

LAUDO TÉCNICO ESTRUTURAL
(ETAPA II)

FÓRUM ELEITORAL DE SOUSA-PB

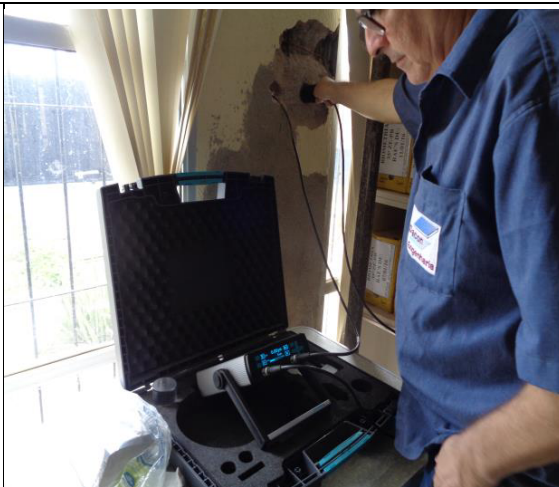
(ETAPA II /CONTRATO 04/2022)
Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba

João Pessoa, 27 de maio de 2022.

LAUDO TÉCNICO ESTRUTURAL

OBJETO DO CONTRATO – ETAPA II

Elaboração de LAUDO TÉCNICO ESTRUTURAL contendo os registros de serviços de INSPEÇÃO e PERÍCIA TÉCNICA do sistema estrutural do prédio que abriga o Fórum Eleitoral de Sousa-PB, contemplando a identificação e avaliação do sistema estrutural e de seu subsolo, através de investigações com sondagens tipo SPT, mapeamento das manifestações patológicas detectadas e realização de ensaios tecnológicos no concreto, visando a elaboração do diagnóstico, prognóstico e a indicação de procedimentos para a execução das devidas correções, através da elaboração de projeto executivo de recuperação estrutural da edificação que será disponibilizado na ETAPA III.



DATA DO PRESENTE RELATÓRIO: 27/05/2022

Resp. pelo Laudo Técnico:
DARCILIO MACEDO DA FONSECA
CREA: 160106913-8

CONTRATANTE

TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA

CNPJ: 06.017.798/0001-60

Endereço: Av. Princesa Isabel, 201, Centro, João Pessoa – PB

CONTRATADA

DACON ENGENHARIA LTDA

CNPJ: 02.511.240/0001-86,

Endereço: Av. Dom Pedro II, 1269, Edifício Síntese Serviços, Centro, João Pessoa/PB – CEP: 58013-420.

CONTATOS:

Fones: (83) 3566.7514 / 99903.7514/ WhatsApp: (83) 99903.5318

E-mail: daconprojetos@hotmail.com - **Home Page:** www.recuperarestrutura.com.br

DARCILIO MACEDO DA FONSECA - ENGENHARIA CIVIL - UFPB / CAMPUS II – (1986).

PÓS-GRADUAÇÃO

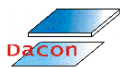
- *ESP. EM ESTRUTURAS DE CONCRETO E FUNDAÇÕES – UNICID/SP - 480 HORAS (2012/2014).*
- *ESP. EM ENGENHARIA DIAGNÓSTICA, PERÍCIAS TÉCNICAS E PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES – UNIP/SP – 400 h (2016/2018).*

PRINCIPAIS CURSOS DE EXTENSÃO

- *TREINAMENTO DOS SOFTWARES CYPECAD E METÁLICAS 3D – SEDE DA MULTIPLUS – SP – 24 h – (NOV/2008 e DEZ/2012)*
- *CURSOS NO CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA) – RJ – 180 h – (MARÇO/2011 A OUT/2012).*
- *CURSO DE DIMENSIONAMENTO DE LIGAÇÕES SOLDADAS E PARAFUSADAS) – SEDE DA ABCEM – SP – 16 h – (DEZ/2012). CURSO DE ESTRUTURA MISTA COM AÇO E CONCRETO ARMADO – HCT – RJ – 48 h – (NOV A DEZ/2015).*
- *DIAGNÓSTICO E REABILITAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO – MÚTUA/JP – INBEC – PB – 20 h – (MAIO/2016).*

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	5
2	OBJETO	8
3	OBJETIVOS	8
3.1	Objetivo Geral	8
3.2	Objetivos Específicos	8
4	ELEMENTOS DO CONTRATO.....	9
4.1	Contratante.....	9
4.2	Contratada	9
4.3	Registro Legal do Contrato	9
5	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DA EDIFICAÇÃO RECEBIDA PELO TRE-PB	9
6	METODOLOGIA E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA	11
6.1	Metodologia.....	11
6.2	Normas Técnicas.....	11
6.3	Legislação Vigente	12
7	DESCRIÇÃO DO IMÓVEL.....	12
8	PROCEDIMENTOS INVESTIGATIVOS REALIZADOS.....	12
8.1	Inspeções e Perícias Técnicas Realizadas	12
8.2	Inspeção Técnica Estrutural	13
8.3	Perícia Técnica Estrutural.....	14
8.4	Ensaio Tecnológicos Executados	15
8.4.1	Ensaio de Pacometria.....	15
8.4.2	Ensaio de Frente de Carbonatação	15
8.4.3	Ensaio de Perfil de Cloretos.....	18
8.4.4	Ensaio de Potencial de Corrosão.....	19
8.4.5	Ensaio de Resistividade Elétrica do Concreto	24
8.4.6	Ensaio de Esclerometria	28
8.4.7	Ensaio de Ultrassom	30
9	DIAGNÓSTICO	32
9.1	Fatores Reais da Degradação Estrutural Existente.....	32
9.2	Principais Manifestações Patológicas Detectadas nas Estruturas de Concreto	36



