.38	1	14.56
AIII	Rés-do-chão	5.55	3	13.50
	Primeiro Piso	6.26	1	11.29
AIV	Cave	5.55	5	16.80
	Rés-do-chão	5.63	3	13.62

Tabela 7:Acções considerando ELU.

As lajes do subloco AIV apresentam um sistema estático, de viga continua, e por esta razão teve-se de alternar a disposição das acções em cada pavimento, de modo a se obter os máximos esforços. O anexo D1.6., apresenta a alternância de acções considerada nesta análise.

A tabela 8 apresenta os momentos máximos obtidos para cada painel considerado, assim como para cada caso de carga alternada (vide anexo D1.6.).

Local	Grupo de painéis	Combinação	ELU	
			Positivos (KNm/m)	Negativos (KNm/m)
Cave	I	1	29.45	-
		2	29.66	-
		3	-	77.73
		4	-	44.54
	II	1	28.8	-
		2	25.67	-
		3	-	74.59
		4	-	53.43
Rés-do-chão	I	1	20.6	-
		2	22.32	-
		3	-	28.67
	II	1	22.22	-
		2	20.57	-
		3	-	46.67
		4	-	41

Tabela 8: Valores de momentos considerando ELU

4.3.2. Combinação de acções para o cálculo de esforços actuantes considerando os Estados limites utilização.

Este tipo de combinação é regido pela expressão:

$$S_d = G_m + \psi_1 * Q_k + \sum_{i=1}^m \psi_2 Q_{ki} \quad (6)$$

Pela expressão 6, calculou-se a acção actuante em cada pavimento acima considerado, e os resultados estão apresentados na tabela 9:

L/T		G_m (KN/m ²)	Q_k (KN/m ²)	ψ_1	S_d (KN/m ²)
Sub-bloco I	Cobertura	5.88	1	1	6.88
Sub-bloco II	Rés-do-chão	8.05	3	0.6	9.85
	Primeiro andar	7.75	1	1	8.75
Sub-bloco III	Res do chão	6.18	3	0.6	7.98
	Primeiro andar	6.18	1	1	7.18
Sub-bloco IV	Cave	5.55	5	0.7	9.05
	Res do chão	5.63	3	0.6	7.43

Tabela 9: Acções considerando ELS.

A tabela 10 apresenta os momentos calculados, considerando ELS.

Local	Grupo de painéis	Combinação	ELS	
			Positivos (KN/m^2)	Negativos (KN/m^2)
Cave	I	1	16	-
		2	13.41	-
		3	-	44
		4	-	24.67
	II	1	15.57	-
		2	13.6	-
		3	-	40.74
		4	-	30.01
Rés-do-chão	I	1	11.15	-
		2	12.15	-
		3	-	15.71
	1.1.2.1 II	1	12	-
		2	11.13	-
		3	-	30.59
		4	-	23.17

Tabela 10. Valores de momentos considerando ELS.

4.4. Verificação da resistência face aos ELU

Como se referiu anteriormente, a esta verificação foi feita para verificar a integridade do arranjo de armaduras verificado quando foi realizado o ensaio de detecção de armadura, portanto, para o efeito calculou-se o M_{rd} de modo a medir-se em termos numéricos a resistência à flexão e compará-la com os esforços actuantes já calculados. Os anexos D1.7 e D1.8 apresentam os mapas dos momentos máximos obtidos, para o caso dos estados limites últimos.

Para o cálculo do M_{rd} , foram usados dois métodos, nomeadamente: equações de equilíbrio e tabelas.

a) Cálculo do M_{rd} pelas equações de equilíbrio

Tem-se:

$$A_s = 9.42 \text{ cm}^2/m$$

$$f_{syd} = 348 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 10.7 \text{ MPa}$$

$$d = 0.17 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \sum F = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F_c = F_s \\ M_{rd} = F_s * (d - 0.4x) \end{cases}$$

Cálculo do x :

$$F_c = F_s \Rightarrow 0.8x * b * 0.85f_{cd} = A_s * f_{syd}$$

$$x = \frac{A_s * f_{syd}}{0.8 * b * 0.85f_{cd}}$$

$$x = \frac{9.42 * 10^{-4} * 348 * 10^3}{0.8 * 1 * 0.85 * 10.7 * 10^3}$$

$$x = 0.045 \text{ m}$$

Cálculo do M_{rd} :

$$M_{rd} = F_s * z$$

$$M_{rd} = A_s * f_{syd} * (d - 0.4x)$$

$$M_{rd} = 9.42 * 10^{-4} * 348 * 10^3 * (0.17 - 0.4 * 0.045)$$

$$M_{rd} = 49.828 \text{ KNm/m}$$

b) Cálculo do M_{rd} pelo método das tabelas:

$$A_s = 9.42 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$f_{syd} = 348 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 10.7 \text{ MPa}$$

$$d = 0.17 \text{ m}$$

Cálculo do ρ :

$$\rho = \frac{100 * A_s}{bd} \Rightarrow \rho = \frac{100 * 9.42 * 10^{-4}}{1 * 0.17} \Rightarrow \rho = 0.55$$

Pela tabela do anexo tem-se:

$$\rho = 0.55 \Rightarrow \frac{M_{rd}}{bd^2} = 1.73 \Rightarrow \alpha = 0.263$$

Cálculo do x e do M_{rd} :

$$x = \alpha d = 0.263 * 0.17 = 0.045 \text{ m}$$

$$M_{rd} = 1.73 * 0.17^2 * 1000 = 50 \text{ KNm/m}$$

Cálculo da relação entre a armadura longitudinal (principal) e a transversal (de distribuição).

$$\frac{A_{s,distribuição}}{A_{s,principal}} = \frac{1.62}{9.42} = 0.17 = 17\% < 20\%$$

Tendo-se obtido os momentos resistentes, percebe-se que para os momentos actuantes calculados para a fibra inferior, tem-se a segurança garantida, pois $M_{sd,max} = 29 \text{ KNm/m} < M_{rd} = 50 \text{ KNm/m}$, entretanto, para os momentos actuantes calculados para a fibra superior, não se tem a segurança garantida pois alguns valores daqueles excedem o momento resistente, assim sendo, propõe-se uma nova inspeção do bloco A, do sub-bloco AIV especificamente, de modo a se obter o arranjo ou disposição das armaduras da fibra superior, e a partir deste calcular-se o momento resistente e verificar-se a segurança face aos ELU, para caso este não verifique, se possa avançar para o dimensionamento e aplicação de reforço estrutural.

4.5. Verificação da resistência face aos ELS

Para esta verificação considerou-se apenas a fendilhação pelos motivos já referidos anteriormente, e para o efeito, calculou-se o M_{cr} para se perceber se tem-se abertura de fendas ou não. Os anexos D1.9 e D1.10 apresentam os mapas dos momentos máximos obtidos, para o caso dos estados limites de serviço.

a) Cálculo do M_{cr} :

$$f_{ctm} = 1.9 \text{ MPa}$$

$$h = 0.20 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} * w$$

$$M_{cr} = f_{ctm} * \frac{bh^2}{6}$$

$$M_{cr} = 1.9 * 10^3 * \frac{0.2 * 1^2}{6}$$

$$M_{cr} = 12 \text{ KNm/m}$$

Tendo-se calculado o M_{cr} , percebe-se que não ocorre fendilhação devido aos carregamentos, o que significa que o surgimento das fissuras na face inferior das lajes analisadas, pode ter sido causado por outros factores, nomeadamente:

- a) Juntas de construção mal tratadas;
- b) Empalmes de armaduras transversais feitos a mesma faixa das lajes.

5. SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA REPARAÇÃO

As soluções propostas para a reparação das patologias identificadas foram adotadas tendo em conta o tipo de patologia, causa e forma como se apresenta sem relevar o piso em que elas ocorrem, pois a maioria daquelas apresentam as mesmas características tanto na parte interior assim como na parte exterior do Bloco. Como foi

visto anteriormente, o edifício tem essencialmente 3 tipos de patologias que são as manchas de humidade, fissuras e a corrosão das armaduras que por sua vez provoca o destacamento do betão.

5.1. Soluções propostas para a reparação das manchas de humidade

As manchas de humidade no edifício em estudo são causadas essencialmente por dois factores, nomeadamente: humidade de solo e humidade de precipitação que acede ao interior, que de forma direta foi neste trabalho designada humidade fortuita.

Para o caso da humidade de solo, que ocorre nas caves, onde estas existem no edifício, propõe-se a reparação do sistema de drenagem que as contorna, especificamente a reparação das caixas de visita, assim como dos coletores prediais, pois desta forma eliminar-se-à a presença de água naquelas zonas. E propõe-se também a aplicação de impermeabilizantes nas faces interiores das paredes das caves (todas), de forma a impedir o resurgimento das manchas. Como impermeabilizante, propõe-se a aplicação de uma argamassa de proteção superficial.

Para o caso da humidade de precipitação, que acede ao interior do edifício por infiltração, propõe-se a impermeabilização de toda a cobertura, nas partes em que esta for de betão, com membranas asfálticas, e a substituição e aumento da inclinação onde esta for de chapa de zinco. Propõe-se também a aplicação de tintas impermeabilizantes nos restantes componentes do edifício na parte exterior e a reparação das manchas na parte interior com aplicação de tintas impregnantes nas faces dos elementos estruturais e de óleo na face dos panos de alvenaria.

5.2. Soluções propostas para a reparação das fissuras

As fissuras são o tipo de patologias predominantes em todo edifício e o surgimento destas, resultou de vários factores, como se pôde ver no subcapítulo 2 do capítulo III. Apesar disto, a escolha das soluções de reparação baseou-se em 3 aspectos que tem em conta a actividade das fissuras, abertura e presença ou não de água. Importa referir que os dois primeiros aspectos foram analisados parcialmente, pois não foram feitos ensaios assim como análises mais específicas para a caracterização completa das fissuras.

5.2.1. Elementos estruturais

Para fissuras que presumiu-se terem como causa variação térmica, que apresentam-se no interior do edifício, propõe-se a injeção com resinas de poliuretano e a selagem com o mesmo material, pois consideram-se activas.

Para as fissuras que presumiu-se terem como causa as cargas de cálculo, que apresentam-se na parte interior do edifício, propõe-se a injeção de resinas epoxy e a selagem com o mesmo material.

Para fissuras que presumiu-se, terem sido causadas pela corrosão de armaduras, propõe-se o alargamento da fissura, a substituição da armadura afectada se assim justificar-se, e a colocação de nova argamassa, a base de resinas também epoxy.

Os procedimentos a serem seguidos para a aplicação das soluções acima apresentadas, estão apresentadas no anexo E2.1.

5.2.2. Panos de alvenaria

No geral, o edifício não apresenta uma presença massiva de fissuras nos panos de alvenaria, e das que existem, boa parte encontra-se nos panos que compõem as fachadas do edifício, nas suas fachadas exteriores.

Como técnica de reparação das fissuras que apresentam-se nas faces externas dos panos de alvenaria, ou solução propõe-se a reabilitação em ponte, podendo se alterar em alguns casos com a aplicação do reforço com rede metálica por causa do movimento ou actividade das fissuras.

Para as fissuras que apresentam-se no interior do edifício, e que presumiu-se terem sido causadas pela deformabilidade excessiva dos elementos de betão, propõe-se a aplicação de reforço com rede metálica e, para as que presumiu-se terem sido causadas pela variação térmica, propõe-se também a reabilitação em ponte.

Os procedimentos a serem seguidos para a aplicação das soluções acima apresentadas, estão apresentadas no anexo E2.2.

5.3. Soluções propostas para o destacamento de betão e corrosão de armaduras

Esta patologia, também apresenta alguma predominância no edifício em estudo, no entanto, normalmente resulta da carbonatação do betão ou do ataque de cloretos.

Para a resolução deste problema, propõe-se a remoção do betão degradado nesses pontos, a substituição das armaduras corroídas e, a colocação de uma nova argamassa ou de um microbetão se a profundidade da zona degradada estiver acima dos 6 cm.

Os procedimentos a serem seguidos para a aplicação das soluções acima apresentadas, estão apresentadas no anexo E3.1.

CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E ANEXOS

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que o edifício apresenta, de um modo geral, na sua maioria, dois tipos de patologias, nomeadamente, manchas de humidade e fissuras, causadas pela infiltração das águas pluviais, falta de manutenção de alguns dos componentes do edifício, assim como, por variações térmicas e acções mecânicas, respectivamente.

Com os ensaios realizados no edifício para a caracterização química, constatou-se que os elementos do Bloco A, especificamente as lajes, possuem uma vulnerabilidade considerável, pois apresentam uma profundidade de carbonatação que abrange a zona das armaduras, deixando-as desprotegidas contra a corrosão. Para o caso dos dois blocos restantes, pese embora se tenha realizado o ensaio de carbonatação num deles, importa referir que os dados colectados mostraram-se insuficientes para a devida análise e emissão de uma conclusão segura. Importa referir também que não foi feito no edifício o ensaio de análise do teor de cloretos.

A partir dos ensaios realizados para determinar a resistência mecânica residual e da análise dos dados obtidos, constatou-se que, os elementos estruturais, especificamente, as lajes maciças e os pilares, apresentam valores de tensão resistente à compressão característica do betão iguais ou acima dos 15 Mpa. Portanto, estes valores foram considerados na verificação da segurança face aos estados limites últimos e de utilização, para as acções que se pretendem aplicar. Importa referir que não se pôde medir a resistência residual das vigas e lajes aligeiradas do edifício, e que por esta razão recomenda-se a observação minuciosa destes elementos em estudos posteriores.

Feita a análise do comportamento estrutural, e conseqüente verificação da segurança da parte do edifício seleccionada, tendo em conta o critério pré-estabelecido, que foi a presença de fissuras linearmente dispostas nas lajes, constatou-se que aquelas fissuras não surgiram devido aos carregamentos resultantes da utilização, e sim devido a outros factores, pois para as acções previstas, as lajes apresentam resistência

suficiente para absorver as cargas de la resultantes, ou seja, verifica à segurança face aos estados limites últimos, assim como aos estados limites de serviço.

Quanto às soluções para a reparação, importa antes referir que se teve limitações na análise de algumas patologias, porque não se fizeram alguns testes específicos para a caracterização completa destas (por exemplo, a identificação de fissuras activas e não activas e o estado do potencial de corrosão das armaduras que não estão a vista), assim como, para a descrição dos materiais que compõem os elementos onde ocorrem estas patologias, sendo estes aspectos, relevantes na escolha da solução adequada. Por esta razão propuseram-se soluções que se adaptam à maioria das situações, tendo-se proposto para a reparação de manchas de humidade, a aplicação de impermeabilizantes ou elementos que garantem a estanquidade, para as fissuras, injeções com produtos à base de resinas para caso de elementos estruturais, aplicação de reforços metálicos para caso de panos de alvenaria e, para o caso da corrosão a aplicação de argamassas com base em ligantes minerais.

De uma forma geral, pode-se dizer que os objectivos deste trabalho foram alcançados com sucesso, apesar disto, importa referir, que para se ter um posicionamento em relação ao projecto de reabilitação, com fiabilidade alta, ainda devem ser realizados mais estudos e mais ensaios neste edifício.

Percebeu-se a partir da realização deste trabalho a relevância da manutenção, do acompanhamento e, da monitorização do processo de deterioração dos edifícios, pois a ausência destas medidas, influencia negativamente na durabilidade destes, e por esta razão é necessário incluir no processo de utilização destes, actividades de manutenção, muito bem definidas, associadas a estudos do comportamento dos edifícios e da resposta destes, à acção dos agentes agressivos que normalmente apresentam-se na atmosfera que envolve-os, com vista a garantir a durabilidade destes e a evitar custos resultantes da realização de uma reabilitação completa.

RECOMENDAÇÕES

Como recomendações, deixam-se os seguintes pontos:

- I. Realizar a análise estrutural de todo edifício com vista a verificar a resistência face aos estados limites últimos e de utilização.
- II. Analisar o sistema hidráulico de todo o edifício com vista à repor a integridade funcional.
- III. Recomenda-se às instituições de ensino, que tem a engenharia cívil como um dos cursos leccionados, a incorporação de uma disciplina que trate especificamente da questão da reabilitação e da durabilidade das construções.

BIBLIOGRAFIA

Abreu, D.M.F.F. (2013). *Técnicas De diagnóstico Utilizadas Em Engenharia Civil*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade de Porto.

Araújo, D.A. (2016). *Reparação de Fendas em Elementos Construtivos de Betão Armado*-caso de estudo: Reparação de Túnel em Betão Armado. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico-Universidade Técnica de Lisboa.

Branco, F. e Brito, J. (2005). *Diagnóstico e Patologia De Construções Em Betão Armado*. Apontamentos da disciplina “ Patologia e Reabilitação da Construção”. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Branco, F., Brito, J. d., & Gonçalves, A. (s.d.). *Técnicas de Reabilitação em Paredes de Alvenaria de Edifícios Recentes*.

Castro, J. e Martins, J.G. (2006). *Reabilitação: Patologia do Betão Reparação e Reforço de Estruturas*.1ª edição.

Correia, J.R. (2011). *Protecção, Reparação e Reforço Estrutural de Estruturas de Betão Armado*. Apontamentos da disciplina “Introdução à reabilitação de Edifícios Contemporâneos”. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Costa, A. *Reparação de Estruturas de Betão Armado*. Apontamentos da disciplina “Reabilitação e Reforço de Estruturas”. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Decreto-Lei n.º 235/83 De 31 de Maio. *Regulamento de Segurança e Acções Para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Lisboa: Ministério de Habitação, Obras Públicas e Transportes.

Decreto-lei n.º 349-C/83 de 30 de Julho. *Regulamento de Betão Armado e Pré-Esforçado*. Lisboa: Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes.

Erthal, V.F. (2020). *Reavaliação da Segurança Estrutural e Estudo Da Reabilitação De Edifício De Betão Armado*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade de Porto.

Ferreira, J.A.A. (2010). *Técnicas de Diagnostico de Patologias em Edifícios*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade de Porto.

Jâcome, C.C. e Martins, J.G. (2005). *Reabilitação: Identificação e tratamento de patologias em edifícios*. 1ª Edição.

Muci, D. W., Netto, J. R., & Silva, R. d. (2013). *Sistemas de Recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação*. Goiânia.

