



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ENSAIOS DE DIAGNÓSTICO EM ESTRUTURAS EXISTENTES DE  
BETÃO ARMADO**

Henriques José Zunguze

Supervisor:

Doutor Aurélio Sine, Eng.º

Maputo, Julho de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ENSAIOS DE DIAGNÓSTICO EM ESTRUTURAS EXISTENTES DE  
BETÃO ARMADO**

Henriques José Zunguze

Supervisor:

Doutor Aurélio Sine, Eng.º

Maputo, Julho de 2023



**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO**

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA     civil    

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_

entregou no dia \_\_\_/\_\_\_\_\_/20\_\_as --- cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_

intitulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

O chefe de Secretaria

\_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais,  
José Luís Zunguze e Linda Jacinto Siteo  
E irmãos,  
Azarias, Jacinto e Gina.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar o meu caminho e me abençoar durante este ciclo.

À minha família, em especial aos meus pais, José Zunguze e Linda Siteo, pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajectória académica.

Aos meus irmãos, amigos e colegas de faculdade que me acompanharam durante essa jornada, prestando seu apoio, momentos de alegria e encorajamento.

À minha namorada, que mesmo chegando ao final desta trajectória, fez uma enorme diferença, me dando confiança e força para seguir em frente, dia após dia, e por ter sido parceira e paciente o tempo todo.

Ao Doutor Eng.º Aurélio Sine por todo apoio e acompanhar este trabalho, tendo disponibilizado o seu precioso tempo para ensinar e ajudar com paciência.

Ao Eng.º Rafael Mabunda por me ensinar e acompanhar nas actividades do estágio profissional, pela paciência e disponibilidade.

Ao Eng.º Fulgêncio Nhumaio pelo apoio e auxílio com materiais bibliográficos.

À todos colaboradores do LEM, IP, que me receberam e trataram com respeito e carinho.

Enfim, a todos que de maneira directa ou indirecta contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

## RESUMO

As estruturas de Betão Armado são as que mais abundam no parque imóvel a nível mundial e em Moçambique em particular. O seu estudo não se limita apenas a concepção e execução, mas também a avaliação do desempenho em serviço, quer para garantia da vida útil, quer para a adequação a novas funcionalidades, durante esse período.

O relatório apresenta um estudo relacionado com os ensaios de diagnósticos em estruturas existentes de betão armado, onde são apresentadas as actividades realizadas, decorrentes de casos práticos de obras.

Para os diversos ensaios aqui apresentados foram elaborados os respectivos procedimentos, com base nas normas e equipamentos em uso no LEM, IP.

Foram considerados 4 casos de obra, onde se fez a identificação dos problemas, a descrição dos ensaios prescritos, apresentação dos resultados e recomendações e conclusões individuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Betão armado; estruturas existentes; ensaios de diagnóstico

**ÍNDICE**

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO.....	iii
SÍMBOLOS.....	vii
SIGLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos.....	1
1.1.1. Geral.....	1
1.1.2. Específicos.....	1
1.2. Metodologia.....	1
1.3. INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO.....	2
1.3.1. Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público.....	2
1.3.2. Missão .....	2
1.3.3. Visão.....	2
1.3.4. Princípios e Valores.....	2
1.3.5. Estrutura Orgânica.....	3
1.3.6. Área de Afectação do Estudante .....	3
1.3.7. Ensaio Realizados no Departamento de Estruturas de Obras.....	4
2. ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO.....	5
2.1. Betão.....	5
2.2. Aço.....	6
3. AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS EXISTENTES .....	8
3.1. Tipos de avaliação.....	8
3.1.1. Avaliação Preliminar .....	10

---

3.1.2.	Avaliação Detalhada .....	11
3.2.	Anomalias.....	12
3.2.1.	Anomalias Estruturais .....	13
3.2.2.	Anomalias de Durabilidade .....	13
3.3.	Ensaio de Diagnóstico Realizados em Estruturas Existentes.....	13
3.3.1.	Detecção de Armaduras .....	14
3.3.2.	Extracção, rectificação e determinação da resistência à compressão de Carotes 15	
3.3.3.	Índice Esclerométrico.....	16
3.3.4.	Pull Off .....	18
3.3.5.	Pull Out .....	19
3.3.6.	Carbonatação .....	20
3.3.7.	Ensaio de Carga Estática .....	21
4.	CASOS DE ESTUDOS .....	25
4.1.	Edifício Residencial .....	25
4.1.1.	Descrição da obra.....	25
4.1.2.	Problema identificado .....	25
4.1.3.	Ensaio de diagnóstico realizados.....	25
4.1.3.1.	Determinação da resistência à compressão do betão .....	26
4.1.3.2.	Ensaio Esclerométrico .....	29
4.1.4.	Resultados .....	30
4.1.5.	Conclusões e recomendações.....	31
4.2.	Edifício de Escritórios .....	32
4.2.3.	Descrição da obra.....	32
4.2.4.	Problema identificado .....	34
4.2.5.	Ensaio de diagnóstico realizados.....	34
4.2.5.2.	Pull-Off.....	34



4.2.5.3. Pull-Out.....	36
4.2.6. Resultados.....	37
4.2.7. Conclusões e recomendações.....	39
4.3. Hospital Geral.....	41
4.3.3. Descrição da obra.....	41
4.3.4. Problema identificado .....	41
4.3.5. Ensaio de diagnóstico realizados.....	42
4.3.5.1. Detecção de armaduras.....	42
4.3.5.2. Ensaio de carga estático .....	43
4.3.6. Resultados.....	47
4.3.7. Conclusões e recomendações.....	49
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	50
5.1. Conclusões.....	50
5.2. Recomendações.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXOS.....	53

## SÍMBOLOS

$f_{ck, is}$  - Resistência à compressão in situ característica

$f_{m(n), is}$  - Média dos resultados de n ensaios da resistência à compressão in situ

s - Desvio padrão

MPa – Megapascal

kN – Kilo newton

Ra - Resistência à aderência

Ø - Diâmetro

## SIGLAS

LEM, IP- Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público

DEO- Departamento de Estruturas e Obras

DMC- Departamento de Materiais de Construção

DGVC- Departamento de Geotecnia e Vias de Comunicação

DHQA- Departamento de Hidráulica, Química e Ambiente

CEN- Comité Europeu de Normalização

NP- Norma Portuguesa

EN- Norma Europeia

ISO- *Internacional Organization for Standardization*

DV- Deslocamento Vertical

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Logotipo da instituição LEM, IP. ....	2
Figura 2. Organograma do LEM, IP. ....	3
Figura 3. Mistura de betão. ....	6
Figura 4. Aços. ....	7
Figura 5. Betonagem de laje de Betão Armado. ....	7
Figura 6. Fluxograma de avaliação de estruturas existentes. ....	9
Figura 7. Classificação de ensaio "in situ" através de grau de destruição em elementos de betão. ....	13
Figura 8. Detector de armaduras. ....	14
Figura 9. Carote. ....	15
Figura 10. Esclerómetro schmidt. ....	17
Figura 11. Curva de referência do fabricante. ....	17
Figura 12. Aparelho de arrancamento pull-off. ....	18
Figura 13. Modos de rotura do ensaio de pull-off: (A) aderência na interface entre reboco e substrato, (B) coesão na camada do reboco e (C) coesão no substrato. ....	19
Figura 14. Aparelho de arrancamento pull-out. ....	20
Figura 15. Descrição do transdutor para medição dos deslocamentos. ....	22
Figura 16. Linhas de programação em LabView. ....	24
Figura 17. Interface gráfica para visualização de registos em tempo real. ....	24
Figura 18. Vista geral do edifício. ....	25
Figura 19. Localização em planta dos pontos e extracção de carotes. ....	26
Figura 20. Vista geral dos pontos e extracção de carotes. ....	27
Figura 21. (a) Detecção de armaduras e (b) Extracção de carotes. ....	28
Figura 22. (a) Carotes após rectificação e (b) Ensaio de determinação de resistência à compressão. ....	28
Figura 23. Ensaio esclerométrico. ....	29
Figura 24. Vista Geral do edifício em estudo. ....	32
Figura 25. Vista Geral de escada de emergência. ....	33
Figura 26. (a) Corte diametral e (b) Ensaio Pull-off. ....	34
Figura 27. Definição dos alinhamentos E-Esquerdo, C-Central e D-Direito. ....	35
Figura 28. Rotura (a) por aderência e (b) coesão da camada de reboco. ....	36
Figura 29. (a) Realização do ensaio e (b) máquina de arrancamento. ....	36

---

Figura 30. Pontos de ensaio: (a) #1-14º andar; (b) #2-10º andar; (c) #3-6º andar e (d) #4-2º andar.....	37
Figura 31. Vista Geral do edifício em estudo.....	41
Figura 32. Instante de detecção de armadura nas lajes.....	42
Figura 33. Mapa de tipologia de painéis de laje de Piso 2 e da cobertura. ....	43
Figura 34 . (a) Carragamento da laje do 2º piso e (b) carregamento da laje de cobertura. .....	44
Figura 35. Sistema de medição das deformações do 2º piso.....	45
Figura 36. Pontos de medição das deformações do 2º piso.....	45
Figura 37. Sistema de medição das deformações da laje de cobertura.....	46
Figura 38. Pontos de medição das deformações da laje de cobertura.....	46
Figura 39. Relação entre a carga e deslocamento absoluto.....	48
Figura 40. Relação entre a carga e deslocamento absoluto.....	49

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Procedimentos de avaliação preliminar. ....	10
Tabela 2: Procedimentos de avaliação detalhada. ....	11
Tabela 3: Margem k associada a pequeno número de resultados de ensaio.....	16
Tabela 4. Limites de resistência de aderência à tracção (NBR 13749, 1996). ....	19
Tabela 5. Principais componentes do sistema de medição de deslocamentos. ....	23
Tabela 6. Resultados dos ensaios à compressão em carotes extraídas.....	30
Tabela 7. Resultados do ensaio esclerométrico. ....	31
Tabela 8. Resultados do ensaio de pull-off.....	38
Tabela 9. Resultados do ensaio de arrancamento Pull-Out. ....	39
Tabela 10. Carga suspensa em cada fase do ensaio de carga.....	47
Tabela 11. Resultados de ensaio de carga: valor máximo. ....	47
Tabela 12. Resultados de ensaio de carga: valor máximo. ....	48

## **1. INTRODUÇÃO**

Actualmente existe um número elevado de estruturas de betão armado, que com o passar de tempo, tem sido verificado a degradação das mesmas, reduzindo a sua durabilidade e conseqüentemente o tempo de vida. Portanto, há necessidade de se fazer ensaios de diagnósticos nestas estruturas com vista a avaliação do estado de conservação e posteriormente empreender acções que poderão prolongar a vida útil.

### **1.1. Objectivos**

#### **1.1.1. Geral**

- ✓ Realizar ensaios de diagnóstico em estruturas existentes de betão armado.

#### **1.1.2. Específicos**

- ✓ Determinar a resistência dos materiais de elementos estruturais;
- ✓ Avaliar o comportamento estrutural;
- ✓ Caracterizar estruturas de betão armado;
- ✓ Avaliar a segurança estrutural.

### **1.2. Metodologia**

Para alcançar-se os objectivos definidos no presente trabalho, recorreu-se a seguinte metodologia:

- ✓ Pesquisas e consultas bibliográficas;
- ✓ Participação nas actividades no sector de trabalho;
- ✓ Consultas ao supervisor e técnicos do LEM, IP;

### **1.3. INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO**

#### **1.3.1. Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público**

O Laboratório de Engenharia de Moçambique, IP, abreviadamente designado por LEM, IP, é um instituto público de fiscalização e normalização da qualidade de obras públicas e privadas, dotado de personalidade jurídica e autonomia administrativa e financeira.

Na Figura 1 apresenta-se o logotipo do LEM, IP.



Figura 1. Logotipo da instituição LEM, IP.

#### **1.3.2. Missão**

O LEM, IP, tem como missão garantir a investigação, homologação e controlo de qualidade no domínio da engenharia civil e de materiais de construção, especialmente em obras públicas, e garantir a investigação e coordenação de estudos experimentais no campo de engenharia civil e dos materiais de construção.

#### **1.3.3. Visão**

O LEM, IP, tem como visão tornar-se num laboratório de referência na área de qualidade de materiais de construção e de obras públicas e privadas, de forma a contribuir na execução de infraestruturas, com alto nível de satisfação dos utentes.

#### **1.3.4. Princípios e Valores**

- ✓ Profissionalismo;
- ✓ Responsabilidade;
- ✓ Disciplina;
- ✓ Segurança;
- ✓ Integridade;
- ✓ Rigor científico;
- ✓ Competência.

### 1.3.5. Estrutura Orgânica

O sistema orgânico do LEM, IP, é dirigido por um Director-Geral e coadjuvado por um Director-Geral Adjunto. A área técnica compreende dois serviços centrais e um departamento central autónomo, enquanto a área administrativa comporta os departamentos autónomos de recursos humanos e de administração e finanças, e a repartição de aquisições e gabinete jurídico. O organograma do LEM, IP é ilustrado na Figura 2.

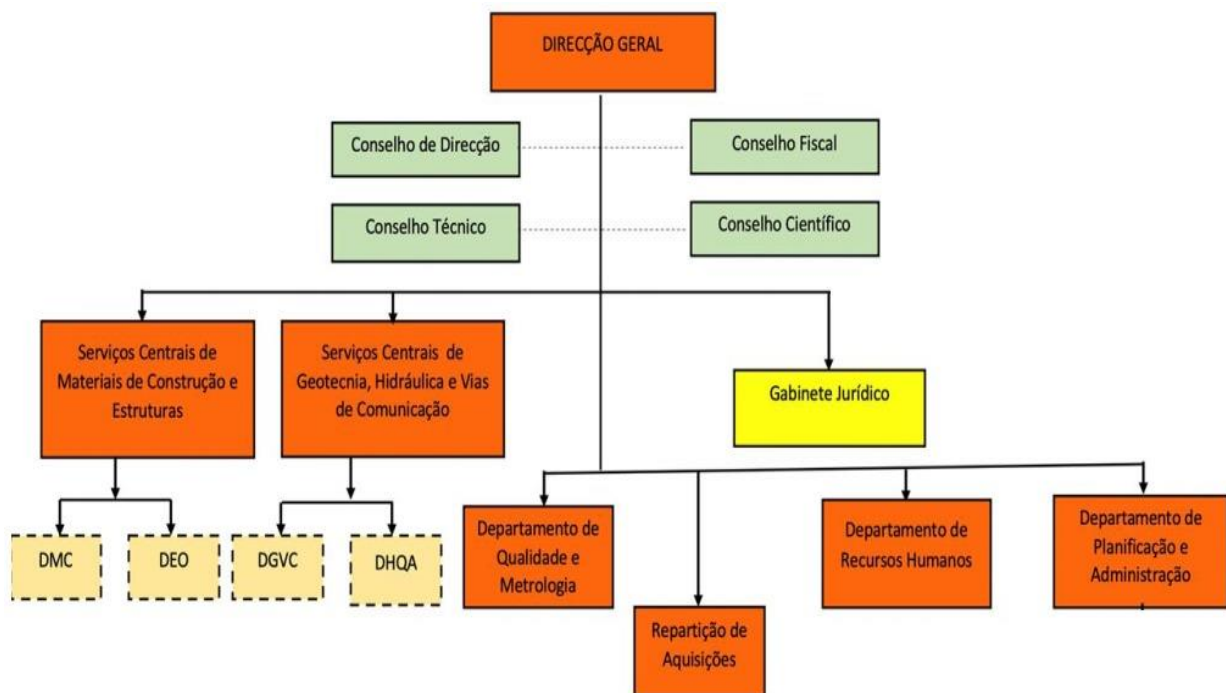


Figura 2. Organograma do LEM, IP.