10	PROGNÓSTICO	37
10	PROCEDIMENTOS CORRETIVOS PROPOSTOS	38
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
13	TERMO DE ENCERRAMENTO	40
14	ANEXOS	41
14.1	Relatório Fotográfico	42
14.2	Relatórios de Processamentos de Dados de Ensaios Tecnológicos	75
14.3	Levantamento para a “as built” do Projeto Estrutural que será Disponibilizado na FASE III com Detalhes em Arquivos DWG, Após Revisão do Perito Signatário.	111
14.4	Relatório Geotécnico de Sondagem a Percussão (SPT), Elaborado pela ATECEL para Investigações do Subsolo.....	112
14.5	Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs)	123

1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O presente Laudo Técnico tem como finalidade principal o registro das investigações técnicas estruturais na edificação que abriga o Fórum Eleitoral de Sousa-PB, através de procedimentos de INSPEÇÃO TÉCNICA e PERÍCIA TÉCNICA ESTRUTURAL, mediante a realização de ensaios tecnológicos do concreto e investigações do subsolo, através de sondagem tipo SPT, visando identificar e avaliar o sistema estrutural da edificação, como um todo, apontando as manifestações patológicas existentes, nas datas das investigações técnicas, além da elaboração do diagnóstico e prognóstico dos problemas identificados, objetivando fornecer subsídios para um PROJETO DE REFORÇOS E DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL que terá por finalidade a reabilitação da solidez da edificação e de sua durabilidade residual, desde que sejam executados os reparos e reforços indicados no projeto executivo da ETAPA III dos serviços contratados e a realização periódica de manutenção predial preventiva no sistema estrutural de concreto armado e nos demais sistemas construtivos.

O subsolo da edificação foi examinado mediante a execução de sondagem SPT (STANDARD PENETRATION TEST), realizada pela empresa ATECEL (Associação Técnico-Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior – Campina Grande-PB), especializada em geotecnia, a qual emitiu os laudos de sondagens e a Anotação de Responsabilidade Técnica– ART.

Além das investigações do solo realizada pela ATECEL, o próprio perito signatário efetuou “in loco” inspeções técnicas diretamente nas camadas de solo mais superficiais, através de janelas de inspeções, abertas no entorno de fundações do prédio.

Já o concreto armado da edificação foi examinado criteriosamente, mediante a realização de ensaios tecnológicos de PACOMETRIA, FRENTE DE CARBONATAÇÃO, PERFIL DE CLORETOS, ESCLEROMETRIA, POTENCIAL ELÉTRICO DE CORROSÃO, RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO e ULTRASSOM.

As investigações técnicas estruturais da ETAPA II foram realizadas nos dias 30/03/2022, 11/04/2022, 12/04/2022 e 13/04/2022, com o imóvel em pleno funcionamento laboral. Pelo fato da edificação se encontrar em pleno atendimento ao público, durante os serviços das investigações técnicas estruturais, optou-se pela redução do tempo de execução dos serviços, em função do aumento da quantidade da permanência da equipe técnica em Sousa-PB.

Em função das análises técnicas observou-se diversos vícios técnicos, dentre os quais se destacam seções insuficientes de algumas vigas e pilares, além da péssima qualidade do concreto utilizado na obra.

Apesar da não disponibilidade do projeto estrutural da edificação, visivelmente se observa que a edificação apresenta uma série de vícios e desconformidades com a NBR 6118/2003 (norma vigente na pré-etape da construção do prédio).

A EDIFICAÇÃO HOLISTICAMENTE APRESENTA UMA RAZOÁVEL ESTABILIDADE ESTRUTURAL, com exceção da área onde estão contidas as vigas V1 e V2 que apresentam sérios problemas construtivos e de dimensionamento. A edificação apresenta até a data da última inspeção técnica realizada em 13/04/2022, relativa performance estrutural, sem apresentar fissuras e grandes deformações no conjunto (vigas x pilares x alvenarias e lajes), exceto a área do vão onde estão contidas as vigas V1 e V2.

Durante as investigações técnicas estruturais foram detectados os seguintes fatores técnicos:

- (a) As baixas resistências à compressão do concreto existente indicam a necessidade de reforços estruturais na área onde estão inseridas as vigas V1 e V2, envolvendo também os quatro pilares que sustentam estas vigas.
- (b) Há um fator positivo na distribuição dos pilares com grande densidade (pilares próximos uns dos outros) na estabilidade global da edificação, exceto os que sustentam as vigas V1 e V2 que foram alocados com aproximadamente 7 m de vão livre.
- (c) As vigas baldrame foram executadas com dimensões aparentemente adequadas, auxiliando diretamente na distribuição das cargas para o solo conjuntamente com os blocos de concreto existentes em cada pilar (situação de fato, apesar das normas técnicas não considerar esse mecanismo). Esse conjunto (vigas baldrame x blocos de concreto dos pilares) vem contribuindo para o equilíbrio estático entre estas peças estruturais e as camadas de material arenoso existente de consistência fofa saturada (com presença de água nas camadas mais superiores do subsolo, sem representar o lençol freático não identificado nas

sondagens), ou seja, o conjunto “solo x água superficial” forma uma camada de amortecimento das cargas da edificação, evitando que as mesmas sejam distribuídas diretamente sobre o solo colapsível existente na cidade de Sousa-PB. Portanto, não é conveniente rebaixar esse lençol de água superficial detectado, cuja consequência poderia ser o surgimento de recalques diferenciais.

