

N.º DOCUMENTO:	LTP-SCT-CMCI-CT152025-R00					
USUÁRIO:	CÂMARA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM					
TÍTULO DO PROJETO:	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO					
TÍTULO DA OBRA:	ELABORAÇÃO DE LAUDO DE ANÁLISE TÉCNICA ESTRUTURAL E PROJETO DE					
LAUDO TÉCNICO						
ÍNDICE DE REVISÕES						
Rev.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS					
0	Emissão preliminar					
	EMIÇÃO	REV.1	REV.2	REV.3	REV.4	REV.5
DATA:	11/08/2025					
EXECUÇÃO:	MARCILIO BRITO					
VERIFICAÇÃO:	MARCILIO BRITO					
APROVAÇÃO:	MARCILIO BRITO					

APRESENTAÇÃO

PROJECON - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA. apresenta este documento técnico referente à elaboração de laudo de avaliação do desempenho estrutural da edificação, análise sobre a possibilidade de aumento de carga com a inclusão de usina fotovoltaica e construção de um 4º pavimento do prédio Comendador Juarez Tavares Matta, no qual funciona a Câmara Municipal de Cachoeiro de Itapemirim/ES, situado na Praça Jerônimo Monteiro, 70, Centro, CEP: 29.302-170.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagem de satélite com a localização e identificação do Prédio em estudo – CMCI.....	5
Figura 2 – Fachada Lateral.....	5
Figura 3 : Médias climatológicas – Fonte Meteoblue	6
Figura 4 - Fluxograma dos passos para interpretação e análise patológica na edificação	8
Figura 5: Procedimento do ensaio de pacometria.....	10
Figura 6 - Procedimento do ensaio de potencial de corrosão.....	11
Figura 7: Procedimento do ensaio de Esclerometria.....	12
Figura 8: Cargas acidental e de revestimento.....	25
Figura 9: Carga adicional nas lajes – Drywall	25
Figura 10: Cargas de telhas e telhados.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de agressividades ambiental (CAA).....	7
Tabela 2: Classificação das anomalias e falhas	13
Tabela 3: Classificação das anomalias e falhas	13
Tabela 4: Matriz GUT	22
Tabela 5: Cobrimentos das armaduras	23
Tabela 6: Características do concreto	24
Tabela 7: Características da armadura passiva	24
Tabela 8:Parâmetro da ação do vento	26
Tabela 9: Coeficientes de ponderação das ações.....	26
Tabela 10: Combinações.....	27
Tabela 11: Demonstrativo de cargas na cobertura	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	4
3. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA E DO IMÓVEL	4
4. HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO	7
5. METODOLOGIA EMPREGADA	7
6. INSPEÇÕES VISUAL E DETALHADA.....	8
6.1 ENSAIO DE PACOMETRIA.....	9
6.2 POTENCIAL DE CORROSÃO	10
6.3 ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	11
6.4 ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	12
7. LEVANTAMENTO DOS CASOS PATOLÓGICOS, DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS E CORREÇÃO DOS PROBLEMAS.....	12
7.1 REGISTROS, DIAGNÓSTICO E AÇÕES CORRETIVA DAS ANOMALIAS E OREDEM DE PRIORIDADE DE CORREÇÃO DOS PROBLEMAS.....	14
7.1.1 <i>Matriz GUT</i>	22
8. AVALIAÇÃO TÉCNICA ESTRUTURAL.....	23
8.1 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	23
8.2 CARREGAMENTOS PREVISTOS DE AÇÕES PERMANENTES.....	24
8.3 AÇÕES PERMANENTES E VARIÁVEIS DIRETAS E INDIRETAS	25
8.3.1 <i>Carregamento das lajes</i>	25
8.3.2 <i>Para ações do vento</i>	26
8.4 AÇÕES DE CARREGAMENTO	26
8.5 COMBINAÇÕES DE AÇÕES PARA AS ESTRUTURAS DE CONCRETO	27
8.6 AVALIAÇÃO DA HIPÓTESE DE ACRÉSCIMO DO 4º PAVIMENTO	27
8.6.1 <i>Resultados dos cálculos</i>	28
8.6.2 <i>Vigas da cobertura</i>	30
1) ERRO D15 – ERRO NA ARMADURA PRINCIPAL (VÃO).....	30
2) ERRO D16 - ERRO NA ARMADURA NEGATIVA (NÓ XX)	30
8.7 AVALIAÇÃO DA HIPÓTESE DE MONTAGEM DO SISTEMA SOLAR.....	39
9. ANÁLISES DOS RESULTADOS	41
10. RECOMENDAÇÕES	43
10.1 TRINCAS NO PISO EXTERNO.....	43
10.1.1 <i>Preparação do local</i>	43
10.1.2 <i>Técnicas de reparo</i>	43
11. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	44
ANEXO I – RELATÓRIO Nº LT-PAC-CMCI-CT152025-R00– ENSAIO DE PACOMETRIA	44
ANEXO II – RELATÓRIO Nº LT-ESC-CMCI-CT152025-R00– ENSAIO DE ESCLEROMETRIA;	44
ANEXO III – RELATÓRIO Nº LT-EPT-CMCI-CT152025-R00 – ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO;.....	44
ANEXO IV – RELATÓRIO Nº LT-ECB-CMCI-CT152025-R00– ENSAIO DE CARBONATAÇÃO.	44

1. INTRODUÇÃO

Este documento refere-se ao contrato nº 15/2025 e está registrado sob a responsabilidade técnica nº 0820250137338 no CREA-ES. O estudo envolve as etapas de vistoria da edificação, avaliação do estado de conservação, levantamento cadastral, levantamento e classificação das anomalias e análise estrutural para as propostas de acréscimo de carga na edificação e adoção de medidas corretivas.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para desenvolvimento deste trabalho foi fornecido pelo cliente:

- Projeto de arquitetura, elaborado pela empresa ML Engenharia & Projetos, pranchas 01 a 26, datado de setembro/2022;
- Projeto Estrutural de Reforma e Acessibilidade, contemplando a Escada, Fundação do Elevador e Muro de Contenção, elaborado pela empresa ML Engenharia & Projetos, totalizando 10 pranchas, datado de setembro/2022;
- Projeto Estrutural de Reforma e Acessibilidade, elaborado pela empresa ML Engenharia & Projetos, pranchas 01 a 08, datado de setembro/2022;
- Relatório Técnico de Sondagem de Simples reconhecimento do Solo com SPT – NBR6484/2020, 03 furos, elaborado pela Rio-Minas Geologia Ltda, de autoria do geólogo Daniel Bravo, CREA ES 011.795/D, datado de 6 de janeiro de 2023;

3. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA E DO IMÓVEL

A estrutura analisada é do tipo aperticada, composta por pilares, vigas e lajes maciças, todos em concreto armado. A edificação, destinada ao uso comercial, possui área total construída de 2.053 m², distribuída entre o térreo e os 1º, 2º e 3º pavimentos. O sistema de cobertura é formado por estrutura de madeira e telhas metálicas de alumínio.

A localização e fachada da edificação estão ilustradas nas Figuras 1 e 2.



Figura 1- Imagem de satélite com a localização e identificação do Prédio em estudo – CMCI
Fonte: Google Maps

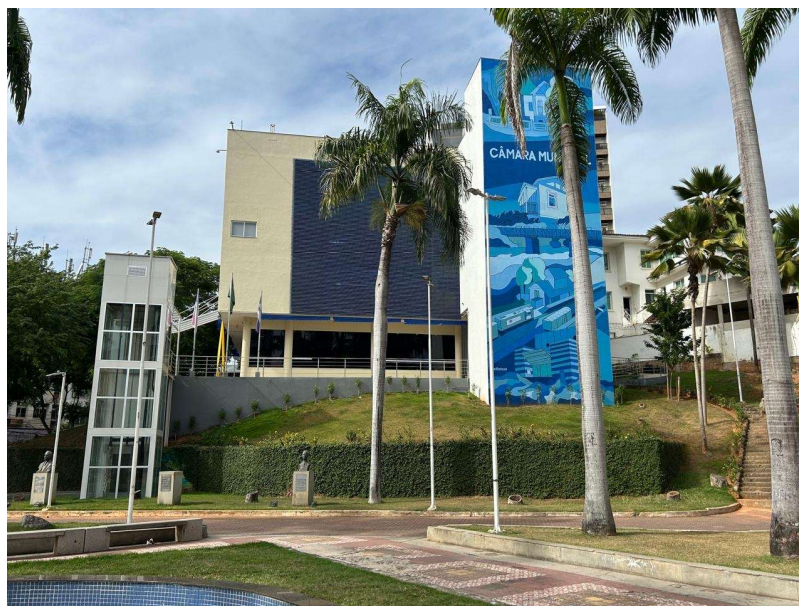


Figura 2 – Fachada Lateral

A edificação está situada em uma região cujas médias climatológicas foram calculadas com base em uma série de dados de 30 anos (1961-1990). Essas informações permitem identificar os períodos mais chuvosos e secos, bem como as variações de temperatura ao longo do ano. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual varia entre 19,5°C e 30,1°C. A umidade relativa do ar oscila entre 76,0% e 81,0%, com média de 78,6%. A precipitação mensal varia de 25,1 mm a 171,5 mm, resultando em um total anual de 1.086,3 mm, caracterizando um clima tropical, com verões úmidos e quentes.

A Figura 3 ilustra as médias climatológicas da região, evidenciando que o gradiente térmico médio anual se mantém em torno de 8,5°C. A precipitação durante a metade do ano é inferior a 80 mm. Além disso, a região apresenta um baixo gradiente climatológico, o que configura um ambiente de agressividade fraca à deterioração de estruturas. Essa classificação está de acordo com a proposição do CEB (1992) e com a norma ABNT NBR 6118:2014, item 6.4.2, sendo enquadrada na Classe I (agressividade fraca), conforme a Tabela 1 – Classes de Agressividade Ambiental (CAA).

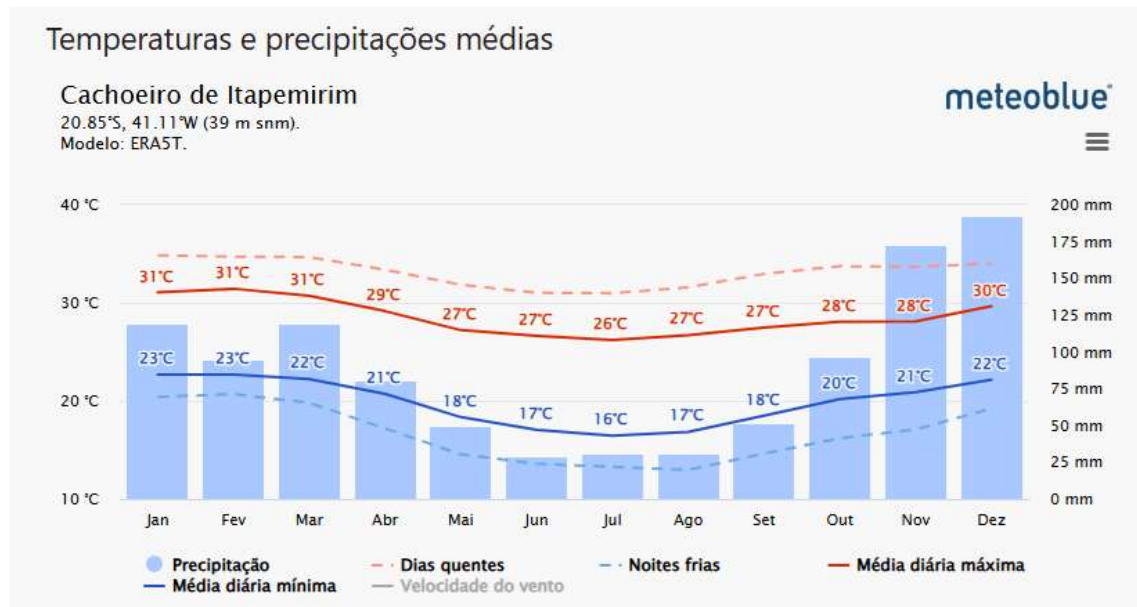


Figura 3 : Médias climatológicas – Fonte Meteoblue

Tabela 1 - Classes de agressividades ambiental (CAA)

Classe de Agressividade ambiente	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^{1),}	Grande
		Industrial	
I V	Muito forte	Industrial ^{1), 2)}	Elevado
		Respingo de maré ^{1), 3)}	
1) Pode-se admitir um microclima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
2) Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais brando em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes das estruturas protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.			
3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazém de fertilizantes, indústrias químicas.			

4. HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO

O edifício-sede da Câmara Municipal de Cachoeiro de Itapemirim é uma construção do século passado, erguida por volta da década de 1950, com idade aproximada de 73 anos. Além de seu valor histórico, apresenta uma série de desafios técnicos decorrentes de sua longevidade e das diversas intervenções internas realizadas ao longo dos anos. Ao longo do tempo, a edificação passou por várias alterações de layout, utilizando-se materiais leves para não sobrecarregar a estrutura, preservando sempre os elementos estruturais originais (lajes, vigas e pilares). Mais recentemente, visando atender aos critérios de acessibilidade, foram construídos uma escada lateral e um acesso por elevador ao pavimento térreo.

5. METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia adotada neste trabalho segue padrões normativos, que visando a avaliação do desempenho da edificação, por meio de inspeção visual e detalhada, dos registros das anomalias, pode-se avaliar o desempenho da edificação. Para análise de acréscimo de carga, foi realizada a modelagem do pavimento de cobertura, para análise estrutural, com a criação de mais um pavimento e avaliação da montagem de placas fotovoltaicas. Além disso, são analisados os mecanismos e as causas dos problemas das anomalias e avaliação dos elementos

estruturais para a nova situação de carregamento, possibilitando a definição precisa das medidas corretivas necessárias para solução das anomalias e análise conclusiva da capacidade estrutural da cobertura para nova proposta de arquitetura e sistema solar.

A Figura 4 apresenta o fluxograma dos passos adotados para a interpretação e análise das patologias na edificação.

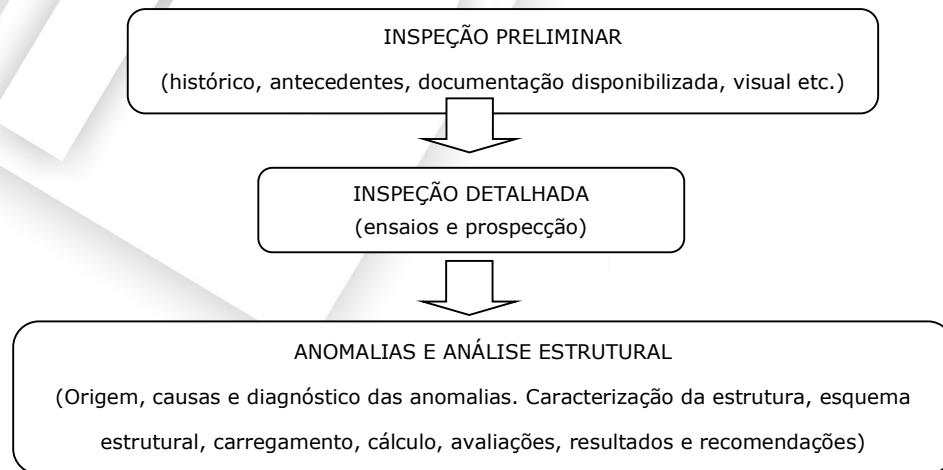


Figura 4 - Fluxograma dos passos para interpretação e análise patológica na edificação

6. INSPEÇÕES VISUAL E DETALHADA

Os trabalhos foram iniciados com a anamnese, seguida da análise dos projetos de arquitetura, e, vistoria preliminar. Em seguida, realizou-se a inspeção visual dos componentes estruturais da superestrutura para o cadastramento das anomalias e não conformidades, além da definição dos locais para a realização dos ensaios, visando obter a melhor representatividade do conjunto. A inspeção detalhada foi realizada por meio de ensaios de campo, essenciais para a adequada caracterização da estrutura, abrangendo:

- Cadastramento das estruturas através de ensaios de pacometria;
- Verificação do cobrimento das armaduras;
- Determinação do potencial de corrosão das armaduras;
- Determinação estimativa da tensão característica do concreto a compressão através do Esclerômetro de Schmidt;
- Determinação da profundidade da frente de carbonatação;

A análise da capacidade de carga da edificação, considerando a situação futura com a proposta de acréscimo de mais um pavimento e a possível instalação de um sistema de geração solar, foi realizada a partir dos esforços obtidos no modelo computacional elaborado com base no levantamento de campo das estruturas da cobertura. Foram realizadas diversas simulações de carregamento, conforme segue:

- Cargas permanentes sem finalidade estrutural tais como espessuras de contrapisos, paredes, drywall e outros elementos de composição da arquitetura;
- Cargas variáveis: carga de uso e ocupação e vento;
- Temperatura (variação térmica);

6.1 Ensaio de Pacometria

O levantamento visual das estruturas foi realizado nos elementos da cobertura, para verificação da capacidade portante dos elementos e viabilidade de criação de mais um pavimento. A verificação dimensional geral dos elementos estruturais foi complementada por ensaios de pacometria.

A pacometria é uma técnica não destrutiva amplamente empregada em diagnósticos de engenharia, utilizada para localizar armaduras e identificar materiais construtivos não visíveis no interior dos elementos de concreto, sem a necessidade de danificá-los. Essa metodologia permite avaliar a posição, o espaçamento e o diâmetro das armaduras, contribuindo para uma análise mais precisa da integridade estrutural.

Neste estudo, para realização do ensaio, foi utilizado o equipamento Wallscanner, modelo D-Tect 200C Profissional da Bosch. Os ensaios foram realizados em pilares, vigas e lajes, sendo necessário em alguns casos a prospecção de elementos para complementação das informações das armaduras.

A Figura 5 ilustra o procedimento do ensaio, e os resultados estão anexos a este documento no relatório nº LT-PAC-CMCI-CT152025-R00.



Figura 5: Procedimento do ensaio de pacometria

6.2 Potencial de corrosão

Para avaliar a presença de corrosão das armaduras foram feitos ensaios com utilização de semipilha, através da medição dos potenciais eléctricos da superfície do concreto, relativamente a um eléctrodo de referência. Esse tipo de ensaios permite identificar áreas em que a corrosão está presente ou prestes a verificar-se antes de os seus efeitos se tornarem visíveis. Essa técnica permite localizar as áreas onde o concreto armado precisa ser reparado ou protegido, minimizando assim os seus custos de intervenção. O método utilizado neste ensaio segue o padrão da ASTM C 87, um voltímetro de alta impedância ($> 10 \text{ M}\Omega$), o resultado obtido é também conhecido por potencial eletroquímico ou potencial de corrosão da armadura no concreto. A Figura 6 ilustra o procedimento do ensaio e os resultados estão em anexos a este documento no relatório de nº LT-EPT-CMCI-CT152025-R00



Figura 6 - Procedimento do ensaio de potencial de corrosão

6.3 Ensaio de esclerometria

Na avaliação da resistência do concreto por meio da dureza superficial, adotou-se o método prescrito na ABNT NBR 7584:2012. Para a obtenção do índice esclerométrico médio, foi utilizada uma malha de dezesseis pontos para cada local de ensaio. Os resultados são apresentados como média aproveitável de cada ponto ensaiado, expressa em porcentagem de reflexão. O índice esclerométrico médio guarda relação direta com a resistência à compressão do concreto — propriedade de grande importância para a avaliação do material quanto ao comportamento mecânico, à homogeneidade de execução da estrutura e à durabilidade. Os ensaios de esclerometria indicaram que a resistência à compressão do concreto empregado na obra superou o valor característico adotado à época da construção. Os resultados estão em anexos a este documento no relatório de nº LT-ESC-CMCI-CT152025-R00

A Figura 7 mostra o procedimento do ensaio.



Figura 7: Procedimento do ensaio de Esclerometria

6.4 Ensaio de Carbonatação

Para determinação da frente de carbonatação foram realizados ensaios com indicadores químicos e colorimétricos, do tipo solução alcoólica de fenolftaleína, aplicada por spray sobre uma prospeção recém-fraturada. Utilizando-se solução alcóolica de fenolftaleína a 1% através do CPC-18 da RILEM. O ensaio foi realizado nos pilares, nos ambientes externo e interno da edificação. Os resultados estão em anexos a este documento no relatório de nº LT-ECB-CMCI-CT152025-R00.

7. LEVANTAMENTO DOS CASOS PATOLÓGICOS, DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS E CORREÇÃO DOS PROBLEMAS

As vistorias foram realizadas no período de 7 a 10 de julho de 2025, ocasião em que foram inspecionados, de forma visual e detalhada, os componentes estruturais da edificação. Nesse processo, foram identificadas algumas anomalias e não conformidades, devidamente registradas por meio de fotografias digitais e apresentadas nos quadros a seguir.

As anomalias observadas foram classificadas de acordo com o diagnóstico técnico preliminar. De modo geral, foram identificadas trincas nos pisos externos do pavimento térreo, além de

falhas e/ou vícios no sistema de cobertura. Conforme os diagnósticos apresentados, tais manifestações patológicas não comprometem a estabilidade global da edificação.

A classificação das anomalias e falhas seguiu os critérios estabelecidos pela Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE Nacional, 2012), NBR 16747:2020 - 16.747 e pela ABNT NBR 13752:1996), considerando sua origem – Endógena, Exógena, Natural ou Funcional – e o grau de risco associado – Crítico, Médio ou Mínimo. Cada ocorrência foi acompanhada de seu diagnóstico técnico e das recomendações de ações corretivas cabíveis. Dessa forma, as anomalias e falhas foram classificadas conforme suas causas e origens, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação das anomalias e falhas

ANOMALIAS	
Endógena	Originária da própria edificação (projeto, materiais e execução)
Exógena	Originária de fatores externos à edificação, provocados por terceiros
Natural	Originária de fenômenos da natureza (previsíveis, imprevisíveis)
Funcional	Originária do uso e término de vida útil de elementos e sistemas
FALHAS	
Planejamento	Decorrentes de falhas nos procedimentos e do plano de manutenção
Execução	Decorrentes de execução da manutenção (materiais, procedimentos e atividades)
Operacionais	Relativas aos procedimentos de registro, controles e demais atividades pertinentes
Gerenciais	Decorrentes da falta de controle de qualidade e de custos

Quanto à ordem de prioridades, recomenda-se que as anomalias e falhas sejam classificadas em ordem decrescente, considerando o grau de risco e a intensidade dos danos identificados. A Tabela 3 apresenta a classificação das anomalias e falhas resultantes da inspeção, utilizando a metodologia Gravidade, Urgência e Tendência (GUT), por meio da fórmula dos resultados GUT, quanto maior o resultado, maior a prioridade de resolver o problema.

Tabela 3: Classificação das anomalias e falhas

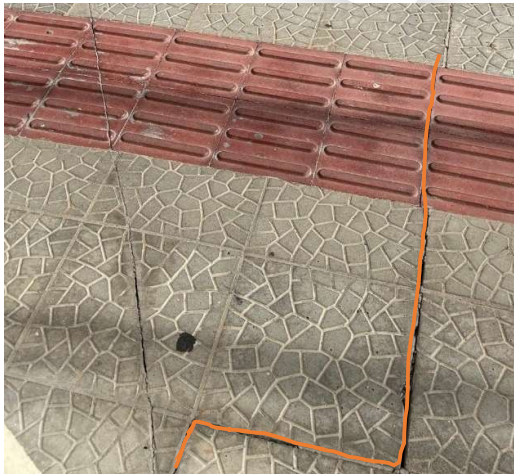
Escala	G- Gravidade	U - Urgência	T - Tendência
5	Extremamente grave	Extremamente urgente	Se não for resolvido piora imediatamente
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar a curto prazo
3	Grave	Urgente	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Sem urgência	Sem tendência de piorar

7.1 Registros, diagnóstico e ações corretiva das anomalias e ordem de prioridade de correção dos problemas

LOCAL: ÁREA DO PISO EXTERNO DO TÉRREO

ANOMALIA: TRINCAS

DATA: 08/07/2025





F01: Trincas no piso externo

Manifestações – Classificações

F01: Trinca no piso externo; Anomalia – Endógena – Grau de risco: G1, U1 e T1;

Diagnóstico

F01: Vício de execução — aterro mal compactado; Deformação do muro de contenção; Infiltração de águas pluviais através dos rejuntas da cerâmica do piso, o que resultou no adensamento do aterro, geração de tensões adicionais e, conseqüentemente, ruptura do sistema de revestimento do piso.