### 1.3.6. Área de Afectação do Estudante

Durante o estágio, o estudante esteve afecte na área de estruturas, tendo sido integrado no Departamento de Estruturas e Obras.

Destacam-se no Departamento de Estruturas e Obras (DEO) as seguintes funções:

- Realizar estudos de caracterização do comportamento de elementos estruturais em estruturas (betão, alvenaria, metálica e de madeira) e o respectivo controlo de qualidade;
- Realizar ensaios de recepção de obras de construção civil (edifícios, pontes, barragens de betão, postes de transmissão de energia eléctrica) e o seu controle



pós construção.

- c) Realizar estudos sobre patologias das construções.
- d) Investigar e desenvolver técnicas experimentais e analíticas para o dimensionamento de estruturas e segurança das barragens e pontes;
- e) Apreçar e emitir pareceres sobre a homologação dos sistemas e elementos de construção não tradicionais;
- f) Participar na elaboração de cadernos de encargo-tipo, nos termos previstos na legislação específica;
- g) Participar em actividades de normalização e qualidade de materiais e processos de construção e respectiva regulamentação;
- h) Emitir pareceres sobre o licenciamento de laboratórios comerciais e na certificação de processos construtivos não tradicionais;
- i) Garantir a implementação dos sistemas de gestão de qualidade de ensaios;
- j) Produzir modelos numéricos e construtivos reduzidos que simulem as acções actuantes numa obra de engenharia civil com vista a certificação do modelo construtivo adoptado;
- k) Realizar as demais actividades integradas no âmbito de competências ou que lhe forem superiormente incumbidas.

O estágio profissional consistiu na realização de actividades enquadradas nas alíneas a), b) e c).

### **1.3.7. Ensaio Realizados no Departamento de Estruturas de Obras**

O Departamento de Estruturas e Obras tem a capacidade de realizar os seguintes ensaios/actividades:

#### **Inspeção e diagnóstico de patologias**

- ✓ Verificação de anomalias decorrentes do processo de construção (vazios, segregação, descontinuidades, descasques, manchas e fissuração);
- ✓ Verificação de anomalias estruturais (fendilhação, fragmentação, desagregação e deformações excessivas);
- ✓ Verificação de anomalias de durabilidade (corrosão e/ou exposição de armaduras, fissuração, desagregação e coloração do betão).

### **Levantamento geométrico**

- ✓ Determinação das medidas da estrutura no geral e dos elementos estruturais em particular.

### **Ensaio de diagnóstico in-situ em elementos de betão armado**

- ✓ Extracção, rectificação e determinação da resistência à compressão de carotes de betão (método destrutivo);
- ✓ Determinação da resistência à compressão do betão através do ensaio esclerométrico (método não-destrutivo);
- ✓ Determinação do recobrimento e diâmetro de armaduras através do pacómetro;
- ✓ Determinação da aderência entre betões de idades diferentes ou argamassa através do ensaio de tracção directa, pull-off;
- ✓ Determinação da profundidade de carbonatação no betão (com o sector de Química);
- ✓ Determinação da penetração de cloretos no betão (com o sector de Química); e
- ✓ Monitorização da abertura de fendas no betão e alvenaria.

### **Ensaio de carga em Pontes e Edifícios**

- ✓ Medições de rotação, deformações verticais (deslocamentos) e vibrações.

### **Ensaio em estacas de betão armado**

- ✓ Determinação da integridade de estacas pelo método Impact-Echo;
- ✓ Determinação da integridade de estacas pelo método CrossHole.

## **2. ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO**

### **2.1. Betão**

O betão é um material formado pela mistura de cimento, de agregados grossos (superior a 4 mm) e finos e de água, resultante do endurecimento da pasta de cimento. Para além destes componentes básicos, pode também conter adjuvantes e adições (Appleton & Costa, 2002). A Figura 3 ilustra o processo de mistura do betão.

Desde a fabricação até a fase em que desempenha funções estruturais, o betão passa

por dois estados diferentes: betão fresco e betão endurecido. O primeiro é definido como betão ainda no estado plástico e capaz de ser compactado.

O segundo é definido como o betão que endureceu e desenvolveu uma certa resistência. O endurecimento do betão começa poucas horas após o seu fabrico e atinge aos 28 dias de idade cerca de 60 a 90% da sua resistência final, dependendo do tipo de cimento e do tipo de cura utilizado (Appleton & Costa, 2002).



Figura 3. Mistura de betão.

## 2.2. Aço

O aço é composto por ferro, impurezas e vários componentes ligados, adicionados em diferentes proporções por forma a que a liga atinja as propriedades requeridas (Appleton & Costa, 2002).

O carbono é o principal componente não metálico do aço. Este elemento influencia significativamente a resistência e deformabilidade do aço. Os outros componentes principais da liga são: manganês, silício, crónico, níquel, cobre e alumínio.

Na Figura 4 são fabricadas as armaduras ordinárias utilizadas nas estruturas de betão armado.



Figura 4. Aços.

O aço é um material que complementa o betão, e faz com que um elemento de betão armado responda de forma eficaz a todas as solicitações, pois este apresenta uma elevada resistência à tracção. A durabilidade deste material quando usado com betão, depende do betão para garantir que o aço não entre em contacto com agentes agressivos, em particular do recobrimento e da sua qualidade (Gonçalves, 2008).

A Figura 5 apresenta o processo de betonagem de uma laje de betão armado.



Figura 5. Betonagem de laje de Betão Armado.

### **3. AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS EXISTENTES**

#### **3.1. Tipos de avaliação**

A decisão de avaliar o desempenho de estrutura existente pode ser tomada tendo em conta as seguintes circunstâncias (CEN/TC 250, 2015) (ISO 13822, 2010):

- ✓ Antecipação na mudança de tipo de utilização;
- ✓ Alteração do sistema estrutural;
- ✓ Aumento de tempo de vida útil;
- ✓ Acréscimo de cargas;
- ✓ Verificação da fiabilidade conforme requisição de autoridades, companhias de seguro, donos de obra, etc;
- ✓ Deterioração da estrutura devido a causas dependentes do tempo (corrosão, fadiga, etc);
- ✓ Dano estrutural devido a acções acidentais;
- ✓ Alteração nos requisitos de projecto devido a revisão de regulamentos; e
- ✓ Defeitos não detectados durante a elaboração do projecto ou na fase de construção.

A avaliação de uma estrutura existente deve ser levada a cabo, tendo em conta as condições actuais da obra, de acordo com a norma ISO 13822 (2010).

No procedimento de avaliação de estruturas existentes destacam-se duas fases, preliminar e detalhada conforme o fluxograma apresentado na Figura 6 (Sine, 2022).

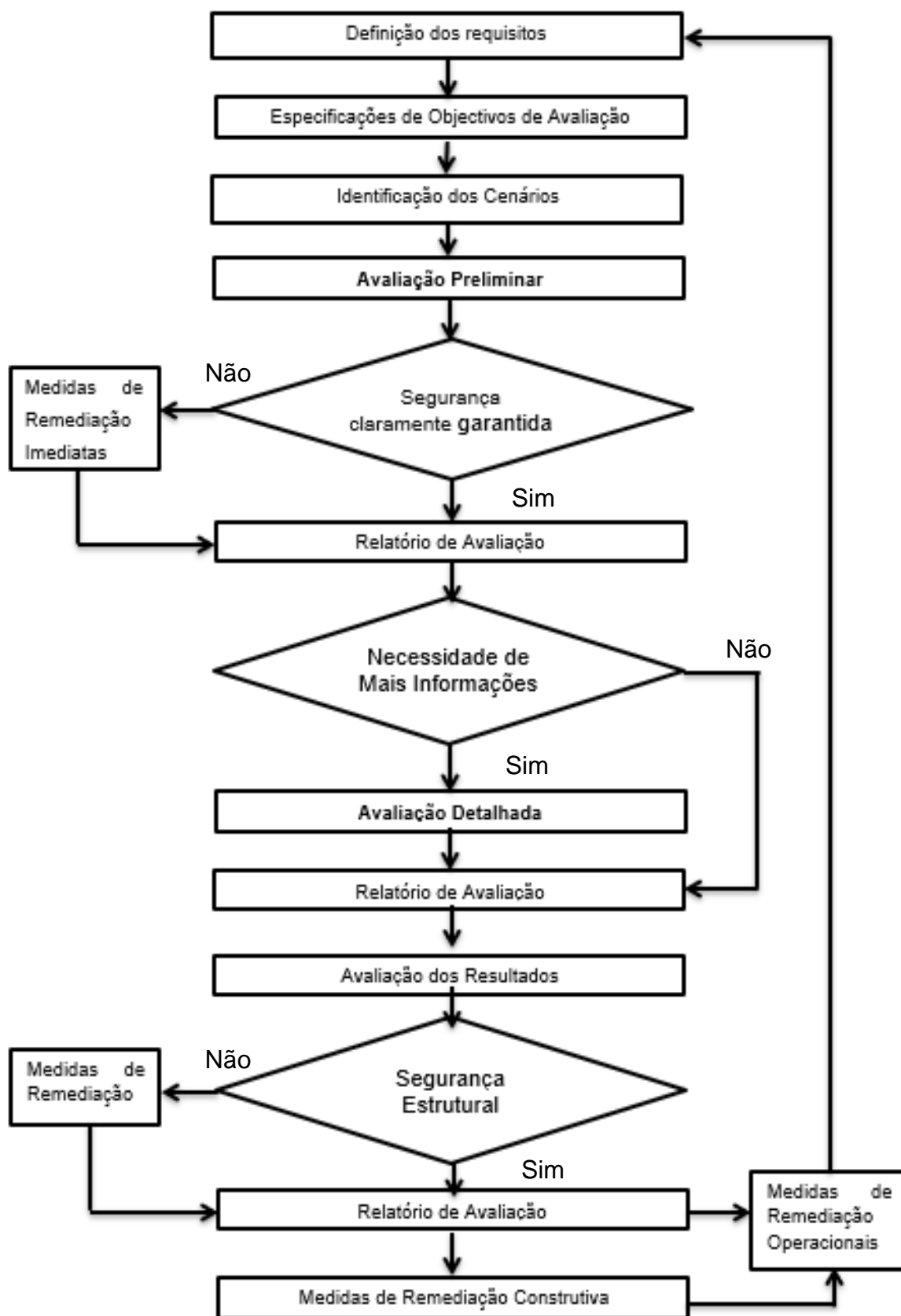


Figura 6. Fluxograma de avaliação de estruturas existentes.

### 3.1.1. Avaliação Preliminar

Destina-se a efectuar uma avaliação de carácter não estrutural das condições em que se encontra a obra. É feita com menos recursos e mais rapidamente que a avaliação detalhada. A Tabela 1 apresenta os procedimentos gerais a seguir.

Os resultados da inspecção preliminar são expressos em termos quantitativos, classificando as condições estruturais.

Tabela 1: Procedimentos de avaliação preliminar.

<b>Recolha de informação</b>	<b>Elementos do projecto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Peças desenhadas;</li> <li>✓ Peças escritas;</li> <li>✓ Especificações técnicas.</li> </ul>
	<b>Elementos da obra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos da betonagem;</li> <li>✓ Controle de qualidade;</li> <li>✓ Livro de registo da obra;</li> <li>✓ Eventuais alterações ao projecto.</li> </ul>
	<b>Historial da obra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Acções actantes (eventuais alterações da utilização);</li> <li>✓ Intervenções de reparação/reforço;</li> <li>✓ Ocorrência de eventuais acidentes.</li> </ul>
<b>Inspeção preliminar</b>	<b>Inspeção visual</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observação da qualidade do betão;</li> <li>✓ Identificação de anomalia (defeitos de execução, fendilhação, deterioração do betão e/ou das armaduras, deformações excessivas);</li> <li>✓ Identificação do sistema/comportamento estrutural.</li> </ul>
	<b>Registo de danos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Danos estruturais;</li> <li>✓ Deterioração do betão;</li> <li>✓ Corrosão das armaduras.</li> </ul>

<b>Verificação preliminar dos resultados</b>	Resultado qualitativo das condições de perigosidade da estrutura: nenhum, mínimo, moderado, severo, etc.
<b>Intervenções imediatas</b>	Abandono imediato da obra, utilização condicionada, monitorização, etc.
<b>Recomendação para avaliação detalhada</b>	Se necessário ou não

### 3.1.2. Avaliação Detalhada

Quando ainda existirem dúvidas quanto a segurança da estrutura é então recomendada a realização de uma avaliação mais pormenorizada, cujos procedimentos são apresentados na Tabela 2.

Caso existam, os seguintes documentos devem ser revistos com maior detalhe: desenhos, especificações técnicas, cálculos estruturais, registo de inspecções e manutenção, detalhes de alterações, regulamentos e normas usados para o projecto e construção, desenhos topográficos e técnicos.

Tabela 2: Procedimentos de avaliação detalhada.

<b>Verificação detalhada da documentação</b>	Elementos de projecto
	Elementos de obra
	Regulamentos, normas, documentos técnicos
	Levantamento geométrico
	Verificação das dimensões dos elementos estruturais (relação projecto/obra)



<b>Inspecção detalhada</b>	<u>Ensaio de diagnósticos (in situ e/ou laboratório)</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mapeamento da delaminação do betão</li> <li>✓ Mapeamento da fendilhação (abertura, espaçamento, orientação)</li> <li>✓ Avaliação do nível e tipo de deterioração da obra</li> <li>✓ Localização de armadura (diâmetro, espaçamento, recobrimento)</li> <li>✓ Determinação das propriedades mecânicas do betão e do aço</li> </ul>
	Avaliação das condições de fundação
	Resposta estática e dinâmica da estrutura (ensaio de carga)
<b>Análise estrutural</b>	Variáveis básicas (geometria, acções, propriedades dos materiais)
	Modelação de incertezas (análises estatísticas e probabilísticas)
	Modelos de análise (linear, plástica, não-linear)
	Métodos de cálculo (analítico, numérico, experimental)
<b>Verificação da segurança</b>	Estados limites últimos
	Estados limites de utilização
<b>Resultados da avaliação</b>	Recomendações de intervenção (não intervir, reparar, reforçar, demolir)

### 3.2. Anomalias

As anomalias de betão armado podem surgir devido a uma grande variedade de fenómenos de degradação, sendo que as causas principais dessas anomalias no betão podem ser diferenciadas pelo tempo de ocorrência.