- (d) A alvenaria de vedação existente vem contribuindo para a distribuição das cargas para o solo, conjuntamente com os pilares e vigas existentes, tendo um comportamento estrutural mais semelhante a um “sistema de alvenaria cintada” com função também estrutural. Embora as normas técnicas brasileiras não permitam esse tipo de modelo como concepção estrutural, trata-se de uma situação de fato que ocorre em grande parcela de edificações de um único pavimento, cujo conjunto (alvenaria x pilares x vigas x blocos de fundação) distribuem as cargas da edificação para o solo. Vale salientar que não foram identificadas fissuras ou grandes deslocamentos estruturais nas inspeções realizadas no prédio, exceto na área do salão de atendimento ao eleitor que apresenta duas vigas com sérios problemas construtivos e de dimensionamento.

- (e) Sistema de marquise frontal executado com laje pré-moldada de forma aparentemente adequada, cuja distribuição espacial no prédio vem contribuindo para minimizar os grandes deslocamentos e fissuras existentes nas vigas V1 e V2 no Salão de Atendimento ao Eleitor, na entrada da edificação.

- (f) Com relação aos ensaios tecnológicos eletroquímicos executados na edificação, cita-se os VALORES ELEVADOS DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO, detectados “in loco”, como fator positivo para controlar o processo de corrosão das armaduras. Os outros ensaios tecnológicos realizados indicaram a necessidade da realização de alguns procedimentos preventivos para auxiliar na vida útil residual da edificação, especialmente nas faces externas das vigas baldrames e dos pilares da edificação (faces que ficam em contato direto com as intempéries atmosféricas).

2 OBJETO

O objeto deste laudo técnico consiste nos serviços constantes da ETAPA II, do contrato 04/2022, assinado entre o Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba e a empresa Dacon Engenharia, referentes às investigações técnicas estruturais do prédio que abriga o Fórum Eleitoral de Sousa-PB, contemplando as investigações do subsolo com sondagens tipo SPT, avaliação do sistema estrutural da edificação, como um todo, apontamento das manifestações patológicas existentes nas datas das investigações técnicas, elaboração do diagnóstico e prognóstico dos problemas identificados, visando fornecer subsídios para o projeto de reforços e de recuperação estrutural com a indicação de procedimentos para a execução das devidas correções estruturais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Consiste na execução de investigações técnicas estruturais na edificação, descrita no objeto deste laudo técnico, objetivando fornecer subsídios para a COMPREENSÃO DAS INSTABILIDADES ESTRUTURAIS EXISTENTES NA EDIFICAÇÃO, visando a ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO e do PROGNÓSTICO DOS PROBLEMAS EXISTENTES para o restabelecimento da solidez e da durabilidade residual da edificação, com base nos dados obtidos de forma indireta pelo TRE e nos dados técnicos obtidos diretamente através da realização de ensaios tecnológicos, sondagens, análises e cálculos estruturais que serão elaborados na ETAPA III.

3.2 Objetivos Específicos

- I. Identificação de possíveis anomalias técnicas de origens endógenas e exógenas.
- II. Identificação e avaliação do sistema estrutural, através da realização dos procedimentos de inspeção e perícia técnica estrutural, contemplando as investigações do subsolo com sondagens tipo SPT e realização de ensaios tecnológicos para avaliação da qualidade do concreto.
- III. Registro das manifestações patológicas detectadas na edificação.
- IV. Elaboração do diagnóstico e prognóstico dos problemas identificados.

- V. Apontamentos das possíveis soluções para sanear os problemas detectados
- VI. Realização de um levantamento técnico “croqui de as built” com a finalidade de mapear e localizar os pilares, vigas e lajes, das estruturas de concreto armado. O projeto definitivo de “as built” em DWG será disponibilizado na ETAPA III, mediante uma revisão geral do perito signatário em decorrência da elaboração do projeto de reforço estrutural onde poderá sofrer alguma alteração.
- VII. Registro dos documentos técnicos recebidos do órgão contratante e dos dados levantados durante os procedimentos investigativos, visando criar uma memória técnica documental para servir de base às futuras intervenções estruturais.

4 ELEMENTOS DO CONTRATO

4.1 Contratante

TRIBUNAL REGIONAL ELEITORAL DA PARAÍBA, CNPJ: 06.017.798/0001-60, localizado na Av. Princesa Isabel, 201, Centro, João Pessoa – PB.

4.2 Contratada

DACON ENGENHARIA LTDA, empresa do ramo de projeto estrutural, engenharia diagnóstica e recuperação de estruturas, CNPJ: 02.511.240/0001-86, com sede e escritório comercial localizada na Av. Pedro II, 1269, Empresarial Síntese Serviços, Sala 904, 9º andar, Centro, João Pessoa/PB, CEP: 58013-420 Tel.(s): (83) 3566.7514 e 99903.7514, e-mail: daconprojetos@hotmail.com.

4.3 Registro Legal do Contrato

Anotação de Responsabilidade Técnica, ART Nº PB20220440463, assinada pelo(a) representante legal do órgão contratante e da empresa contratada.

5 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DA EDIFICAÇÃO RECEBIDA PELO TRE-PB

Relação dos documentos técnicos recebido do Tribunal Regional da Paraíba- TRE-PB.