Proceq (2011). *Martelo de teste de concreto*. Schwerzenbach, Suíça: Proceq SA

Ribeiro, A. D. F. (2019). *Ensaios de Diagnóstico e de Caracterização do Betão*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

Saraiva, J.G.R.P. (2007). *Técnicas de Protecção e Reparação de Estruturas de Betão Armado*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico- Universidade Técnica de Lisboa.

Silva, F., Baptista, F., Silva, L., Martins, J., Rocha, P., Pina, R., et al. (2013). *Humidade em edifícios: Tipos de intervenções necessárias*. Porto: FEUP.

Sousa, Álvaro Fernando Vieira Da Silva Sousa. (2008). *Reparação, Reabilitação E Reforço De Estruturas De Betão Armado*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade de Porto.

Sousa, José Albano Martins de Sousa. (2011). *Inspeção e Reabilitação De Estruturas Segundo NP EN 1504 – Caso De Obra*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade de Porto.

Thomaz, Ercio (2020). *Trincas em Edifícios: causas, prevenção recuperação*. Porto: Oficina de textos.

ANEXOS

A – Descrição do edifício

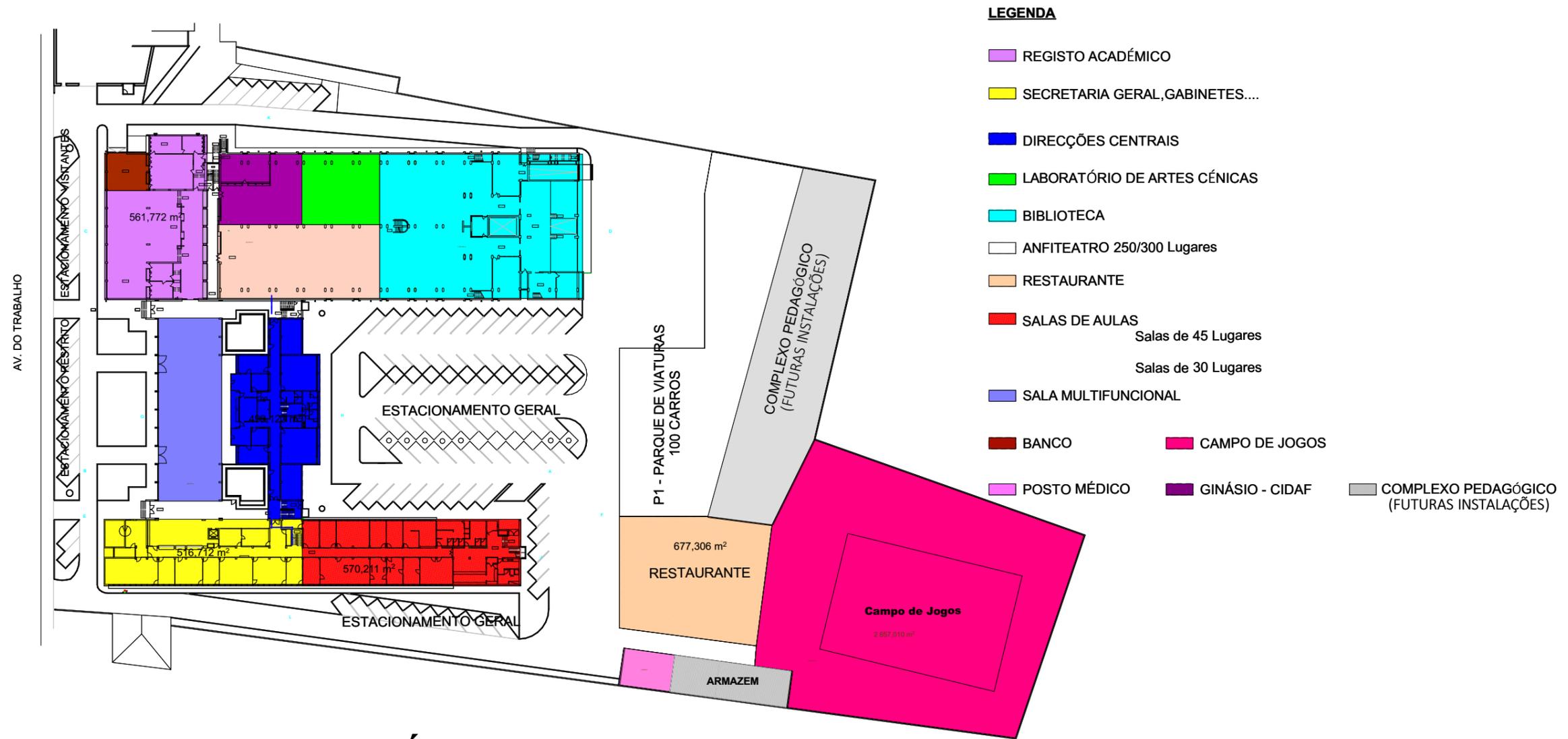
B – Patologias

C – Dados e resultados realizados *in situ* e em laboratório

D – Cálculo estrutural

E – Soluções propostas para a reparação

Anexos A – Descrição do edifício



PLANTA DO PISO TÉRREO/RC

LEGENDA

- REGISTO ACADÉMICO
- SECRETARIA GERAL, GABINETES...
- DIRECÇÕES CENTRAIS
- LABORATÓRIO DE ARTES CÉNICAS
- BIBLIOTECA
- ANFITEATRO 250/300 Lugares
- RESTAURANTE
- SALAS DE AULAS
Salas de 45 Lugares
Salas de 30 Lugares
- SALA MULTIFUNCIONAL
- BANCO
- CAMPO DE JOGOS
- POSTO MÉDICO
- GINÁSIO - CIDAF
- COMPLEXO PEDAGÓGICO (FUTURAS INSTALAÇÕES)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Layout geral do Edifício

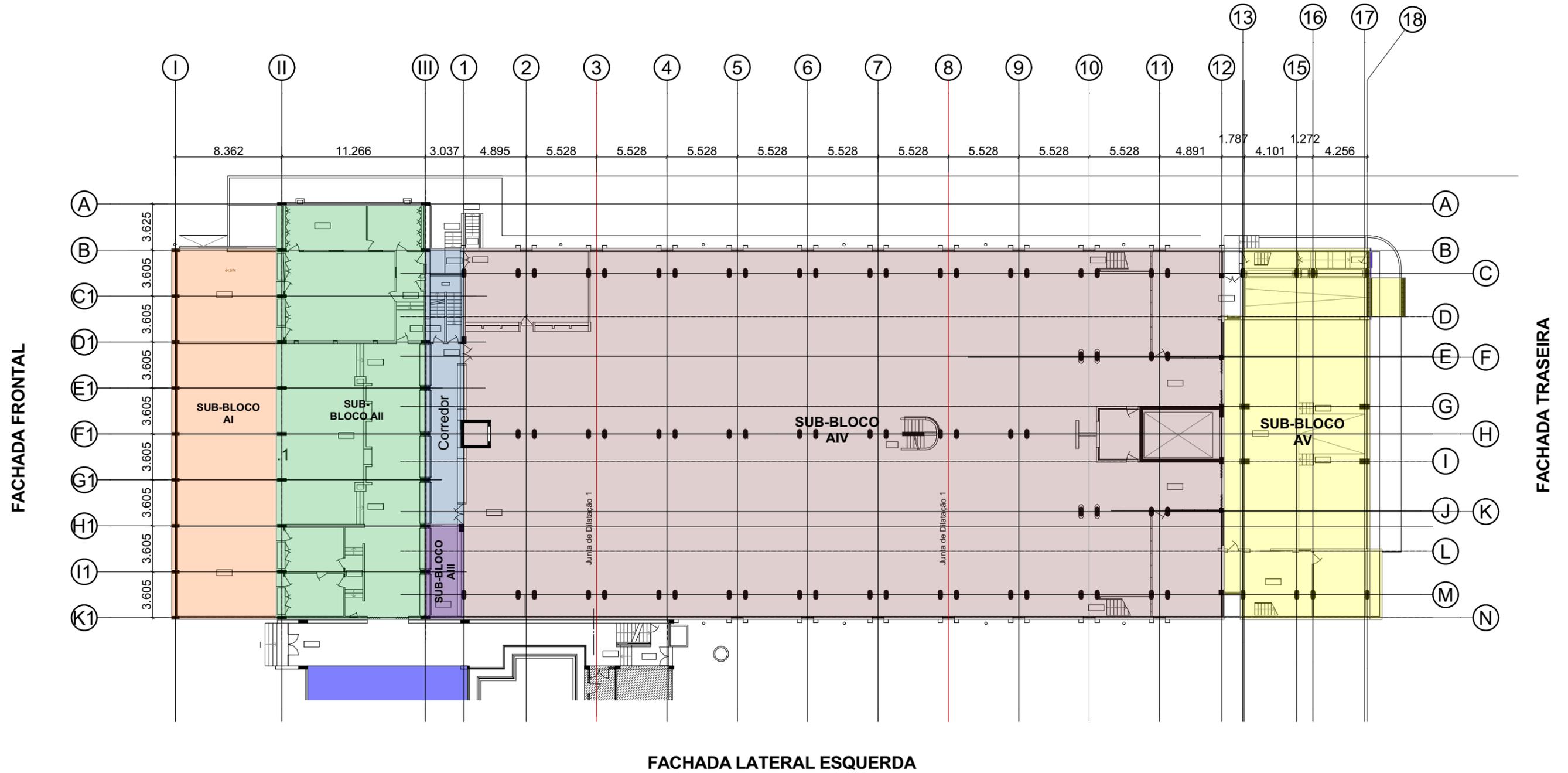
Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: A1.1.

FACHADA LATERAL DIREITA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

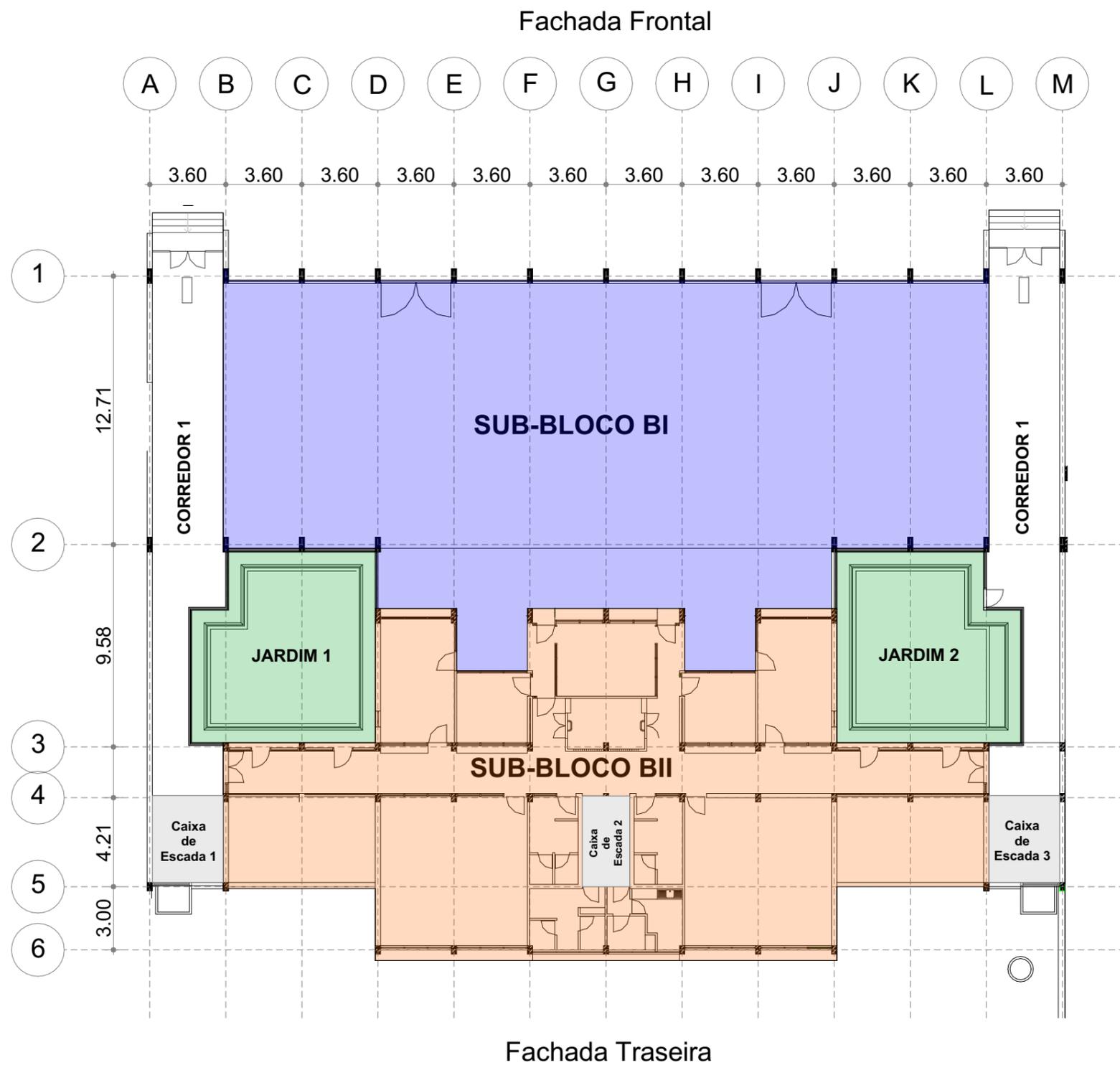
Título do Desenho: Planta do Bloco A

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: A1.2.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

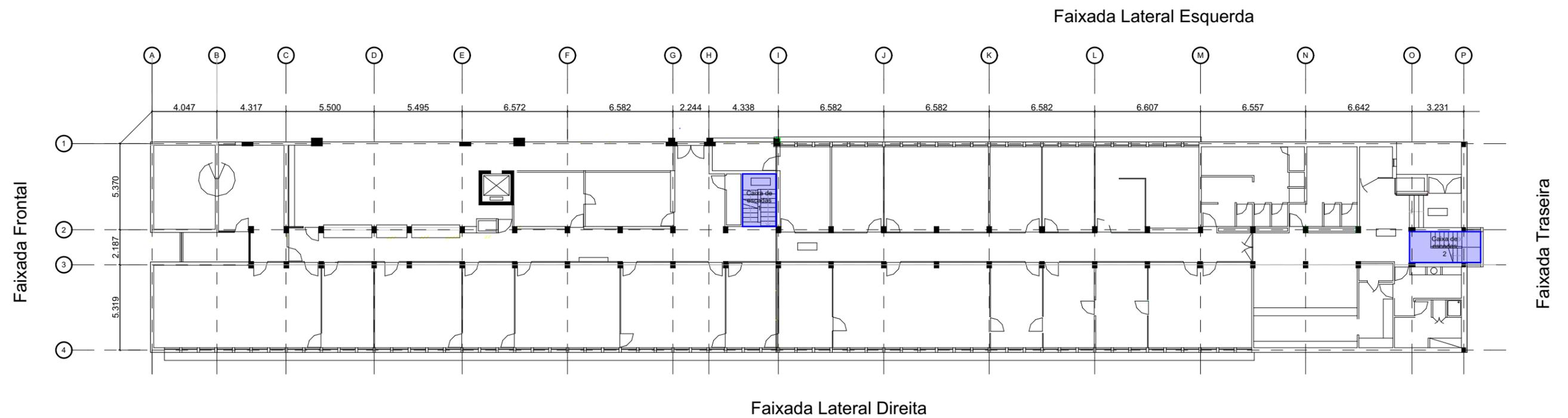
Título do Desenho: Planta do Bloco B

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: A1.3.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

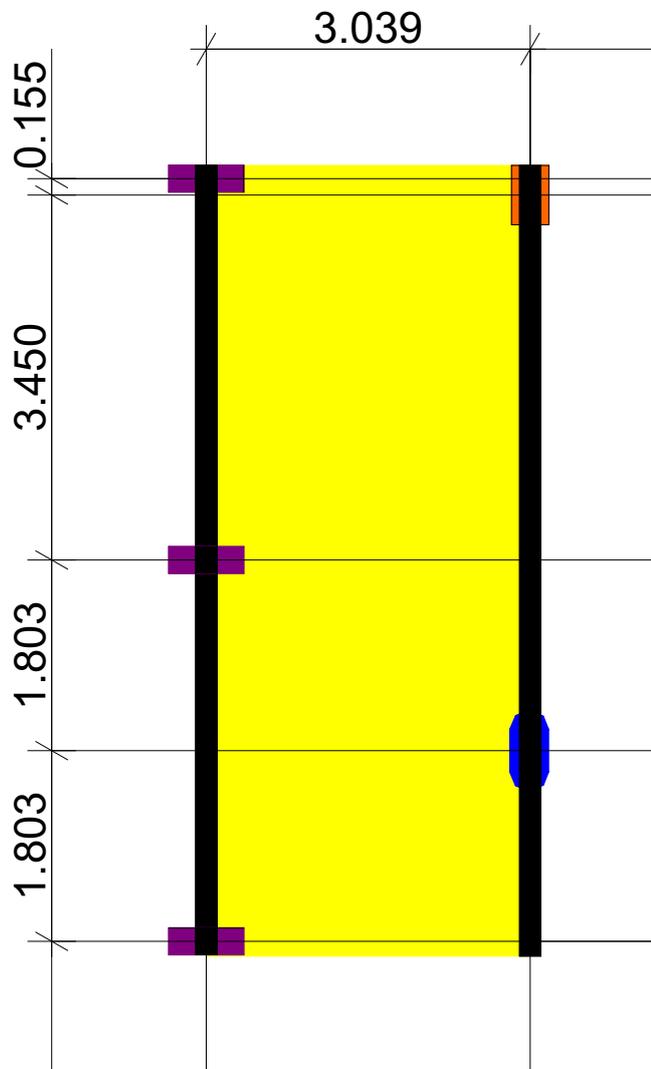
Título do Desenho: Planta do Bloco C

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: A.03



- Laje
- Vigas com secção 0.2 x 0.57 m²
- Pilares com secção 0.25 x 0.75 m²
- Pilar com secção 0.35 x 0.7 m²
- Pilar com secção 0.25 x 0.4 m².