As anomalias de betão podem ocorrer antes do início da construção, isto é, na fase de projecto, durante a fase de construção através de erros de execução, no decurso da utilização normal da construção devido a acções biomecânicas, à acção do meio ambiente, acções acidentais e/ou alteração das condições de utilização. De uma forma geral pode-se dividir as anomalias em três grupos principais:

- ✓ As decorrentes do processo construtivo;
- ✓ Estruturais; e
- ✓ Durabilidade.

### 3.2.1. Anomalias Estruturais

As anomalias de betão consideradas como estruturais traduzem-se geralmente pelo aparecimento de fissuras significativo ou fendas ou por deformações severas da estrutura. As ligações laje-viga-pilar constituem, por norma, pontos particularmente sensíveis ao aparecimento de fissuras (Rodrigues, 2017).

### 3.2.2. Anomalias de Durabilidade

Estas anomalias estão relacionadas com a degradação das construções ao longo do seu tempo de vida podendo ser mais ou menos prejudiciais, sendo as mais comuns a coloração do betão, a exposição e a corrosão de armaduras, a fissuração do betão, e a degradação e descasque do betão.

As anomalias associadas à corrosão de armadura são as que causam maiores danos nas estruturas de betão armado e devem-se, principalmente, ao ataque dos cloretos ou à carbonatação (Rodrigues, 2017).

## 3.3. Ensaio de Diagnóstico Realizados em Estruturas Existentes

Os ensaios de diagnóstico de estruturas existentes são realizados '*in situ*', pois permitem uma melhor caracterização dos mecanismos de degradação como humidades e fissuração, das variações de propriedades de elementos construtivos relacionadas directamente com o seu desempenho e do tipo de materiais aplicados em conjunto com ensaios laboratoriais, a partir das amostras recolhidas (Rodrigues, 2017).

A forma mais comum de classificar os ensaios *in situ* é pelo grau de destruição que provocam. Existem três tipos de ensaio: destrutivos, semi-destrutivos e não-destrutivos. A classificação do ensaio através do grau de destruição é apresentada na Figura 7.

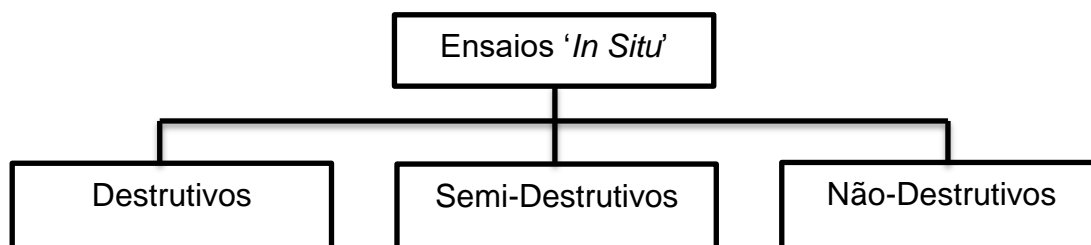


Figura 7. Classificação de ensaio "in situ" através de grau de destruição em elementos de betão.

No Anexo 3 constam os procedimentos dos seguintes ensaios, elaborados pelo autor: i) Extração, rectificação e determinação da resistência à compressão de Carotes; ii) Índice esclerométrico; iii) Pull Off; e iv) Pull Out.

### 3.3.1. Detecção de Armaduras

Os detectores de armaduras (Figura 8) permitem, como o nome indica, localizar as armaduras das estruturas de betão armado. Podem ainda determinar a sua direcção e estimam a profundidade a que as mesmas se encontram, assim como leituras complexas que, com a ajuda de grelha de referência são obtidos mapas nos quais é possível visualizar as armaduras e estimar o seu diâmetro e disposição.



Figura 8. Detector de armaduras.

Apesar de ser um equipamento portátil e de fácil utilização, possui algumas limitações como por exemplo, erros nas leituras, associados a interferências no campo electromagnético, devido a diversos factores como: a presença de mais do que um varão no mesmo plano; varões com espaçamento reduzido entre si; agregados com propriedades magnéticas e a presença de óxido de ferro na superfície, devido à utilização de cofragem metálicas, podem levar à indicação de recobrimentos reduzidos, o que não corresponde á realidade.

O ensaio de detecção de armadura é um importante ensaio complementar, visto que a presença de armaduras influencia o resultado de diversos ensaios. É por isso importante que, antes da realização dos mesmos, a localização das armaduras seja

conhecida. Com isso reduz-se o erro associado a esse factor (Félix, 2016).

### 3.3.2. Extracção, rectificação e determinação da resistência à compressão de Carotes

A extracção de carotes é a forma habitual de recolha de amostras para determinar as características de resistência de betão já aplicado em obra. É um ensaio *in situ* e destrutivo, que se realiza em elementos estruturais. A Figura 9 apresenta uma carote.



Figura 9. Carote.

Segundo a norma NP EN 13791 (2008), para a avaliação de resistência à compressão *in situ* recorrendo ao ensaio de carotes, o número de carotes a extrair deve ter em conta o volume de betão que se pretende estudar, sendo que o número mínimo de carotes por zona de ensaio é de 3.

Para a avaliação da resistência à compressão existem duas abordagens possíveis: abordagem A, que se aplica quando estão disponíveis pelo menos 15 carotes; e a abordagem B, que se aplica quando se têm entre 3 e 14 carotes.

#### Abordagem A

A resistência à compressão é o menor valor entre os obtidos a partir das equações:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k_2 \times s$$

$$f_{ck,is} = f_{is,menor} + 4$$

Onde:

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

$f_{m(n),is}$  – Média dos resultados de n ensaios da resistência à compressão in situ;

$s$  – É o desvio padrão dos resultados;

$k_2$  – Toma o valor de 1,48.

### Abordagem B

A resistência à compressão é o menor valor entre os obtidos a partir das equações:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is} = f_{is,menor} + 4$$

Sendo que:

$k$  – depende de número de resultados de ensaios n, valor obtido a partir da Tabela 3.

Tabela 3: Margem k associada a pequeno número de resultados de ensaio

n	k
10 a 14	5
7 a 9	6
3 a 6	7

### 3.3.3. Índice Esclerométrico

Segundo a norma NP EN 12504-2 (2012), o esclerómetro (Figura 10) é um equipamento que permite obter *in situ*, de uma forma não destrutiva, a dureza superficial de um elemento de betão. O método baseia-se na medição do ressalto de uma massa elástica após sofrer um impacto contra o betão.



Figura 10. Esclerómetro schmidt.

Este ensaio é bastante útil para avaliar a homogeneidade do betão e para identificar zonas de menor resistência nas quais poderá ser necessário realizar ensaios mais complexos. A resistência à compressão é obtida de forma indirecta através deste ensaio, sendo necessário recorrer a correlação com o índice esclerométrico para se obter uma estimativa de resistência.

Após a leitura e registo dos valores de índice esclerométrico dos pontos predefinidos para o ensaio, recorre-se à curva de referência do fabricante,  $f_{ck} = 2,77e^{0,048Q}$ , como ilustra a Figura 11, para estimar a resistência à compressão do betão.

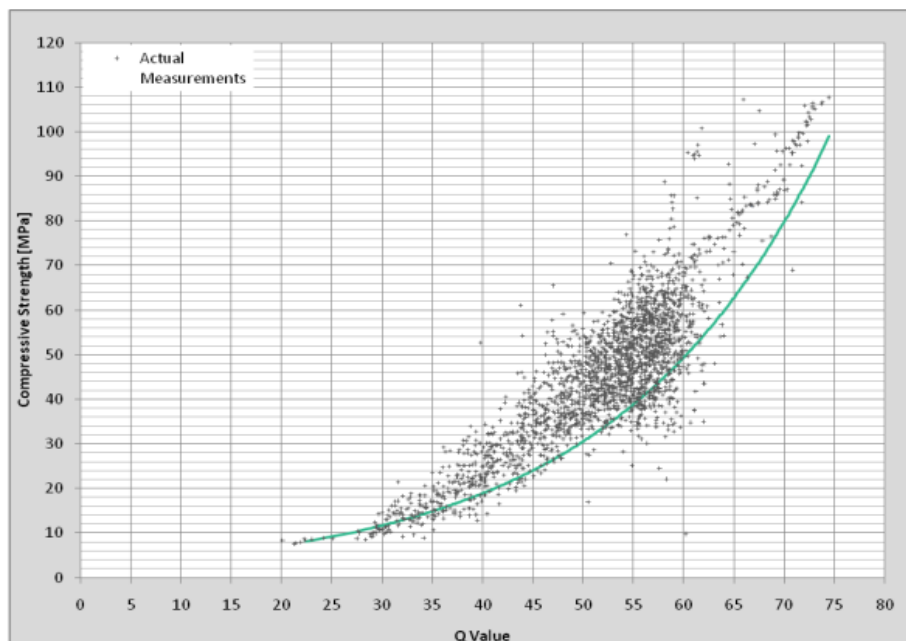


Figura 11. Curva de referência do fabricante.

### 3.3.4. Pull Off

O ensaio consiste em traccionar um disco metálico, com dimensões padronizadas, o qual é colado à superfície de betão recorrendo a uma cola epóxi. O arranque do disco é conseguido aplicando uma carga axial através de um parafuso que se ligado à máquina de tracção (Figura 12). Ao se produzir o arranque, o disco induz esforços de tracção ao betão, mobilizando a rotura por tracção e arrastando consigo uma camada superficial deste mesmo material (Félix, 2016).



Figura 12. Aparelho de arrancamento pull-off.

O ensaio tem como objectivo, permitir a obtenção directa da resistência à tracção do betão, e avaliar a aderência entre os materiais novos e velhos, aspecto fundamental para o sucesso dos trabalhos de reparação/reforço das estruturas.

Pelo menos três (3) modos de roturas podem ocorrer, tal como apresentado na Figura 13 nomeadamente: (A) **Rotura por aderência** na interface entre o reboco e substrato, cuja resistência se refere efectivamente a aderência; (B) **Rotura por coesão** na camada de reboco e (C) no substrato. Quando a rotura ocorre por coesão significa que a aderência é superior ao valor registado.

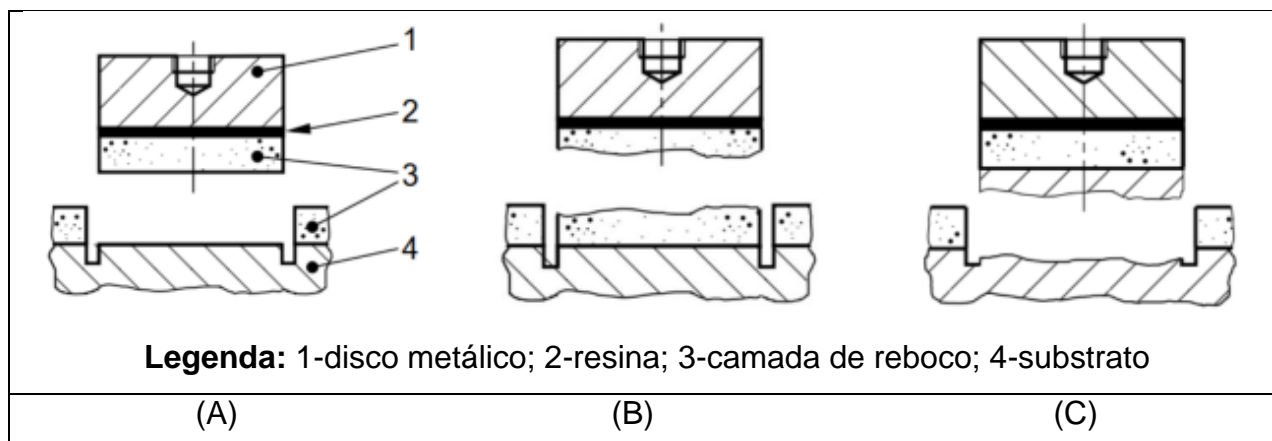


Figura 13. Modos de rotura do ensaio de pull-off: (A) aderência na interface entre reboco e substrato, (B) coesão na camada do reboco e (C) coesão no substrato.

Segundo a Norma NBR 13749 (1996), são apresentados os limites mínimos de resistência de aderência à tracção que o revestimento deve ter para ser aprovado após o ensaio, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Limites de resistência de aderência à tracção (NBR 13749, 1996).

Local		Revestimento	Ra (MPa)
Parede	Interno	Pintura ou base de reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externo	Pintura ou base de reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
Tecto		Pintura ou base de reboco	$\geq 0,20$

### 3.3.5. Pull Out

O ensaio de arrancamento “pull out”, consiste em estudar a aderência entre o aço e betão. Realizando um furo na camada do betão, perpendicular à superfície, com posterior introdução do dispositivo de arranque, constituído por um varão roscado e uma bucha química. O aparelho do ensaio de arrancamento é ilustrado na Figura 14.





Figura 14. Aparelho de arrancamento pull-out.

Este ensaio permite verificar a resistência da ancoragem através da aplicação de uma força perpendicular ao elemento a ensaiar, superior aos valores determinados no projecto e dessa forma assegurar a segurança da ancoragem.

### 3.3.6. Carbonatação

O ensaio consiste na execução de uma furação com uma profundidade superior a 1 cm ao recobrimento das armaduras existentes. Após a furação procede-se à limpeza cuidadosa do furo. De seguida, para a determinação da profundidade da carbonatação utiliza-se uma solução alcalina de fenolftaleína e borrifa-se o interior do furo. No caso da superfície do furo se apresentar incolor, está-se perante uma superfície carbonatada, e no caso de apresentar uma superfície coloração rosada, está-se na presença de uma superfície não carbonatada.

### 3.3.7. Ensaio de Carga Estática

O ensaio consiste em aplicar uma carga à estrutura em estudo e acompanhar as respectivas deformações (deslocamentos ou rotações), a abertura de fissuras existente ou a formação de novas fissuras durante a carga. Nas lajes e nas vigas consiste, essencialmente, em aplicar uma carga uniformemente distribuída.

Este ensaio é realizado de modo a verificar o comportamento de uma estrutura em termos de utilização. O ensaio permite recolher informação quanto a:

- ✓ Deslocamentos verticais;
- ✓ Assentamento de apoios, em particular para os elementos estruturais em que se pretendem medir deslocamentos verticais;
- ✓ Rotações dos apoios;
- ✓ Formação de fissuras e abertura de fissuras já existentes, em cada fase dos ensaios;
- ✓ Extensões em alguns pontos significativos à superfície dos elementos estruturais.

#### **Descrição do sistema de monitorização de deslocamento**

O sistema de medição de deslocamentos desenvolvido comporta um transdutor de deslocamentos analógico linear de serie JX-P420 [UniMeasure] com protecção ambiental IP-65, uma base e um braço que confere ao sistema um campo de medida de 65 mm, ajustável até o máximo de 2000 mm, com uma resolução infinita. A este sistema é acoplado uma massa cilíndrica de aço presa na extremidade de um cabo, igualmente, em aço fixado na estrutura, no ponto onde se pretende medir o deslocamento. O transdutor funciona com referência de medição ao solo.