- I. Relatório técnico de vistoria predial com data de 14/04/2020, assinado pelo servidor Philippe Hipólito Lins Cabral Ribeiro, Analista Judiciário, composto de 12 (doze) folhas escritas e registro fotográfico anexado com data 17 e 18/02/2022, contendo 11 (onze) folhas distribuídas em um único arquivo digital.
- II. Relatório de visita técnica ao Fórum Eleitoral de Sousa em 14/04/2020, assinado pelo servidor Luciano Jordan Castor de Lima, Técnico Judiciário, composto de 4 (quatro) folhas escritas e relatório fotográfico anexado em arquivos PDF, assim discriminados: “acessibilidade_ wcs, acessibilidade_ externa, algerozes, caixa_ar, calhas, cisterna e frente, cobertas_caixa, copa, drenagem, estrutura, fissuras, muro 1, treinamento e umidade”.
- III. Projetos de Arquitetura com algumas atualizações.
- IV. Planta baixa isolada com a indicação da localização dos pilares.
- V. Registro de Anotação de Responsabilidade Técnica- ART Nº 15100000029550002715, referente a construção do Fórum Eleitoral da 35 e 63 Zonas Eleitorais da cidade de Sousa-PB, assinado pelo Engenheiro Civil Gutemberg Nascimento Borborema(Construtora J.L Ltda) e o órgão contratante- TRE-PB em 01/02/2005.
- VI. Registro de Anotação de Responsabilidade Técnica- ART Nº 15100000028960002715, referente a reforma da edificação do Fórum Eleitoral de Sousa -PB, assinado pelo Engenheiro Civil José Felinto Pinheiro Neto (NP Construção Civil) e o órgão contratante- TRE-PB em 10/02/2006.

O projeto estrutural da edificação periciada não foi disponibilizado, exceto uma planta baixa isolada com a indicação da posição dos pilares, cujo documento técnico se encontra na fl. 942 do Processo nº 3.688/2004 (SADP), segundo consta em Relatório Técnico do TRE de 14/04/2020.

6 METODOLOGIA E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

6.1 Metodologia

A metodologia utilizada nos serviços investigativos consiste na realização de análises de documentos técnicos da edificação e procedimentos da engenharia diagnóstica e de materiais, envolvendo análises de projetos disponibilizados e realização de inspeção e perícia técnica do sistema estrutural da edificação, mediante as observações diretas do perito signatário e realização de ensaios tecnológicos, visando correlacionar o nexos entre causas, efeitos e mecanismos das degradações estruturais registradas.

6.2 Normas Técnicas

Todos os procedimentos técnicos utilizados foram baseados nas normas técnicas brasileiras e, na ausência de normas técnicas brasileiras, normas técnicas internacionais, especialmente para parametrizar os métodos de ensaios tecnológicos.

- NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimentos (março/2003 e correções).
- NBR 14931 - Execução de Estruturas de Concreto.
- NBR 13752 - (NORMA DE PERÍCIAS DE ENGENHARIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL).
- NBR 9062 - Projeto de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.
- NBR 7190 - Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira.
- NBR 8800 - Projeto de Estruturas de Aço de Edifícios.
- NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.
- NBR 6123 - Forças Devido ao Vento em Edificações.
- NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimentos.
- NBR 14859 - Lajes Pré-Fabricadas Unidirecionais e Bidirecionais.
- NBR 8802/2019 - Ensaio de Ondas Ultrassônicas (no que couber).
- Demais Normas Técnicas Brasileiras que embasam os ensaios tecnológicos.
- Normas internacionais que embasam os ensaios tecnológicos na ausência de Normas Técnicas Brasileira.

6.3 Legislação Vigente

O presente relatório respeita a legislação federal, estadual e municipal do local onde está contido o objeto das investigações técnicas, no que for pertinente, além de portarias governamentais (PGs) e normas regulamentadoras (NRs).

7 DESCRIÇÃO DO IMÓVEL

O Fórum Eleitoral de Sousa- PB está localizado na Av. Haroldo Nazaré, S/N, CEP 58.804-718, conforme o croqui de localização abaixo.

E



Fonte: Google Earth.

8 PROCEDIMENTOS INVESTIGATIVOS REALIZADOS

8.1 Inspeções e Perícias Técnicas Realizadas

Os procedimentos investigativos referentes a ETAPA II foram realizados nos dias 30/03/2022, 11/04/2022, 12/04/2022 e 13/04/2022, os quais estão devidamente registrados e temporalizados no relatório fotográfico deste laudo técnico.

A estrutura da edificação analisada é qualificada de “BAIXA QUALIDADE”, em função das investigações técnicas realizadas até o presente.

Mesmo sem o acesso ao projeto estrutural da edificação, visivelmente se observa algumas anomalias de projeto e de execução em duas vigas, convencionalmente denominadas pela perícia técnica de (V1 e V2), com vãos aproximados de 7 m, no SALÃO DE ATENDIMENTO AO ELEITOR, apresentando flechas da ordem de 5 cm. Essas duas estruturas apresentam manifestações patológicas tão avançadas que se encontram escoradas há praticamente 2 (dois) anos, por recomendação acertada da equipe de engenharia do TRE-PB. Caso essas estruturas não tivessem sido escoradas adequadamente, a probabilidade de ter ocorrido um colapso estrutural seria muito elevada, sendo recomendada a permanência dos escoramentos atuais até que sejam executados os serviços de reforços estruturais que serão propostos na ETAPA III do contrato 04/2022 entre o Tribunal Regional Eleitoral da Paraíba e a empresa Dacon Engenharia Ltda.

Além de erro de projeto nas vigas V1 e V2, que deveriam apresentar relação altura/vão na ordem de 8% a 10%, verificou-se com a realização dos ensaios tecnológicos, uma baixa resistência mecânica à compressão da ordem de 10 Mpa como estimativa média.