Folha : A1.4

Anexos B – Patologias

Anexos B1 – Localização das patologias verificadas no Bloco A e suas possíveis causas

2.1.1.1.1. Interior

2.1.1.1.1.1. Cave

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de Humidade(A)	<p>1.1. Na face inferior da laje de cobertura:</p> <p>a) 8-BK(A1).</p> <p>b) 12;13- BC(A2).</p> <p>1.2. Na face interior da parede de contenção de solos:</p> <p>a) JK-III;1(A3).</p>	<p>- A1 (M-HF)</p> <p>- A2 (M-HF);</p> <p>- A3 (M-HS & M-HF).</p>
2.	Fissuras (B)	<p>2.1. Na face inferior da laje de cobertura:</p> <p>a) G-2;3(BL1), G-3;4(BL2) , G-4;5(BL3), G-5;6(BL4) e G-6;7(BL5).</p> <p>2.2. Na face interior da parede de contenção de solos, especificamente, na ligação entre os muros transversal e longitudinal:</p> <p>a) 11;12- JK(BV6).</p> <p>2.3. Na face anterior da parede que liga a parede de contenção de solos a um dos pilares::</p> <p>a) 1;2-JK (BO7).</p> <p>2.4. Na face exterior da parede da caixa de Elevador:</p> <p>a) H-11;12(BO8).</p>	<p>- BL1, BL2, BL3, BL4 e BL5 (F-CC);</p> <p>- BV6 (F-VT);</p> <p>- BO7 e BO8 (F-A);</p>
3.	Destacamento de betão e corrosão de armadura(C)	<p>3.1. Na face inferior da laje de cobertura:</p> <p>a) III- H1,I1(C1).</p> <p>b) 11,12-BC(C2), 12,13-BC(C3), 15,16-B-C(C4) , 15,16-CD(C5) e 8,9-IJ(C6).</p> <p>3.2. Na face interior da parede de contenção de solos:</p> <p>a) K-3,4(C7) e K-4,5(C8) ;</p> <p>b) 11,12-IJ(C9).</p> <p>c) 10-BC(C10).</p>	<p>- C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9 e C10 (CA-CI);</p> <p>- C7 e C8 (CA-C ou CA-CI)</p>

1.1.1.1.2. Rés-do-chão

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade(A)	1.1. Na face inferior da laje de cobertura: a) I-1,2 (A1) e I3 (A2). b) C-4,5(A3), C-5,6(A4) e C4(A5). c) 6-LM(A6), 6K(A7), 6D(A8) e 6-IJ(A9). d) 8-MN(A10), 8-HI(A11) e 8G (A12). e) 5-BN(A13). f) BC-6,7(A14), 13,15-FG(A15), 16,17-FG(A16), 13,15-IJ(A17), 16,17- IJ(A18) e 16,17-DE (A19).	- A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13 e A14 (M-HF); - A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21 e A22 (M-HF e M-HP).
2.	Fissuras(B)	2.1. Na face inferior da laje de cobertura: a) H-2;3(BL1), H-3;4(BL2), H-5;6(BL3), H-6;7(BL4), H-8;9(BL5) e H-13;15(BL6). b) 16;17-DE(B7), 13;15-FG(B8), 16;17-FG(B9), 13;15-IJ(B10) e 16;17-IJ(B11). 2.2. Na face da parede de alvenaria: a) 1-H1;M (BO12), 1-MN(BV13). b) I;II- I1-K1 (BO14), I;II- H1;I1 (BO16). 2.3. Na interface pilar parede: a) I;II- H1;I1 (BV15).	- BL1, BL2, BL3, BL4, BL5 e BL6 (F-CC); - B7, B8, B9, B10 e B11 (F-CA); - BO12 (F-D); - BV13 e BV15 (F-VT); - BO14 e BO16 (F-A);
3.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras(C)	3.1. Na face interior da laje de cobertura: a) 1;2-FG(C1), 13;15-FG(C2), 16;17-FG(C3), 16;17-DE(C4), 1;2-BC(C8) e 12;13-CD(C9). b) H-4;5(C5) e H-13;15(C6). c) 9;E(C7) e 11;L(C10). d) D-11;12(C11).	- C1 e C8 (CA-CI); - C2, C3, C4, C5, C6, C7, C10, C11 e C12 (CA-C).
4.	Esmagamento de elementos estruturais (D)	4.1. No topo dos pilares: a) 15;D(D1) e 16;D(D2).	- D1 e D2 (E-CC)
5.	Ausência de	5.1. Na face inferior da laje de cobertura:	

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
	abobadilha(E)	a) 11;12-LM (E1). b) 12-CD(E2).	

1.1.1.1.3. Mezanino

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade	1.1. Na face inferior da laje superior: a) 15;18-LM (A1) e 13;18-CD (A2). 1.2. No pano de alvenaria: a) N-13;18(A3) e 13-MN(A4). b) L-12;13(A5). c) 18-LN (A6).	- A1, A2, A3, A4 (M-HP); - A5 (M-HF).
2.	Fissuras	2.1. Na face exterior da caixa de elevador : a) 10;11-GH(BV1 e BV2). 2.2. Na face da viga: a) 17;18-LM (BO3) 2.3. No pano de alvenaria: a) L-11;12(BO4), L-12;13(BO5 e BO6), N-13;18(B7-generalizada) e 13- MN(B8-generalizada)	- BV1, BV2 e BO4 (F-VT); - BO3 (F-CC); - BO5 e BO6 (F-D); - B7 e B8 (F-R).
3.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras	2.4. Na face inferior da laje superior: a) 12;13-CD(C1 e C2), 12;13-KL(C3) e 14;15-MN(C4). 2.5. Na face do pilar: a) 18;M(C5).	- C1, C2, C3 e C5 (CA-Cl); - C4 ; - C6; C7 (D-CA).

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
		2.6. Na face da viga: a) 15;L (C6) e 16;L(C7).	
4.	Esmagamento de elementos estruturais	4.1. No topo do pilar: a) L;17(D1) .	- D1 (E-CC).

1.1.1.1.4. Primeiro piso

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Fissuras	1.1. No pano de alvenaria: a) L-1;2 (BV2). 1.2. Na interface pilar/parede: a) L-1;2 (BV1).	- BV1 (F-VT).
2.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras	2.1. Na viga da laje de piso: a) 1;2-HI(C1) e 1;2-DF (C2). 2.2. Na face inferior do segundo lanço da escada que esta acoplada a caixa de elevador: a) 1;2-GH(C3)	- C1, C2 e C3 (CA-C)

1.1.1.1.5. A nível das caixas de elevador

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade	1.1. Na laje de cobertura da caixa de elevador 2: a) F-11;12(A1); b) 11;12-GH(A2). 1.2. Na faces interiores das paredes da caixa de levador 1: a) 1;2-FG (A3-generalizada), III;1-F-G (A4 – generalizada);	- A1, A2, A3, e A4 (M-HP & M-HF).
2.	Fissuras	2.1. Na face interior das paredes da caixa de	- B3 (F-CA)

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
		elevador 2: a) 10,13-EH(B3)	
3.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras	3.1. Na face inferior da laje de cobertura da caixa de elevador 2: a) 11;F (C4); b) G-10;11(C5) e G-11;12(C6) . 3.2. Na face exterior da parede da caixa de elevador 2: a) 10;11-FG (C7).	- C4, C5 e C6 (CA-C); - C7 (CA-Cl).

1.1.1.1.2. Exterior

2.1.1.1.2.1. Faixada Lateral direita

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade (A)	1.1. Na face exterior dos elementos estruturais a) A-II;III (A1-generalizada); b) B-I;18(A2-generalizada). 1.2. Na face exterior do pano de alvenaria a nível do mezanino: a) C-12;13 (A3-generalizada).	- A1, A2 e A3 (M-HP)
2.	Fissuras (B)	1.1. Na ligação entre a viga de apoio da laje e a parede de betão: a) AB-I;II (B1); 1.2. Na face exterior do pilar a nível do rés-do-chão: a) A;III (B2); 1.3. Na face exterior da viga de bordo, da laje de cobertura da cave: a) BC-3;4 (BH3, BV4), BC-4;5 (BV5 ,	- B1 (F-VT) - B2 (F-C). - BV4, BV5, BV6, BV7, BV9, BV10, BV12 e BV13 (F-CC). - B18 (F-R).

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
		<p>BV6), BC-5;6 (BV7, BH8, BV9), BC-6;7 (BV10), BC-7;8 (BH11, BV12), BC-8;9 (BV13, BH13), BC-10;11 (BH14)</p> <p>1.4. Na face exterior do muro de contenção de solos:</p> <p>a) BC-9; 10(BH14, BV15), BC-10; 11(BV16, BV17).</p> <p>1.5. Na face exterior da parede de betão a nível da cobertura:</p> <p>a) 13;17-AB (B18-generalizada)</p>	
3.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras (C)	<p>1.1. Na face inferior da viga que apoia a laje de cobertura do rés-do-chão:</p> <p>a) AB-1;2(C1);</p> <p>1.2. Na face exterior da viga de bordo, da laje de cobertura da cave:</p> <p>a) BC-4;5(C2), BC-7;8(C3); b) 9-BC(C4, C5), 10-BC(C6), 11-BC(C7)</p> <p>1.3. Na face exterior do muro de contenção de solos:</p> <p>a) 5-BC(C3)</p> <p>1.3. Na face exterior, inferior da viga de apoio da laje de cobertura do rés-do-chão:</p> <p>a) 12;13-BC (C9, C10, C11);</p>	- C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 e C11 (D-CA ou CI).
4.	Desagregação do betão (D)	<p>1.1. Na face exterior da viga de bordo, da laje de cobertura da cave:</p> <p>a) 9-BC (D1, D2), 10-BC (D3), 11-BC (D4).</p> <p>1.2. Na face direita do pilar:</p> <p>a) A;III (D5).</p>	- D1, D2, D3, D4 e D5 (D-CA).

1.1.1.1.2.2. Faixada Traseira

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade (A)	<p>1.1. Na face exterior dos panos de alvenaria no nível da sobreloja: a) 18-BD (A1-generalizado), 18-LN (A2-generalizado).</p> <p>1.2. Na face exterior da viga que apoia a laje de cobertura: a) 18-BN (A3-generalizado).</p> <p>1.3. No elemento da laje de cobertura, que transmite as cargas para a viga: a) 18-BN (A4-generalizado).</p> <p>1.4. Na face exterior das consolas que estão ao nível da sobreloja: a) 18-BD (A5-generalizado), 18-LN (A6-generalizado).</p>	<p>- A1, A2, A3 e A4 (M-HF). - A5, A6 (M-HP).</p>
2.	Fissuras (B)	<p>1.1. Na face exterior do pano de alvenaria no nível da sobreloja: a) 18-D(BV1).</p> <p>1.2. Na face exterior do pano de alvenaria no nível do Rés-do-chão: a) 18-LM(BV2).</p> <p>1.3. Na face exterior das consolas que estão ao nível da sobreloja: a) 18-BD (B6-generalizado).</p> <p>1.4. Na face exterior da viga que apoia a laje de cobertura: a) 18-C (BV3), 18-GI (BV4), 18-LN (BO5).</p>	<p>- BV1 BV2 (F-VT); - B6 (F-R).</p>

1.1.1.1.2.3. Faixada lateral esquerda

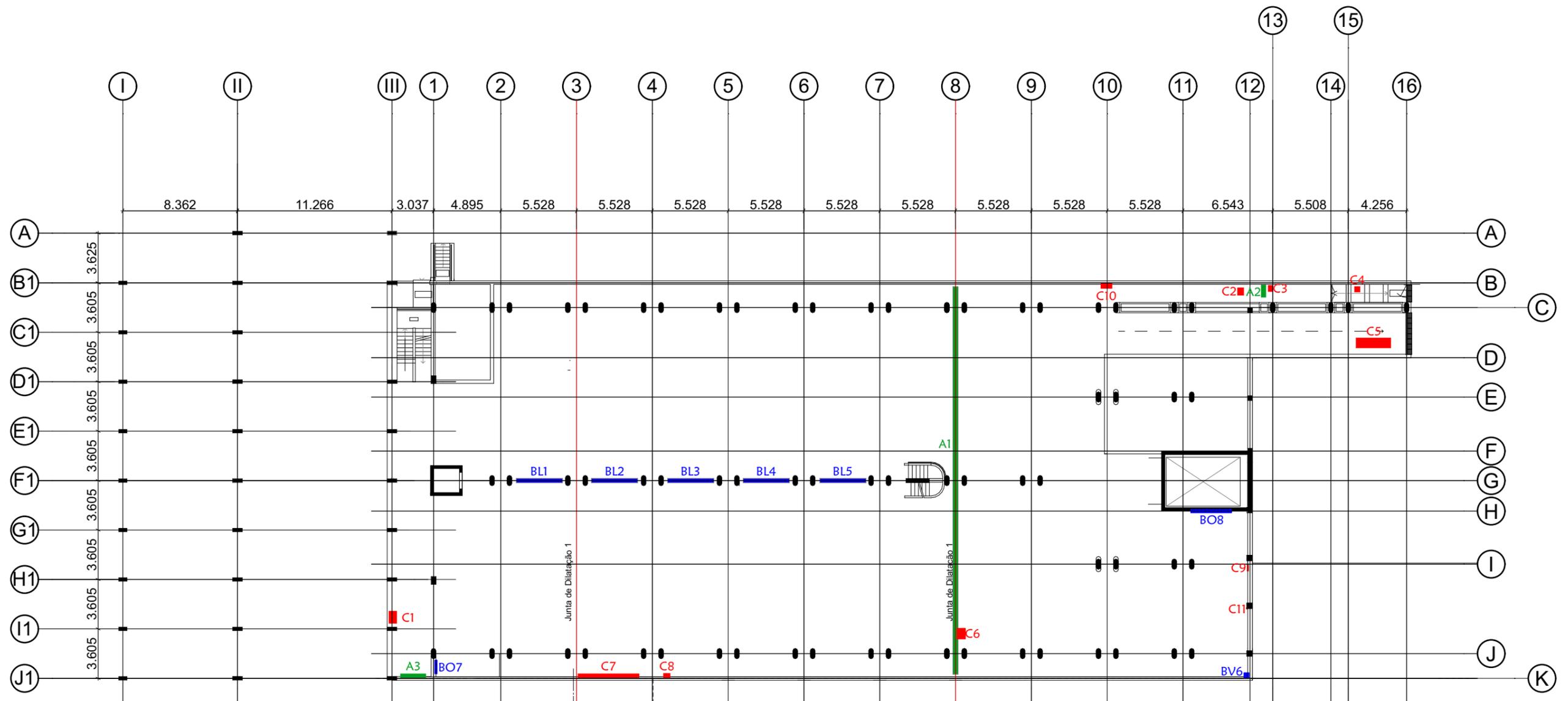
Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade (A)	1.1. Na face exterior dos elementos estruturais:	<p>- A1 (M-HP). - A2 (M-HF).</p>

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
		a) N-4;18 (A1-generalizada). 1.2. Na face exterior do pano de alvenaria a nível do rés-do-chão e do mezanino: a) M-12;13 (A2-generalizada).	
2.	Fissuras (B)	1.1. Na face exterior do pano de alvenaria a nível da laje de cobertura do rés-do-chão: a) N-4;6 (BH1) 1.2. Na face exterior da parede de contenção de solos, a nível do rés-do-chão: a) N-5;6 (BO2), N-8,9 (BO3, BO4), N-9;10 (BO5); N-8;10 (BH6), N-10;11 (generalizada); 1.3. Na face exterior da viga de bordo, da laje de cobertura da cave: a) N-4;5 (BV8), N-5;6 (BV9, BV10), N-6;7 (BV11, BV12), N-7;8 (BV13, BV14), N-8;9 (BV14, BV15), N-9;10 (BV15, BV16), N-10;11 (BV17, BV18), N-11;12 (BV19). 1.4. Na face lateral posterior da viga que apoia a laje de cobertura do rés-do-chão: a) N-8;9(BV20); 1.5. Na face exterior da viga que apoia a laje de cobertura da cave: a) N-4;5(BV21, BV22), N-5;6(BV23, BV24), N-10;11(BV25, BV26, BV27, BV28), N-11;12(BV29, BV30) 1.6. Na face exterior da parede de alvenaria, a nível do rés-do-chão: a) N;12 (BV31) 1.7. Na face exterior da parede de alvenaria, a nível do rés-do-chão e do mezanino: a) 12;13-LM (B32-generalizado); 1.8. Na face exterior da parede de betão a nível da cobertura:	- BH1 (F-VT) - BV8, BV9, BV10, BV11, BV12, BV13, BV14, BV15, BV16, BV17, BV18, BV19 (F-CC). - BV21, BV22, BV23, BV24, BV25, BV26, BV27, BV28, BV29, BV30 (F-CA). - BV31, B32 (F-VT). - B33 (F-R).

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
		a) 13;18-N(B33-generalizada) 1.9. Na face exterior da viga de bordo que apoia a parede de betão de apoio da laje de cobertura do rés do chão: a) N-13;18 (B34 - generalizado).	
3.	Destacamento de betão e corrosão de armaduras (C)	1.1. Na face inferior da viga que apoia a laje de cobertura do rés-do-chão: a) N-5;6(C1), N-6;7(C2), N-7;8(C3); 1.2. Na face exterior da viga de bordo, da laje de cobertura da cave: a) N-4;6(C4); N-6;8(C5), N-9;11(C6) 1.3. Na face exterior do muro de contenção de solos: a) N-4;6 (C7), N-6;7(C8), N-9;11(C9) 1.4. Na face lateral posterior da viga que apoia a laje de cobertura do rés-do-chão: a) N-7;8(C10 , C11), N-8;9(C12)	- C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11 e C12 (CA-C ou CA-CI).
4.	Desagregação do betão (D)	1.1. Na face inferior da viga que apoia a laje de cobertura do rés-do-chão: a) N-5;6 (D1).	

1.1.1.1.2.4. Faixada Frontal

Nr.	Tipo de patologia	Localização	Prováveis causas
1.	Manchas de humidade (A)	1.1. Na face exterior das paredes de alvenaria a nível do rés-do-chão e do primeiro piso: a) I;II-AB (A1-generalizada).	- A1 (M-HP).