A aquisição e o envio dos registos para o computador são feitos por meio de um DataLogger NI-cDAQ-9178 da Nacional Instruments. O processamento, a visualização gráfica e o armazenamento dos registros são realizados numa aplicação desenvolvida em LabView. O software LabView, para além de tornar fácil a implementação da interface gráfica, possibilita de uma forma intuitiva a monitorização e visualização dos dados em tempo real. Por outro lado, o DataLogger é constituído por um chassis que permite a inserção e leitura automática do sinal proveniente dos diversos módulos. Esta

particularidade confere ao sistema de monitorização a leitura de diversas grandezas de interesse para a monitorização estrutural, como sejam deslocamentos, rotações, temperaturas, acelerações, extensões e força. A Figura 15 apresenta a descrição do sistema de medição dos deslocamentos e na Tabela 5 são ilustrados os principais componentes do sistema. Na Figura 16 e Figura 17 apresentam-se, respectivamente, o código desenvolvido em linguagem LabView e a interface gráfica que permite efectuar o tratamento, o armazenamento e a visualização dos registros (Mabunda & Dimande, 2017).

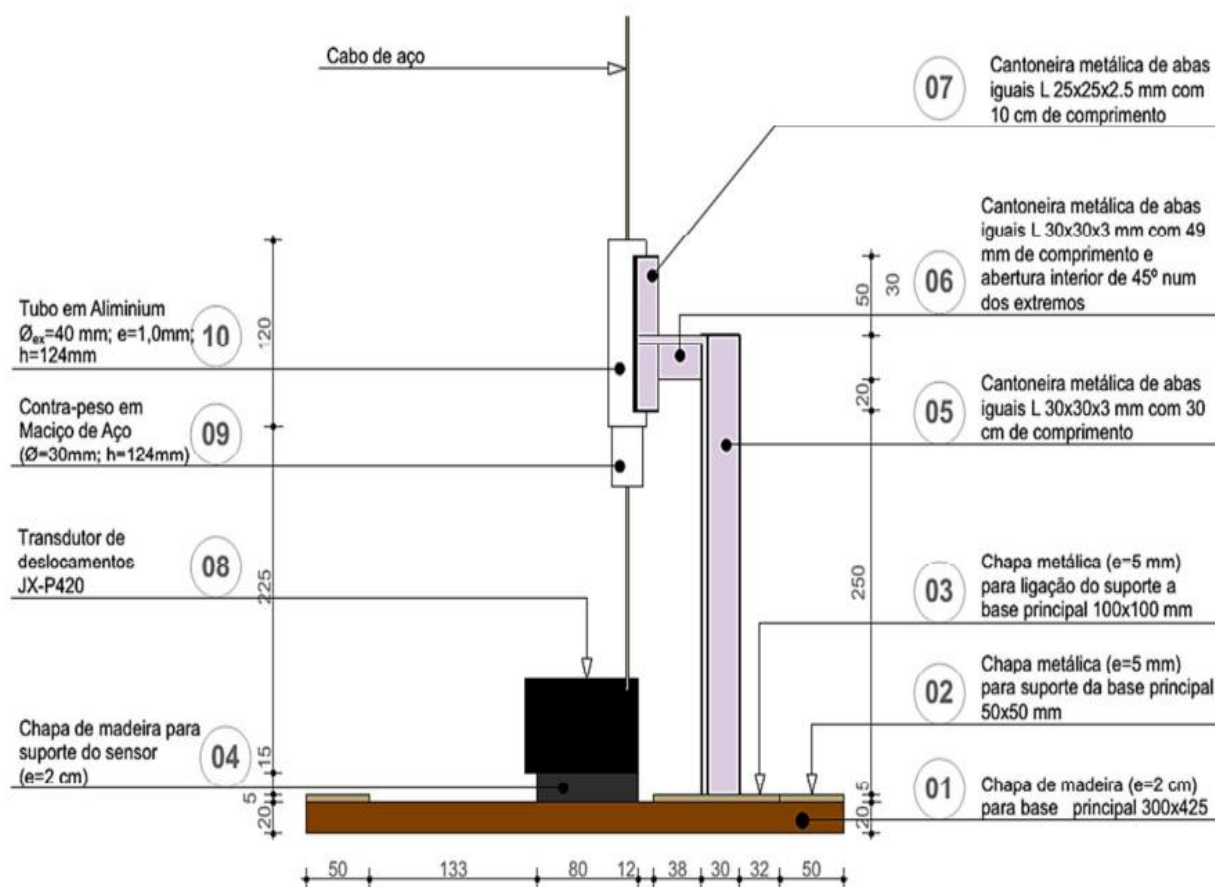

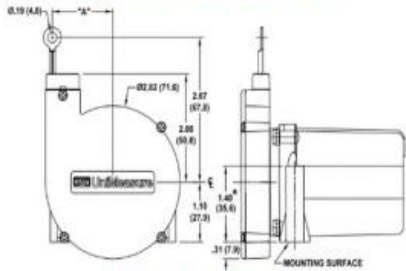


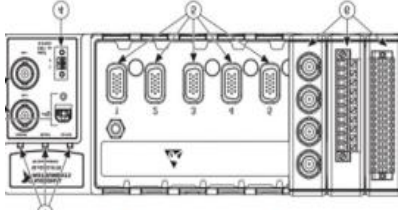



Figura 15. Descrição do transdutor para medição dos deslocamentos.

Tabela 5. Principais componentes do sistema de medição de deslocamentos.

Transdutor de deslocamentos	Aquisição do sinal	Processamento, armazenamento e visualização
  <p>Transdutor - JX-P420</p>	 <p>Chassis</p>  <p>Módulos</p>  <p>Data Logger - NI cDAQ-9178</p>	 <p>Computador</p>

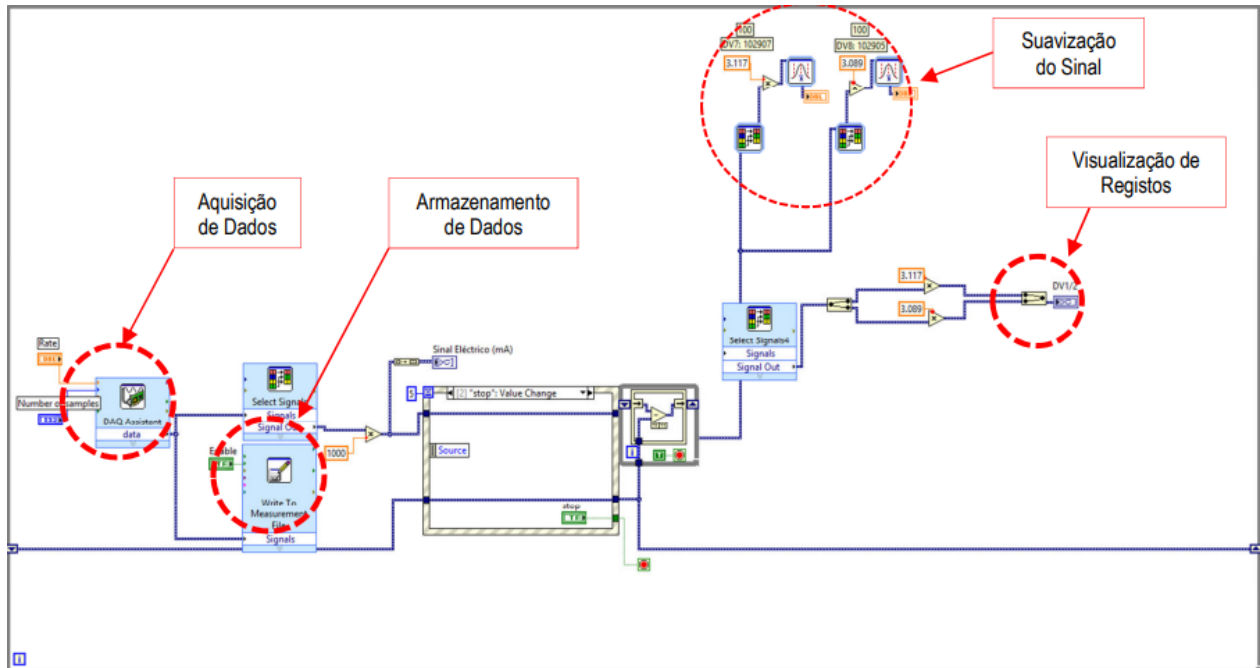


Figura 16. Linhas de programação em LabView.

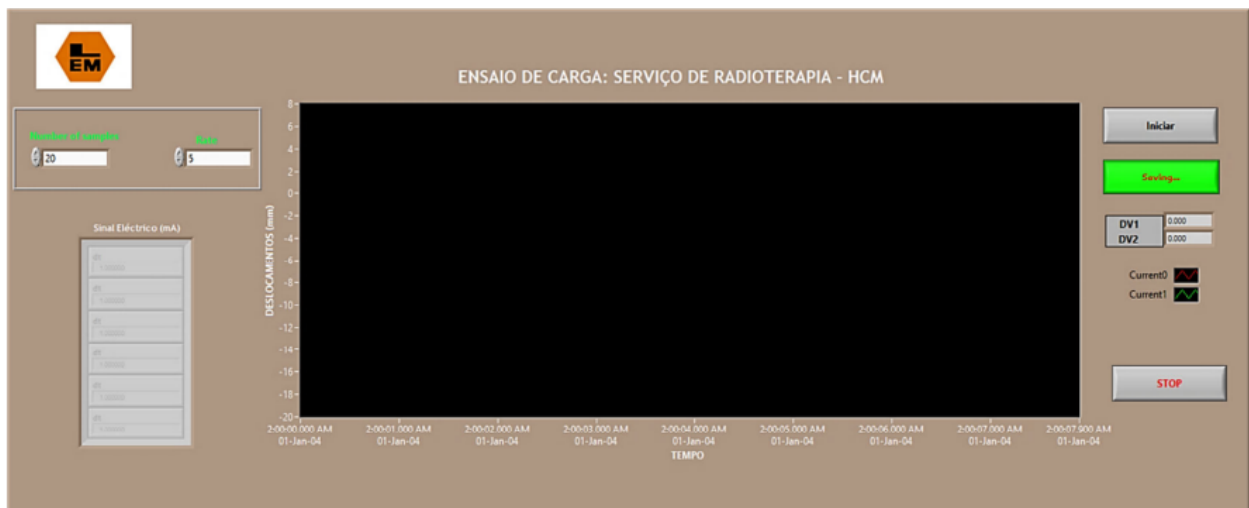


Figura 17. Interface gráfica para visualização de registos em tempo real.

## 4. CASOS DE ESTUDOS

### 4.1. Edifício Residencial

#### 4.1.1. Descrição da obra

O edifício em estudo localiza-se ao longo da avenida Marginal, no bairro Mapulene, Cidade de Maputo, cuja vista principal é ilustrada na Figura 18. Trata-se de um edifício com três pisos (rés do chão, primeiro andar e terraço acessível).



Figura 18. Vista geral do edifício.

#### 4.1.2. Problema identificado

O edifício em estudo apresenta na laje de cobertura (terraço acessível), as seguintes anomalias: fissuração por retracção e Infiltração, tendo o proprietário solicitado a caracterização do betão aplicado, por desconfiar ser de classe inferior ao requisitado.

#### 4.1.3. Ensaios de diagnóstico realizados

Para este propósito foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Detecção de armadura;
- ✓ Ensaio esclerométrico; e
- ✓ Extracção, rectificação e determinação da resistência à compressão de Carotes

#### 4.1.3.1. Determinação da resistência à compressão do betão

A avaliação da resistência à compressão do betão da laje do terraço foi feita com base na norma NP EN 13791 (2008), através do ensaio de carotes, extraídas nos pontos apresentados na Figura 19 (planta) e na Figura 20 (vista geral). Foram extraídas no total dez (10) carotes, tendo sido precedido da detecção das armaduras no topo da laje, para evitar o corte das mesmas.

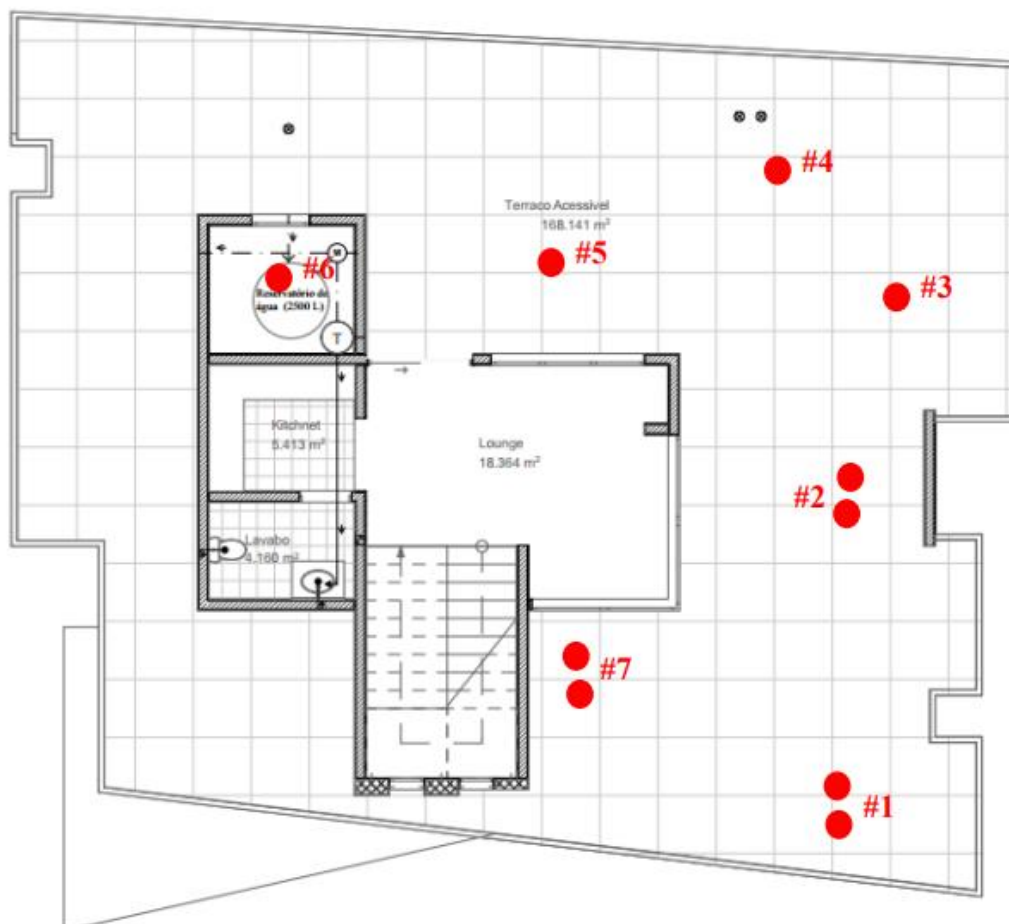


Figura 19. Localização em planta dos pontos e extração de carotes.