Mediante a constatação de vícios construtivos, verificou-se também uma péssima qualidade do concreto nestas vigas, com alto grau de porosidade e falta de homogeneidade. Somente para exemplificar a falta de homogeneidade do concreto nestas mencionadas vigas, cita-se o fato de duas amostras ensaiadas apresentarem resistências à compressão muito divergente, onde em uma delas o fcm foi de 6 Mpa e na outra de 13 Mpa, demonstrando que o processo construtivo teve grande variabilidade nos procedimentos executivos e comprovando a existência de vícios construtivos, mesmo sem o acesso ao projeto estrutural pela perícia técnica.

8.2 Inspeção Técnica Estrutural

Os procedimentos de inspeções técnicas foram realizados nos dias 11/04/2022, 12/04/2022 e 13/04/2022, pontualmente a partir do aprofundamento dos dados preliminares obtidos nas vistorias técnicas, mediante o uso de instrumentos específicos da engenharia diagnóstica como trena digital, trena comum e instrumento de percussão, com exceção da realização de ensaios tecnológicos que são itens específicos dos processos de perícia técnica.

8.3 Perícia Técnica Estrutural

a) EM AMOSTRAS DE PILARES DE CONCRETO ARMADO

A perícia técnica estrutural foi realizada nos dias 11/04/2022, 12/04/2022 e 13/04/2022 com a finalidade de definir as causas, os efeitos e os mecanismos dos processos de degradação do concreto, a partir dos resultados obtidos nos procedimentos anteriores, como também dos resultados dos seguintes ensaios tecnológicos executados: Ensaio de Pacometria, Ensaio de Frente de Carbonatação, Ensaio de Perfil de Cloretos, Ensaio de Potencial Elétrico de Corrosão, Ensaio de Resistividade Elétrica do Concreto, Ensaios de Esclerometria e Ensaio de Ultrassom.

Para tanto, foram escolhidos os pilares, abaixo discriminados, para a realização dos ensaios tecnológicos não destrutivos e semi-destrutivos, totalizando 7 (sete) unidades, cujas amostras foram selecionadas no processo de inspeção técnica (antes da perícia técnica), exatamente com ênfase nas peças estruturais com maiores manifestações patológicas, a favor da segurança do diagnóstico.

Pilar P10, Pilar P11, Pilar P16, Pilar P17, Pilar P22, Pilar P23, Pilar P24
--

Em função da não disponibilidade do projeto estrutural, com a obtenção apenas de uma planta baixa com a indicação da localização dos pilares da edificação, as convenções nestas peças estruturais que serão utilizadas a partir da elaboração do presente laudo técnico são as constantes no desenho das principais estruturas, efetuado pela perícia técnica (croqui de as built), cujas convenções deverão nortear as atuais e futuras intervenções no sistema estrutural.

b) EM AMOSTRAS DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO

VIGA V1 - Ancorada nos pilares P10 e P16

VIGA V2 - Ancorada nos pilares P11 e 17
--

As vigas que apresentam as maiores manifestações patológicas, em relação as demais, foram convencionalmente denominadas com a numeração de V1 e V2, através de um levantamento técnico (croqui de as built) efetuado pela perícia, em função da não disponibilidade do projeto estrutural nem de outras informações sobre as vigas da edificação.

Estas duas vigas inspiram cuidado porque funcionam, estruturalmente falando, de forma independente, não tendo contribuição de alvenarias, como ocorre com as demais.

8.4 Ensaios Tecnológicos Executados

8.4.1 Ensaio de Pacometria

A pacometria é um ensaio utilizado para a localização de barras e estribos dentro do concreto armado, visando estimar o cobrimento das armaduras no concreto armado e seus diâmetros. Para este método, que opera através de indução magnética, é utilizado pacômetro eletrônico simples e pacômetro avançado de medição de profundidade. A pacometria também é necessária para a conferência de eventuais erros de projetos, como também para a realização de outros procedimentos que dependerão da posição exata e outros dados das armaduras de aço.

Os ensaios de pacometria simples servem para nortear outros ensaios, como por exemplo: potencial elétrico de corrosão, resistividade elétrica do concreto e ultrassom onde a localização da posição das armaduras é um fator preponderante. Nos ensaios de ultrassom e resistividade elétrica do concreto, as armaduras não podem ficar na linha de ação de transdutores e eletrodos, já no ensaio de potencial elétrico de corrosão a situação é inversa, pois o sensor da $\frac{1}{2}$ célula de cobre x sulfato de cobre do equipamento necessita estar na mesma linha de ação das armaduras.

Os ensaios de pacometria avançada são realizados para confrontar bitolas existentes com as do projeto estrutural (quando disponibilizado o projeto estrutural) e para auxiliar a identificação de bitolas e cobrimentos para cálculos em análises estruturais.

8.4.2 Ensaio de Frente de Carbonatação

Este tipo de ensaio (MÉTODO – RILEM CPC18) consiste na aspersão de uma solução de fenolftaleína, indicando no concreto analisado a presença da frente de carbonatação, em tempo real, provocada pela penetração do gás carbônico nas camadas da peça estrutural.

A aspersão da solução de fenolftaleína no concreto, mostra em tempo real o setor do concreto que ainda não está carbonatado, ou seja, com PH superior as faixas que mantem as armaduras de aço passivadas. A cor avermelhada com viés de carmim indica um PH do concreto entre 10 e 13 (como ordem de grandeza aproximada na prática da engenharia), de modo que a cor vai clareando à medida que o PH se aproxima de 9. Quando a aspersão do reagente químico não modificar a cor do concreto, ficando semelhante a aspersão com água, indica que o concreto já está totalmente carbonatado no local investigado, ou seja, com possibilidade real de produzir corrosão em peças metálicas ou de propagá-la.