Legenda:

- Manchas de humidade
- Fissuras
- Destacamento de betão e corrosão de armaduras



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

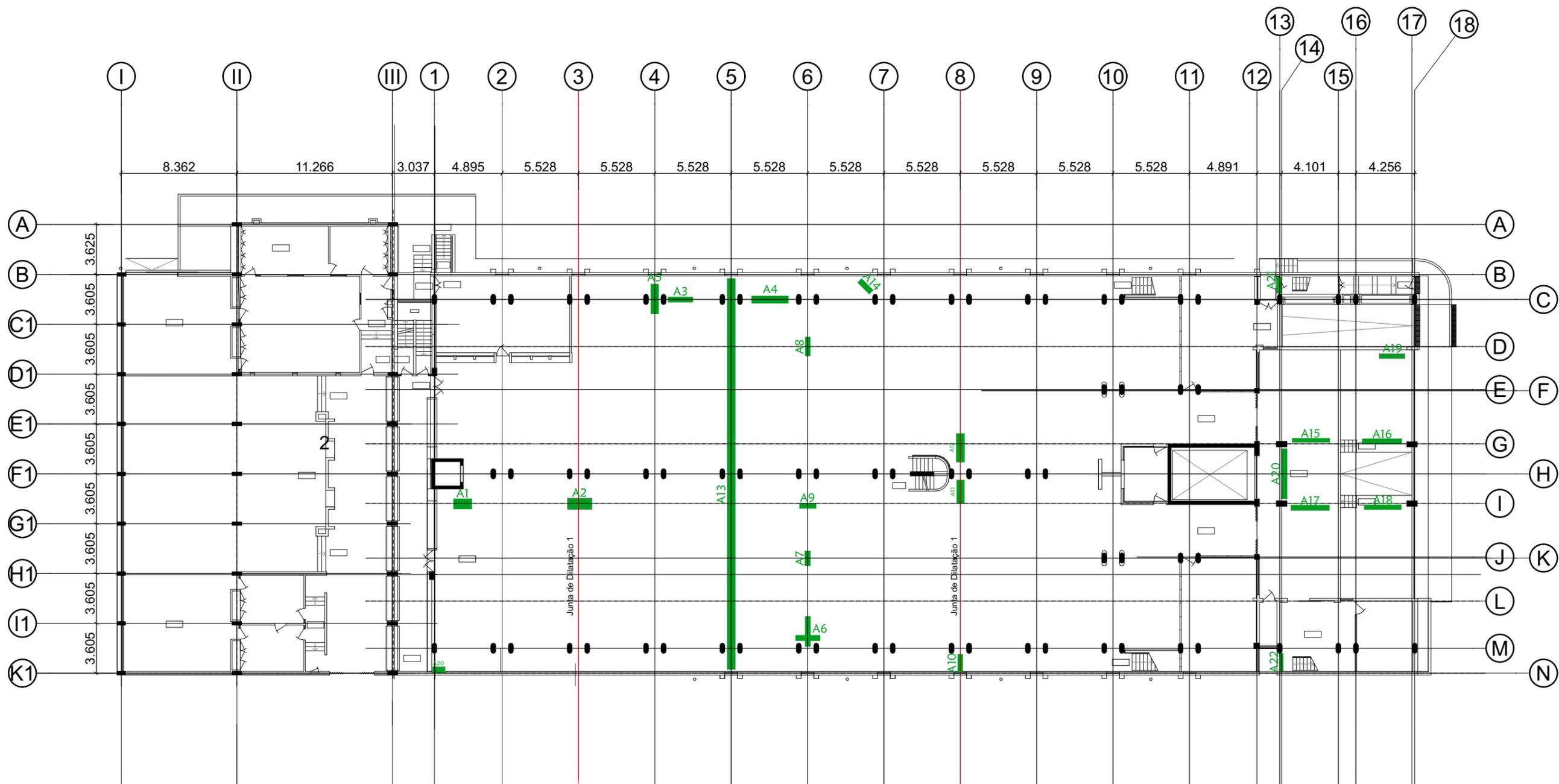
Título do Desenho: Mapa de patologias da cave

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B2.1.



Legenda:

- Manchas de humidade



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

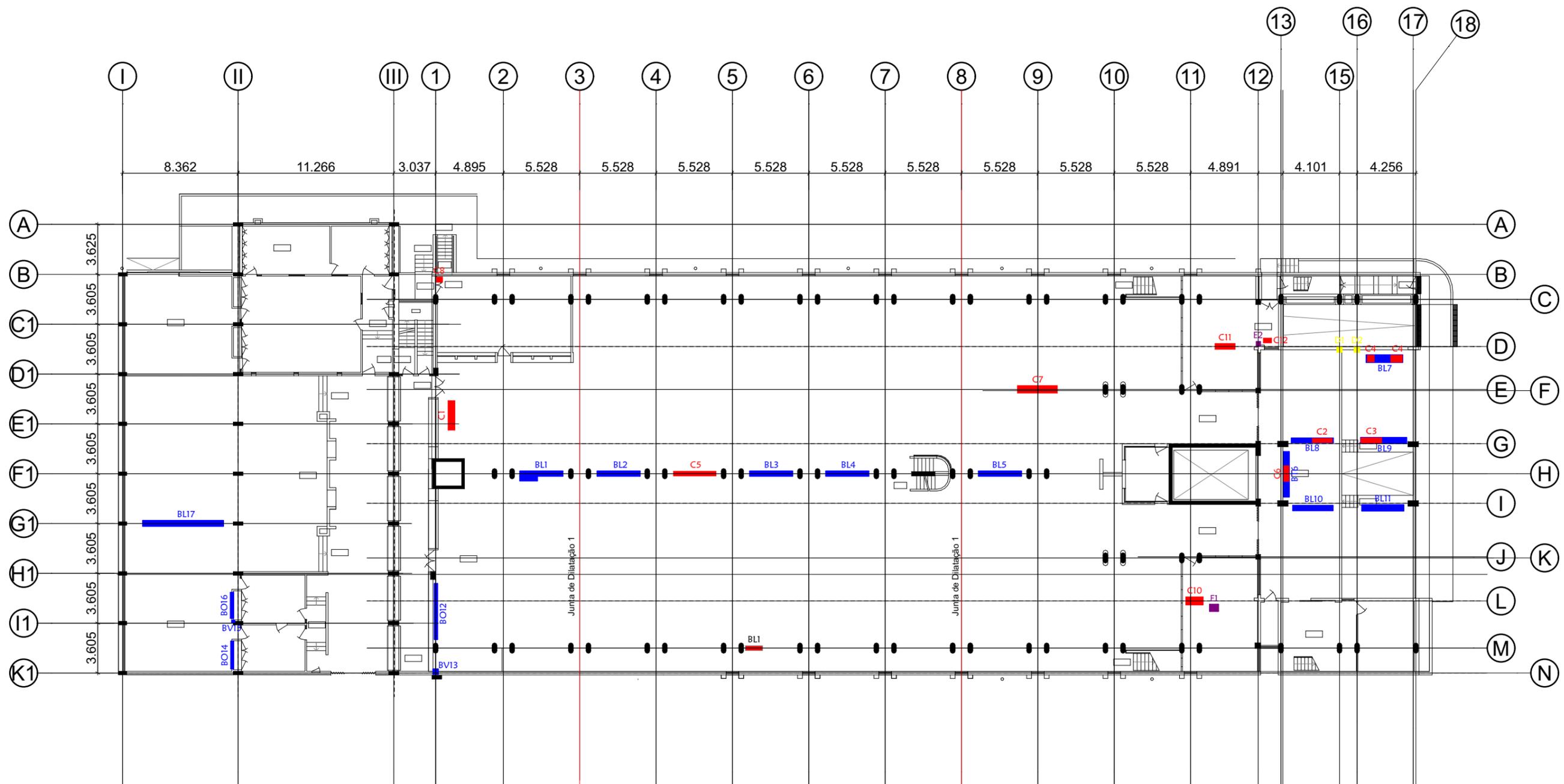
Título do Desenho: Mapa de patologias do rés-do-chão
- Humidade

Supervisora: Eng.ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng.º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício
das antigas instalações da Empresa
Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B2.2.



Legenda:

- Manchas de humidade
- Fissuras
- Destacamento de betão e corrosão de armaduras
- Esmagamento de elementos estruturais
- Ausência de abobadilhas



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

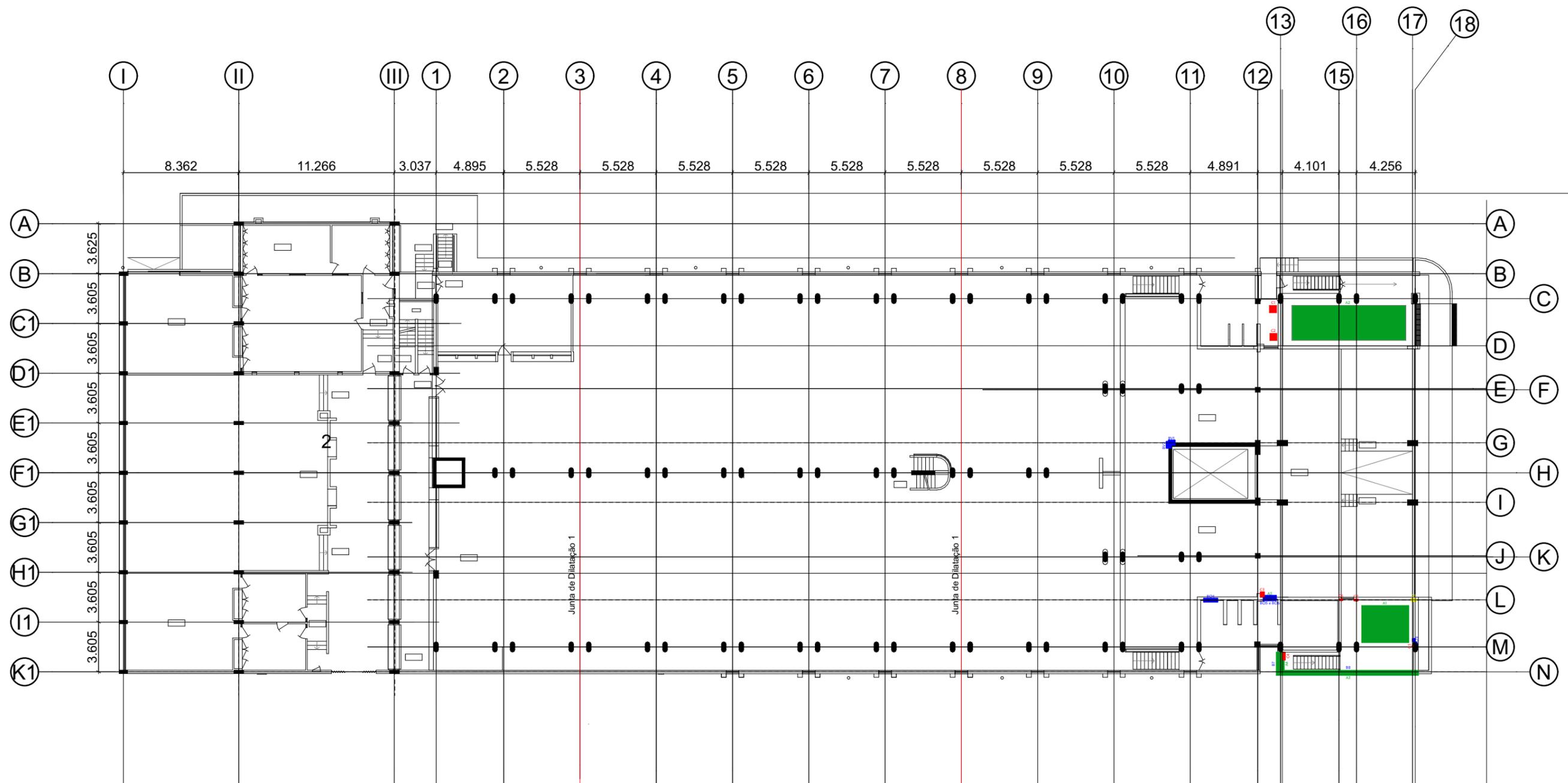
Título do Desenho: Mapa de patologias do rés-do-chão

Supervisora: Eng.ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng.º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B2.3.



Legenda:

- Manchas de humidade
- Fissuras
- Destacamento de betão e corrosão de armaduras
- Esmagamento de elementos estruturais



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

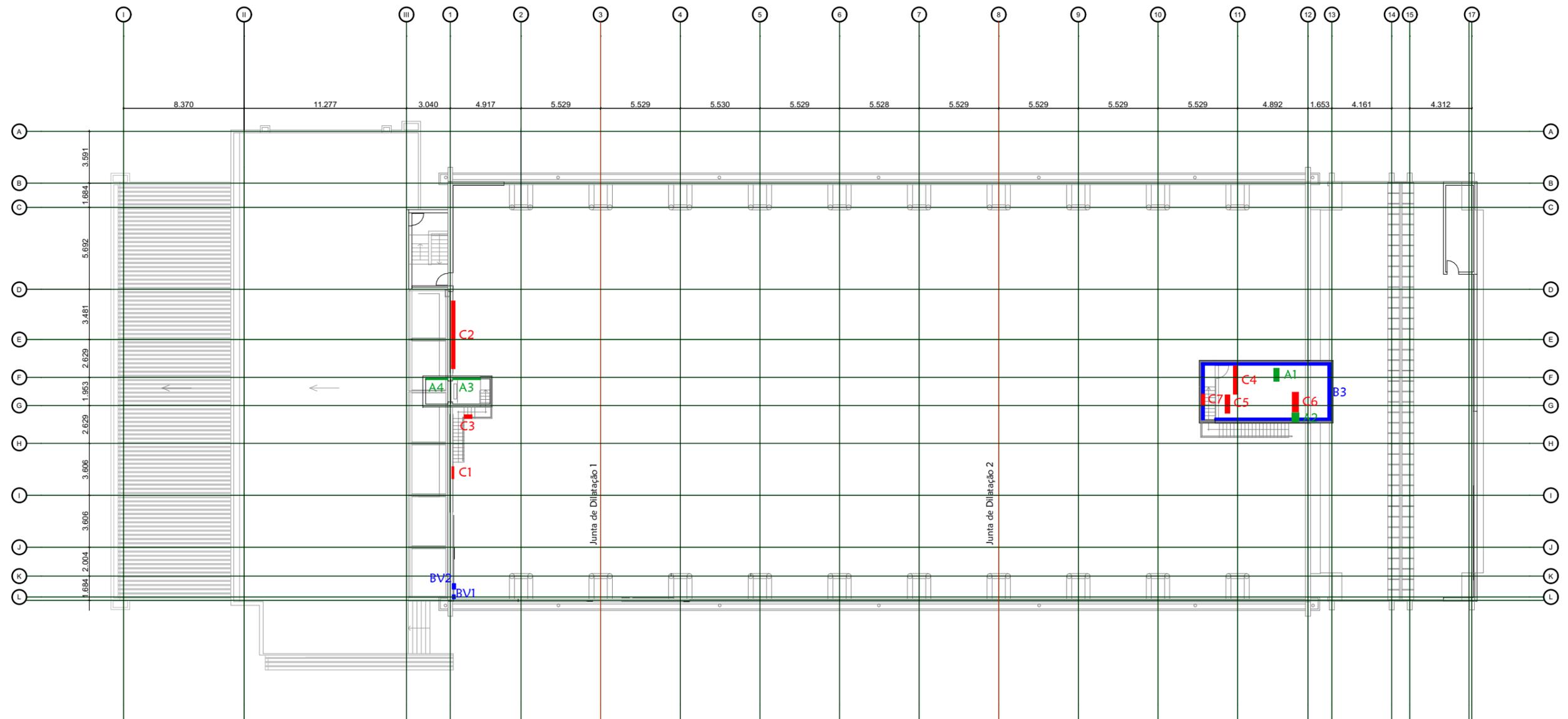
Título do Desenho: Mapa de patologias do Mezanino

Supervisora: Eng.ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng.º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B2.4.



Legenda:

- Manchas de humidade
- Fissuras
- Destacamento de betão e corrosão de armaduras



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Mapa de patologias do primeiro piso e das caixas de Elevadores

Supervisora: Eng.ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng.º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B2.5.



Fig. 1.: Mancha de humidade A1



Fig. 2.: Mancha de humidade A2



Fig. 3.: Mancha de humidade A3



Fig. 4.: Fissura obliqua BO8

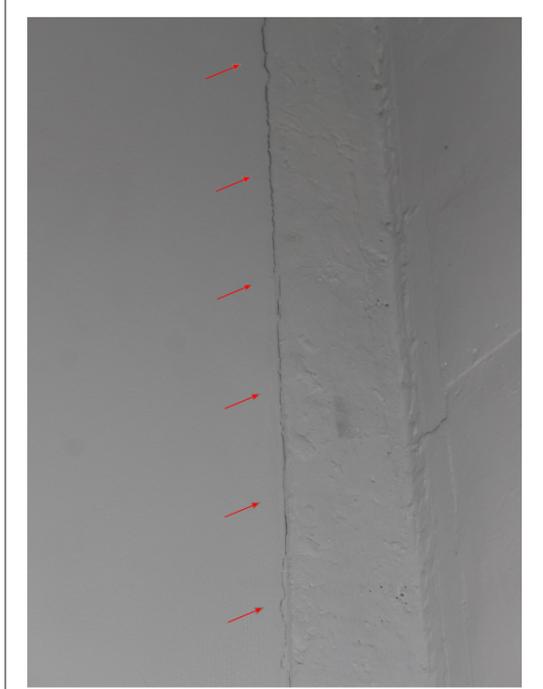


Fig. 5.: Fissura vertical 6



Fig. 6.: Corrosao da armadura C10



Fig. 7.: Corrosao de armaduras C2 e C3.



Fig. 8.: Corrosao da armadura C9



Fig. 9.: Corrosao de armadura C11



Fig. 10.: Corrosao de armadura C6



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Registro fotografico das patologias identificadas na cave

Supervisora: Eng^ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: 4.1



Fig. 1.: Mancha de humidade A1. Fig. 2.: Mancha de humidade A5. Fig. 3.: Mancha de humidade A6. Fig. 4.: Mancha de humidade A11. Fig. 5.: Mancha de humidade A13. Fig. 6.: Mancha de humidade A20.



Fig. 7.: Mancha de humidade A22. Fig. 8.: Fissura BL. Fig. 9.: Fissura BL. Fig. 10.: Fissura BL. Fig. 11.: Fissura BL17. Fig. 12.: Fissura BO12.



Fig. 13.: Corrosão de armadura C1. Fig. 14.: Corrosão de armadura C5. Fig. 15.: Corrosão de armadura C5. Fig. 16.: Corrosão de armadura C5. Fig. 17.: Ausência de abobadilha. Fig. 18.: Esmagamento de EE D1 e D2.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio	Cadeira: Trabalho de Licenciatura	Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo
Título do Desenho: Registro fotografico das patologias identificadas no rés do chão	Supervisora: Eng ^a . Alexandra Neves Co-Supervisor: Eng ^o . Rafael Mabunda	
	Cidade de Maputo, Maio de 2023	Folha nº: B3.2.