Figura 20. Vista geral dos pontos e extracção de carotes.



A Figura 21 ilustra o instante de (a) detecção de armaduras e de (b) extracção de uma carote.



(a)



(b)

Figura 21. (a) Detecção de armaduras e (b) Extracção de carotes.

Após a extracção e rectificação das carotes NP EN 12504-1 (2009), com altura igual ao diâmetro de 95 mm (Figura 22(a)), estas foram ensaiadas em laboratório para determinação da resistência à compressão (Figura 22(b)) (NP EN 12390-3, 2009).



(a)



(b)

Figura 22. (a) Carotes após rectificação e (b) Ensaio de determinação de resistência à compressão.

#### 4.1.3.2. Ensaio Esclerométrico

O esclerómetro é um instrumento usado para medir a dureza superficial do betão através de um índice esclerométrico (Figura 23), que posteriormente será correlacionada a resistência à compressão. Este ensaio foi realizado nos pontos onde foram extraídas as carotes.



Figura 23. Ensaio esclerométrico.

Os dados recolhidos do ensaio esclerométrico estão ilustrados na Tabela 7, o seu tratamento foi feito de acordo com a norma NP EN 12504-2 (2012). Em cada ponto foram feitas doze (12) leituras. Segundo a norma, NP EN 12504-2 (2012) se mais de 20% das leituras diferirem da mediana em mais de 30%, todo conjunto de leituras deve ser eliminado.

#### 4.1.4. Resultados

A Tabela 6 apresenta os resultados da resistência à compressão das carotes.

Tabela 6. Resultados dos ensaios à compressão em carotes extraídas.

Ref.	Provete	Massa [g]	Tensão de rotura Individual, $f_{is,i}$ [MPa]	Tensão média, $f_{m(n),is}$ [MPa]	Tensão mínima, $f_{is,menor}$ [MPa]	Resistência característica in situ, $f_{ck,is}$ [MPa]	Resistência característica Padrão, $f_{ck,is}$ [MPa]
1	1.1	1418	24,88	<b>23,55</b>	<b>21,94</b>	<b>18.55</b>	<b>21.82</b>
	1.2	1443	24,76				
2	2.1	1397	21,94				
	2.2	1400	24,95				
3	3.1	1416	23,16				
4	4.1	1395	23,18				
5	5.1	1442	25,97				
6	6.1	1410	22,13				
7	7.1	1420	22,30				
	7.2	1428	22,23				

A avaliação da resistência do betão apresentado na Tabela 6 foi realizada de acordo com a abordagem B da norma NP EN 13791 (2008) que preconiza o seguinte:

$$f_{ck,is} = \text{menor} \begin{cases} f_{m(n),is} - k = 23,55 - 5 = 18,55 \\ f_{is,menor} + 4 = 21,94 + 4 = 25,94 \end{cases}$$

$$f_{ck,cubo} = \frac{f_{ck,is}}{0,85} = \frac{18,55}{0,85} = 21,82 \text{ MPa}$$

Ademais, foram observados padrões generalizados de fissuração no topo da laje, típica de retracção, devido a rápida perda de água do betão aquando do endurecimento. As fissuras se desenvolvem na sua maioria nos alinhamentos da armadura superior.

Os resultados do ensaio esclerométrico estão ilustrados na Tabela 7 e no ANEXO 1 constam as leituras. O valor médio da tensão característica resultante da correlação

com a curva de referência do fabricante é 25,15 MPa.

Tabela 7. Resultados do ensaio esclerométrico.

I.D	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	7.2
Mediana	50	45	47	44	44	48	47	40	46	47
Validação	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.	Vál.
Q	50	45	47	44	44	48	47	40	46	47
$f_{ck}$ [MPa]	30,53	24,02	26,44	22,89	22,89	27,74	26,44	18,89	25,20	26,44

#### 4.1.5. Conclusões e recomendações

- ✓ A tensão característica de resistência à compressão equivalente ao cubo é de 21,82 MPa, o que corresponde a um betão da classe B20.
- ✓ A fissuração no topo da laje constitui caminho preferencial de penetração da água pela laje, podendo causar infiltração e exposição de armaduras à corrosão, pelo que, recomenda-se que a impermeabilização da laje, principalmente por se tratar de terraço acessível.
- ✓ O ensaio esclerométrico apresenta resultados dependentes da calibração que neste caso não foi possível extrair do betão em estudo, os dados e os resultados obtidos são indicativos da resistência superficial à compressão. O valor médio da tensão característica obtido da curva de referência do fabricante excede àquele calculado através do ensaio das carotes, em 3,33 MPa.

## 4.2. Edifício de Escritórios

### 4.2.3. Descrição da obra

O edifício em estudo, ilustrado na Figura 24, localiza-se na baixa da cidade de Maputo. Trata-se de um edifício de 16 andares, de três blocos, separados por juntas de dilatação. As zonas de estudo foram a parte frontal do bloco central e traseira do bloco direito. Na parte central fez-se a avaliação da aderência do reboco às lajes através do ensaio de *Pull off* e na parte traseira fez-se a avaliação da ancoragem de varões roscados em paredes e lajes de betão para instalação de escada de emergência (metálica) ilustrada na Figura 25.



Figura 24. Vista Geral do edifício em estudo.



Figura 25. Vista Geral de escada de emergência.

#### 4.2.4. Problema identificado

O edifício apresentou problemas de aderência entre betão e argamassa de reboco no 14º andar. Então, devido a este problema houve a necessidade de se verificar a aderência dos restantes pisos.

Estando em curso a instalação de uma escada de emergência metálica, houve a necessidade de se verificar a ancoragem de varões roscados responsáveis pela ligação da escada ao edifício, fixos por meio de bucha química ao betão.

#### 4.2.5. Ensaio de diagnóstico realizados

Para estes propósitos foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Pull Off
- ✓ Pull Out

##### 4.2.5.2. Pull-Off

A avaliação da aderência do reboco ao substrato de betão foi realizada de acordo com a norma BS EN 1015-12 (2000). O ensaio consiste na realização de um corte diametral a camada de reboco e que atravesse inclusive o substrato (Figura 26(a)), onde na superfície de reboco é colado (por meio de uma resina) disco metálico a partir do qual é feito o arrancamento pela máquina de ensaio (Figura 26(b)).



(a)



(b)

Figura 26. (a) Corte diametral e (b) Ensaio Pull-off.

O ensaio foi realizado na face inferior das lajes na fachada frontal, do 3<sup>o</sup> andar a cobertura, tendo sido considerado três (3) pontos por cada laje, conforme os alinhamentos E-Esquerdo, C-Central e D-Direito (Figura 27). No 14<sup>o</sup> andar não foi realizado o ensaio pelo facto de aquela laje ter sido planeada a remoção e reposição de toda camada de reboco.

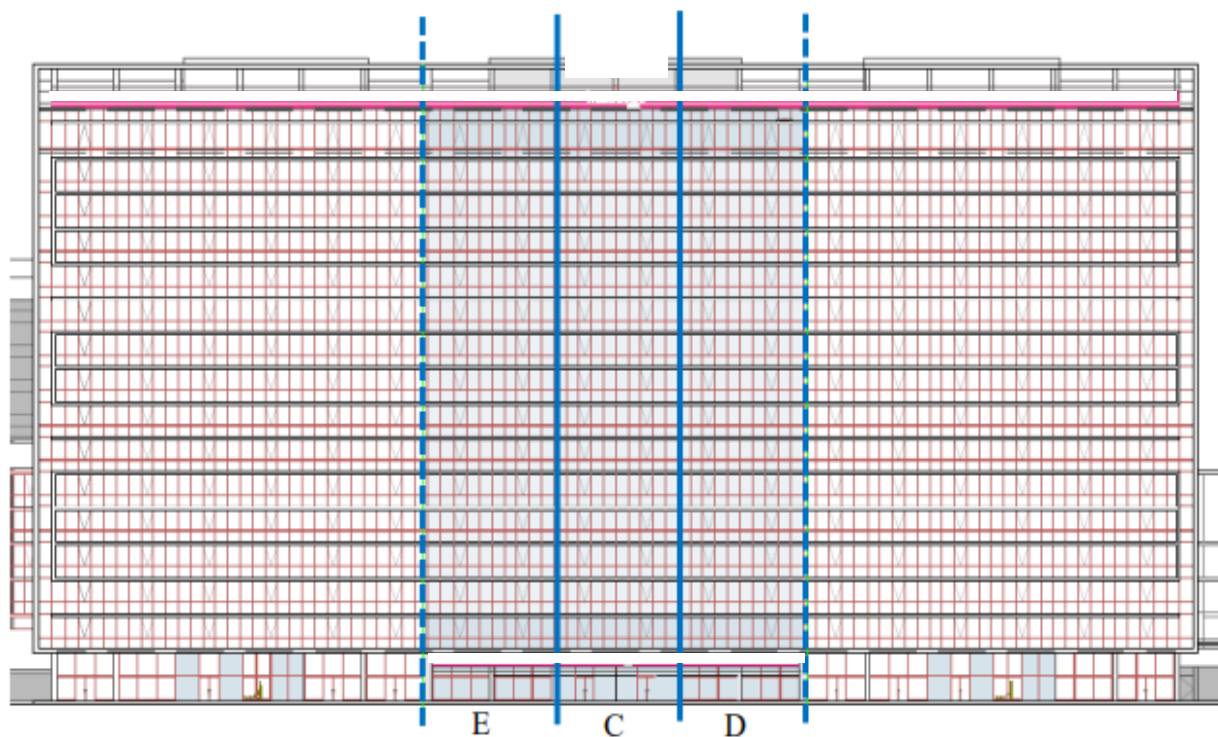


Figura 27. Definição dos alinhamentos E-Esquerdo, C-Central e D-Direito.

Na Figura 28 estão apresentados exemplos de dois modos de rotura, (a) por aderência e (b) por coesão na camada de reboco, respectivamente. Os exemplos referem-se aos pontos 10-D (10<sup>o</sup> andar, alinhamento direito) e Cobertura-E (Cobertura, alinhamento esquerdo). Nestes pontos, as tensões de rotura foram 0,75 e 0,34 MPa e espessuras da camada de reboco de 25 e 10 mm.





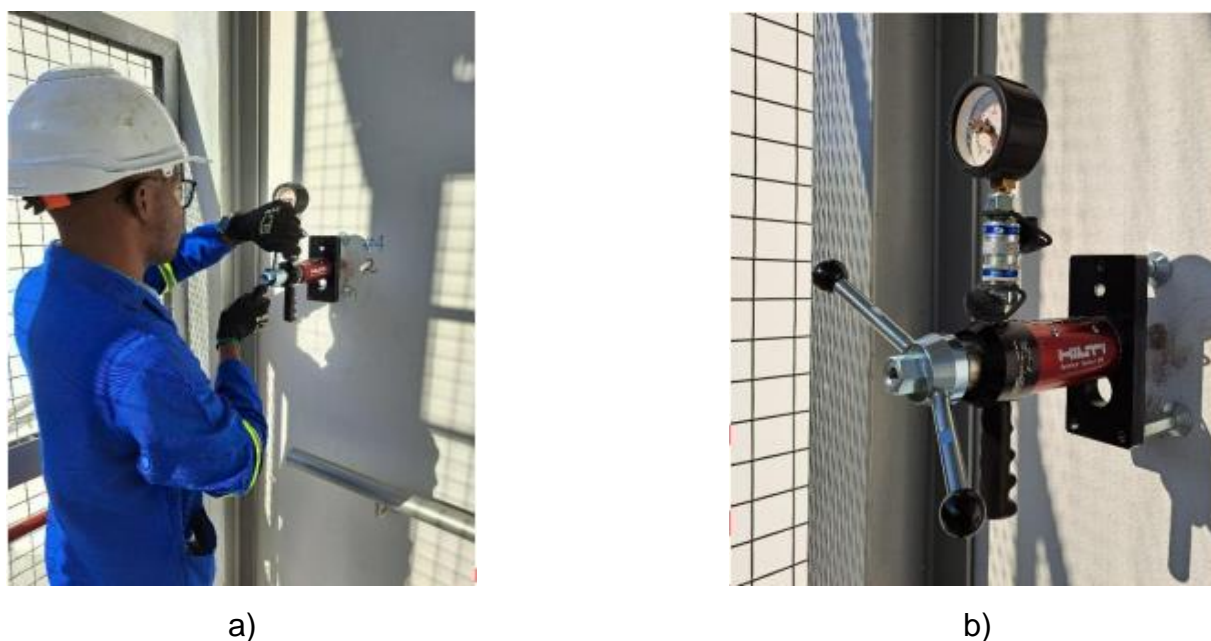
(a)

(b)

Figura 28. Rotura (a) por aderência e (b) coesão da camada de reboco.

#### 4.2.5.3. Pull-Out

O ensaio foi realizado com máquina de arrancamento conforme ilustrado na Figura 29, com capacidade de 25 kN (2,5 toneladas), tendo sido seleccionados 4 pontos.



(a)

(b)

Figura 29. (a) Realização do ensaio e (b) máquina de arrancamento.

Os quatro pontos seleccionados localizam-se na parede, nos seguintes andares: 14<sup>o</sup> andar (#1), 10<sup>o</sup> andar (#2), 6<sup>o</sup> andar (#3) e 2<sup>o</sup> andar (#4), conforme ilustrado na Figura 30.