Ações corretivas

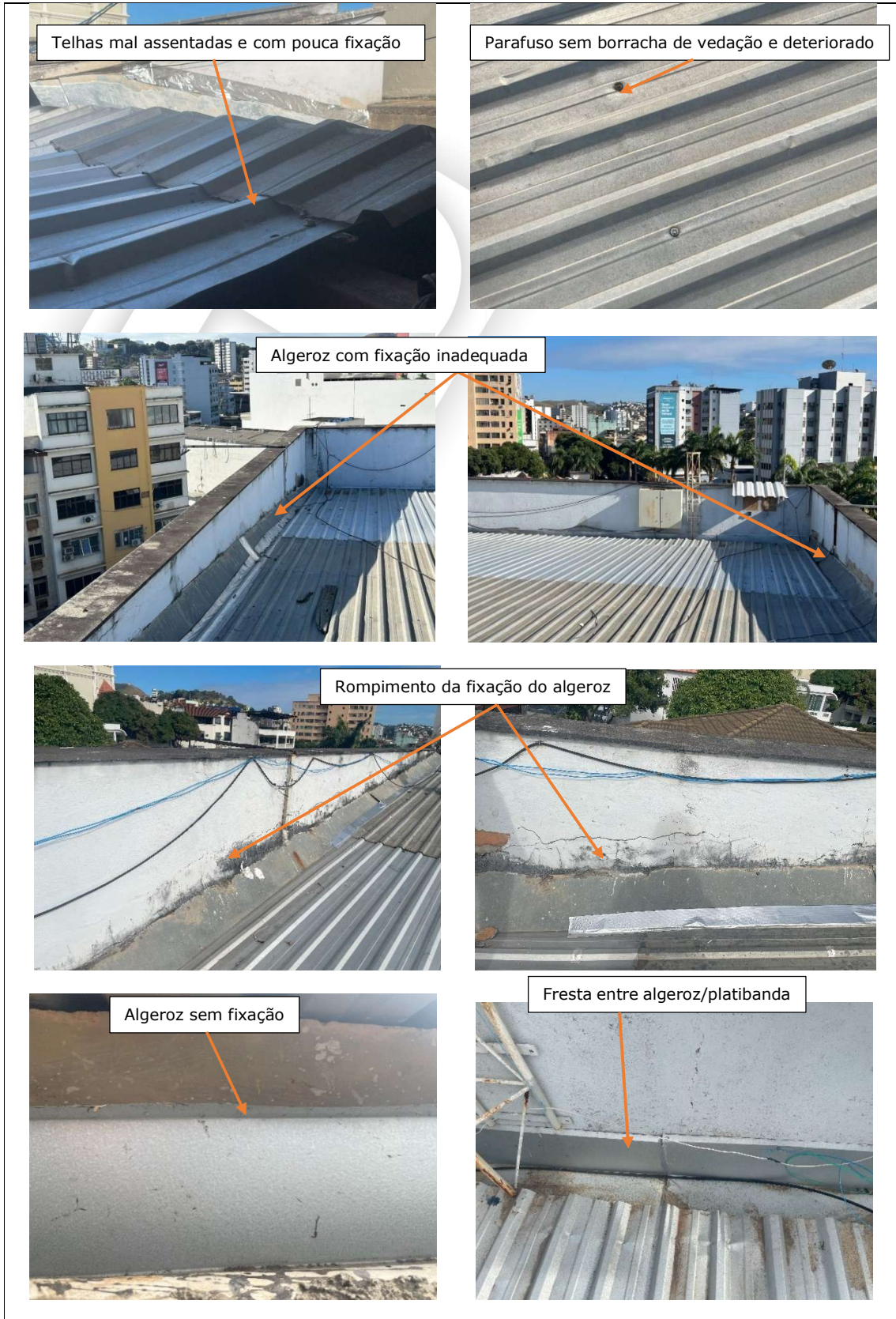
F01: Por se tratar de um problema de pequena magnitude, não se recomenda a demolição e a recomposição total do piso existente; entretanto, é necessária a renovação do rejunte do revestimento.

LOCAL: COBERTA

ANOMALIA: TELHAS METÁLICAS

DATA: 09/07/2025

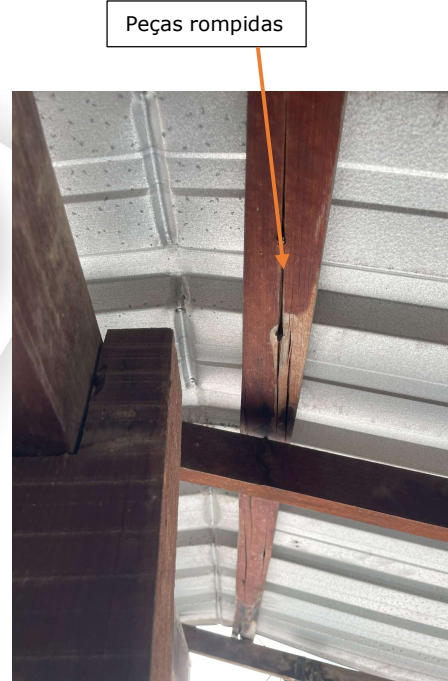




<p style="text-align: center;">Emenda de algeroz inadequada</p>  <p style="text-align: center;">Ralo sem proteção</p> 
<p>F02: Telhas danificadas e mal fixadas, com parafusos de fixação deteriorados e sem borracha de vedação; algeroz com fixação inadequada, apresentando frestas, rompimento e ausência de fixações; emendas das peças do algeroz sem vedação; e ralo desprovido de proteção contra entupimento.</p>
<p>Manifestações – Classificações</p> <p>F02: Telhas danificadas e mal fixadas, com parafusos de fixação deteriorados e sem borracha de vedação; algeroz com fixação inadequada, apresentando frestas, rompimento e ausência de fixações; emendas das peças do algeroz sem vedação; e ralo desprovido de proteção contra entupimento; Anomalia – Endógena e Exógena; Falhas - Planejamento – Grau de risco: G3, U3 e T4.</p>
<p>Diagnóstico</p> <p>F02: Ausência de projeto e de plano de manutenção, com possibilidade de infiltrações através das alvenarias e lajes, entupimento dos tubos de descida, arrancamento de telhas pela ação do vento, e risco de acidente pessoal.</p>
<p>Ações corretivas</p> <p>F02: Demolição/construção de nova cobertura com telhas metálicas.</p>

LOCAL: COBERTA
ANOMALIA: ESTRUTURA DO TELHADO
DATA: 09/07/2025








Peças rompidas




<p>F03: Provável presença de cupins; peças mal montadas; peças fora de prumo; fixação inadequada; apoio insuficiente; peças rompidas, trincadas ou apodrecidas; fixação e emendas ineficientes.</p>
<p>Manifestações – Classificações</p> <p>F03: Provável presença de cupins; peças mal montadas; peças fora de prumo; fixação inadequada; apoio insuficiente; peças rompidas, trincadas ou apodrecidas; fixação e emendas ineficientes; Anomalia – Endógena e Exógena – Grau de risco: G3, U3 e T4;</p>
<p>Diagnóstico</p> <p>F03: Ausência de projeto; vícios de execução e risco de colapso.</p>
<p>Ações corretivas</p> <p>F03: Demolição/construção de nova estrutura de sustentação do telhado.</p>

7.1.1 Matriz GUT

Os problemas com maior índice devem ser priorizados conforme tabela abaixo:

Tabela 4: Matriz GUT

Problema	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Índice GUT
F01	1	1	1	1
F02	3	3	4	36
F03	3	3	4	36

8. AVALIAÇÃO TÉCNICA ESTRUTURAL

Na análise estrutural para o acréscimo de carga decorrente da instalação do sistema de geração de energia solar e da execução do 4º pavimento, foram adotadas as premissas e critérios estabelecidos na ABNT NBR 6118:2023 (estruturas de concreto armado), na ABNT NBR 6120:2019 (ações para o cálculo de estruturas) e na ABNT NBR 6123:2023 (ações eólicas).

Com o objetivo de garantir a durabilidade da estrutura, assegurando níveis adequados de segurança, estabilidade e desempenho em serviço durante toda a vida útil prevista, a NBR 6118:2023 define os cobrimentos mínimos das armaduras em função da classe de agressividade ambiental.

A verificação da conformidade da obra, no quesito durabilidade — especificamente quanto aos cobrimentos adotados para as armaduras — foi realizada por meio da comparação com os valores mínimos estabelecidos pela norma vigente.

Tabela 5: Cobrimentos das armaduras

Elemento	Peças	Recomendação normativa NBR 6118:2023	Verificação
Vigas	2,00	2,50	NCF
Pilares	2,20	2,50	NCF
Lajes	2,00	2,00	CF

NCF – Não conforme; CF - conforme

8.1 Características dos materiais

Com base nos ensaios de esclerometria realizados, conforme Relatório nº LT-ESC-CMCI-CT152025-R00, destinados à determinação da resistência à compressão do concreto armado, verificou-se que os resultados obtidos superam o valor prático adotado à época da construção da edificação, qual seja 15 MPa. Ressalta-se que, devido à idade da estrutura, o concreto, em condições normais, tende a apresentar incremento de resistência ao longo do tempo.

Os ensaios indicaram resistência à compressão média de 19,5 MPa para as lajes e 40,7 MPa para vigas e pilares. De acordo com os critérios de durabilidade, a ABNT NBR 6118:2013 estabelece que, para ambientes de agressividade Classe I, a resistência característica mínima do

concreto deve ser de 20 MPa. Considerando que o menor valor obtido nos ensaios está muito próximo desse limite, conclui-se que, no quesito qualidade do concreto, a edificação encontra-se em conformidade com a norma vigente.

Para efeito de verificação estrutural da cobertura, e adotando-se postura conservadora em favor da segurança, será considerado o menor valor de resistência obtido arredondado para $f_{ck} = 20$ MPa, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Características do concreto

fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	fct (kgf/cm²)	Coefficiente de dilatação térmica (/°C)
200	212874	22	0.00001

Na inspeção das armaduras, por meio das prospecções realizadas, e considerando que a obra foi executada na década de 1950, verificou-se que, à época, era empregado o aço CA-25 (mole), caracterizado por baixa resistência à tração. Na Tabela 7 apresentam-se as características do aço utilizado nas estruturas.

No que se refere à capacidade resistente, trata-se de uma condição desfavorável para qualquer acréscimo de carga na estrutura, visto que a resistência do aço utilizado na década de 1950 é aproximadamente a metade da resistência do aço atualmente empregado, o CA-50, cuja resistência é de 5.000 kgf/cm².

Tabela 7: Características da armadura passiva

Categoria	Massa específica (kgf/m³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)	fyk (kgf/cm²)
CA25	7850	2100000	2500

8.2 Carregamentos previstos de ações permanentes

As ações permanentes diretas adotadas foram os pesos próprios dos elementos da construção, incluindo-se o peso próprio da estrutura.

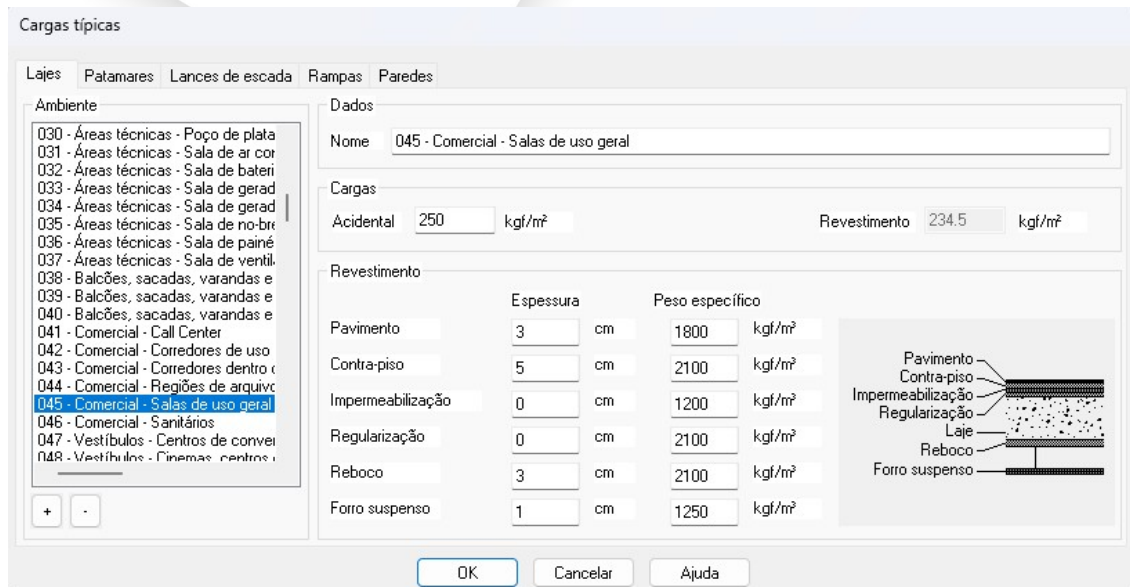
Peso próprio dos elementos estruturais: o software de cálculo de estruturas de concreto utilizado considera automaticamente o peso próprio das peças de acordo com as suas medidas e foi considerado o peso específico do concreto de 2.500 kgf/m³.

Cargas de paredes de alvenaria com bloco cerâmico de vedação, furo horizontal, peso específico de 1600 kgf/m^3 , revestidas com reboco de 2,5 cm para cada face, com espessura total de 15 cm e divisórias em drywall (12 cm) e peso específico de 50 kgf/m^2 .

8.3 Ações permanentes e variáveis diretas e indiretas

8.3.1 Carregamento das lajes

As cargas acidentais e de revestimento considerou-se a situação de utilização e revestimento indicados no projeto de arquitetura. Os materiais utilizados e as espessuras de cada camada considerados para cálculo está representado nas Figuras 8 e 9.