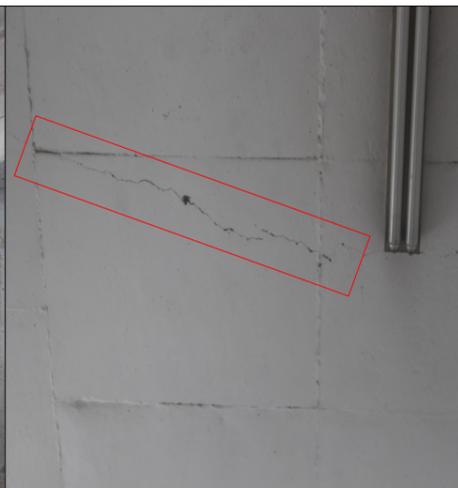


Fig. 1.: Mancha de humidade A1.

Fig. 2.: Mancha de humidade A5.

Fig. 3.: Fissura na laje

Fig. 4.: Fissura BO2.

Fig. 5.: Fissura BO1.

Fig. 6.: Fissura BO3.

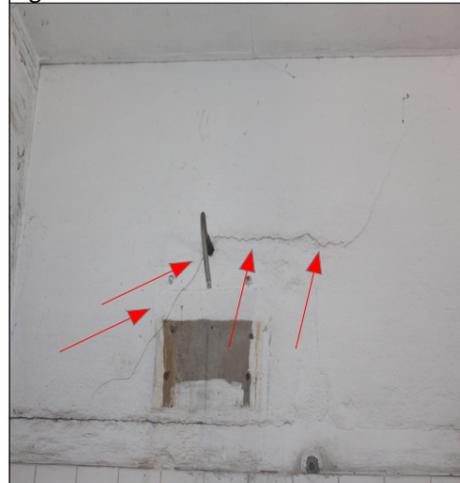


Fig. 7.: Fissura BO4.

Fig. 8.: Fissuras BO5 e BO6.

Fig. 9.: Corrosão de armaduras C1 e C2.

Fig.10.: Corrosão de armaduras C3.

Fig. 11.: Corrosão de armaduras C4.

Fig. 12.: Corrosão de armaduras C4.



Fig. 13.: Corrosão de armaduras C6 e C7.

Fig. 14.: Esmagamento de EE D1.

Fig. 15.: Corrosão de armadura.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Engenharia
Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

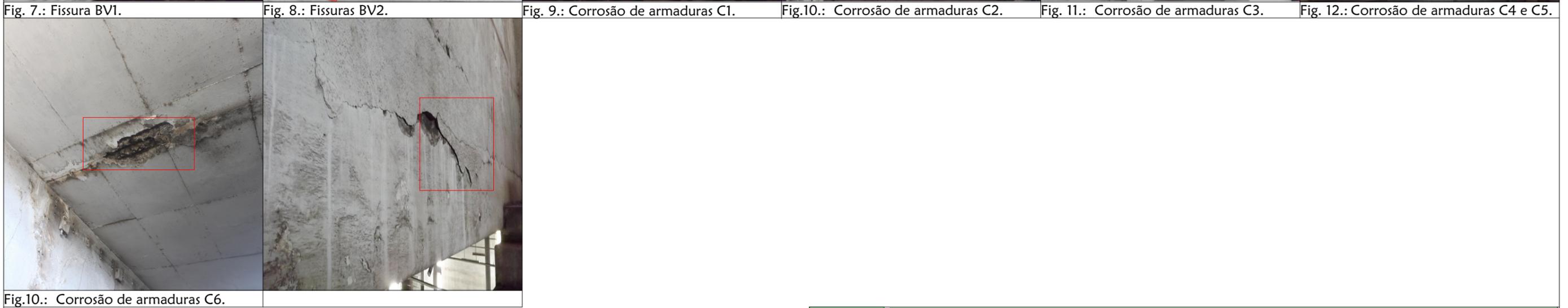
Título do Desenho: Registro fotografico das patologias identificadas no Mezanino

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edificio das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto Maputo

Cidade de Maputo, Abril de 2023

Folha nº: B3.3.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Engenharia
 Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio	Cadeira: Trabalho de Licenciatura	Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo
Título do Desenho: Registro fotografico das patologias identificadas no primeiro piso e das caixas de elevador.	Supervisora: Eng ^a . Alexandra Neves Co-Supervisor: Eng ^o . Rafael Mabunda	
	Cidade de Maputo, Maio de 2023	Folha nº: B3.4.



Figuras 1.: Ilustração fotográfica de algumas manchas de humidade.

Figuras 2.: Ilustração fotográfica de algumas manchas de humidade.



Figuras 3.: Ilustração fotográfica de alguns pontos com destacamento de betão e, ou corrosão de armaduras,



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Registro fotografico das patologias identificadas na parte exterior do Bloco A

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: B3.5.

Anexos C – Dados e resultados realizados in situ e em laboratório

Anexo C1.1. – Tabelas dos dados obtidos na abertura da laje

Pontos com Abertura											
Ponto A				Ponto B				Ponto C			
Direção x		Direção y		Direção x		Direção y		Direção x		Direção y	
Nr.	S(cm)	Letra	S(cm)	Nr.	S (cm)	Letra	S (cm)	Nr.	S(cm)	Letra	S(cm)
1		A		1		a		1		a	
	5.5		15		12		16		10		14
2		B		2		b		2		b	
	8.5		16		11		14		7		13
3		C		3		c		3		c	
	6.5		13.5		9		15		10		16
4		D		4		d		4		d	
	5		14				11.5		7		13
5		E				e		5		e	
	7		17.5								
6		F									
Sm	6.5		15.2		10.7		14.13		8.5		14

Tabela 1: Espaçamento medio entre as armaduras.

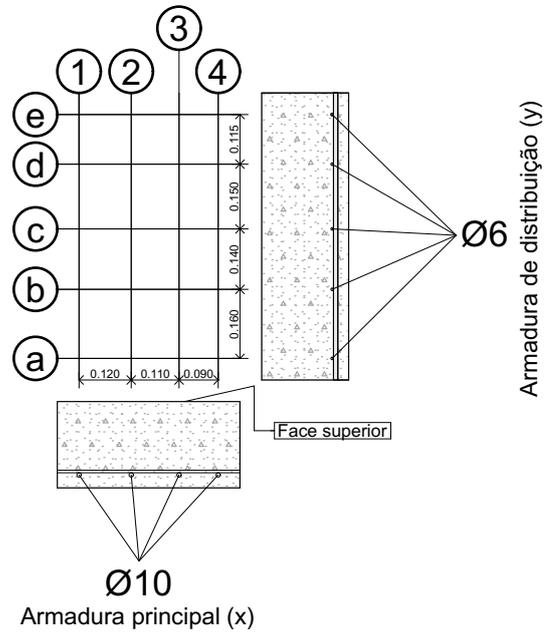
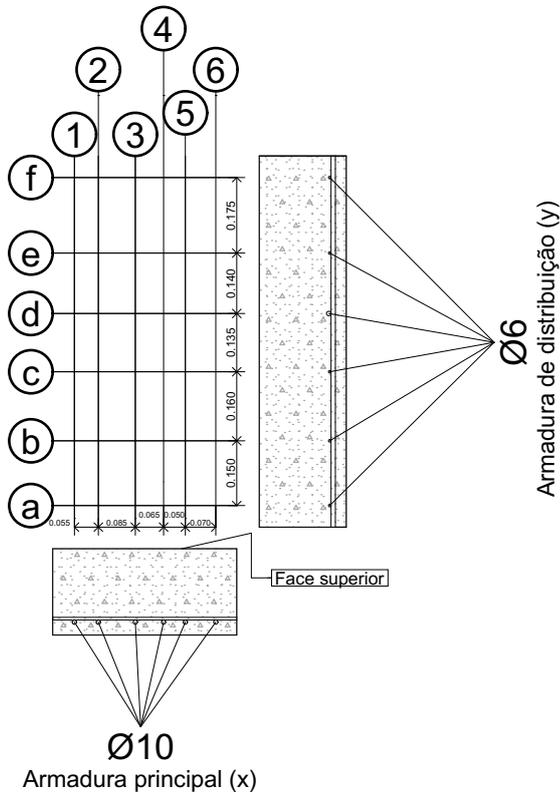
Valor da secção				
Ponto	Direção	Nr. De armaduras	Sm (cm)	As (por metro da laje)
A	x	6	6.5	10.35
	y	6	15.2	1.59
B	x	4	10.7	5.87
	y	5	14.125	1.67
C	x	5	8.5	7.70
	y	5	14	1.68

Tabela 2: Valores de secção para cada ponto aberto.

Armadura	Valor medio de secção (cm ² /m)
Principal (x)	7.97
De distribuição (y)	1.65

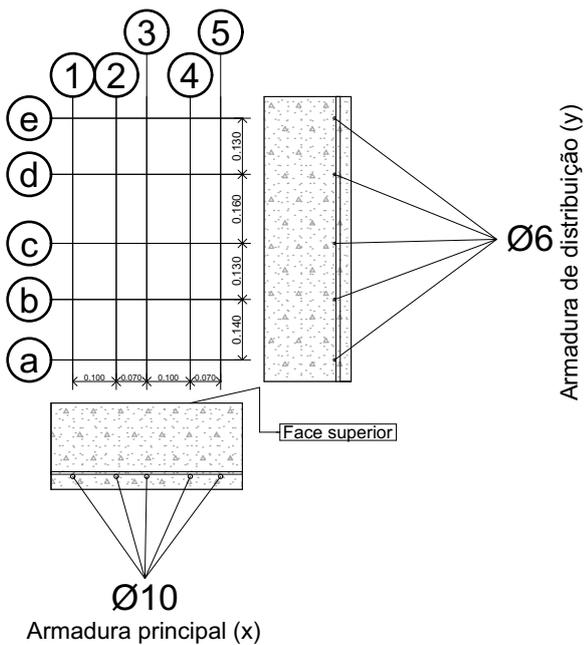
Tabela 3. Valores médios de secção de armaduras.

Anexo C1.2 - Desenhos das disposições das armaduras dos pontos abertos na laje de cobertura do rés-do-chão.



Ponto A

Ponto B



Ponto C

Anexo C2.1. – Resultados do ensaio esclerométrico realizado em pilares.

I	Ensaio realizado em pilares do rés-do- chão	
	Ponto 1	Ponto 2
	Rebote	Rebote
1	44	38
2	42	22
3	40	36
4	46	41
5	45	44
6	42	38
7	42	38
8	44	28
9	50	52
10	38	34
11	48	34
12	45	46
Media	44.00	38.00
f_{ck} media (Mpa)	40.4	31.8
f_{ck} minima (Mpa)	33.9	25.7
Classe	B35	B25

Anexo C2.2. – Resultados do ensaio esclerométrico realizado em vigas (1).

I	Ensaio realizado na viga de cobertura do rés- do-chão
	Ponto 1
	Índice
1	37
2	30
3	34
4	40
5	40
6	32
7	38
8	40
9	30
10	33
11	32
12	34
Media	34
f_{ck} médio (Mpa)	26
f_{ck} mínimo (Mpa)	20.3
Classe	B25

Anexo C3.1. – Resultados do ensaio de resistência à compressão simples, em carotes de betão extraídos nas lajes do sub-bloco AIV.

a) Laje de cobertura da Cave

Referência	Dimensões		Peso (gr)	Secção (mm ²)	Carga de ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)
Elemento estrutural	D (mm)	H (mm)				
Laje de cobertura da cave	95	95	1441	7.085	297.2	27.83
	95	95	1440	7.085	178.6	25.19
	95	95	1453	7.085	186.7	26.32
	95	95	1411	7.085	193.5	27.3
Tensão mínima						25.19
Tensão media						26.66

b) Laje de cobertura do primeiro piso

Referencia	Dimensões		Peso (gr)	Secção (mm ²)	Carga de ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)
Elemento estrutural	D (mm)	H (mm)				
Laje de cobertura do rés-do-chão	95	95	1453	7.085	215.3	30.4
	95	95	1464	7.085	190	26.8
	95	95	1456	7.085	196.2	27.7
Tensão mínima						26.8
Tensão media						28.3

Anexo C3.2. – Resultados do ensaio de resistência à compressão simples, em carotes de betão extraídos nas lajes do sub-bloco AIV.

a) Pilar do Bloco A

Referência		Dimensões		Peso (gr)	Secção (mm ²)	Carga de ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)
Elemento estrutural	Bloco ou Área	D (mm)	H (mm)				
Pilar 1	Bloco A- Sub-bloco AIV	95	95	1478	7.085	133.1	18.78
		95	95	1418	7.085	148.8	20.98
		95	95	1476	7.085	155.1	21.88
Tensão mínima							18.78
Tensão média							20.55

b) Pilar do Bloco B

Referencia		Dimensões		Peso (gr)	Secção (mm ²)	Carga de ruptura (KN)	Tensão de Ruptura (Mpa)
Elemento estrutural	Bloco ou Área	D (mm)	H (mm)				
Pilar 2	Bloco B - Sub-bloco BI	95	95	1402	7.085	158	22.29
		95	95	1473	7.085	173.7	24.51
		95	95	1387	7.095	148.9	21
Tensão mínima							21
Tensão média							22.60

Anexo C3.3. – Mínima resistência a compressão *in situ* característica

Classes de resistência a compressão da EN 206-1	Relação entre a resistência <i>in situ</i> característica e a resistência característica de provetes normalizados	Mínima resistência <i>in situ</i> característica N/mm^2	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0.85	7	9
C12/15	0.85	10	13
C16/20	0.85	14	17
C20/25	0.85	17	21
C25/30	0.85	21	26
C30/37	0.85	26	31
C35/45	0.85	30	38
C40/50	0.85	34	43
C45/55	0.85	38	47
C50/60	0.85	43	51
C55/67	0.85	47	57
C60/75	0.85	51	64
C70/85	0.85	60	72
C80/95	0.85	68	81
C90/105	0.85	77	89
C100/115	0.85	85	98

NOTA 1: A resistência à compressão *in situ* pode ser inferior a que é medida sobre provetes normalizados extraídos do mesmo betão.