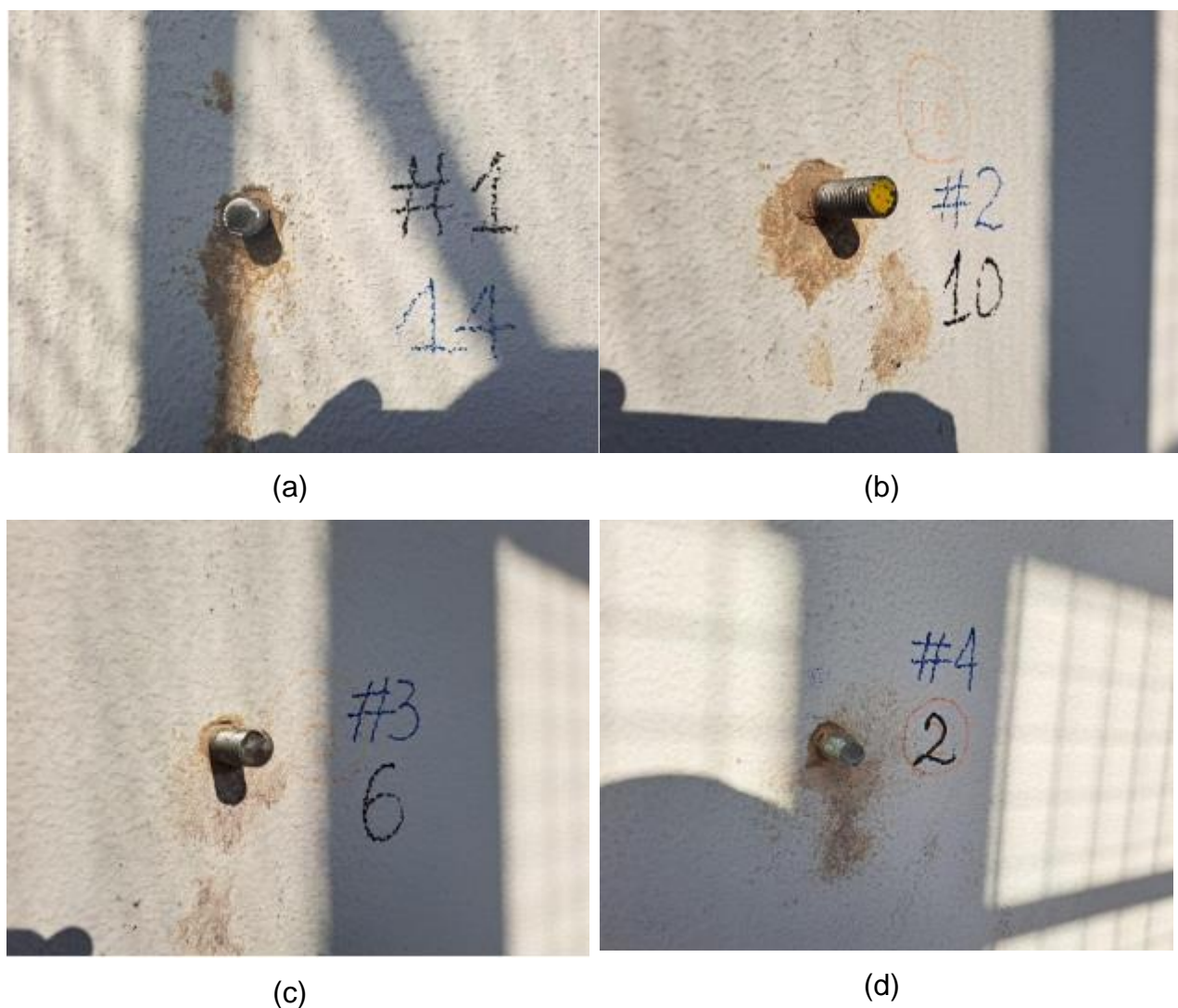


Figura 30. Pontos de ensaio: (a) #1-14<sup>o</sup> andar; (b) #2-10<sup>o</sup> andar; (c) #3-6<sup>o</sup> andar e (d) #4-2<sup>o</sup> andar.

#### 4.2.6. Resultados

A Tabela 8 apresenta os resultados do ensaio Pull-off. As células em branco referem-se a *outliers* ou valores indeterminados pela nulidade do ensaio.

Tabela 8. Resultados do ensaio de pull-off.

Piso	Alinhamento									Moda/Média			Mínimo		Máximo	
	E-Esquerdo			C-Central			D-Direito			[1]	[2]	[3]	[2]	[3]	[2]	[3]
	[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]	[1]	[2]	[3]	[2]	[3]	[2]	[3]
Cobertura	B	0,34	10	B	0,67	15	B	0,54	41	B (3/3)	0,52	22	0,34	10	0,67	41
16º andar	B	1,06	30	B	0,21	10	B	-	16	B (3/3)	0,64	19	0,21	10	1,06	30
15º andar	A	0,26	46	A	0,60	21	B	-	20	B (2/3)	0,45	29	0,29	20	0,60	46
14º andar																
13º andar	A	0,26	19	-	-	25	B	0,54	21	-	0,42	20	0,29	19	0,54	21
12º andar	B	0,65	19	B	0,62	23	B	0,54	17	B (3/3)	0,60	20	0,54	17	0,65	25
11º andar	B	0,36	14	B	1,11	27	A	0,13	11	B (2/3)	0,53	16	0,13	11	1,11	23
10º andar	B	0,29	19	B	0,44	18	A	0,75	25	B (2/3)	0,49	24	0,29	19	0,75	27
9º andar	B	0,34	12	B	-	34	B	-	-	B (3/3)	0,34	15	0,34	12	0,34	18
8º andar	B	0,80	12	B	-	34	B	0,21	25	B (3/3)	0,51	24	0,21	12	0,80	34
7º andar	B	0,21	14	B	0,54	29	A	0,26	25	B (2/3)	0,34	23	0,21	14	0,54	29
6º andar	B	0,41	25	B	0,39	29	B	0,44	30	B (3/3)	0,41	28	0,39	25	0,44	30
5º andar	B	0,44	26	B	-	11	B	0,65	23	B (3/3)	0,55	20	0,44	11	0,65	26
4º andar	B	0,70	30	A	-	42	B	-	-	B (2/3)	0,70	36	0,70	30	0,70	42
3º andar	-	-	-	A	0,54	18	B	-	20	-	0,54	19	0,54	18	0,54	20

Legenda:

[1]	Modo de Rotura	A	Rotura na interface betão/reboco
[2]	Tensão de rotura [MPa]		
[3]	Espessura do reboco [mm]	B	Rotura na camada de reboco

Os resultados do ensaio de arrancamento Pull-Out são apresentados na Tabela 9. As imagens da Figura 30 foram tiradas depois do ensaio.

Tabela 9. Resultados do ensaio de arrancamento Pull-Out.

Pontos	Andar	Diâmetro do varão [mm]	Força de arrancamento [kN]	Tensão normal sobre o varão [kPa]	Observação
#1	14 <sup>o</sup>	16	25	1562,5	Foi atingida a capacidade máxima de carga da máquina sem ocorrência da rotura.
#2	10 <sup>o</sup>	16	25	1562,5	
#3	6 <sup>o</sup>	16	25	1562,5	
#4	2 <sup>o</sup>	16	25	1562,5	

#### 4.2.7. Conclusões e recomendações

No ensaio de Pull Off, o modo de rotura o mais frequente (moda) foi o de **coesão na camada do reboco (B)** com cerca de 80% e 20% para a aderência na interface (A). Assim, os valores de tensão registados são iguais a (20%) ou inferiores (80%) a tensão de aderência do reboco à laje, com o mínimo de **0,13 MPa** (11-D) e máximo de **1,11 MPa** (11-C), com a média global de **0,50 MPa**. O mínimo de tensão de aderência para tecto (laje) segundo a norma NBR 13749: 1999 é de **0,20 MPa**, portanto, em termos globais aquele valor é satisfeito, excepto pelo ponto 11-D.

Em relação a camada de reboco, a espessura mínima registada foi de **10 mm** (10-C e Cobertura-E) e máximo de **46 mm** (15-E) a média global é de **22 mm**. A norma brasileira supracitada refere que o valor máximo é de **20 mm**, que é próximo do valor médio.

Assim, recomenda-se com excepção da laje 14º andar, que nenhuma intervenção seja necessária para as demais lajes.

Quanto ao ensaio de Pull Out, nenhum dano foi observado nos 4 pontos ensaiados, isto é, a bucha resistiu no mínimo uma carga de 25 kN (2,5 toneladas), valor este que deve ser comparado com as especificações do projecto (não se teve acesso) para a garantia de segurança.

### 4.3. Hospital Geral

#### 4.3.3. Descrição da obra

O edifício em estudo (Figura 31) localiza-se na av. Organização da Unidade Africana na Cidade de Maputo. Trata-se de um edifício com cave e rés-do-chão e compreende o bloco de um Hospital Geral.



Figura 31. Vista Geral do edifício em estudo.

#### 4.3.4. Problema identificado

Com a inspeção realizada identificaram-se as seguintes patologias:

- ✓ Infiltração;
- ✓ Fissuras na laje e paredes;
- ✓ Assentamentos (fundações).

#### 4.3.5. Ensaio de diagnóstico realizados

Para este propósito foram realizados os seguintes ensaios:

- ✓ Detecção de Armadura;
- ✓ Ensaio de Carga

##### 4.3.5.1. Detecção de armaduras

Foi realizado o ensaio de detecção de armaduras (Figura 32) que consistiu no mapeamento das armaduras principais, identificando os respectivos espaçamentos, recobrimento e diâmetro. Constatou-se que existem, fundamentalmente, no edifício dois tipos de lajes, nomeadamente, lajes aligeiradas de abobadilhas e vigotas pré-fabricadas e lajes maciças de betão armado. O padrão e direcção das armaduras das lajes são conforme ilustrados na Figura 33. Os resultados da sondagem de armaduras constam no Anexo 2.



(a). Detecção na face inferior da laje.

(b). Detecção na face superior da laje.

Figura 32. Instante de detecção de armadura nas lajes.

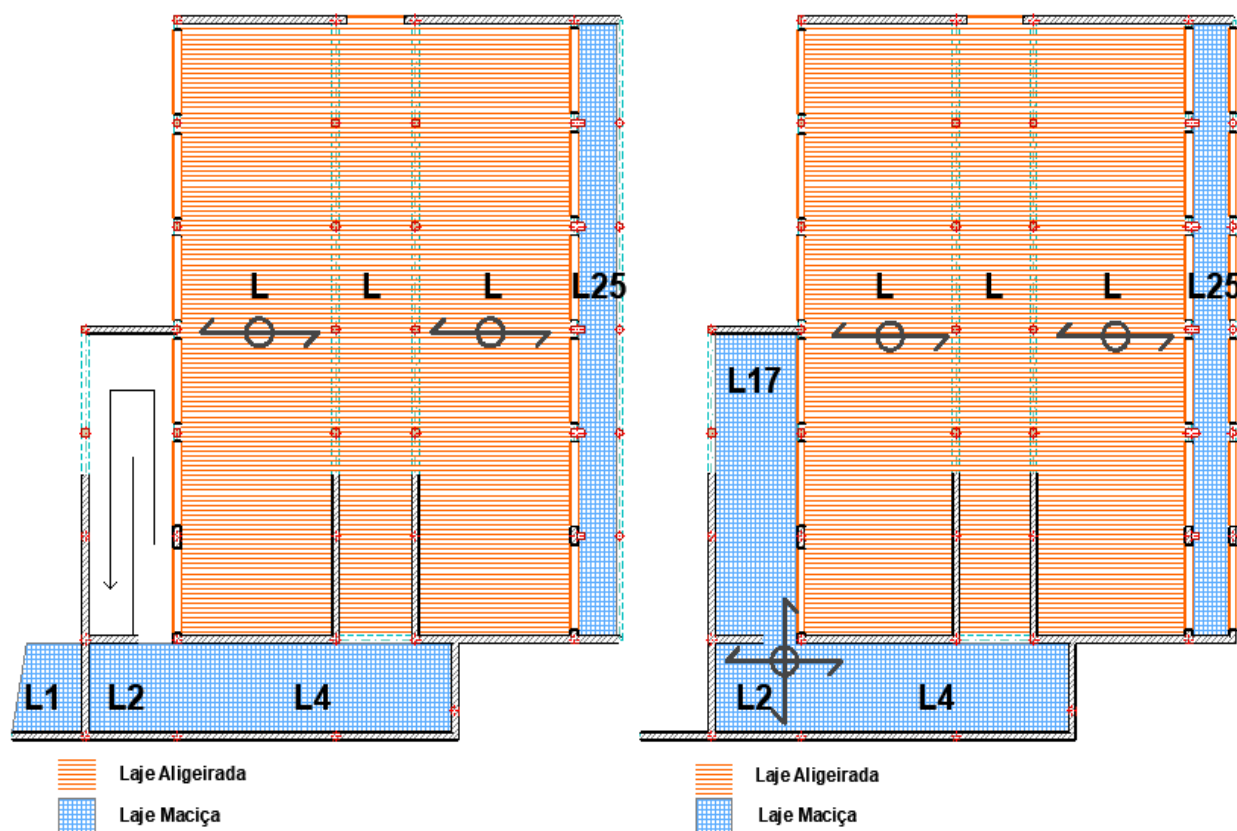


Figura 33. Mapa de tipologia de painéis de laje de Piso 2 e da cobertura.

#### 4.3.5.2. Ensaio de carga estático

Conduziu-se em obra o ensaio de carga com o objectivo de avaliar as flechas instaladas na laje com diferentes patamares de carregamento. A Figura 34 apresenta o carregamento da laje do 2º piso e da laje de cobertura.

Foram instalados três (3) transdutores eléctricos (Figura 35) para a medição de deslocamentos verticais do piso de R/C, a um quarto do vão (DV1) e no ponto médio da laje (DV2), e a meio vão do corredor (DV3) como ilustra a planta da Figura 36.





(a)



(b)

Figura 34 . (a) Carragmento da laje do 2º piso e (b) carregamento da laje de cobertura.



Figura 35. Sistema de medição das deformações do 2º piso.

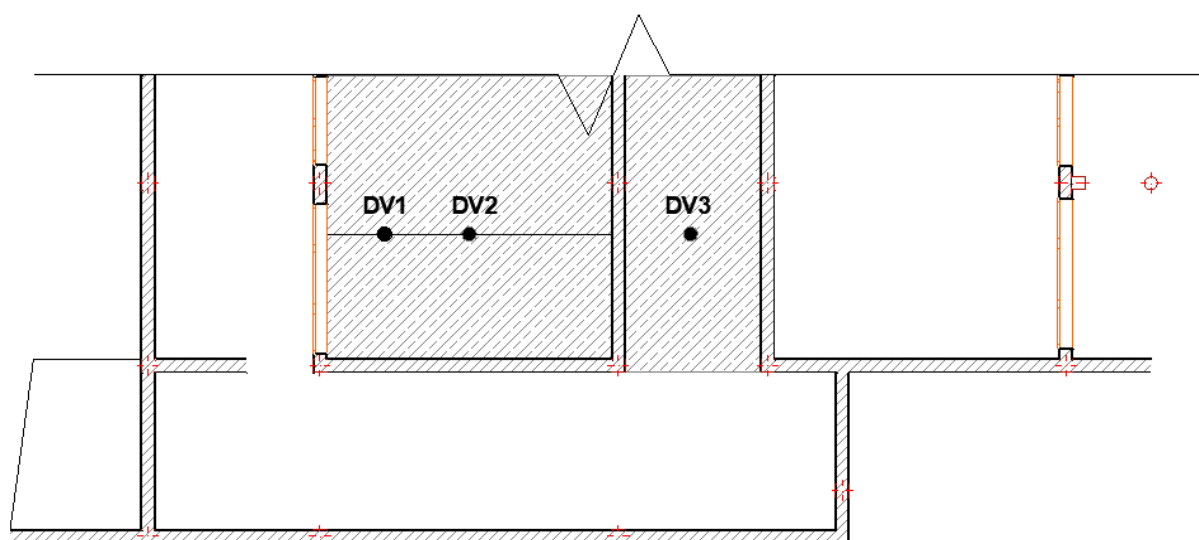


Figura 36. Pontos de medição das deformações do 2º piso.

Na Figura 37 e Figura 38 são ilustradas, respectivamente, o sistema de medição das deformações e os pontos de medição em planta da laje de cobertura.