Cargas típicas

Lajes Patamares Lances de escada Rampas Paredes

Ambiente

- 030 - Áreas técnicas - Poço de plata
- 031 - Áreas técnicas - Sala de ar cor
- 032 - Áreas técnicas - Sala de bateri
- 033 - Áreas técnicas - Sala de gerad
- 034 - Áreas técnicas - Sala de gerad
- 035 - Áreas técnicas - Sala de no-br
- 036 - Áreas técnicas - Sala de painé
- 037 - Áreas técnicas - Sala de ventil
- 038 - Balcões, sacadas, varandas e
- 039 - Balcões, sacadas, varandas e
- 040 - Balcões, sacadas, varandas e
- 041 - Comercial - Call Center
- 042 - Comercial - Corredores de uso
- 043 - Comercial - Corredores dentro
- 044 - Comercial - Regiões de arquiv
- 045 - Comercial - Salas de uso geral**
- 046 - Comercial - Sanitários
- 047 - Vestíbulos - Centros de conver
- 048 - Vestíbulos - Cinemas centros

Dados

Nome: 045 - Comercial - Salas de uso geral

Cargas

Acidental: 250 kgf/m² Revestimento: 234.5 kgf/m²

Revestimento

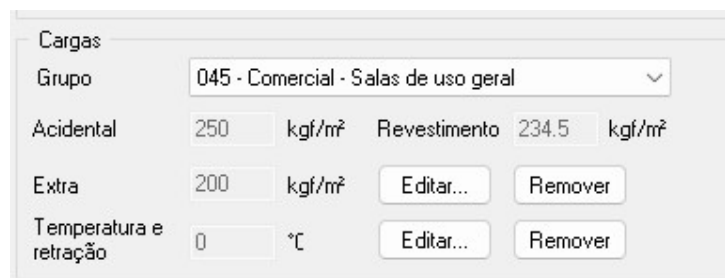
	Espessura	Peso específico
Pavimento	3 cm	1800 kgf/m ²
Contra-piso	5 cm	2100 kgf/m ²
Impermeabilização	0 cm	1200 kgf/m ²
Regularização	0 cm	2100 kgf/m ²
Reboco	3 cm	2100 kgf/m ²
Forro suspenso	1 cm	1250 kgf/m ²

Diagrama de camadas de revestimento:

- Pavimento
- Contra-piso
- Impermeabilização
- Regularização
- Laje
- Reboco
- Forro suspenso

OK Cancelar Ajuda

Figura 8: Cargas acidental e de revestimento



Cargas

Grupo: 045 - Comercial - Salas de uso geral

Acidental: 250 kgf/m² Revestimento: 234.5 kgf/m²

Extra: 200 kgf/m² [Editar...] [Remover]

Temperatura e retração: 0 °C [Editar...] [Remover]

Figura 9: Carga adicional nas lajes – Drywall

Considerou-se que as cargas da nova cobertura sejam transmitidas diretamente para os pilares existentes, sem adicionamento de cargas nas lajes da cobertura atual (piso do 4º pavimento).

8.3.2 Para ações do vento

A Tabela 8 apresenta os parâmetros adotados para consideração do vento, cuja consideração foi realizada em conformidade com os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças Devidas ao Vento em Edificações.

Tabela 8: Parâmetro da ação do vento

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Velocidade	35.00m/s	-
Nível do solo (S2)	0.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Entre 20 e 50 m	-
Rugosidade do terreno (S2)	Categoria IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.
Fator topográfico (S1)	1.0	Demais casos.
Fator estatístico (S3)	1.00	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.
Direções de aplicação do vento		Ação do vento não considerada na estrutura

8.4 Ações de carregamento

Para obtenção dos valores de cálculo das ações, foram definidos coeficientes de ponderação conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 9: Coeficientes de ponderação das ações

Ação	Coeficientes de ponderação					Fatores de combinação		
	Normais desfavorável)	Normais (favorável)	Excepcionais (desfavorável)	Excepcionais (favorável)	Fundações	Psi0	Psi1	Psi2
Peso próprio (G1)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Adicional (G2)	1.40	1.00	1.20	1.00	1.00	-	-	-
Acidental (Q)	1.40	-	1.00	-	1.00	0.70	0.60	0.40
Temperatura 1 (T1)	1.20	-	0.00	-	1.00	0.60	0.50	0.30
Temperatura 2 (T2)	1.20	-	0.00	-	1.00	0.60	0.50	0.30
Vento X+ (V1)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.60	0.30	0.00

Vento X- (V2)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Vento Y+ (V3)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.60	0.30	0.00
Vento Y- (V4)	1.40	-	0.00	-	1.00	0.60	0.30	0.00

8.5 Combinações de ações para as estruturas de concreto

A partir das ações de carregamento definidas, obteve-se as seguintes combinações para análise e verificação da estrutura.

Tabela 10: Combinações

Tipo	Combinações
ELU-Concreto	1.3G1+1.4G2 1.3G1+1.4G2+1.4Q G1+G2 G1+G2+1.4Q

8.6 Avaliação da hipótese de acréscimo do 4º pavimento

A análise estrutural foi realizada por meio de um modelo computacional específico, elaborado no software Eberick 2023 – versão Plena, com premissas, critérios e parâmetros de verificação definidos e calibrados em conformidade com as normas técnicas brasileiras vigentes.

O processo de modelagem integrou tanto os dados originais do projeto de arquitetura quanto as informações obtidas nas investigações de campo, garantindo que as condições reais da estrutura fossem representadas de forma fiel. As tipologias dos elementos estruturais foram determinadas a partir dos ensaios de pacometria e das prospecções in loco, permitindo a identificação precisa das dimensões, armaduras e características construtivas.

Optou-se por concentrar o estudo na viabilidade da execução do 4º pavimento, considerando essa intervenção como o cenário mais crítico em termos de solicitações estruturais. Essa abordagem possibilita uma avaliação conservadora, assegurando que, caso a estrutura suporte essa ampliação, estará igualmente apta a suportar outras modificações ou reforços de menor impacto.

8.6.1 Resultados dos cálculos

Os erros apresentados nas análises, nos quadros abaixo, têm as seguintes explicações:

1) Erro D32 - Erro no cálculo da armadura:

Este erro ocorre quando todas as bitolas configuradas apresentam erro de dimensionamento (espaçamento, CG da armadura etc), devido ao momento positivo muito elevado e armadura elevada.

2) Erro D37:

Este erro ocorre na armação negativa ou de continuidade sempre que qualquer uma das lajes vizinhas apresentar situação de erro, devido às armaduras dessas lajes estarem superdimensionadas, tornando o dimensionamento inviável.

Lajes da cobertura

Laje	Direção	Momento positivo	Momento negativo	Armadura inferior	Armadura superior
		Flexão	Flexão		
L1-A	X	Md = 1604 kgf.m/m As = 11.66 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 2544 kgf.m/m As = 20.44 cm ² /m A's = 5.61 cm ² /m	As = 11.66 cm ² /m Erro D32 M = 881.45 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.08 mm	Erro D32
	Y	Md = 1820 kgf.m/m As = 18.34 cm ² /m A's = 6.03 cm ² /m		As = 18.34 cm ² /m Erro D32 M = 998.84 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.00 mm	Erro D32
L1-B	X	Md = 1733 kgf.m/m As = 12.80 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 2506 kgf.m/m As = 20.08 cm ² /m A's = 5.25 cm ² /m	As = 12.80 cm ² /m Erro D32 M = 1133.99 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.08 mm	Erro D32
	Y	Md = 1725 kgf.m/m As = 17.14 cm ² /m A's = 4.82 cm ² /m		As = 17.14 cm ² /m Erro D32 M = 1139.59 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.00 mm	Erro D32
L1-C	X	Md = 1037 kgf.m/m As = 7.07 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 1078 kgf.m/m As = 7.38 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 7.07 cm ² /m ø12.5 c/15 (8.18 cm ² /m) M = 671.45 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.10 mm	A's = 7.38 cm ² /m ø12.5 c/15 (8.18 cm ² /m) M = 707.20 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.12 mm
	Y	Md = 1174 kgf.m/m As = 10.40 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 1065 kgf.m/m As = 9.25 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 10.40 cm ² /m ø12.5 c/10 (12.27 cm ² /m) M = 633.65 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.06 mm	A's = 5.24 cm ² /m ø12.5 c/20 (6.14 cm ² /m) M = 711.03 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.12 mm
L1-D	X	Md = 1613 kgf.m/m As = 11.73 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 2775 kgf.m/m As = 22.62 cm ² /m A's = 7.79 cm ² /m	As = 11.73 cm ² /m Erro D32 M = 893.49 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.09 mm	Erro D32

	Y	Md = 1716 kgf.m/m As = 17.03 cm ² /m A's = 4.71 cm ² /m		As = 17.03 cm ² /m Erro D32 M = 955.19 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.00 mm	Erro D32
L1-E	X	Md = 1792 kgf.m/m As = 13.34 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 2684 kgf.m/m As = 21.76 cm ² /m A's = 6.93 cm ² /m	As = 13.34 cm ² /m Erro D32 M = 1172.95 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.09 mm	Erro D32
	Y	Md = 1718 kgf.m/m As = 17.05 cm ² /m A's = 4.74 cm ² /m		As = 17.05 cm ² /m Erro D32 M = 1135.20 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.00 mm	Erro D32
L1-F	X	Md = 963 kgf.m/m As = 6.52 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 1760 kgf.m/m As = 13.05 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 6.52 cm ² /m ø12.5 c/17.5 (7.01 cm ² /m) M = 640.06 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.13 mm	A's = 13.04 cm ² /m ø12.5 c/7.5 (16.36 cm ² /m) M = 1156.38 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.08 mm
	Y	Md = 931 kgf.m/m As = 7.91 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	Md = 1255 kgf.m/m As = 11.29 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m	As = 7.91 cm ² /m ø12.5 c/15 (8.18 cm ² /m) M = 499.72 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.09 mm	A's = 3.11 cm ² /m ø10.0 c/20 (3.93 cm ² /m) M = 770.18 kgf.m/m F = 0.00 tf fiss = 0.09 mm

Viga Trecho	Laje 1 Laje 2	Momento negativo			Momento positivo			Armaduras finais
		Flexão	Flexo compressão	Flexo tração	Flexão	Flexo compressão	Flexo tração	
V1 3	L1-A L1-D	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37
V5 2	L1-A L1-B	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37
V1 2	L1-B L1-E	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37
V6 2	L1-B L1-C	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37
V1 1	L1-C L1-F	Md = 1154 kgf.m/m As = 7.97 cm ² /m A's = 0.00 cm ² /m						As = 7.97 cm ² /m (ø12.5 c/15 - 8.18 cm ² /m) fiss = 0.16 mm
V5 1	L1-D L1-E	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37
V6 1	L1-E L1-F	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37	Erro D37

8.6.2 Vigas da cobertura

Os erros apresentados nas análises, nos quadros abaixo, têm as seguintes explicações:

1) ERRO D15 – ERRO NA ARMADURA PRINCIPAL (VÃO)

Este erro ocorre quando todas as bitolas longitudinais configuradas apresentam algum erro de dimensionamento na escolha da armadura longitudinal (espaçamento, CG da armadura etc), devido a elevada seção de cálculo necessária.

2) ERRO D16 - ERRO NA ARMADURA NEGATIVA (NÓ XX)

Este erro ocorre quando todas as bitolas longitudinais configuradas apresentam algum erro de dimensionamento (espaçamento, CG da armadura etc). Neste caso, a mensagem informa o número do nó onde ocorreu o erro, devido a elevada seção de cálculo necessária.

Viga V1

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA - Erro D15

Vão trechos	Seção	Flexão
1	retangular	Md = 50395 kgf.m As = 55.49 cm ² (*) A's = 36.68 cm ² (*)
1-3	bw = 20.00 cm h = 50.00 cm	yLN = 16.84 cm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA - Erro D15

Nó	Flexão	Final
1	Md = 7645 kgf.m As = 8.32 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 7.45 cm	As = 9.03 cm ² (5ø16.0 - 10.05 cm ²) (*) d = 45.98 cm % armad. = 1.01 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 5047 kgf.m fiss = 0.07 mm
2	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	

3	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	
4	Md = 1916 kgf.m As = 1.91 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 2.61 cm ² (4ø10.0 - 3.14 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.31 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL - Erro D15

Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-3	Vd = 32.65 tf VRd2 = 28.75 tf	Td = 132 kgf.m TRd2 = 2240 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 1.19

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-3	d = 46.77 cm Vc0 = 6.20 tf k = 1.00			

Viga V2

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA

Vão trechos	Seção	Flexão	Final
1 1-1	retangular bw = 15.00 cm h = 50.00 cm	Md = 1437 kgf.m As = 1.43 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 1.43 cm ² (3ø8.0 - 1.51 cm ²) d = 47.10 cm % armad. = 0.20 F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm
2 2-2	retangular bw = 15.00 cm h = 50.00 cm	Md = 4888 kgf.m As = 5.30 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 6.33 cm	As = 5.30 cm ² (5ø12.5 - 6.14 cm²) d = 45.58 cm % armad. = 0.82 A's = 0.54 cm ² (2ø6.3 - 0.62 cm ²) F = 0.00 tf M = 3304 kgf.m fiss = 0.07 mm
3 3-3	retangular bw = 15.00 cm h = 50.00 cm	Md = 8177 kgf.m As = 10.56 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 12.60 cm	As = 10.56 cm ² (13ø10.0 - 10.21 cm²) d = 41.92 cm % armad. = 1.36 F = 0.00 tf M = 5532 kgf.m fiss = 0.09 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA

Nó	Flexão	Final
1	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	
2	Md = 6142 kgf.m As = 6.93 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 8.27 cm	As = 7.46 cm ² (4ø16.0 - 8.04 cm²) (*) d = 44.90 cm % armad. = 1.07 A's = 0.53 cm ² (2ø6.3 - 0.62 cm ²) F = 0.00 tf M = 4169 kgf.m fiss = 0.10 mm
3	Md = 12753 kgf.m As = 8.06 cm ² A's = 1.53 cm ² yLN = 15.59 cm	As = 8.32 cm ² (5ø20.0 - 15.71 cm²) (*) d = 43.30 cm % armad. = 2.09 A's = 1.79 cm ² (4ø8.0 - 2.01 cm ²) F = 0.00 tf M = 8643 kgf.m fiss = 0.05 mm
4	Md = 1437 kgf.m As = 1.43 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 1.43 cm ² (3ø8.0 - 1.51 cm ²) d = 47.10 cm % armad. = 0.20 F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL
Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-1	Vd = 5.41 tf VRd2 = 21.71 tf	Td = 13 kgf.m TRd2 = 1335 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.26
2 2-2	Vd = 10.59 tf VRd2 = 21.01 tf	Td = 13 kgf.m TRd2 = 1257 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.51
3 3-3	Vd = 11.10 tf VRd2 = 19.33 tf	Td = 13 kgf.m TRd2 = 1300 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.58