NOTA 2: A relação 0.85 esta incluída no coeficiente da EN 1992-1-1:2004*

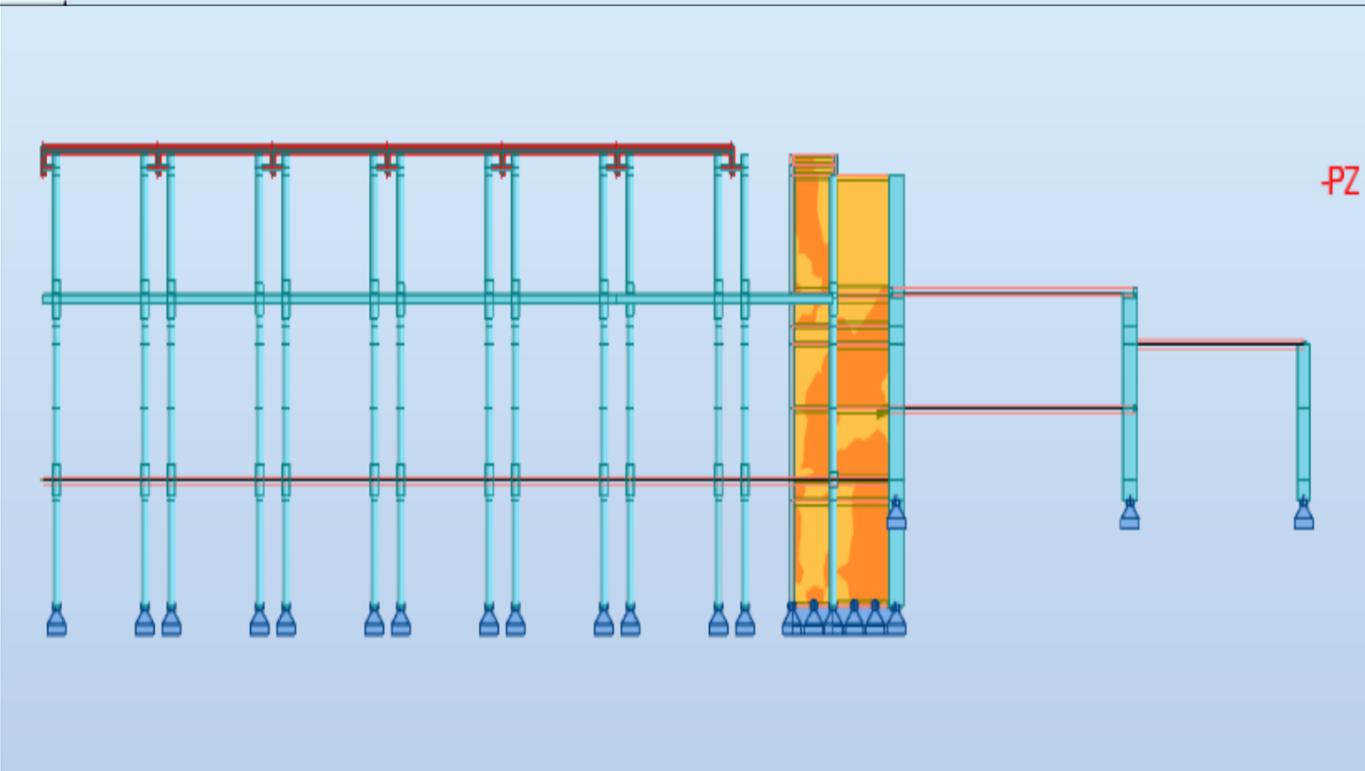
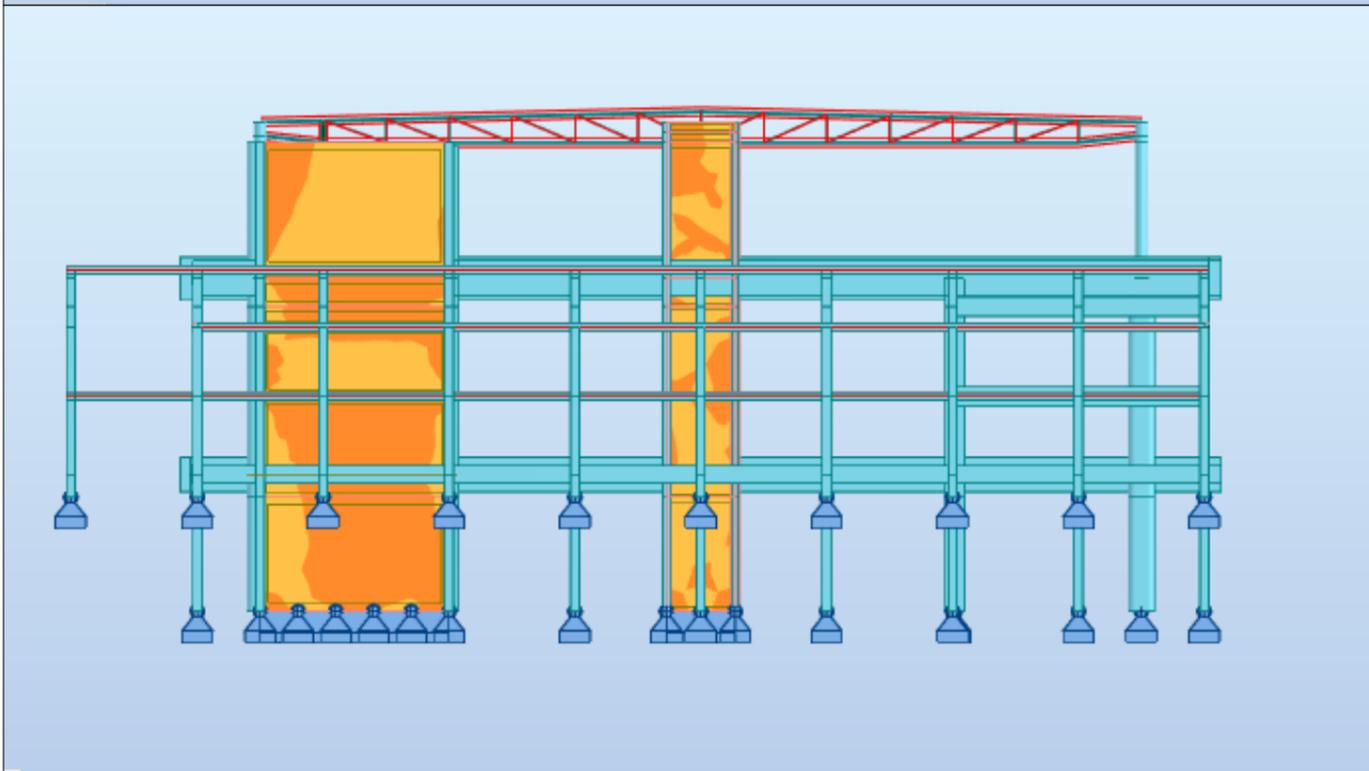
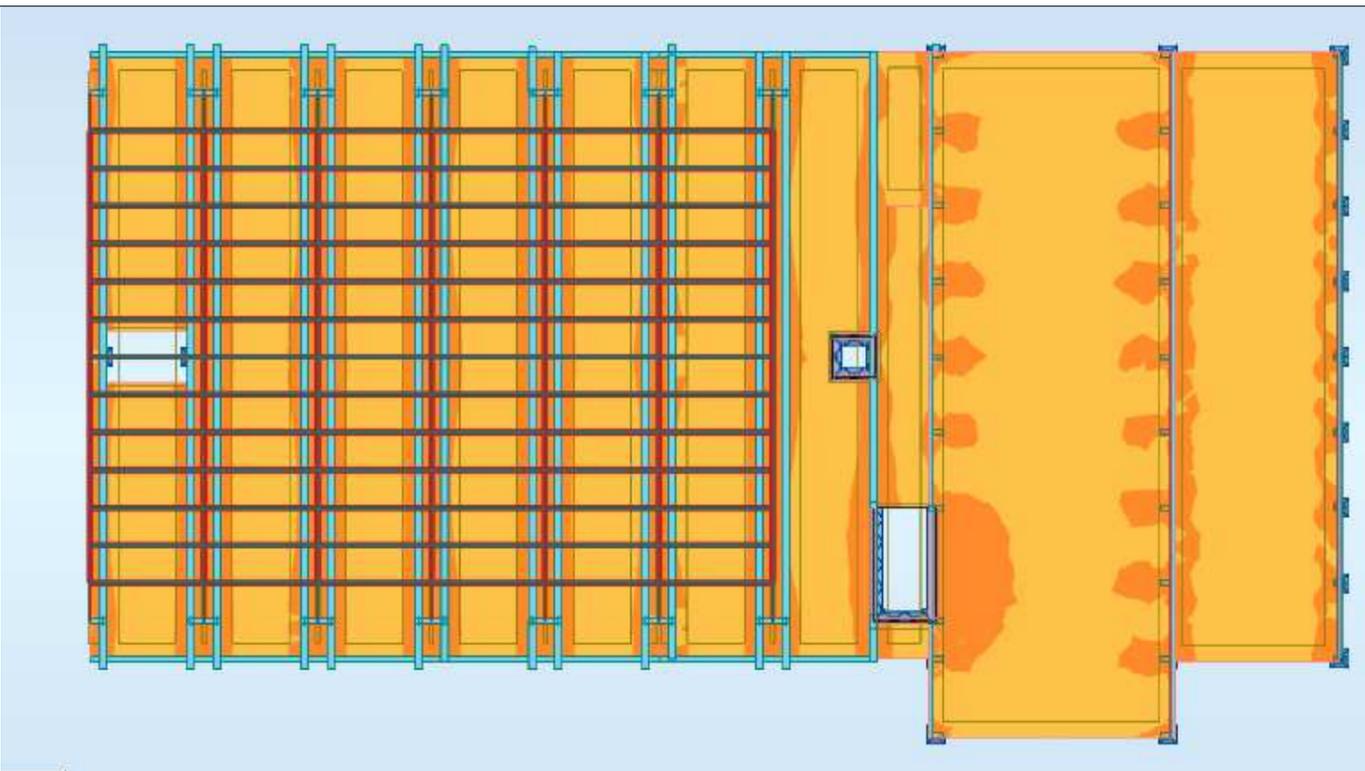
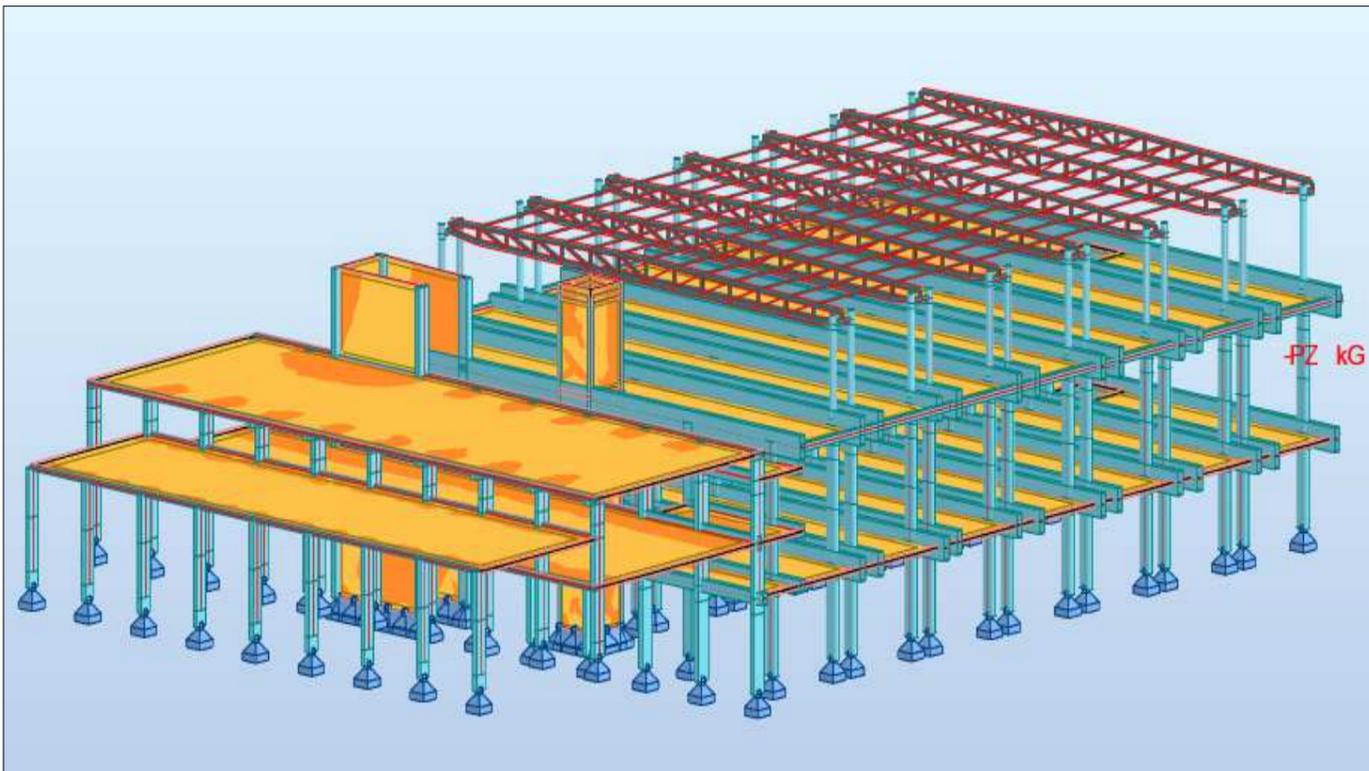
Anexo C4.1. – Resultados do ensaio de carbonatação em Carotes.

Tipo de amostra	Designação da amostras	Ponto de extracção	Local de extracção	Profundidade [cm]	Resultado	Imagem
Carotes de betão	Pilar –R/C	1	Bloco A – Sub-bloco II	25.0	Não carbonatado	
	Pilar – R/C	2	Bloco A – Sub-bloco IV	22.0	Não carbonatado	
				3.0	Carbonatado	
	Laje –R/C	1		24.0	Não carbonatado	
				6.0	Carbonatado	
	Laje –R/C	2		24.0	Não carbonatado	
				5.0	Carbonatado	
	Laje –R/C	3		27.0	Não carbonatado	
				3.0	Carbonatado	
	Laje – 1º Andar	1		2.5	Carbonatado	
				24.5	Não carbonatado	
				3.0	Carbonatado	
	Laje – 1º Andar	2		2.0	Carbonatado	
				20.0	Não carbonatado	
				3.0	Carbonatado	
	Laje – 1º Andar	3		2.0	Carbonatado	
				19.0	Não carbonatado	
				4.0	Carbonatado	

Anexo C4.2. – Resultados do ensaio de carbonação no pó de betão.

Tipo de amostra	Designação da amostras	Ponto de extracção	Local de extracção	Profundidade [cm]	Resultado
Pó de Betão	Parede R/C	1	Bloco C Fachada lateral direito – Exterior do edifício	1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		2		1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		3		1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
	Parede R/C	1	Bloco C Fachada lateral esquerdo – Exterior do edifício	1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		2		1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		3		1	Carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
	Pilar – R/C	1	Bloco C Interior do edifício – Zona central	1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		2		1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
		3		1	Não carbonatado
				3	Não carbonatado
				5	Não carbonatado
Pilar R/C	1	Bloco C Interior do edifício – Zona central	1	Não carbonatado	
			3	Não carbonatado	
			5	Não carbonatado	
	2		1	Não carbonatado	
			3	Não carbonatado	
			5	Não carbonatado	
	3		1	Não carbonatado	
			3	Não carbonatado	
			5	Não carbonatado	

Anexos D – Cálculo estrutural



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Algumas fotos do modelo
numérico.

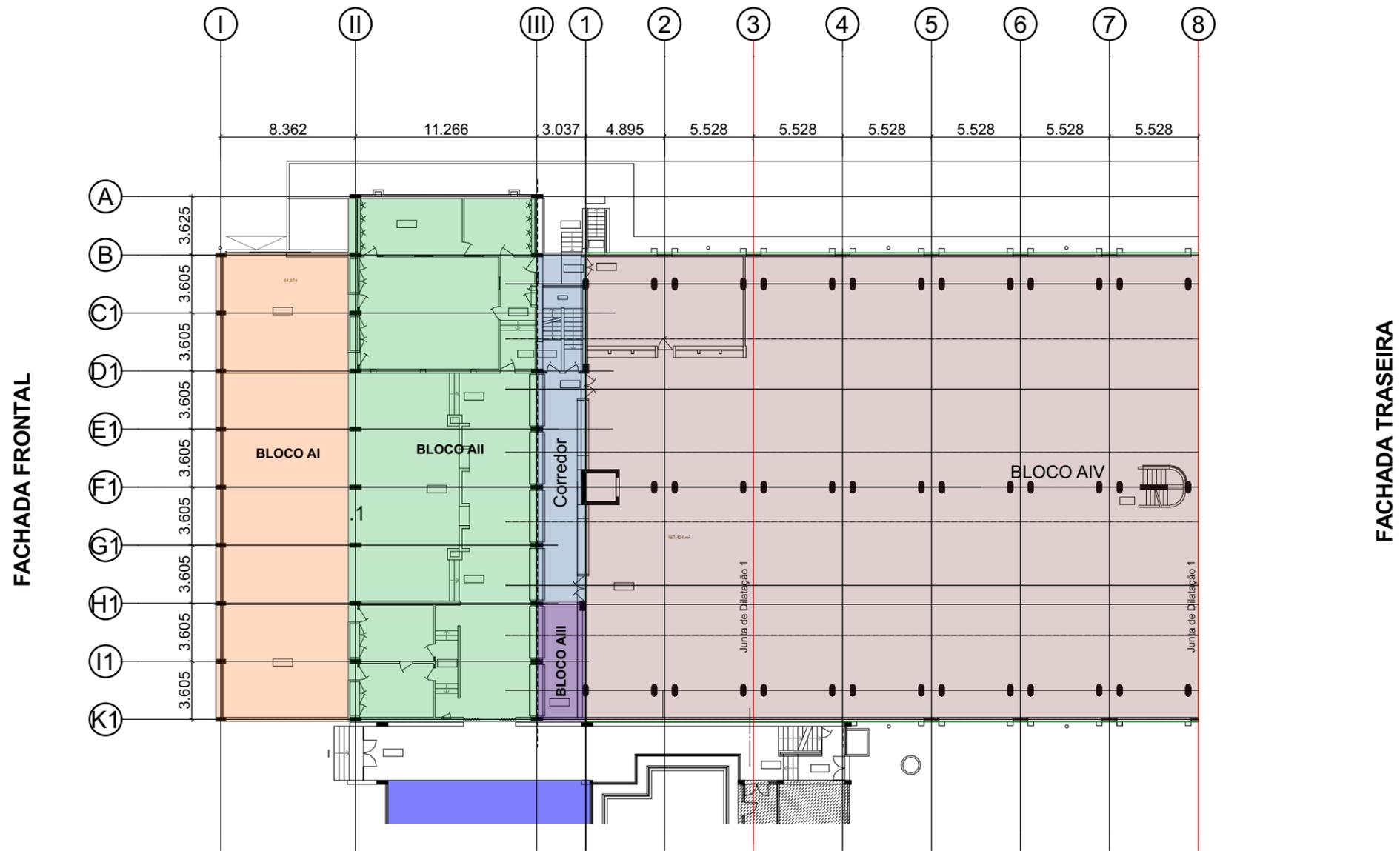
Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício
das antigas instalações da Empresa
Grupo Entrepasto Maputo

Cidade de Maputo, Abril de 2023

Folha nº: D1.1.

FACHADA LATERAL DIREITA



FACHADA FRONTAL

FACHADA TRASEIRA

FACHADA LATERAL ESQUERDA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

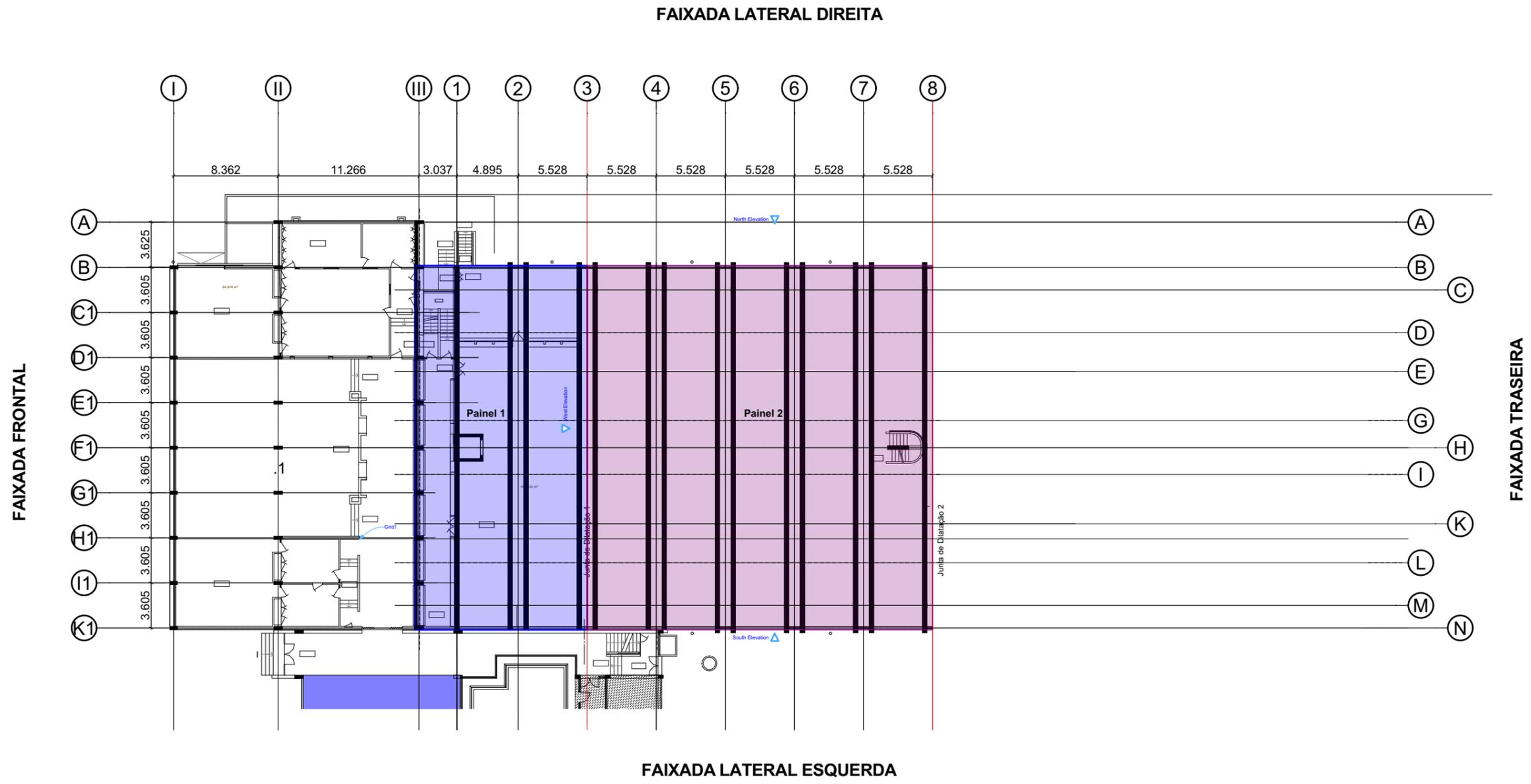
Título do Desenho: Parte do edifício modelada.