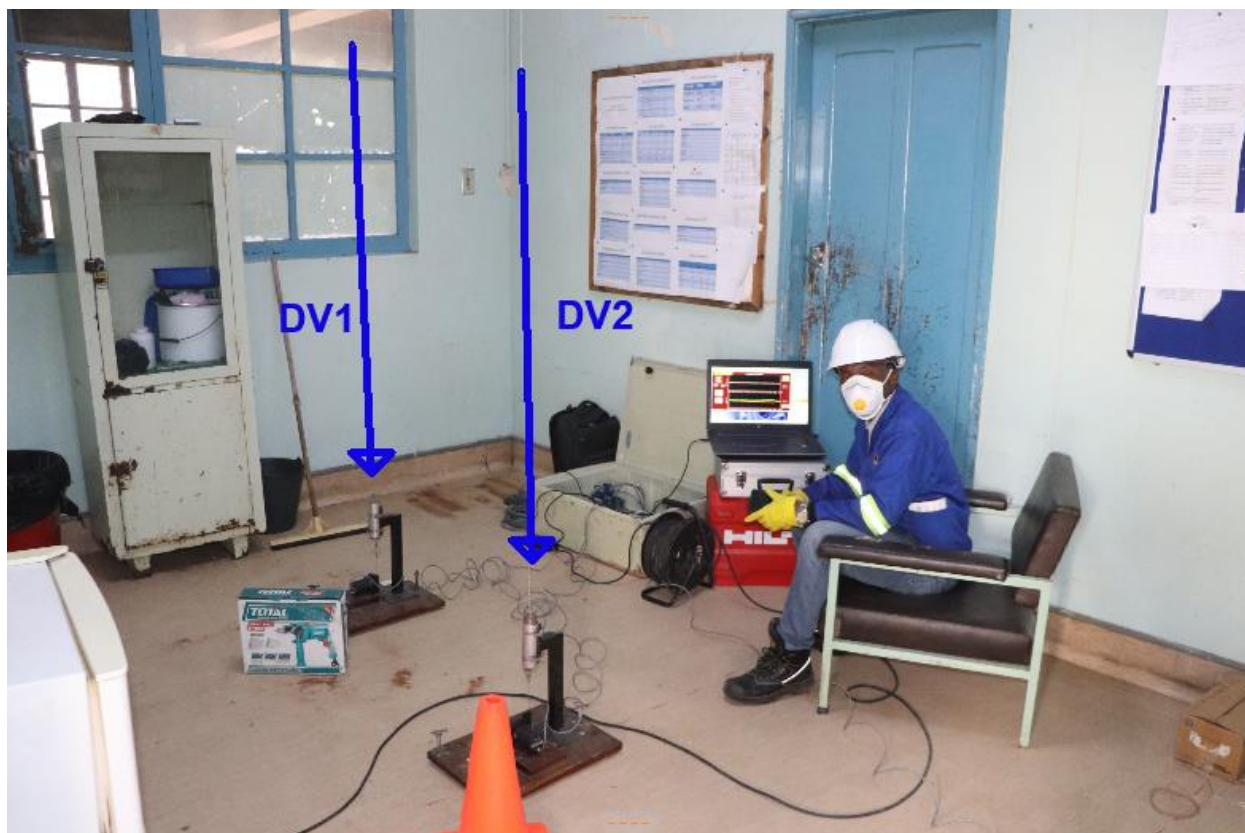


Figura 37. Sistema de medição das deformações da laje de cobertura.

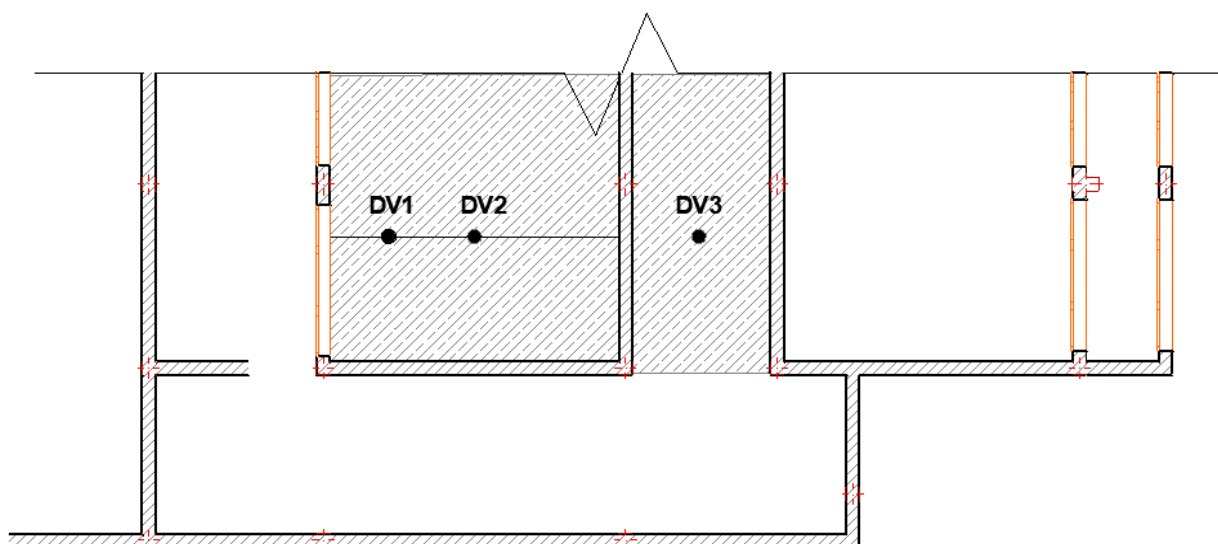


Figura 38. Pontos de medição das deformações da laje de cobertura.

### Metodologia do ensaio

O ensaio foi conduzido em três (3) fases conforme a Tabela 10. Correspondentes a 3 patamares de carga até atingir a carga máxima de 3,36 kN/m<sup>2</sup> no piso 2 e 2,24 kN/m<sup>2</sup> na laje de cobertura.

Tabela 10. Carga suspensa em cada fase do ensaio de carga.

Fase do ensaio	Números de sacos	Carga suspensa em (kN/m <sup>2</sup> )
1 <sup>a</sup>	22	1,12
2 <sup>a</sup>	44	2,24
3 <sup>a</sup>	66	3,36

### 4.3.6. Resultados

A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos no ensaio de carga realizado no piso de R/C. O valor máximo da flecha foi de 1,28 mm. Na Figura 39 apresenta-se a relação entre a carga e deslocamentos absolutos observados.

Tabela 11. Resultados de ensaio de carga: valor máximo.

Fase do carregamento	Carga suspensa (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha máxima absoluta (mm)
3 <sup>a</sup>	3,36	1,28

A verificação do estado limite de deformação consistiu na comparação entre os valores obtidos por meio do ensaio de carga e os limites de deformação preconizados no (REBAP).

$$\delta \leq \frac{L}{400} = \frac{5000}{400} = 12,5 \text{ mm}; 1,28 < 12,5 \text{ Verifica a segurança}$$

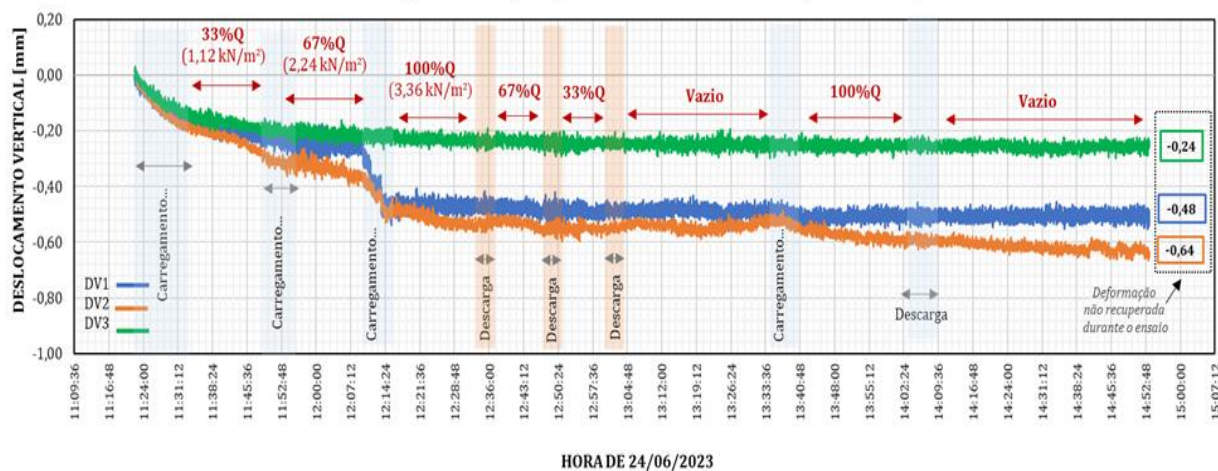


Figura 39. Relação entre a carga e deslocamento absoluto.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos no ensaio de carga realizado na cobertura. O valor máximo da flecha foi de 0,30 mm. Na Figura 40 apresenta-se a relação entre a carga e deslocamentos absolutos observados.

Tabela 12. Resultados de ensaio de carga: valor máximo.

Fase do carregamento	Carga suspensa (kN/m <sup>2</sup> )	Flecha máxima absoluta (mm)
2 <sup>a</sup>	2,24	0,30

A verificação do estado limite de deformação consistiu na comparação entre os valores obtidos por meio do ensaio de carga e os limites de deformação preconizados no (REBAP).

$$\delta \leq \frac{L}{400} = \frac{5000}{400} = 12,5 \text{ mm}; 0,30 < 12,5 \text{ Verifica a segurança}$$

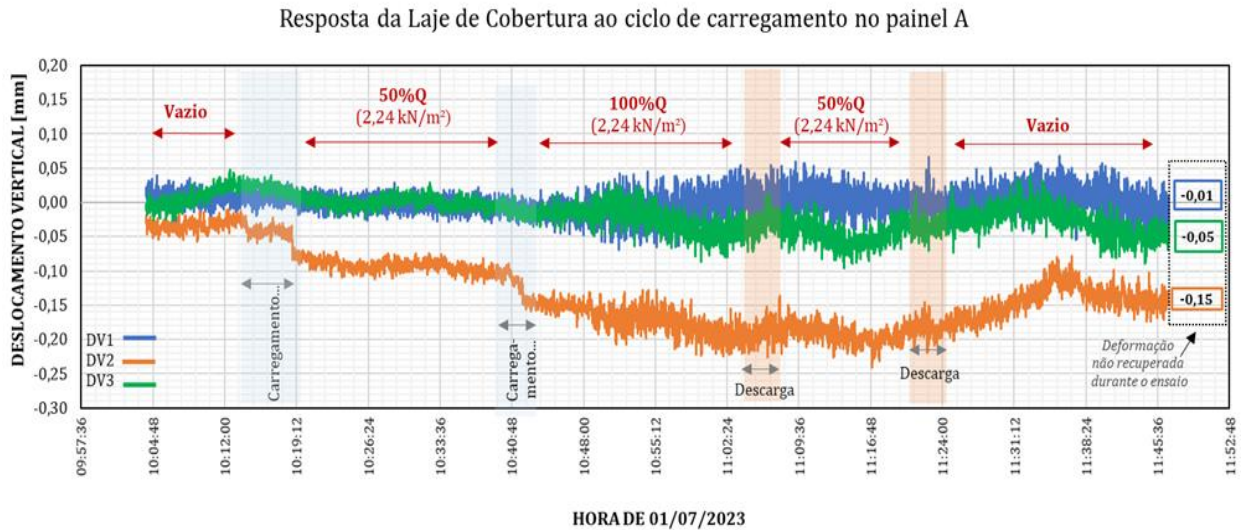


Figura 40. Relação entre a carga e deslocamento absoluto.

#### 4.3.7. Conclusões e recomendações

Feita a análise da segurança estrutural das lajes, conclui-se que:

- ✓ A estrutura apresenta-se estável e segura e durante o ensaio as lajes não apresentaram nenhuma fissura.
- ✓ Apresentam deslocamentos muito reduzidos, o que justifica a falta de recuperação imediata das deformações durante o ensaio.

## **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. Conclusões**

Neste trabalho foram abordados os principais ensaios de diagnósticos realizados *in situ*, de modo a auxiliar na tomada de decisão sobre as intervenções a realizar.

Com o acompanhamento de actividades realizadas durante o período de estágio e a realização do presente trabalho, foi possível concluir que, um dos principais elementos a aferir nas estruturas existentes de betão armado são as propriedades mecânicas.

### **5.2. Recomendações**

Mediante o acompanhamento de actividades realizadas em estruturas existentes de betão armado, de modo a prolongar a vida útil, recomenda-se maior participação da instituição LEM, IP, nas actividades de qualidade dos materiais de construção, uma vez esta instituição dispõe de um laboratório equipado e pessoal qualificado para o efeito.

Para resolver problemas de infiltração por retracção recomenda-se a colocação de aditivos plastificantes durante a preparação do betão, que por sua vez reduz a quantidade de água e cimento necessário e ainda obter betão de qualidade.

Para evitar algumas patologias que surgem por má execução nos revestimentos de argamassas e seu substrato de aderência, recomenda-se aplicação do chapisco com o período de cura de 3 dias antes do início da realização da argamassa de emboço.

Recomenda-se a manutenção periódica em estruturas de betão (pintura e impermeabilização) de modo que os agentes agressivos sejam controlados ex: Carbonatação, degradação e corrosão das armaduras.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Appleton, J., & Costa, A. (2002). Estruturas de Betão I - Propriedades dos Materiais .
- [2] BS EN 1015-12. (2000). Methods of test for mortar for masonry-Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortar on substrates. BSI.
- [3] CEN/TC 250. (2015). Document CEN/TC 250 N 1247: New European Technical Rules for the Assessment and Retrofitting of Existing Structures.
- [4] Félix, M. A. (2016). Inspeção e Diagnóstico de Edifícios de Betão Armado . Porto.
- [5] Gonçalves, F. R. (2008). Ferramentas de dimensionamento de estruturas em betão armado. Porto.
- [6] ISO 13822. (2010). Bases for Design of Structure-Assessment of Existing Structures.
- [7] Mabunda, R., & Dimande, A. (8 de Setembro de 2017). DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO EM ESTRUTURAS. 6496, p. 392.
- [8] NBR 13749. (1996). Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas-Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT.
- [9] NP EN 12390-3. (2009). Ensaio de betão endurecido-Parte: Resistência à compressão de provetes. Caparica: IPQ.
- [10] NP EN 12504-1. (2009). Ensaio do betão nas estruturas. Parte 1 Carotes-Estracção, exame e ensaio à compressão. Caparica: IPQ.
- [11] NP EN 12504-2. (2012). Ensaio do betão nas estruturas Parte 2: Ensaio não destrutivo Determinação do índice esclerométrico. Caparica: IPQ.
- [12] NP EN 12504-3. (2007). Ensaio do betão nas estruturas Parte 3: Determinação



da força de arranque. Caparica: IPQ.