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-1	d = 47.10 cm Vc0 = 4.68 tf k = 1.00		Vmin = 4.36 tf Aswmin = 2.65 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 24	
2 2-2	d = 45.58 cm Vc0 = 4.53 tf k = 1.00		Vmin = 5.07 tf Aswmin = 2.65 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 20	Vc = 2.87 tf Vsw = 7.73 tf Asw = 5.00 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 13
3	d = 41.92 cm	Vc = 2.26 tf	Vmin = 3.88 tf	

3-3	Vc0 = 4.17 tf k = 1.00	Vsw = 8.84 tf Asw = 6.22 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 10	Aswmin = 2.65 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 24	
-----	---------------------------	--	--	--

Viga V3
DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA

Vão trechos	Seção	Flexão	Final
1 1-3	retangular bw = 20.00 cm h = 50.00 cm	Md = 8794 kgf.m As = 9.72 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 8.70 cm	As = 9.72 cm ² (5ø16.0 - 10.05 cm ²) (*) d = 45.98 cm % armad. = 1.01 A's = 10.53 cm ² (5ø16.0 - 10.05 cm ²) (*) F = 0.00 tf M = 6443 kgf.m fiss = 0.08 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA

Nó	Flexão	Final
1	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	
2	Md = 4900 kgf.m As = 5.13 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 4.59 cm	As = 5.83 cm ² (5ø12.5 - 6.14 cm ²) (*) d = 46.23 cm % armad. = 0.61 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 3376 kgf.m fiss = 0.07 mm
3	Md = 7765 kgf.m As = 8.47 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 7.58 cm	As = 9.17 cm ² (5ø16.0 - 10.05 cm ²) (*) d = 45.98 cm % armad. = 1.01 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 5385 kgf.m fiss = 0.07 mm
4	Md = 1916 kgf.m As = 1.91 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 2.61 cm ² (4ø10.0 - 3.14 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.31 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL
Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-3	Vd = 12.64 tf VRd2 = 28.26 tf	Td = 52 kgf.m TRd2 = 2240 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.47

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-3	d = 45.98 cm Vc0 = 6.10 tf k = 1.00	Vc = 0.03 tf Vsw = 8.37 tf Asw = 5.62 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 11	Vmin = 7.30 tf Aswmin = 3.54 cm ² (2 ramos) ø 6.3 c/ 14	

Viga V4
DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA - Erro D16

Vão trechos	Seção	Flexão	Final
1 1-1	retangular bw = 12.00 cm h = 50.00 cm	Md = 7761 kgf.m As = 4.48 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 13.38 cm	As = 7.93 cm ² (4ø16.0 - 8.04 cm²) (*) d = 44.90 cm % armad. = 1.34 A's = 0.42 cm ² (2ø8.0 - 1.01 cm ²) F = 0.00 tf M = 4472 kgf.m fiss = 0.09 mm
2 2-2	retangular bw = 12.00 cm h = 50.00 cm	Md = 8427 kgf.m As = 4.96 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 14.79 cm	As = 6.23 cm ² (5ø12.5 - 6.14 cm²) (*) d = 44.27 cm % armad. = 1.02 A's = 0.42 cm ² (2ø8.0 - 1.01 cm ²) F = 0.00 tf M = 3620 kgf.m fiss = 0.10 mm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA - Erro D16

Nó	Flexão	Final
1	Md = 1149 kgf.m As = 1.15 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 1.57 cm ² (2ø10.0 - 1.57 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.26 A's = 0.43 cm ² (2ø6.3 - 0.62 cm ²) F = 0.00 tf M = 376 kgf.m fiss = 0.02 mm
2	Md = 12183 kgf.m As = 7.59 cm ² A's = 2.37 cm ² yLN = 15.59 cm	As = 7.79 cm ² (5ø20.0 - 15.71 cm²) (*) d = 43.30 cm % armad. = 2.62

		$A's = 2.57 \text{ cm}^2$ $(4\phi 10.0 - 3.14 \text{ cm}^2)$ $F = 0.00 \text{ tf}$ $M = 8247 \text{ kgf.m}$ $\text{fiss} = 0.04 \text{ mm}$
3	$Md = 6656 \text{ kgf.m}$ $As = 7.84 \text{ cm}^2$ $A's = 0.00 \text{ cm}^2$ $yLN = 11.70 \text{ cm}$	$As = 8.26 \text{ cm}^2$ $(4\phi 16.0 - 8.04 \text{ cm}^2) (*)$ $d = 44.90 \text{ cm}$ $\% \text{ armad.} = 1.34$ $A's = 0.42 \text{ cm}^2$ $(2\phi 6.3 - 0.62 \text{ cm}^2)$ $F = 0.00 \text{ tf}$ $M = 4467 \text{ kgf.m}$ $\text{fiss} = 0.09 \text{ mm}$

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL - Erro D16

Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-1	$Vd = 8.50 \text{ tf}$ $VRd2 = 16.56 \text{ tf}$	$Td = 86 \text{ kgf.m}$ $TRd2 = 645 \text{ kgf.m}$	$Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.65$
2 2-2	$Vd = 7.57 \text{ tf}$ $VRd2 = 16.33 \text{ tf}$	$Td = 82 \text{ kgf.m}$ $TRd2 = 693 \text{ kgf.m}$	$Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.58$

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-1	$d = 44.90 \text{ cm}$ $Vc0 = 3.57 \text{ tf}$ $k = 1.00$	$Vc = 1.90 \text{ tf}$ $Vsw = 6.14 \text{ tf}$ $Asw = 5.01 \text{ cm}^2$ (2 ramos) $\phi 6.3 \text{ c/ } 13$	$Vmin = 3.84 \text{ tf}$ $Aswmin = 2.12 \text{ cm}^2$ (2 ramos) $\phi 6.3 \text{ c/ } 26$	
2 2-2	$d = 44.27 \text{ cm}$ $Vc0 = 3.52 \text{ tf}$ $k = 1.00$		$Vmin = 3.79 \text{ tf}$ $Aswmin = 2.12 \text{ cm}^2$ (2 ramos) $\phi 6.3 \text{ c/ } 26$	$Vc = 2.47 \text{ tf}$ $Vsw = 5.18 \text{ tf}$ $Asw = 4.31 \text{ cm}^2$ (2 ramos) $\phi 6.3 \text{ c/ } 15$

Viga V5

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA - Erro D15

Vão trechos	Seção	Flexão
1 1-2	retangular $bw = 20.00 \text{ cm}$ $h = 50.00 \text{ cm}$	$Md = 70583 \text{ kgf.m}$ $As = 76.83 \text{ cm}^2 (*)$ $A's = 58.02 \text{ cm}^2 (*)$ $yLN = 16.84 \text{ cm}$

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA - Erro D15

Nó	Flexão	Final
1	Md = 1916 kgf.m As = 1.91 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 2.61 cm ² (4ø10.0 - 3.14 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.31 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm
2	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	
3	Md = 1916 kgf.m As = 1.91 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 2.61 cm ² (4ø10.0 - 3.14 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.31 A's = 0.70 cm ² (3ø6.3 - 0.94 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL - Erro D15
Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-2	Vd = 67.46 tf VRd2 = 28.75 tf	Td = 305 kgf.m TRd2 = 2240 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 2.48

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-2	d = 46.77 cm Vc0 = 6.20 tf k = 1.00			

Viga V6
DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA - Erro D15

Vão trechos	Seção	Flexão
1 1-2	retangular bw = 20.00 cm h = 45.00 cm	Md = 29602 kgf.m As = 37.21 cm² A's = 20.41 cm² yLN = 15.04 cm

(*) Valores das armaduras elevadas

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA - Erro D15

Nó	Flexão	Final
1	Md = 1552 kgf.m As = 1.74 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.55 cm	As = 3.84 cm ² (3ø12.5 - 3.68 cm ²) d = 41.88 cm % armad. = 0.41 A's = 2.11 cm ² (4ø8.0 - 2.01 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm
2	Md = 0 kgf.m As = 0.00 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 0.00 cm	
3	Md = 1552 kgf.m As = 1.74 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.55 cm	As = 3.84 cm ² (3ø12.5 - 3.68 cm ²) d = 41.88 cm % armad. = 0.41 A's = 2.11 cm ² (4ø8.0 - 2.01 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL - Erro D15
Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-2	Vd = 33.62 tf VRd2 = 25.68 tf	Td = 735 kgf.m TRd2 = 1962 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 1.68

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-2	d = 41.77 cm Vc0 = 5.54 tf k = 1.00			

Viga V7
DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA POSITIVA - Erro D16

Vão trechos	Seção	Flexão
1 1-1	retangular bw = 12.00 cm h = 50.00 cm	Md = 3977 kgf.m As = 2.11 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 6.30 cm
2	retangular	Md = 8295 kgf.m As = 9.64 cm ²

2-3	bw = 12.00 cm h = 50.00 cm	A's = 0.00 cm ² yLN = 14.38 cm
-----	-------------------------------	--

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA NEGATIVA - Erro D16

Nó	Flexão	Final
1	Md = 1149 kgf.m As = 1.15 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.71 cm	As = 1.57 cm ² (2ø10.0 - 1.57 cm ²) d = 47.00 cm % armad. = 0.26 A's = 0.43 cm ² (2ø6.3 - 0.62 cm ²) F = 0.00 tf M = 0 kgf.m fiss = 0.00 mm
2	Md = 15139 kgf.m As = 17.34 cm ² A's = 6.05 cm ² yLN = 16.84 cm	
3	Md = 5906 kgf.m As = 6.48 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 9.66 cm	
4	Md = 1149 kgf.m As = 1.15 cm ² A's = 0.00 cm ² yLN = 1.72 cm	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL - Erro D16
Verificação de esforços limites

Vão trechos	Cisalhamento	Torção	Cisalhamento + Torção
1 1-1	Vd = 9.90 tf VRd2 = 17.15 tf	Td = 24 kgf.m TRd2 = 867 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 0.61
2 2-3	Vd = 34.27 tf VRd2 = 17.25 tf	Td = 7404 kgf.m TRd2 = 867 kgf.m	Vd/VRd2 + Td/TRd2 = 10.52

Vão trechos	ARMADURA DE CISALHAMENTO			
	Dados cisalham	Armad. à esquerda	Armad. mínima	Armad. à direita
1 1-1	d = 46.50 cm Vc0 = 3.70 tf k = 1.00			
2 2-3	d = 46.77 cm Vc0 = 3.72 tf k = 1.00			

8.7 Avaliação da hipótese de montagem do sistema solar

Considerando os resultados desfavoráveis obtidos na hipótese de acréscimo do 4º pavimento, foi verificada a carga adicional proveniente da instalação do sistema solar, a qual foi confrontada com a carga existente na cobertura atual e com a carga mínima prevista segundo a norma **ABNT NBR 6120:2018**.

Na Figura 10, são apresentadas as tabelas extraídas da norma, que auxiliam na composição das cargas na cobertura para as situações atual e futura. Vejamos:

- Peso telha de alumínio de 0,8mm: 0,035 kN/m²;
- Peso telha de aço trapezoidal de 0,8mm: 0,100 kN/m²;
- Estrutura de madeira para telhamento com telha de alumínio: 0,273 kN/m²;
- Estrutura de aço para telhamento com telha de aço trapezoidal: 0,235 kN/m²;
- Peso de placas solares: 0,100 kN/m²;
- Carga de norma mínima: 1,000 kN/m²;

Tabela 11: Demonstrativo de cargas na cobertura

Situação	Discriminação do telhamento	Telha (kN/m ²)	Estrutura (kN/m ²)	Placas (kN/m ²)	Total (kN/m ²)
Cobertura atual	Estrutura de madeira+telha de alumínio (e=0,8mm)	0,035	0,273	0,000	0,308
Cobertura futura	Estrutura de aço+telha de aço trapezoidal (e=0,8mm)	0,100	0,235	0,100	0,435

Pelo exposto, observa-se que a carga na situação futura está ligeiramente superior, mas bem inferior a recomendação mínima normativa.

Tabela 5 – Telhas

Material	Peso na superfície inclinada kN/m ²
Telha cerâmica em geral (exceto tipo germânica e colonial)	0,45
Telha cerâmica tipo germânica ou colonial	0,60
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 4 mm	0,14
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 5 mm	0,16
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 6 mm	0,18
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 8 mm	0,24
Telha de fibrocimento modulada com espessura 8 mm	0,26
Telha de fibrocimento tipo canaleta com espessura 8 mm	0,25
Telha de alumínio com espessura 0,6 mm	0,025
Telha de alumínio com espessura 0,8 mm	0,035
Telha plástica em geral (exceto tipo colonial)	0,05
Telha plástica tipo colonial	0,15
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,5 mm	0,06
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,8 mm	0,10
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 1,25 mm	0,14
Telha de vidro	0,45

NOTA: Peso por metro quadrado de telhas, na superfície inclinada, incluindo a superposição, elementos de fixação e absorção de água.

Tabela 6 – Telhados

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35

NOTA: Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).