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

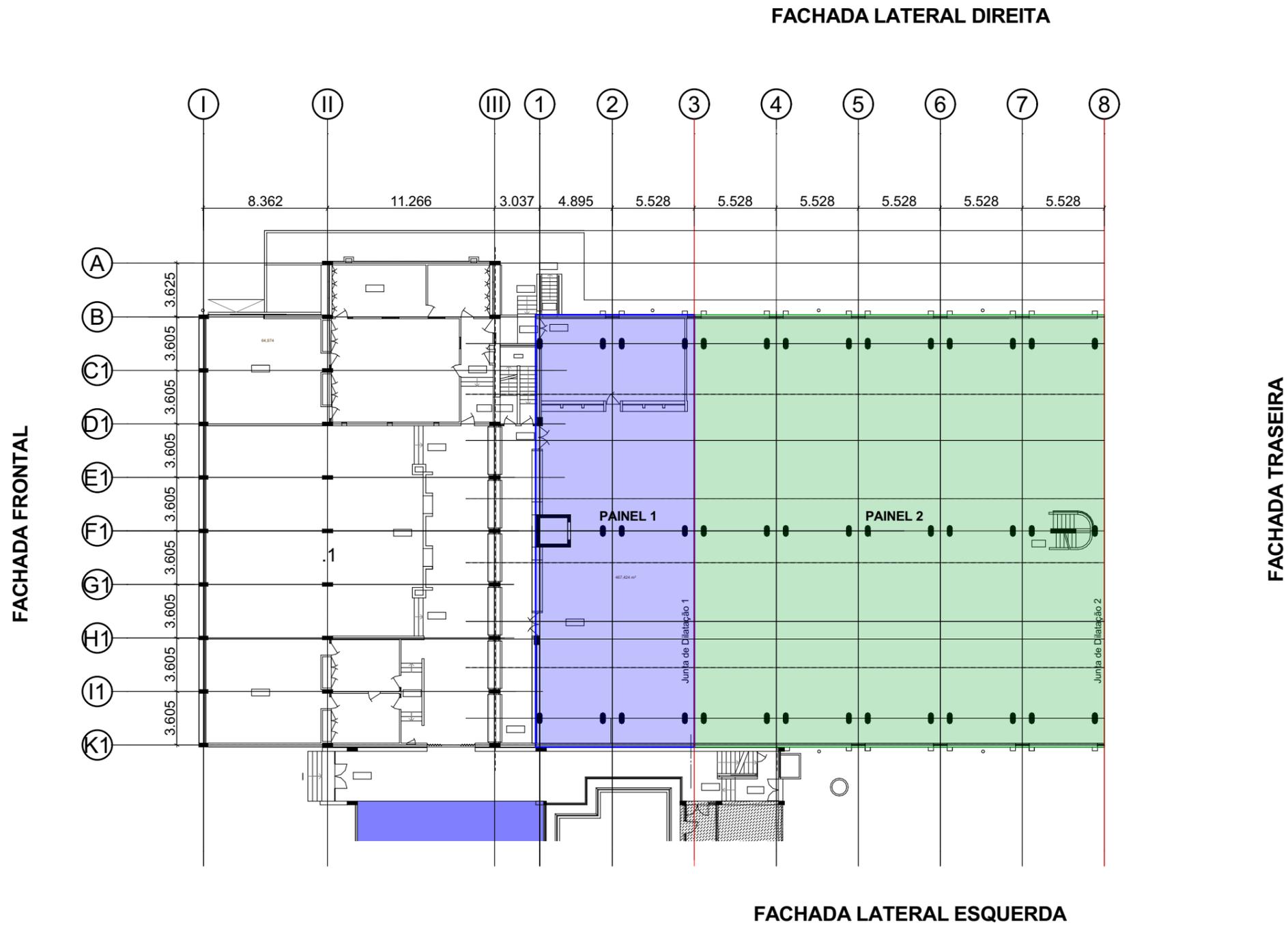
Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: D1.2.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
 Faculdade de Engenharia
 Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio	Cadeira: Trabalho de Licenciatura	Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepasto Maputo
Título do Desenho: Painéis analisados - Cave - Sub-bloco AIV	Supervisora: Eng ^a . Alexandra Neves Co-Supervisor: Eng ^o . Rafael Mabunda	
Cidade de Maputo, Maio de 2023		Folha nº: D1.3



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

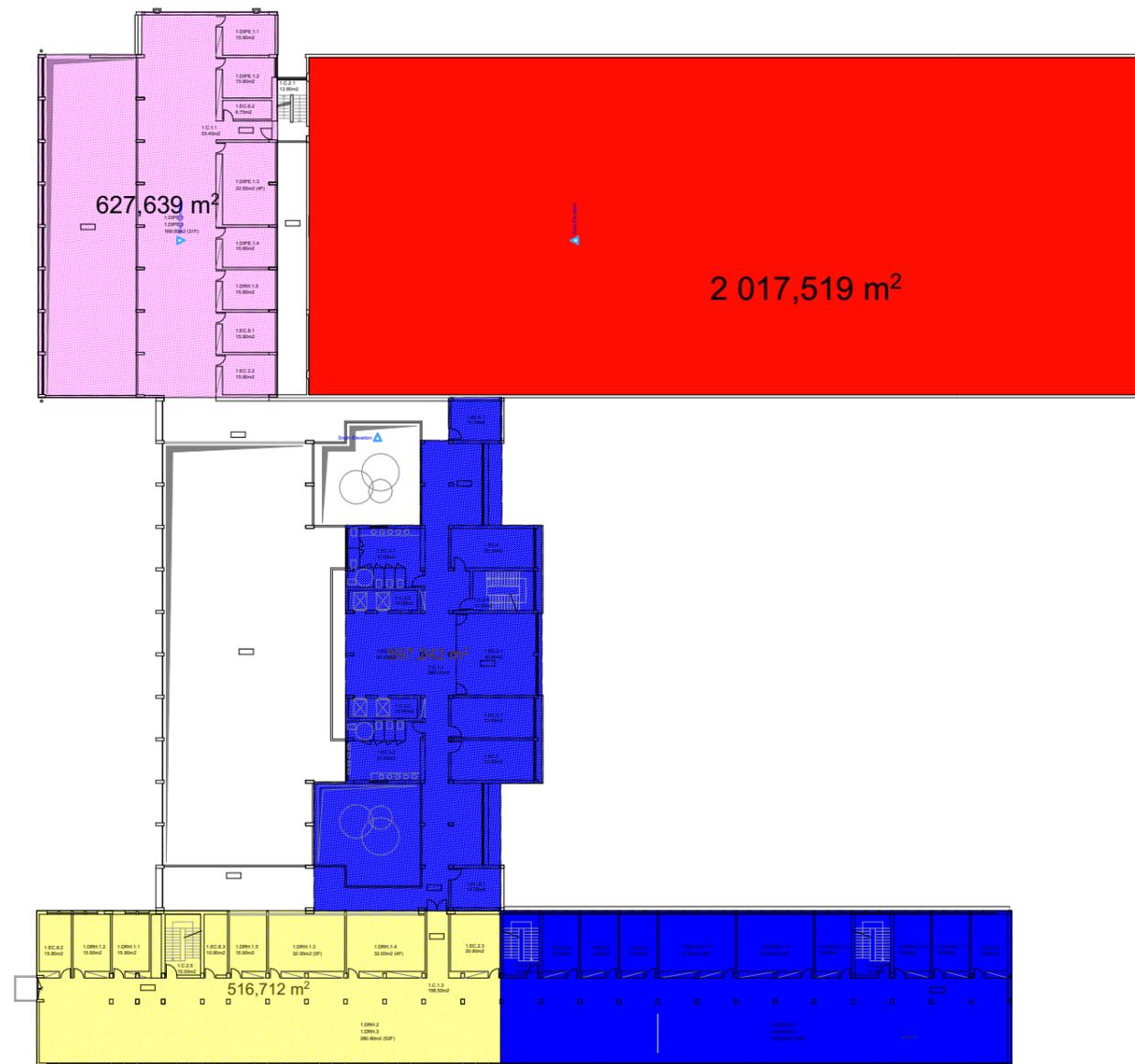
Título do Desenho: Painéis analisados - Rés-do-chão - sub-bloco AIV.

Supervisora: Eng^ª. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^º. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: D1.4



PLANTA 1º ANDAR

LEGENDA

- RECURSOS HUMANOS
- CENTROS (CEMEC,CTE,CEAD,CEPE,CEUNI,CIDAFI....)
- GABINETE DO REITOR,VICE -REITOR, ASSESSORES.....
- DIRECÇÕES CENTRAIS, ESCOG,ESTEC
- SALAS DE AULAS
 - Salas de 45 Lugares
 - Salas de 30 Lugares



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

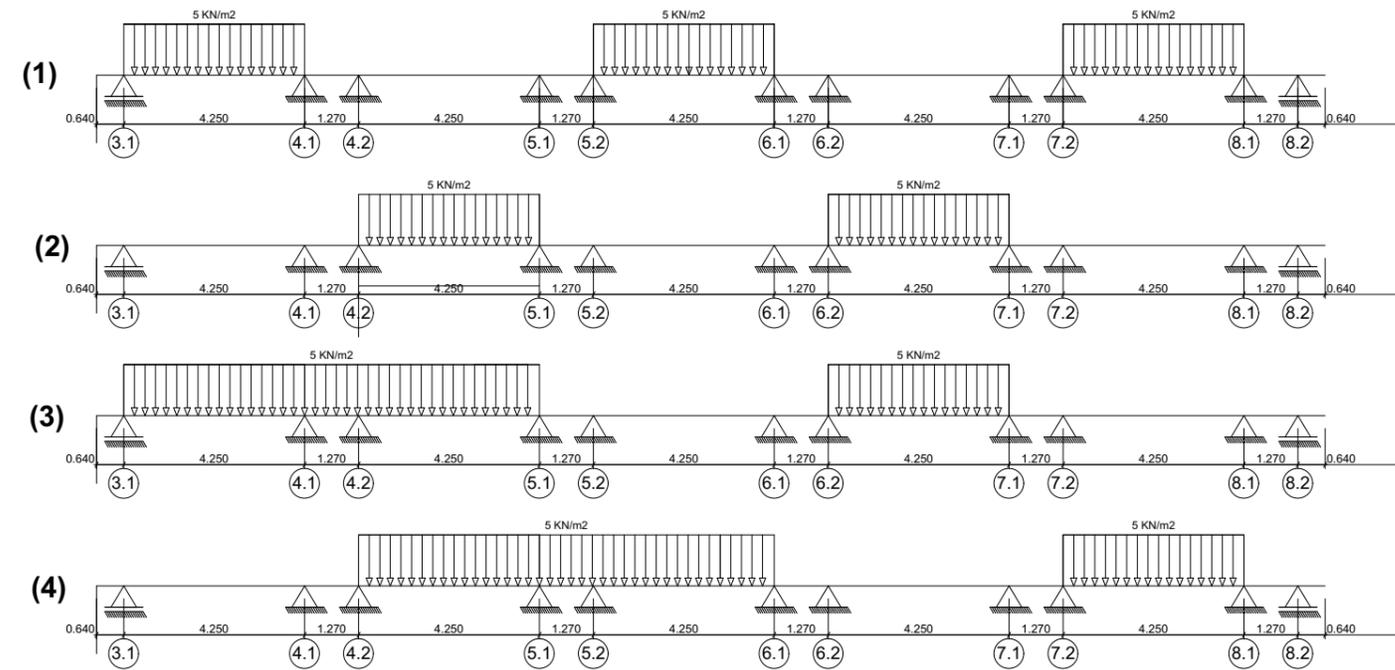
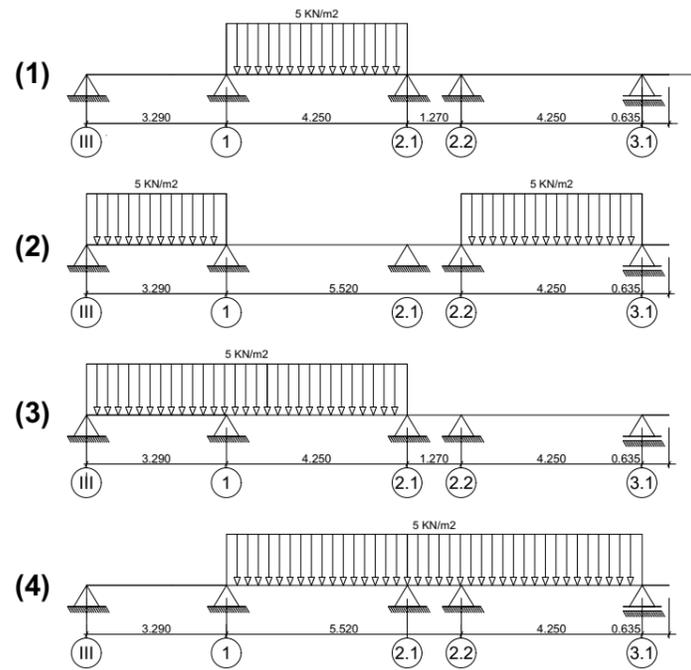
Título do Desenho: Layout - Primeiro Andar

Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

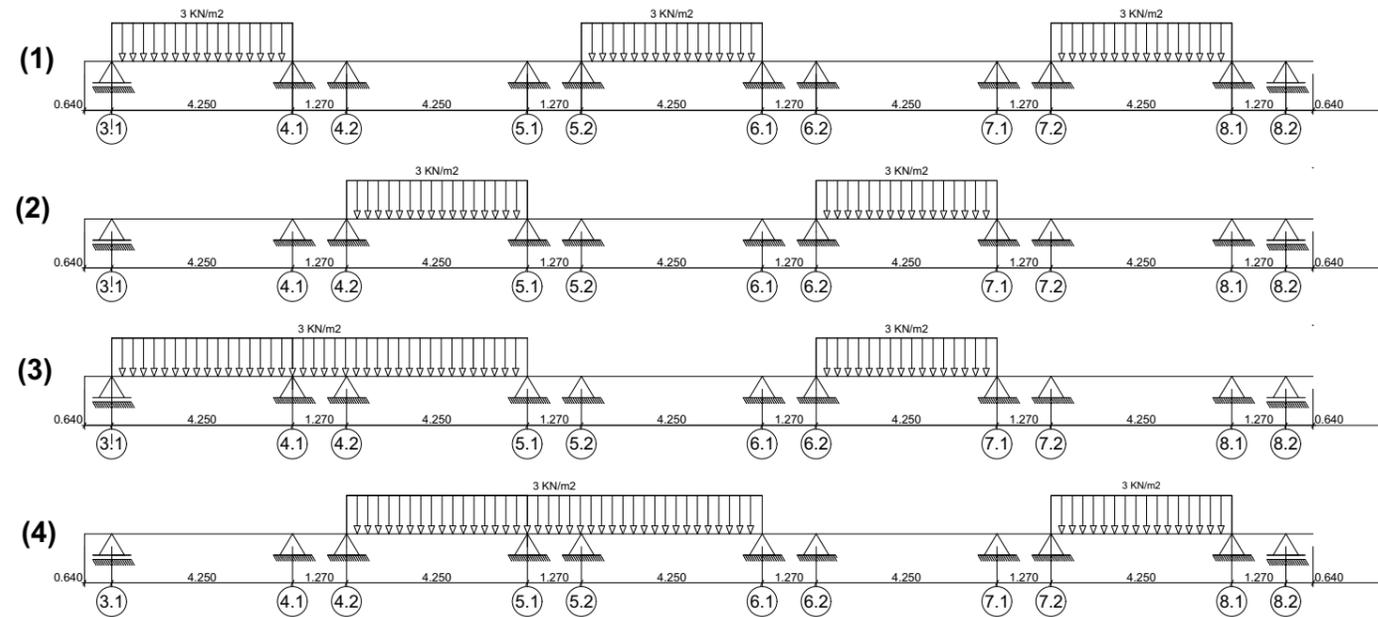
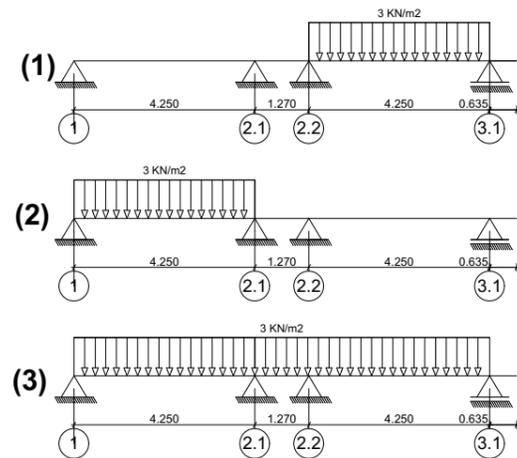
Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: D1.5.