- [13] NP EN 13791. (2008). Avaliação da resistência à compressão de betão nas estruturas e em produtos prefabricados. Caparica: IPQ.
- [14] REBAP. (2007). Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado. s.l. : Decreto-Lei nº349-c/83, de 30 julho e Dereto-Lei nº128-99, de 21 Abril. Porto Editora.
- [15] Rodrigues, J. J. (2017). Protecção e Reabilitação de Estruturas de betão Armado. Lisboa.
- [16] Sine, A. (2022). Avaliação de Desempenho de Estruturas de Betão Armado. Maputo.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 – Leituras do ensaio esclerométrico**

I.D	Índice Esclerométrico (Q)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1	46	46	46	48	49	50	50	51	52	54	55	55
1.2	39	39	41	42	44	44	46	48	49	50	52	52
2.1	43	44	44	45	46	47	47	48	48	48	49	51
2.2	40	41	42	42	43	44	44	45	46	46	50	63
3.1	42	43	43	43	43	44	44	44	44	46	48	50
4.1	45	46	46	47	47	47	48	48	48	50	51	53
5.1	40	43	45	46	46	46	47	47	47	47	48	48
6.1	38	38	40	40	40	40	40	41	41	42	43	45
7.1	38	40	43	44	44	46	46	47	48	49	49	54
7.2	42	44	44	45	45	46	47	48	49	52	54	54

**Anexo 2 – Resultado de detecção de armaduras**

Piso	02	Painel	Consola L1	Tipo de laje	Maciça			
Armadura de laje			<p>armadura longitudinal espaçadas a 25.9 cm</p> <p>armadura transversal espaçadas a 14.3 cm</p>					
Longitudinal (x-x)		Transversal (y-y)						
s	c	Ø				s	c	Ø
(mm)	(mm)	(mm)				(mm)	(mm)	(mm)
262		8				141		12
259		12				141		12
252		12				136		12
240		14				152		14
255		12				143		12
254		12						16
		20						
Valores médios		Valores médios						
259		12.8	143		13			
Piso	02	Painel	L2	Tipo de laje	Maciça			
Armadura de laje			<p>armadura longitudinal espaçadas a 11.7 cm</p> <p>armadura transversal espaçadas a 16.2 cm</p>					
Longitudinal (x-x)		Transversal (y-y)						
S	c	Ø				s	c	Ø
(mm)	(mm)	(mm)				(mm)	(mm)	(mm)
104		12				228		16
134		12				169		16
108		12				131		20
114		12				145		16
122		14				139		20
		14						8
Valores médios		Valores médios						
117		12.7	162		16			

Piso	02	Painel	L4	Tipo de laje	Maciça	
Armadura de laje				<p>armadura longitudinal espaçadas a 11.8 cm</p> <p>armadura transversal espaçadas a 18.3 cm</p>		
Longitudinal (x-x)		Transversal (y-y)				
s	c	Ø	s		c	Ø
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
112		14	185			20
104		14	225			16
120		12	227			20
111		12	116		14	
144		14	162		8	
		14			8	
Valores médios		Valores médios				
118		13	183		14.3	
Piso	02	Painel	L17	Tipo de laje	Maciça	
Armadura de laje				<p>armadura longitudinal espaçadas a 16.9 cm</p> <p>armadura transversal espaçadas a 15.2 cm</p>		
Longitudinal (x-x)		Transversal (y-y)				
S	c	Ø	s		c	Ø
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
189	30	16	153		-	8
160	30	8	170		-	8
156	30	10	144		-	12
157	30	12	141	-	8	
157	30	8		-	10	
192	30	12				
		8				
Valores médios		Valores médios				
169	30	10.6	152	-	12	

Piso	02	Painel	L25	Tipo de laje	Maciça		
Armadura de laje				<p>armadura longitudinal espaçadas a 14.7 cm</p> <p>armadura transversal espaçadas a 15.4 cm</p>			
Longitudinal (x-x)			Transversal (y-y)				
s	c	Ø	s			c	Ø
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)	(mm)
148		20	160			26	8
150		20	144			26	10
133		10	139	26	8		
166		12	150	26	8		
138		8	176	26	10		
		10			8		
Valores médios			Valores médios				
147			154				
13.3			8.7				
Piso	02	Painel	L	Tipo de laje	Aligeirada		
Armadura de vigotas		Armadura da lajeta			<p>vigotas espaçadas a 43,2 cm</p>		
		Longitudinal (x-x)	Transversal (y-y)				
S	c	Ø	S	c		Ø	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	
432	-	10	-	-		-	
	-	10	-	-		-	
Valores médios		Valores médios		Valores médios			
432		-		-			

Nota: A cobertura apresenta o mesmo mapa de tipologia de painéis da laje de cobertura.



**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP**

Departamento de Estruturas e Obras

**Procedimentos dos Ensaios**

**Anexo 3 – Procedimentos de ensaios**

**Extracção, rectificação e determinação da resistência à compressão de carotes de betão (NP EN 12504-1:2009)****Objectivos**

- ✓ Avaliar a resistência à compressão do betão “in situ”.

**Equipamentos e Ferramentas**

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Caroteadora</li><li>✓ Berbequim</li><li>✓ Acessorios de fixação da caroteadora</li><li>✓ Detector de Armaduras</li><li>✓ Prensa Hidráulica</li><li>✓ Balança</li><li>✓ Paquímetro/Régua</li><li>✓ Dispositivo medidor de planura</li><li>✓ Esquadro</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Pedra Abrasiva (Esmeril)</li><li>✓ Martelo</li><li>✓ Fita Métrica</li><li>✓ Marcadores</li><li>✓ Reservatório de água</li><li>✓ Extensão Eléctrica</li></ul> |
|---|--|







## LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP

Departamento de Estruturas e Obras

### Procedimentos dos Ensaios

#### Elementos que podem ser ensaiados

- |           |                       |
|-----------|-----------------------|
| ✓ Lajes   | ✓ Muros               |
| ✓ Vigas   | ✓ Fundações           |
| ✓ Pilares | ✓ Paredes Estruturais |

#### PROCEDIMENTOS

##### In Situ

- ✓ Procurar Identificar, utilizando um detector de armaduras a localização, o diâmetro e a profundidade (espessura de recobrimento) dos varões de aço de forma a efectuar a extracção da carote sem o corte de armaduras;
- ✓ Posicionar a caroteadora perpendicularmente ao elemento a analisar mantendo-a rígida, de forma a evitar a danificação da carote;
- ✓ Extrair a carote, garantindo a condução de água através de um tubo flexível até o equipamento, como forma de arrefecimento do equipamento;
- ✓ Referenciar as carotes e a posição em que foram extraídas.

##### Em Laboratório

- ✓ Faz-se uma inspecção do provete para identificar possíveis anomalias, tais como, existência de fissuras, armaduras e sua posição (longitudinal ou transversal) caso seja longitudinal rejeita-se a carote
- ✓ Tira-se dimensões actuais das carotes (altura, diâmetro), e as do varão (diâmetro, recobrimento superior e inferior);
- ✓ A carote é levada para máquina de corte de modo a obter provetes cilíndricos, comprimento igual ao diâmetro ( $h = \emptyset$ ) e marcar cada provete com sua respectiva referência.
- ✓ As carotes devem ser rectificadas de modo que as superfícies de topo fiquem planas e perpendiculares ao seu eixo, apresentando a relação entre comprimento e diâmetro segundo a norma ( $h = \emptyset$ );
- ✓ Determinar a massa de cada carote em gramas usando uma balança;
- ✓ Determinar a carga de rotura e tensão de rotura do provete na Prensa Hidráulica.



## LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP

Departamento de Estruturas e Obras

### Procedimentos dos Ensaios

**Ensaio não destrutivo: Determinação do índice esclerométrico nas estruturas de betão  
(NP EN 12504-2:2012)**

#### Objectivos

- ✓ Determinar a dureza superficial de betão endurecido.

#### Aparelhos

- ✓ Martelo Esclerométrico
- ✓ Pedra Abrasiva (Esmeril)
- ✓ Bigorna de Calibração
- ✓ Marcadores

#### Elementos que podem ser ensaiados

- ✓ Lajes
- ✓ Vigas
- ✓ Pilares
- ✓ Fundações
- ✓ Paredes Estruturais



#### PROCEDIMENTOS

##### Preparação para a visita a obra

- ✓ Fazer a calibração do aparelho com recurso a uma bigorna;



**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP**  
Departamento de Estruturas e Obras  
**Procedimentos dos Ensaios**

**In Situ**

- ✓ Verificar se a superfície do elemento a analisar apresenta-se limpa e lisa;
- ✓ O aparelho deve ser aplicado perpendicularmente ao elemento a analisar;
- ✓ O incremento de pressão deve ser constante até ocorrer o disparo da massa, quando é atingido o ponto máximo de compressão, obtendo-se assim o valor de índice esclerométrico;
- ✓ Faz-se o registo dos valores de índice esclerométricos na ficha.

**Zonas evitadas**

- ✓ Devem ser evitadas zonas que tenha ocorrido carbonatação do betão, que por sua vez aumenta a dureza do betão, o que se traduz numa estimativa incorrecta (e por excesso) da sua resistência à compressão;
- ✓ Evitar zonas com vazios, assim como zonas com agregados próximo da superfície, uma vez que o ensaio avalia o recobrimento superficial do betão e não a profundidade da secção que está a ser testada;
- ✓ Não se deve realizar o ensaio em superfície de reboco, o erro introduzido pode ser significativo, sendo o resultado obtido a resistência superficial do reboco;
- ✓ Superfícies húmidas devem ser evitadas, razão pela qual a resistência a compressão do betão pode ser, neste caso, por defeito.
- ✓ Durante a realização do ensaio, evitar recuos intermédios, os quais podem aumentar o impulso, sendo preferível recomeçar o ensaio da posição inicial;



## LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP

Departamento de Estruturas e Obras

### Procedimentos dos Ensaios

#### Ensaio de aderência Pull-Off

(Normas ISO 4624 – ASTM D 4541-85 e BS EN 1542:1999)

#### Objectivos

- ✓ Determinar a resistência á tracção do betão “in situ” nas estruturas de betão.

#### Equipamentos e Ferramentas

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| ✓ Detector de Armaduras  | ✓ Pedra Abrasiva (Esmeril) |
| ✓ Berbequim              | ✓ Disco/Pastilhas de teste |
| ✓ Aparelho de Arranque   | ✓ Martelo                  |
| ✓ Cola Epoxídica         | ✓ Fita Métrica             |
| ✓ Paquímetro             | ✓ Marcadores               |
| ✓ Broca craniana D=50 mm | ✓ Extensão Eléctrica       |
|                          | ✓ Rebarbadeira             |

#### Elementos que podem ser ensaiados

- |           |                       |
|-----------|-----------------------|
| ✓ Lajes   | ✓ Muros               |
| ✓ Vigas   | ✓ Fundações           |
| ✓ Pilares | ✓ Paredes Estruturais |





**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP**  
Departamento de Estruturas e Obras  
**Procedimentos dos Ensaios**

**PROCEDIMENTOS**

**In Situ**

- ✓ Identificar, utilizando um detector de armaduras, a localização, o diâmetro e a profundidade das armaduras Efectuar a marcação da zona de ensaio, a qual deve estar afastada da malha de armaduras;
- ✓ Realizar o corte diametral na superfície de teste usando um berbequim equipado com uma coroa craniana, assegurando que o furo seja executado perpendicularmente à superfície;
- ✓ Lixar a superfície a ensaiar com uma lixa apropriada, preferencialmente uma lixa fixada a rebarbadeira;
- ✓ Efectuar a remoção do pó;
- ✓ As superfícies em contacto (disco e a superfície de teste) devem encontrar-se secas antes de se proceder a colagem;
- ✓ Deve ser utilizada uma cola com características mecânicas adequadas, normalmente utiliza-se uma cola epoxídica que é colocada no disco e de seguida este é fixado na região do teste até atingir a colagem efectiva;
- ✓ O tempo de cura, é dependente do tipo de cola utilizado, e é especificado pelo fabricante;

Depois de se alcançar a cura, procede-se ao arrancamento da pastilha utilizando o aparelho de arranque;

- ✓ Regulariza-se o aparelho até alcançar a posição inicial, rodando a manivela no sentido anti-horário até encontrar uma ligeira resistência;
- ✓ Roda-se novamente a manivela no sentido horário com o objectivo de aliviar o sistema hidráulico;
- ✓ Conecta-se o aparelho ao parafuso já fixado no disco;;
- ✓ Gira-se a roda superior no sentido horário até alcançar uma ligeira resistência;
- ✓ Garantir que o aparelho esteja posicionado perpendicularmente a superfície a ensaiar, ajustando com auxílio do tripé do aparelho;
- ✓ Ligar o manómetro pressionando a tecla “SELECT”;



## LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP

Departamento de Estruturas e Obras

### Procedimentos dos Ensaio

- ✓ Para medição normal dever-se-á seleccionar “PEAK on”;
- ✓ Girar a manivela no sentido horário até que a força necessária seja alcançada ou que haja rotura na superfície a ensaiar.
- ✓ Sempre que terminar uma medição dever-se-á pressionar “ON” para nova medição ou para desligar o manómetro;
- ✓ Para efectuar nova medição o processo deverá ser repetido a partir do início.



## LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE, IP

Departamento de Estruturas e Obras

### Procedimentos dos Ensaios

#### Determinação da força de arranque (Pull-out)

(NP EN 12504-3 2007)

#### Objectivos

- ✓ Determinar da força de arranque de um dispositivo instalado no furo feito no betão endurecido.

#### Aparelhos

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| ✓ Aparelho de Arranque | ✓ Bucha química |
| ✓ Furadoras            | ✓ Varão roscado |
|                        | ✓ Martelo       |



#### Elementos que podem ser ensaiados

- |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| ✓ Lajes<br>✓ Vigas<br>✓ Pilares | ✓ Paredes Estruturais |
|---------------------------------|-----------------------|

#### PROCEDIMENTOS



**In Situ**

- ✓ A superfície a ser ensaiada deve apresentar-se lisa, limpa e seca;
- ✓ Faz-se um furo com auxílio dum furadora posicionada perpendicularmente ao elemento a analisar;
- ✓ Efectuar a remoção do pó no interior do furo;
- ✓ Introdução da bucha química no furo;
- ✓ Introduz-se o varão roscado na bucha química até ganhar resistência máxima;

Depois da fixação do varão roscado na bucha química, procede-se ao arrancamento do mesmo utilizando o aparelho de arranque:

- ✓ Conecta-se o aparelho ao varão roscado;
- ✓ Garantir que o aparelho esteja posicionado perpendicularmente a superfície a ensaiar, ajustando com auxílio do tripé do aparelho;
- ✓ Girar a manivela no sentido horário de modo alcançar a força necessária ou que haja rotura no elemento a analisar;
- ✓ As leituras são feitas no manómetro do aparelho.