Figura 10: Cargas de telhas e telhados

9. ANÁLISES DOS RESULTADOS

As anomalias registradas no item 7 deste documento, de modo geral, apresentam risco mínimo, limitando-se a afetar o aspecto estético da edificação. No pavimento térreo, na área de piso externo, foram identificados vícios construtivos que comprometem o desempenho e ocasionam fissuração. A demolição e reconstrução não se justificam, pois não há comprometimento da estabilidade ou da segurança estrutural.

No sistema de cobertura, verificaram-se falhas nas etapas de planejamento, projeto e execução, evidenciando que a estrutura foi construída de forma irregular e sem observância às boas práticas de engenharia. Essas deficiências comprometem significativamente a capacidade portante, com risco de colapso parcial. Diante desse cenário, recomenda-se a substituição integral do sistema de cobertura por nova estrutura metálica com telhas metálicas, contemplando também a instalação de sistema solar fotovoltaico, aprovado nesse estudo.

Com base nos ensaios realizados em campo, verificou-se, a partir dos resultados de pacometria, que as dimensões dos elementos estruturais estão compatíveis com as cargas atuantes para o tipo de estrutura em questão. Contudo, ressalta-se que a concepção da laje de cobertura (piso para a criação do 4º Pavimento), caracterizada pela ausência de pilares centrais na área do Plenário, sobrecarrega vigas e pilares, configurando uma condição desfavorável para acréscimos de carga.

No aspecto de durabilidade, observou-se que os cobrimentos estão em conformidade com as exigências normativas vigentes à época da obra, porém apresentam valores ligeiramente inferiores aos recomendados pela norma atual para ambientes de agressividade Classe I.

Nos ensaios de carbonatação, os resultados indicaram que o processo já se encontra instalado. Tal condição decorre da idade da edificação, dos cobrimentos inferiores às recomendações atuais e da elevada porosidade do revestimento de argamassa, que favorece a penetração e a ação agressiva do CO₂.

Na avaliação do potencial de corrosão, constatou-se que a estrutura se encontra na faixa de probabilidade insignificante. No entanto, a idade da construção e a aplicação de revestimentos inadequados contribuíram para o início de processos corrosivos em alguns elementos vistoriados.

Quanto à qualidade do concreto, os ensaios de esclerometria apontaram boa continuidade, homogeneidade e adensamento, além de resistência à compressão considerada satisfatória e compatível com os parâmetros estabelecidos pela norma vigente.

Em relação à qualidade do aço utilizado na obra, verificou-se que sua resistência à tração é baixa quando comparada aos aços atualmente empregados, sendo aproximadamente 50% inferior. Considerando que a resistência do aço é determinante no dimensionamento estrutural, essa limitação resultou, na nova situação de projeto, na necessidade de armaduras de reforço de grande porte. Conforme cálculos apresentados no item 8.6, para a viga V1, por exemplo, foi obtida uma seção final de 55,49 cm². Ressalta-se que todos os elementos verificados não atenderam aos requisitos de dimensionamento.

Diante do exposto, na análise estrutural referente à hipótese de criação de um 4º pavimento, observa-se a alteração da função da laje de cobertura para laje de piso. A ausência de pilares centrais na área do Plenário levou à adoção de um sistema de grelha com vãos de aproximadamente 13,0 m, apoiado em vigas de pequena altura. Essa configuração resultou na reprovação ao dimensionamento no estado limite último, exigindo seções de armadura excessivamente elevadas, o que inviabiliza tecnicamente a proposta. Além disso, a adição de um novo pavimento representaria um acréscimo de aproximadamente 50% na carga total transmitida às colunas e fundações, tornando a solução economicamente inviável.

10. RECOMENDAÇÕES

10.1 Trincas no piso externo

10.1.1 Preparação do local

- Remover sujidades, poeira e resíduos da trinca com escova de aço e ar comprimido.
- Caso o rejunte esteja solto ou degradado, removê-lo completamente na área afetada.

10.1.2 Técnicas de reparo

a) Trincas finas no rejunte

- Preencher com novo rejunte, preferencialmente do tipo flexível e resistente à abrasão.
- Utilizar rejuntos com aditivos impermeabilizantes.

b) Trincas localizadas na peça cerâmica

- Se a peça estiver estável e o problema for apenas superficial, aplicar massa epóxi pigmentada ou selante acrílico na cor aproximada.
- Se houver soltura ou som cavo, remover a peça e substituir por nova, garantindo a regularização do substrato.

11. CONCLUSÃO

Com base nos resultados dos ensaios e análises, pode-se afirmar que os critérios normativos de segurança e estabilidade global da edificação foram atendidos, com a ressalva do sistema de cobertura, que, embora não faça parte da estrutura principal da edificação, necessita de intervenções para evitar risco de colapso parcial e possíveis acidentes pessoais.

Na hipótese de criação de um 4º pavimento, a estrutura mostrou-se tecnicamente e economicamente inviável. Entretanto, a instalação de um sistema solar com placas fotovoltaicas poderá ser viável, desde que seja executada em conjunto com a substituição da cobertura por nova cobertura com elementos em estrutura metálica.

Marcilio Brito
Eng. Civil - Ênfase Estrutura
Crea 16018D/PE

12. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação
- ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- ABNT NBR 14931:2004 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 16.747:2020 - Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento
- ABNT NBR 13752/1996 – Perícias de engenharia na construção civil.
- ABNT NBR 7584:2012 - Dureza do concreto pelo esclerômetro de reflexão.
- Norma ASTM C876/15
- HELENE, PAULO R.L., 1949 – Manual Prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo. PINI, 1988.
- CPTEC – “Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climatológicos” / INPE – “Instituto Nacional de Pesquisa Espacial”, site: www.cptec.inpe.br consultado no dia 5 de outubro de 2017.

13. ANEXOS

13.1 ANEXO I – Relatório nº LT-PAC-CMCI-CT152025-R00– Ensaio de Pacometria

13.2 ANEXO II – Relatório nº LT-ESC-CMCI-CT152025-R00– Ensaio de Esclerometria;

13.3 ANEXO III – Relatório nº LT-EPT-CMCI-CT152025-R00 – Ensaio de Potencial de Corrosão em estruturas de concreto armado;

13.4 ANEXO IV – Relatório nº LT-ECB-CMCI-CT152025-R00– Ensaio de Carbonatação.

CLIENTE:	CÂMARA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM
CONTRATO:	152025
RELATÓRIO:	LT-PAC-CMCI-CT152025-R00

LAUDO DO ENSAIO DE PACOMETRIA E PROSPEÇÃO NAS ESTRUTURAS

1. METODOLOGIA

Para obter informações precisas sobre as armaduras — incluindo quantidade, bitola, espaçamento e cobertura — foi utilizado o equipamento Wallscanner, modelo D-tect 200C Profissional, da Bosch. Nas situações de impossibilidade de utilização dos equipamentos, foram realizados ensaios de prospecção para com objetivo obter as seções de armaduras ara avaliação estrutural. As Figuras 1 e 2 ilustram os procedimentos realizados.

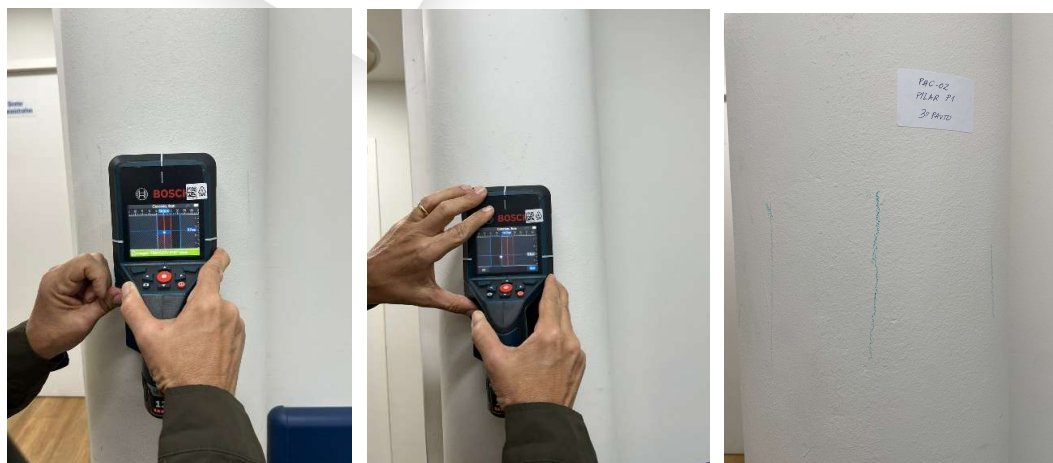


Figura 1: Procedimento do ensaio de pacometria com a utilização do equipamento D-tect 200C Profissional

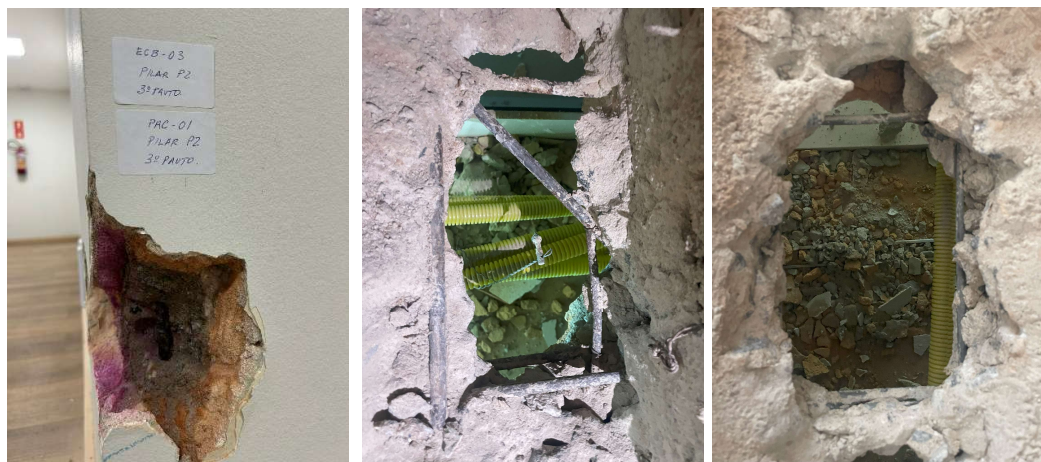


Figura 2: Procedimento da prospecção das estruturas

Data do ensaio: 08 a 10/07/2025
 Tipo da estrutura: Pilar, viga e laje
 Local: 3º Pavimento e Cobertura

INFORMAÇÃO COLETADA											
Peça (localização)	Pilar				Viga				Laje		
	Seção	Cobrimento	Asl	Ast	Seção	Cobrimento	As+	Estribo	Espessura	Asx	Asy
Pilar (sala Recurso Humano)	φ 20 cm	25 mm	6φ12.5	φ6.3c20	x	x	x	x	x	x	x
Pilar (WC 3º pavimento)	20x35		6φ12.5	φ6.3c20	x	x	x	x	x	x	x
Laje L1-A (coberta)	x	x	x	x	x	x	x	x	10	φ8.0c15	φ8.0c15
Laje L1-A (coberta)	x	x	x	x	x	x	x	x	10	φ8.0c15	φ8.0c15
V1 (cobertura)	x	x	x	x	20x50	22 mm	4φ12.5	φ6.3c20	x	x	x

Recife, 23 de julho de 2025

Marcilio José Santos de Brito
 Assinado de forma digital por Marcilio José Santos de Brito
 Dados: 2025.08.11 12:05:05 -03'00'

Marcilio Brito
 Eng. Civil - Ênfase Estrutura
 Crea 16018D/PE

RELATÓRIO TÉCNICO: Nº LT-ESC-CMCI-CT152025-R00

ENSAIO: ESCLEROMETRIA

OBRA: CÂMARA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

ENDEREÇO: PRAÇA JERÔNIMO MONTEIRO, N.º 70, CENTRO – CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES

1. ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

Para o ensaio de avaliação da dureza superficial do concreto armado foi adotado o método da ABNT NBR 7584:2012 empregando-se para obtenção do índice esclerométrico médio, uma malha de dezesseis pontos para cada peça ensaiada. A partir dos resultados de dureza superficial do concreto é possível se inferir a resistência à compressão (fck) do concreto.

Para a execução do ensaio foi utilizado o martelo para teste resistência superficial do concreto, esclerometro da marca KETECH, modelo HT-225, conforme Figura 1.



Figura 1: Esclerômetro HT-225

O ensaio é executado de acordo com a NBR 7584:2012 – Concreto Endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de Ensaio. Esta norma descreve que é necessária a execução de 16 impactos em cada local de execução do ensaio, em uma disposição conforme mostra a Figura 2.

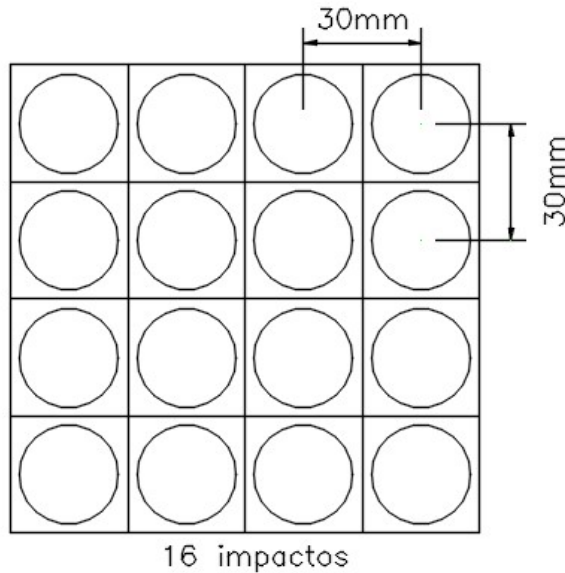


Figura 2: Malha adotada no ensaio

Após a execução dos 16 impactos no local selecionado para a execução do ensaio, é feito um tratamento estatístico dos índices esclerométricos obtidos, que consiste no cálculo da média dos 16 pontos de impacto e descarte dos índices esclerométricos que apresentarem valores que possuam divergência maior que 10% da média final, para assim ser calculada uma nova média aritmética e ser verificado novamente se os valores restantes dos índices esclerométricos não estão fora desta divergência de 10% sobre a nova média aritmética calculada.