Este ensaio é muito importante para complementar o diagnóstico do processo de degradação do concreto, visto que aponta uma indicação técnica para faixa de PH existente (no momento dos ensaios), podendo indicar a condição da armadura como ativa ou passiva, alertando para a necessidade de tratamento corretivo, especialmente quando existir a presença de água, oxigênio e baixa resistividade do concreto.

A informação sobre a frente de carbonatação é importantíssima para a perícia técnica, visto que a carbonatação no concreto é um dos fatores que contribui para a existência da corrosão que reduz o pH do concreto e despassiva a armadura. Esta quando despassivada e na presença de umidade, desencadeia o processo de corrosão, comprometendo a segurança e a durabilidade da estrutura.

Vale salientar que, o fato de uma ESTRUTURA APRESENTAR UM PROCESSO DE CARBONATAÇÃO no entorno de suas armaduras, NÃO SIGNIFICA CONCRETAMENTE QUE O AÇO VAI ESTAR EM PROCESSO DE CORROSÃO, visto que para que isso ocorra, há a NECESSIDADE DA EXISTÊNCIA SIMULTÂNEA DA PRESENÇA DE OXIGÊNIO, ÁGUA EM QUANTIDADE SUFICIENTE PARA A MIGRAÇÃO IÔNICA, BAIXA RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO, além de outros fatores que podem contribuir para a CATALISAÇÃO DAS REAÇÕES DE CORROSÃO.

RESULTADOS OBTIDOS

Verificou-se que em todas as peças estruturais analisadas a frente de carbonatação já chegou às armaduras do concreto, como fato comprovado, fator este que deverá ser levado em consideração no tocante ao apontamento das soluções de reabilitação estrutural e eletroquímica.

Vale salientar que, o concreto existente nas camadas mais internas das estruturas não influenciam no processo de corrosão, independentemente no seu PH, visto que somente os materiais que estão no entorno das armaduras é que provocam o processo de corrosão, porque rompe o filme eletroquímico existente que protege as barras de aço com o concreto em PH elevado ($\text{PH} > 11$).

Nas peças estruturais analisadas, como a frente de carbonatação já atingiu o cobrimento do concreto armado, no entorno das armaduras, não houve a necessidade de fazer mensurações e comparações métricas da frente de carbonatação, visto que o fato mais relevante consiste na informação de que o cobrimento das armaduras do concreto está todo carbonatado.

Medições da Frente de Carbonatação			
Medição por amostragem em pilares e vigas	Posição	Média da Extensão da Carbonatação	Em (cm)
Medição 1 – P11	½ do tramo	Frente de carbonatação de fora para dentro	Passando das armaduras
Medição 2- P16	½ do tramo	Frente de carbonatação de fora para dentro	Passando das armaduras
Medição 3 – P17	½ do tramo	Frente de carbonatação de fora para dentro	Passando das armaduras
Medição 4 – V1	Face inferior	Frente de carbonatação de fora para dentro	Passando das armaduras
Medição 4 – V2	Face inferior	Frente de carbonatação de fora para dentro	Passando das armaduras
Peças Estruturais		Média da Frente de Carbonatação	Passando das armaduras

DIAGNÓSTICO PRAGMÁTICO DESTE ENSAIO

Para efeito de diagnóstico técnico, considera-se que o cobrimento do concreto armado, no entorno das armaduras das estruturas analisadas, está carbonatado.

8.4.3 Ensaio de Perfil de Cloretos

Este ensaio (Método ASTM C 1152) tem o objetivo verificar o perfil de cloretos livres, provenientes de fontes salinas endógenas ou exógenas, sendo mensurado através da aspersão de solução química.

Segundo (OTSUKI et al., 1992), o ensaio consiste na aspersão de uma solução de nitrato de prata, indicando no concreto analisado a presença ou não de sais livres provenientes da névoa marinha ou de outras fontes de sais endógenas ou exógenas.

A penetração dos íons cloretos provoca um dos tipos de corrosão nas armaduras mais nocivas, visto que pode atuar de forma localizada, mediante a destruição rápida da armadura, danificando o concreto armado como um todo e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade portante da estrutura, podendo levá-la ao colapso.

Este ensaio é muito importante para complementar o diagnóstico do processo de degradação do concreto, visto que, a simples presença de cloretos livres acima dos limites normativos estabelecidos pode proporcionar uma das formas mais severas de corrosão de armaduras, desde que estejam presentes os demais elementos das células de corrosão (água, oxigênio, baixa resistividade, zonas anódicas e catódicas).

RESULTADOS OBTIDOS

Os ensaios de perfil de cloretos não demonstraram uma incidência de íons cloretos livres nas estruturas de concreto armado analisadas.

Medições do Perfil de Cloretos			
Medição por amostragem em pilares e vigas	Posição	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	Em (cm)
Medição 1 – P11	½ do tramo	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm
Medição 2- P17	½ do tramo	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm
Medição 3- P16	½ do tramo	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm
Medição 4 – Viga V1	Face inferior	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm
Medição 5 – Viga V2	Face inferior	Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm
Peças Estruturais		Média da Presença de Íons Cloretos Livres	- 0 - cm

DIAGNÓSTICO PRAGMÁTICO DESTE ENSAIO

Para efeito de diagnóstico técnico, considera-se que todo o concreto do cobrimento das armaduras, bem como todo o concreto do interior das peças estruturais analisadas estão isentos de íons cloretos livres.