Painel I - CAVE

Painel II - CAVE



Painel I - RÉ-DO-CHÃO

Painel II - RÉ-DO-CHÃO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Engenharia
 Curso de Licenciatura em Engenharia Civil - 5ºano

Projectou: MAGALHÃES, João Dionísio

Cadeira: Trabalho de Licenciatura

Título do Desenho: Tabela com as alternâncias de acções consideradas no cálculo dos esforços actuates

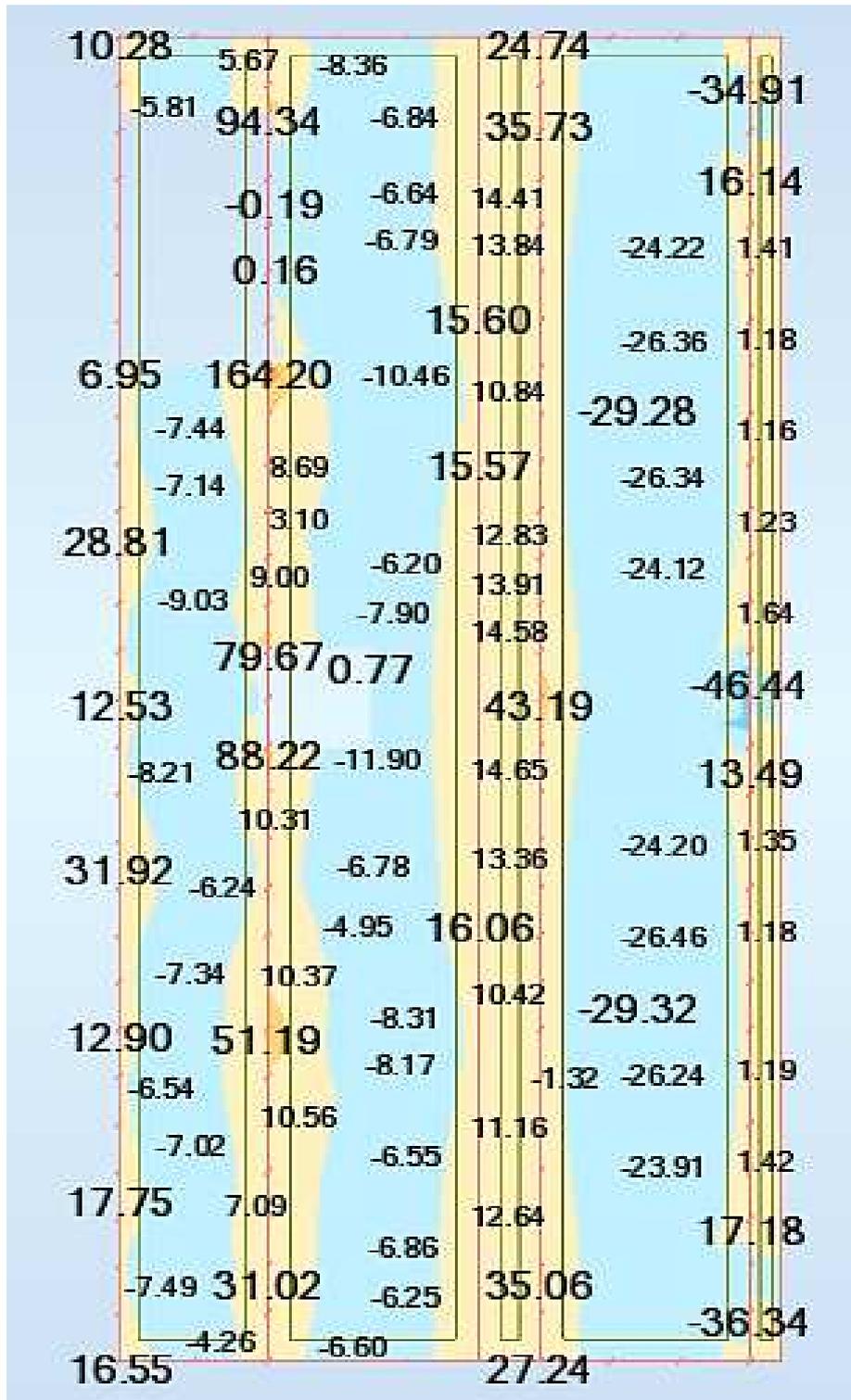
Supervisora: Eng^a. Alexandra Neves
 Co-Supervisor: Eng^o. Rafael Mabunda

Tema: Projecto de reabilitação do edifício das antigas instalações da Empresa Grupo Entrepósito Maputo

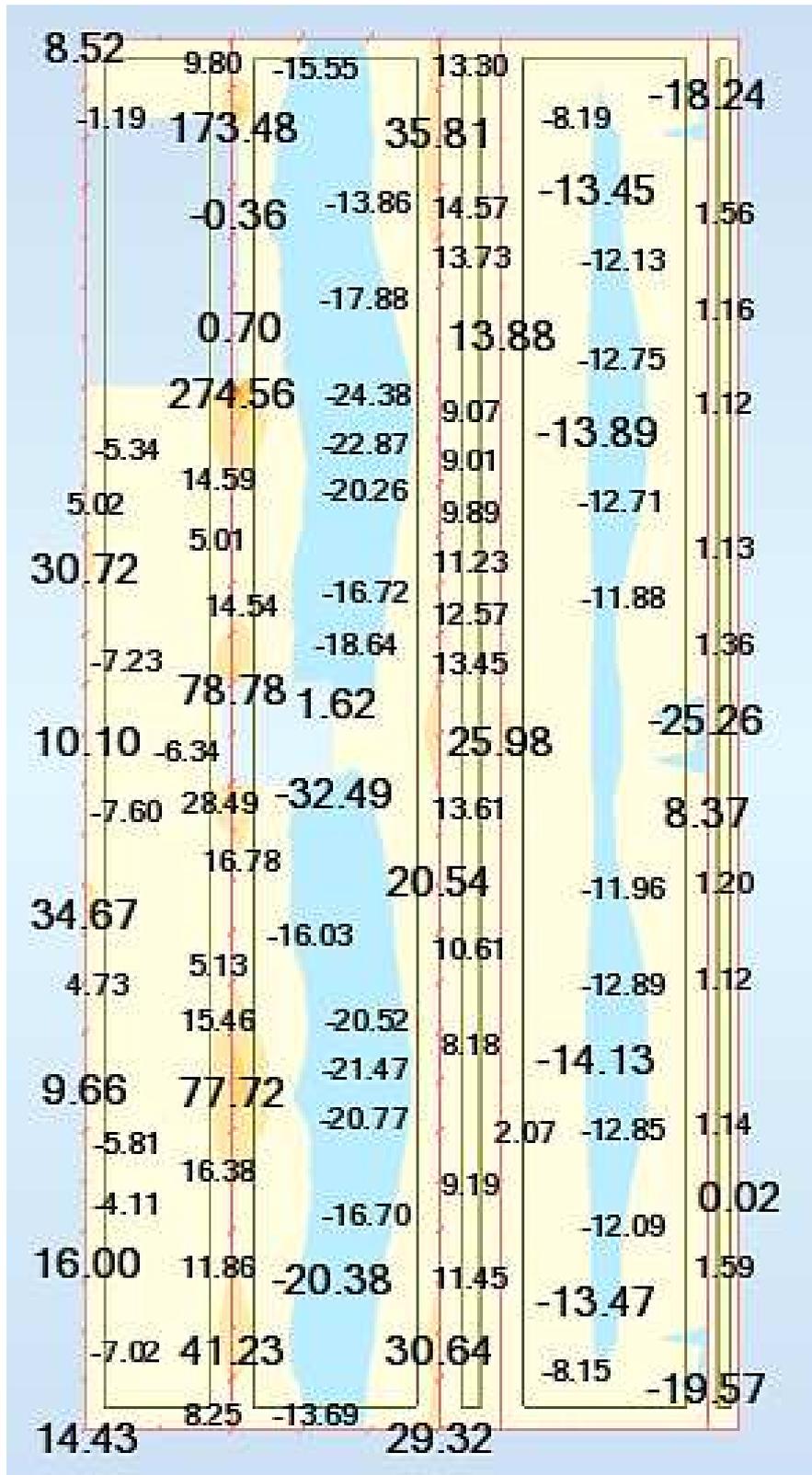
Cidade de Maputo, Maio de 2023

Folha nº: D1.6

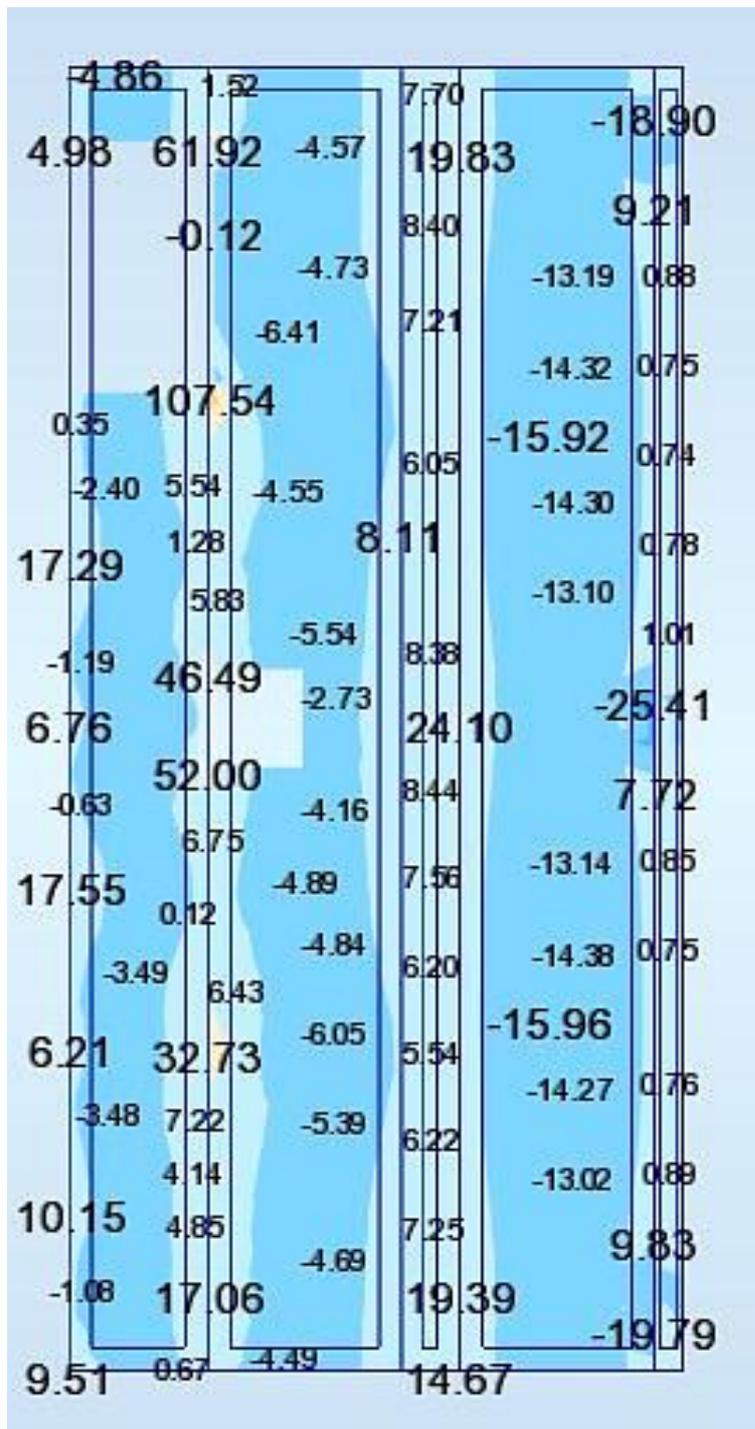
Anexo D1.7 – Mapa de momentos da cave (máximo momento positivo - ELU)



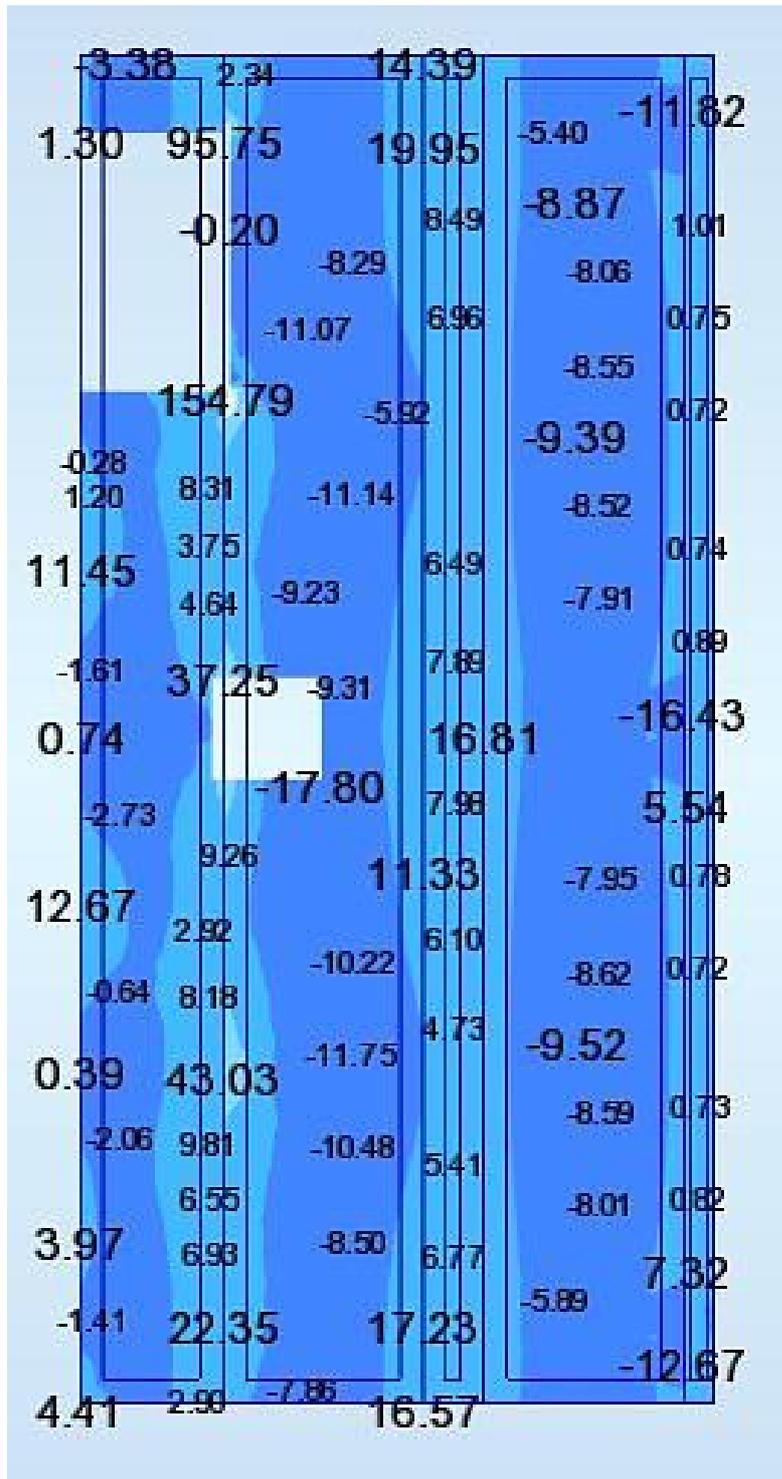
Anexo D1.8 – Mapa de momentos da cave (máximo momento negativo - ELU)



Anexo D1.9 – Mapa de momentos da cave (máximo momento positivo - ELS)



Anexo D1.10 – Mapa de momentos da cave (máximo momento negativo - ELS)



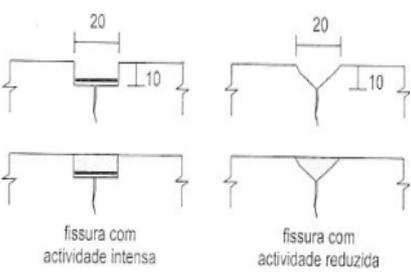
**Anexos E – Soluções Propostas para a reparação
(procedimentos).**

Anexo E2.1. – Descrição dos procedimentos para a aplicação da injeção em fissuras que surgiram em elementos estruturais.

Nr.	Procedimento	Observações
1	Remoção do betão degradado na zona da fissura.	No caso de este existir.
2	Alargamento da fissura superficial em V em todo o comprimento da fenda (martelo pneumático, coroas diamantadas, escopro).	-
3	Limpeza (pó, detritos) com jacto de água e secagem com ar quente.	-
4	Selagem da superfície longitudinal da fissura.	A selagem é para não permitir a saída do material aglutinante durante a operação de injeção.
5	Furação da superfície ao longo da fissura.	Estes furos terão intervalos regulares pré-determinado, com diâmetros que variam de 5 a 10 mm.
6	Aplicação de tubos metálicos/plástico e aplicação da mangueira de injeção nos furos previamente executados.	-
7	Verificação de eventuais obstruções entre os tubos e também da efectividade da selagem.	-
8	Preparação do material de	-

Nr.	Procedimento	Observações
	reparação, mistura com equipamento próprio e ajuste da mangueira aos tubos.	
9	Injecção do material de reparação.	Esta é feita 24 horas depois da selagem.
10	Selagem dos furos e reparação cosmética das superfícies.	- Esta selagem será realizada com o próprio material de injecção. - A reparação cosmética será feita 24 h depois da selagem.

Anexos E2.2. – Descrição dos procedimentos para a aplicação da reparação em fissuras que surgiram em panos de alvenaria.

Nr.	Técnica	Procedimentos	Imagens
1	Reparação em ponte	1 Remoção do reboco numa faixa de 20 a 25 cm, tendo a fissura como elemento central.	
		2 Alargamento da fissura em V ou rectângulo com disco rotativo de 5mm, com cerca de 10 mm de profundidade.	
		3 Vedação da fissura com mástique sintético de modo a garantir a estanquidade da fissura.	
		4 Colocação de uma fita de dessolidarização (papel "kraft") com 2 a 5 cm de largura, sobre a fissura.	
		5 Execução de reboco com argamassa curativa armada não retráctil (rede metálica).	

Nr.	Técnica	Procedimentos		Imagens
2	Reforço com rede metálica revestida com anticorrosivo	1	Remoção do revestimento numa faixa de 25 cm para cada lado da fissura.	
		2	Limpeza da zona aberta, com escovas de modo a remover as poeiras e materiais soltos.	
		3	Fixação da rede metálica, com a largura acima dos 40 cm, e colocada de modo a ter metade da largura em cada lado da fissura.	
		4	Execução de reboco com argamassa curativa	

Anexos E3.3. - Descrição dos procedimentos para a aplicação da argamassa ou microbetão em zonas que apresentam destacamento de betão e corrosão de armaduras.

Nr.	Procedimento	Observação
1	Remoção do betão deteriorado	
2	Limpeza da corrosão de aço e da superfície de betão exposta	
3	Substituição de varões de aço danificados	- Os varões que serão aplicados, serão acoplados aos existentes através de soldadura.
4	Aplicação de produto de prevenção da corrosão.	
5	Aplicação de primário ou saturação com água do substrato	
6	Aplicação de argamassa ou microbetão de reparação	