É importante ressaltar que o índice esclerométrico médio final deve ser obtido com no mínimo cinco valores individuais. Quando isso não for possível, o ensaio desta área deve ser desconsiderado.

Para o cálculo da resistência à compressão a partir do índice esclerométrico médio de cada área de ensaio, foi utilizada a curva conservadora para concretos na faixa de 10 a 70 Mpa de resistência a compressão, adequada a diversos traços de concreto, fornecida pelo fabricante do equipamento.

A Figura 1 ilustra a localização dos ensaios realizados.

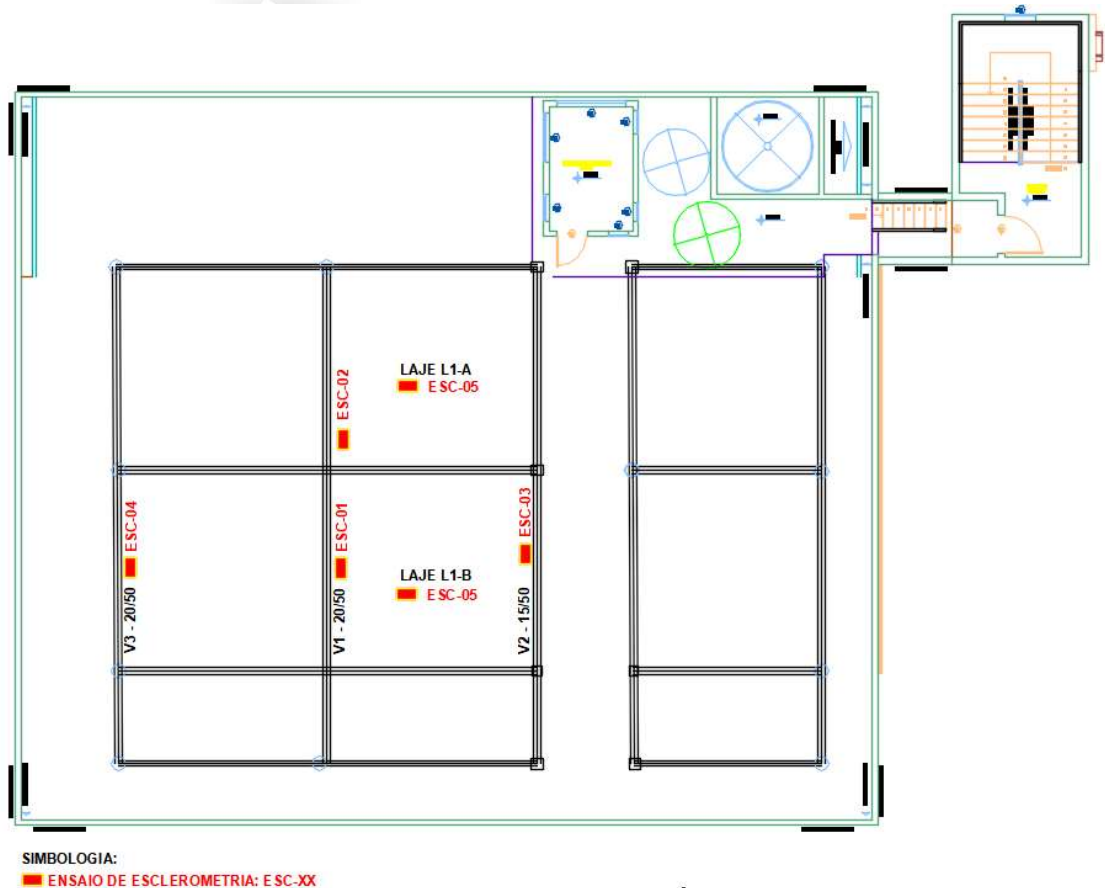


Figura 3: Mapeamento dos ensaios

2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os ensaios foram realizados vigas e lajes, conforme a distribuição apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos ensaios

Ensaio de esclerometria	Elemento estrutural	Resultados (MPa)
ESC-01	Viga V1(coberta)	33,6
ESC-02	Viga V1(coberta)	38,8
ESC-03	Viga V2(coberta)	46,3
ESC-04	Viga V3(coberta)	44,3
ESC-05	Laje L1-A (coberta)	19,6
ESC-06	Laje L1-B (coberta)	19,4
Total: 6 (seis) ensaios		

Tranto-se dos resultados segundo a média aritmética resultaram nos valores de resistência à compressão do concreto de 40,7 MPa e 19,5 Mpa, para as vigas e lajes, respectivamente.

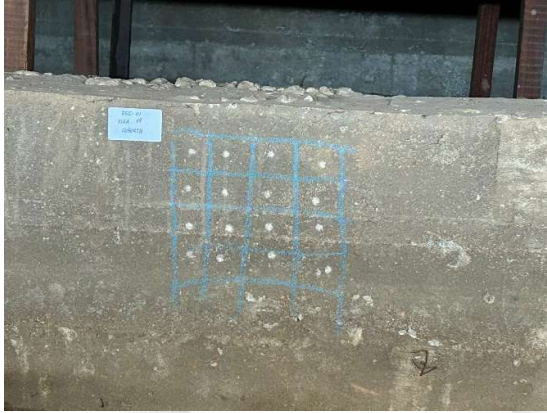
Recife, 24 de julho de 2025

Marcilio
José Santos
de Brito

Assinado de forma
digital por Marcilio
José Santos de Brito
Dados: 2025.08.11
12:33:41 -03'00'

Marcilio Brito
Eng. Civil - Ênfase Estrutura
Crea 16018D/PE

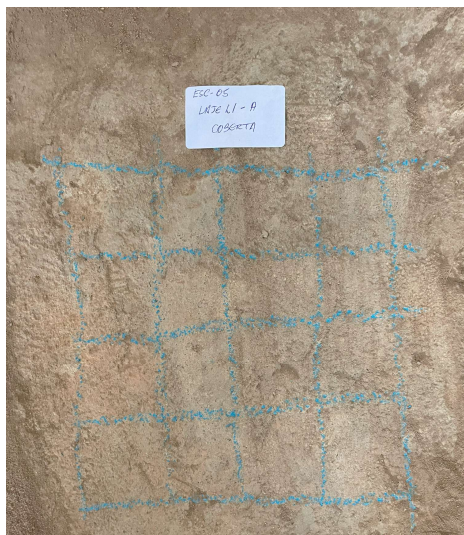
3. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Ensaio ESC-01 e ESC-02 (viga V1-coberta)



Ensaio ESC-03 (viga V2-coberta) e ESC-04 (viga V3-coberta)



Ensaio ESC-05 (laje L1-A-coberta) e ESC-06 (laje L1-B-coberta)

ENSAIO ESCLEROMÉTRICO

NBR 7584/2012

CONTRATO: 15/2025

DATA DO ENSAIO: 09/07/2025

OBRA: ANÁLISE TÉCNICA ESTRUTURAL

DATA CONCRETAGEM: >70 ANOS

Dados de Esclerômetro:

Tipo:	Concrete Test Hammer	Impact Energy:	2.25 N.m
Modelo /Nº:	HT-225	Test Ranger:	10~70 MPa

COBERTA	
ESC-01	
Peça:	Viga V1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	90

Nº	Leitura
1	39,0
2	44,0
3	36,0
4	34,0
5	40,0
6	41,0
7	31,0
8	32,0
9	41,0
10	40,0
11	32,0
12	36,0
13	42,0
14	32,0
15	40,0
16	38,0

Q (und):	16
X1	37,4
X1+10%	41,1
X1-10%	33,6
Q (und):	10

I.E	
Rc (MPa)	

COBERTA	
ESC-01	
Peça:	Viga V1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	90

Nº	Leitura
1	39,0
2	
3	36,0
4	34,0
5	40,0
6	41,0
7	
8	
9	41,0
10	40,0
11	
12	36,0
13	
14	
15	40,0
16	38,0

Q (und):	10
X1	38,5
X1+10%	42,4
X1-10%	34,7
Q (und):	9

I.E	
Rc (MPa)	

COBERTA	
ESC-01	
Peça:	Viga V1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	90

Nº	Leitura
1	39,0
2	
3	36,0
4	
5	40,0
6	41,0
7	
8	
9	41,0
10	40,0
11	
12	36,0
13	
14	
15	40,0
16	38,0

Q (und):	9
X1	39,0
X1+10%	42,9
X1-10%	35,1
Q (und):	9

I.E	39,0
Rc (MPa)	40,8

Fck,e (MPa)= 33,6

ENSAIO ESCLEROMÉTRICO

NBR 7584/2012

CONTRATO: 15/2025

DATA DO ENSAIO:

09/07/2025

OBRA: ANÁLISE TÉCNICA ESTRUTURAL

DATA CONCRETAGEM:

>70 ANOS

Dados de Esclerômetro:

Tipo: Concrete Test Hammer

Impact Energy:

2.25 N.m

Modelo /Nº: HT-225

Test Ranger:

10~70 MPa

COBERTA	
ESC-02	
Peça:	Viga V1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	90

Nº	Leitura
1	32,0
2	42,0
3	42,0
4	41,0
5	42,0
6	41,0
7	42,0
8	34,0
9	41,0
10	41,0
11	44,0
12	42,0
13	34,0
14	44,0
15	42,0
16	41,0

Q (und):	16
X1	40,3
X1+10%	44,3
X1-10%	36,3
Q (und):	13

COBERTA	
ESC-02	
Peça:	Viga V1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	90

Nº	Leitura
1	
2	42,0
3	42,0
4	41,0
5	42,0
6	41,0
7	42,0
8	
9	41,0
10	41,0
11	44,0
12	42,0
13	
14	44,0
15	42,0
16	41,0

Q (und):	13
X1	41,9
X1+10%	46,1
X1-10%	37,7
Q (und):	13
I.E	41,9
Rc (MPa)	45,9

Fck,e (MPa)= 38,8

COBERTA	
ESC-02	
Peça:	
fck (MPa):	
Ângulo:	

Nº	Leitura
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Q (und):	
X1	
X1+10%	
X1-10%	
Q (und):	

ENSAIO ESCLEROMÉTRICO

NBR 7584/2012

CONTRATO: 15/2025

DATA DO ENSAIO: 09/07/2025

OBRA: ANÁLISE TÉCNICA ESTRUTURAL

DATA CONCRETAGEM: >70 ANOS

Dados de Esclerômetro:

Tipo:	Concrete Test Hammer	Impact Energy:	2.25 N.m
Modelo /Nº:	HT-225	Test Ranger:	10~70 MPa

COBERTA	
ESC-05	
Peça:	Laje L1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	180

Nº	Leitura
1	34,0
2	32,0
3	37,0
4	33,0
5	36,0
6	40,0
7	42,0
8	36,0
9	29,0
10	31,0
11	37,0
12	37,0
13	30,0
14	36,0
15	34,0
16	30,0

Q (und):	16
X1	34,6
X1+10%	38,1
X1-10%	31,2
Q (und):	10

COBERTA	
ESC-05	
Peça:	Laje L1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	180

Nº	Leitura
1	34,0
2	32,0
3	37,0
4	33,0
5	36,0
6	
7	
8	36,0
9	
10	
11	37,0
12	37,0
13	
14	36,0
15	34,0
16	

Q (und):	10
X1	35,2
X1+10%	38,7
X1-10%	31,7
Q (und):	10
I.E	35,2
Rc (MPa)	24,8

Fck,e (MPa)= 19,6

COBERTA	
ESC-05	
Peça:	Laje L1
fck (MPa):	s/info
Ângulo:	180

Nº	Leitura
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Q (und):	
X1	
X1+10%	
X1-10%	
Q (und):	
I.E	
Rc (MPa)	

RELATÓRIO TÉCNICO: Nº LT-ECB-CMCI-CT152025-R00

ENSAIO: CARBONATAÇÃO

OBRA: CÂMARA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

ENDEREÇO: PRAÇA JERÔNIMO MONTEIRO, N.º 70, CENTRO – CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES

1. ENSAIO DE CARBONATAÇÃO

Para determinação da frente de carbonatação foram realizados ensaios com indicadores químicos e colorimétricos, do tipo solução alcoólica de fenolftaleína, aplicada por spray sobre uma prospeção recém-fraturada. Utilizando-se solução alcoólica de fenolftaleína a 1% através do CPC-18 da RILEM.

A velocidade de carbonatação e sua profundidade dependem de inúmeros fatores, como o material do concreto, sua porosidade e alcalinidade, aspectos climáticos, teor de CO₂ no ambiente e incidência e duração de ciclos de umedecimento e secagem.