8.4.4 Ensaio de Potencial de Corrosão

Este ensaio está normatizado na (ASTM C-876/2015) e consiste na medição da diferença de potencial galvânica em (- mV/DC), que é gerada através de uma reação eletroquímica, através da formação de zonas anódicas e catódicas, com a formação de uma pilha elétrica, mediante a propagação de íons pelo próprio concreto e de uma corrente elétrica que circula através das próprias armaduras.

Este processo origina a corrosão galvânica que é medida pelo método da Meia Célula de Cobre x Sulfato de Cobre, cujos valores estimam a probabilidade da existência da corrosão galvânica atual. É muito importante para se estimar a probabilidade de corrosão presente na reação da corrosão. Para valores do PC < -200 mV, implica em probabilidade baixa de ocorrência de corrosão. Para valores do PC < -350 mV, implica em probabilidade alta de ocorrência da corrosão. Para valores do PC entre -200 mV e -350 mV, ocorre uma faixa de incerteza, necessitando de outros ensaios para o diagnóstico.

Este procedimento aponta a possibilidade numérica da existência ou não de corrosão, no presente momento, definindo as zonas catódicas e anódicas, fornecendo dados técnico-científicos qualitativos para mapear as áreas a serem recuperadas, quando for o caso. O método mencionado indica o nível de probabilidade do potencial de corrosão do sistema concreto armado, levando em consideração todos os elementos que o compõe e seu microclima.

Os ensaios foram realizados em peças de concreto armado, por amostragem, através do método qualitativo denominado de “Meia Célula de Cobre x Sulfato de Cobre”, os quais apontam uma correlação com a probabilidade de ocorrência de corrosão em função da diferença de potencial DC medida em (mV), cujos valores mensurados foram os seguintes:

RESULTADOS OBTIDOS

MEDIÇÕES DE POTENCIAL DE CORROSÃO POR AMOSTRAGEM				
AMOSTRA 1 Pilar Interno P11	Potencial de Corrosão (PC) em (mV / DC)	Valores Medidos	Dados Complementares:	DIAGNÓSTICO PONTUAL:
1ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 358 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente instalado (PEC<-350 mV).
2ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 347 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
3ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 345 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
4ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 322 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
5ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 312 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
6ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 316 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
Média Aritmética	Média de Todas as Amostras	– 333,3 mV		Diagnóstico Geral e Pragmático: Considerado Processo de Corrosão em fase de Instalação e Propagação

AMOSTRA 2 Pilar Interno P17	Potencial de Corrosão (PC) em (mV / DC)	Valores Medidos	Dados Complementares:	DIAGNÓSTICO PONTUAL:
1ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 337 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
2ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 332 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).

3ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 324 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão provavelmente instalado (PEC prox. a -350 mV).
4ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 293 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350).
5ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 298 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350 mV).
6ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 286 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350 mV).
Média Aritmética	Média de Todas as Amostras	– 311.6 mV		Diagnóstico Geral e Pragmático Considerado Processo de Corrosão em fase de Instalação e Propagação.

AMOSTRA 3 Pilar Interno P16	Potencial de Corrosão (PC) em (mV / DC)	Valores Medidos	Dados Complementares:	DIAGNÓSTICO PONTUAL:
1ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 352 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente instalado (PEC<-350 mV).
2ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 358 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente instalado (PEC<-350 mV).
3ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 361 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente instalado (PEC<-350 mV).
4ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 260 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350 mV).
5ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 254 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350 mV).
6ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 259 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão em zona de incerteza. (PEC >>> -350 mV).
Média Aritmética	Média de Todas as Amostras	– 307,3 mV	-	Diagnóstico Geral e Pragmático Considerado Processo de Corrosão em fase de Instalação e Propagação.

AMOSTRA 4 Viga V1	Potencial de Corrosão (PC) em (mV / DC)	Valores Medidos	Dados Complementares:	DIAGNÓSTICO PONTUAL:
1ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 122 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado . (PEC > -200 mV).
2ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 127mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado . (PEC > -200 mV).
3ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 128 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado. (PEC > -200 mV).
Média Aritmética	Média de Todas as Amostras	– 125,6 mV	-	Diagnóstico Geral e Pragmático Considerado Processo de Corrosão não Instalado

AMOSTRA 4 Viga V2	Potencial de Corrosão (PC) em (mV / DC)	Valores Medidos	Dados Complementares:	DIAGNÓSTICO PONTUAL:
1ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 83 mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado . (PEC > -200 mV).
2ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 84mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado . (PEC > -200 mV).
3ª medição	Medido através do ensaio de ½ célula de cobre x sulfato de cobre	– 27mV	Material: Concreto x aço na mesma posição	Processo de corrosão probabilisticamente não instalado . (PEC > -200 mV).
Média Aritmética	Média de Todas as Amostras	– 64,66 mV	-	Diagnóstico Geral e Pragmático Considerado Processo de Corrosão não instalado.

DIAGNÓSTICO PRAGMÁTICO DESTE ENSAIO

Resultados dos ensaios de potencial elétrico de corrosão apontam a presença da água como fator preponderante no processo de corrosão. Como exemplo, cita-se os resultados do PEC nas vigas V1 e V2, apontando ausência de corrosão do ponto de vista probabilístico nestas peças estruturais.

Em função das investigações técnicas estruturais realizadas, constatou-se que o concreto armado utilizado nas estruturas do prédio é de péssima qualidade. Constatou-se também, através dos ensaios de esclerometria que o concreto utilizado nas vigas e nos pilares tem um certo grau de homogeneidade, ou seja, foram executados com a mesma baixa qualidade (fato constatado pela perícia).