O ensaio foi realizado na peça de concreto e o resultado da coloração na peça, após aplicação da solução alcoólica de fenolftaleína em uma prospeção recém fraturada, foi calibrada pela faixa indicativa de pH do concreto, conforme a Figura 1.

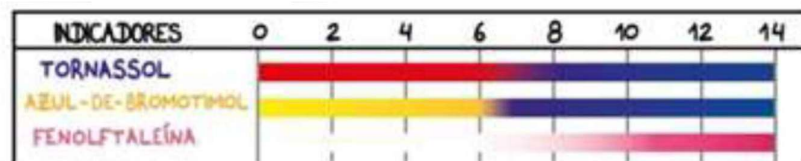


Figura 1: Faixa indicadora de pH do concreto

2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O resultado da coloração da peça após aplicação da solução alcoólica de fenolftaleína em prospecção recém-fraturada está ilustrado no item 4 – Registro fotográfico. A medida da profundidade de carbonatação foi coletada, medindo-se a profundidade mínima e máxima da frente de carbonatação, registrando a média de avanço dessa frente, como também os cobrimentos das armaduras nas duas direções da seção de concreto.

O ensaio foi realizado em peça estrutural da edificação, conforme descrição na Tabela 1.

Tabela 1: Medidas da velocidade de carbonatação

Ensaio	Sede/elemento estrutural	Cobrimento (mm)	Frente de carbonatação (mm)		
			Mínimo	Máximo	Médio
ECB-01	TÉRREO – FACHADA SUL	18	17,0	13,0	15,0
ECB-02	TÉRREO – FACHADA FRONTAL	21	18,0	24,0	21,0
ECB-03	3ºPAVTO – PILAR (WC)	20	18,0	22,0	20,0

3. CONCLUSÃO

Na Tabela 1, observa-se que a frente de carbonatação atingiu as armaduras nos ensaios ECB-02 e ECB-03. Conseqüentemente, nesses dois casos, o processo de corrosão já está instaurado. A coloração esbranquiçada indica pH entre 6,0 e 7,0 no concreto, valor inferior ao pH crítico de 9,0 para a despassivação, evidenciando baixa alcalinidade e, portanto, reduzida capacidade de proteção das armaduras contra a ação agressiva do CO₂ presente no ambiente. Considerando que o processo corrosivo se encontra em andamento, torna-se necessária a aplicação de proteção superficial, com o objetivo de inibir o avanço da penetração de CO₂.

Recife, 21 de julho de 2025.

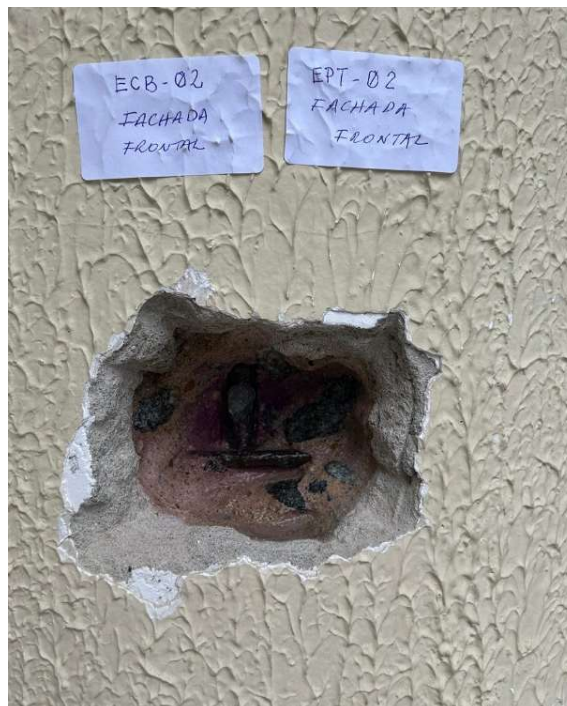
Marcilio José Santos de Brito
Assinado de forma digital por Marcilio José Santos de Brito
Dados: 2025.08.11 12:10:57 -03'00'

Marcilio Brito
CREA 16018D/PE

4. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ensaio ECB-01



Ensaio ECB-02



Ensaio ECB-03

LAUDO TÉCNICO DE ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO**SERVIÇO:** CONTRATO Nº 152025**OBRA:** CÂMARA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**RELATÓRIO:** LT-EPT-CMCI-CT152025-R00**LOCAL:** TÉRREO**1. ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO**

O ensaio de potencial de corrosão possibilita o monitoramento da integridade da armadura em certa estrutura de concreto e, através de avaliações qualitativas, fornece avaliações dos locais onde a corrosão é provável antes mesmo que ela se torne visível. O método permite localizar as áreas onde o concreto armado precisa ser reparado ou protegido, acompanhando assim seu comportamento e minimizando os custos de manutenção da estrutura. Adotou-se medir o potencial de corrosão através do uso de um eletrodo de referência e um voltímetro de alta-impedância. Baseando-se na Norma ASTM C876/15, o ensaio consiste em impor uma corrente elétrica e medir o campo elétrico existente na superfície da estrutura.

2. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

Potencial de equilíbrio é o que se estabelece a partir de uma situação de equilíbrio entre duas tendências: a dos átomos metálicos, em deixar o metal e passar para a dissolução, ionizando-se e hidratando-se, e a dos cátions, em depositar-se sobre o metal. A esse equilíbrio dinâmico é correspondido uma densidade de corrente de intercâmbio, equivalente à velocidade de dissolução anódina ou de depósito de cátions, segundo a Lei de Faraday.

A utilização da medida do Potencial de Corrosão tem a vantagem de ser uma técnica não destrutiva e de fácil aplicação e resultados imediatos demonstrando o cenário do processo de corrosão instalado sobre a armadura. A medida do Potencial de Corrosão da armadura consiste no registro da diferença de voltagem entre a armadura e um eletrodo de referência, que é colocado em contato com a superfície do concreto. A ASTM C-876/15 apresenta uma

correlação entre intervalos de diferença de potencial, em relação a um eletrodo de referência de Cu/SO₄Cu, e a probabilidade de ocorrência de corrosão, fornecendo valores negativos em milivolts (mV). Para execução do ensaio foi necessário realizar um entalhe no concreto para acessar a armadura e conectar o cabo transmissor. A Figura 1 ilustra as faixas potencial e sua correlação com grau de severidade de corrosão e a Tabela 1 apresenta o critério de avaliação normativa.

De acordo com a norma ASTM C-876/15 os valores estabelecidos são:

Tabela 1: Critérios de avaliação segundo a ASTM C-876/15

Ecorr (mv, Cu/SO ₄ Cu)	PROBABILIDADE DE CORROSÃO
>-200	< 5%
Entre -200 e -350	50%
< -350	>95%

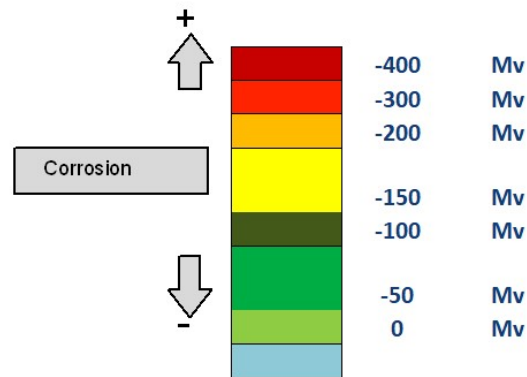


Figura 1: Faixas de potencial e sua correlação com grau de severidade de corrosão

(NORMA ASTM C 876:2015).

3. RESULTADOS DOS ENSAIOS

O ensaio foi realizado no elemento estrutural, com a remoção pontual do cobrimento de concreto para garantir uma conexão elétrica direta e eficiente entre a armadura e um dos bornes do equipamento de leitura.

A Tabela 2 apresenta o resumo dos ensaios, enquanto as Figuras 3 e 4 exibem as medições de potencial realizadas e os respectivos graus de severidade da corrosão.

Tabela 2: Resumo do ensaio

Ensaio	Pavimento/Peça	Potencial (mV)		Probabilidade (%)
		Mínimo	Máximo	
EPT-01	TÉRREO - PILAR (FACHADA SUL)	0	-24	<5
EPT-02	TÉRREO - PILAR (FACHADA FRONTAL)	-110	-141	<5

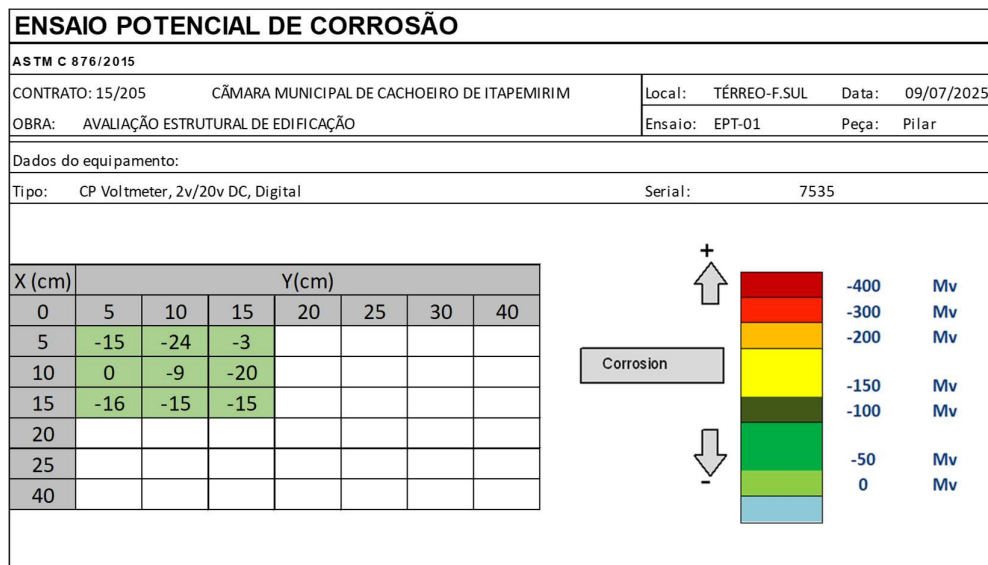


Figura 2: Medidas de potencial de corrosão do ensaio EPT-01

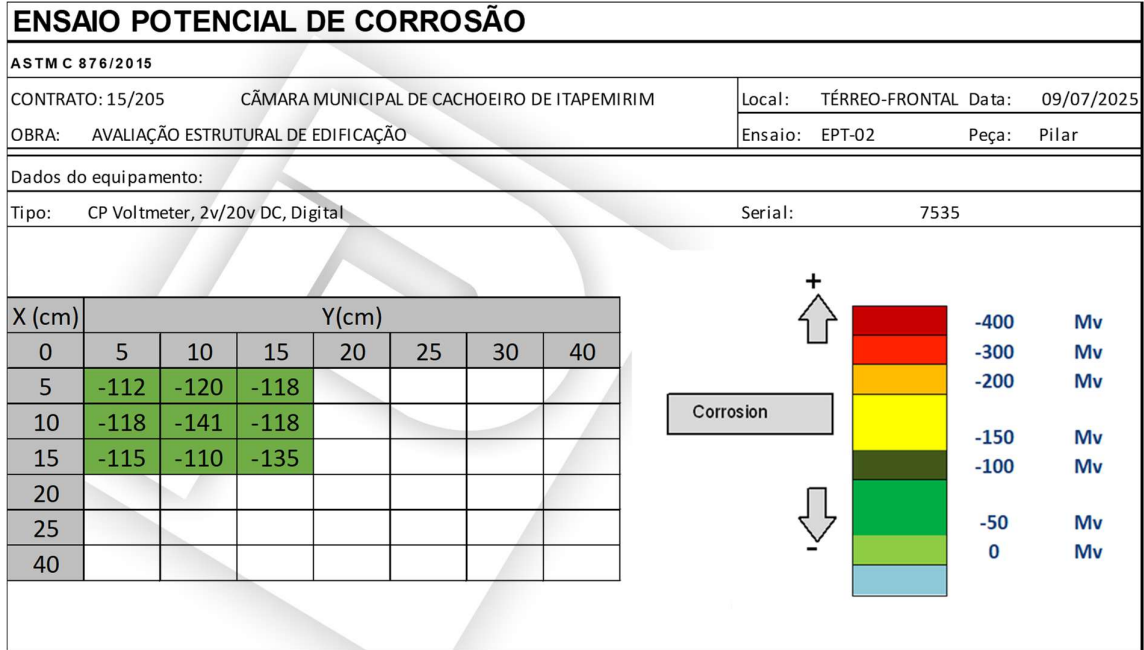


Figura 3: Medidas de potencial de corrosão do ensaio EPT-02

4. CONCLUSÃO

Conforme os resultados obtidos e apresentados nas tabelas de medidas dos ensaios realizados nas peças de pilares, indicaram probabilidade inferior a 5% de ocorrência de corrosão, que a camada de revestimento apresenta alta alcalinidade, que assegura a passivação da armadura, atestando ausência do processo de corrosão e durabilidade das peças de concreto armado.

Recife, 21 de julho de 2025.

Marcílio José Santos de Brito
 Assinado de forma digital por
 Marcílio José Santos de Brito
 Dados: 2025.08.11 17:16:46 -03'00'

Marcílio Brito
 CREA 16018D/PE

5. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 4: Ensaio EPT-01



Figura 4: Ensaio EPT-02