Portanto, o único fato técnico real que difere o concreto utilizado nas vigas e nos pilares analisados é a proteção mecânica do forro de gesso existente nas vigas, além da distância de umidade que existe nas mencionadas vigas.

Enquanto os pilares estão ligados fisicamente a um lençol de água aflorante no solo nas cotas dos entornos das fundações (não é lençol freático), as vigas estão bem distantes dessa fonte permanente de água, além de estarem protegidas fisicamente dos gases e vapores da atmosfera através do forro de gesso que funciona como uma proteção por barreira. Isso explica o fato de não está ocorrendo corrosão nas amostras das vigas V1 e V2 analisadas e ocorrendo processo de corrosão pontal nos pilares analisados(P11, P16) e P17 em fase de instalação e propagação, segundo constatação dos ensaios de potencial elétrico de corrosão.

Conclui-se, portanto, que o fator preponderante que está contribuindo para a instalação do processo de corrosão nos pilares ensaiados, verificado através dos ensaios tecnológicos, consiste na péssima qualidade do concreto existente, concomitantemente com a existência de um lençol de água armazenado nas camadas arenosas superiores do solo que ficam sobre a camada de argila expansiva em cota aproximada de 80 cm (FATO COMPROVADO NAS SONDAgens SPT).

Pelo fato de que toda estrutura de concreto, nos entornos de suas armaduras, dos elementos estruturais analisados, está carbonatada (fato comprovado pelos ensaios de frente de carbonatação), há a necessidade de continuar protegendo fisicamente as vigas e lajes pré-moldadas com “proteção por barreira”, mesmo após os reforços estruturais que serão propostos na ETAPA III, além da realização de um cronograma de manutenção preventiva periódica que será proposto também pelo perito signatário.

8.4.5 Ensaio de Resistividade Elétrica do Concreto

Este ensaio está consagrado através do MÉTODO DE WENNER, também conhecido pelo MÉTODO DOS QUATRO ELETRODOS, segundo o qual o processo de corrosão das armaduras no concreto armado sofre grande influência das propriedades elétricas do próprio concreto, dentre as quais se destacam a RESISTIVIDADE ELÉTRICA SUPERFICIAL. Este procedimento estima probabilisticamente a facilidade ou a dificuldade que o eletrólito (concreto + água + produtos químicos) oferece à passagem da corrente elétrica e/ou iônica, cuja unidade é geralmente especificada em ($K\Omega \cdot cm$). ESTE PARÂMETRO É FUNDAMENTAL PARA ESTIMAR A PROBABILIDADE ATUAL OU FUTURA DA CORROSÃO NAS ARMADURAS NO CONCRETO, uma vez que a resistividade elétrica do concreto é um dos fatores eletroquímicos que controla o processo de corrosão.

Este tipo de ensaio pode ser aplicado tanto em estruturas novas, quanto em estruturas antigas, fornecendo um norte para o diagnóstico e para o prognóstico da evolução da corrosão das armaduras. Enquanto os ensaios de frente de carbonatação, perfil de cloretos e potencial elétrico de corrosão fornecem parâmetros para a indicação da “saúde atual do concreto”, o ensaio de resistividade elétrica indica uma propriedade endógena do próprio concreto, inserido no microclima onde se situa a estrutura, podendo contribuir para o diagnóstico e o prognóstico da corrosão nas armaduras atual ou futura.

Há casos em que o ensaio da resistividade elétrica do concreto é preponderante para a formulação do diagnóstico conclusivo, sendo um dos fatores que controla a corrosão das armaduras. Em tese, valores de REC superiores a $30 K\Omega \cdot cm$, dificulta a migração da corrente iônica, minimizando o processo de corrosão com o controle da reação eletroquímica.

Como a resistividade elétrica do concreto é uma propriedade intrínseca do material, as amostras foram definidas em função da proximidade do solo que é o local mais suscetível para fornecer valores menores, a favor da segurança, podendo ser generalizado para a maioria das estruturas do edifício, visto que, as demais peças estruturais terão condições menos favoráveis à diminuição da resistividade elétrica, exceto em casos em que haja fontes contaminadoras.

RESULTADOS OBTIDOS

(Valores Obtidos pela Fórmula de Wenner em Função dos Dados do Relatório Fotográfico)

Medições de REC			
PILAR 16	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
P 16- (1ª medição)	Valor Calculado= 1.450 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.450
P16- (2ª medição)	Valor Calculado= 1.265 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.265
P16- (3ª medição)	Valor Calculado= 1.423 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.423
P16- (4ª medição)	Valor Calculado= 1096 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.096
Média Aritmética Geral	-----	-----	1.309 KΩ . cm
Diagnóstico: O valor médio calculado aponta para uma alta resistência à corrosão das armaduras no concreto, do ponto de vista probabilístico pelo método de REC.			

Medições de REC			
PILAR 11	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
P11- (1ª medição)	Valor Calculado= 1.441 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.441
P11- (2ª medição)	Valor Calculado= 1.476 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.476
P11- (3ª medição)	Valor Calculado= 1.540 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.540
P11- (4ª medição)	Valor Calculado= 1.575 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1575
Média Aritmética Geral	-----	-----	1.508 KΩ . cm
Diagnóstico: O valor médio calculado aponta para uma alta resistência à corrosão das armaduras no concreto, do ponto de vista probabilístico pelo método de REC.			

Medições de REC			
PILAR 17	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
P17- (1ª medição)	Valor Calculado= 143 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	143
P17- (2ª medição)	Valor Calculado= 115 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	115
P17- (3ª medição)	Valor Calculado= 144 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	144
Média Aritmética Geral	----	----	134 KΩ . cm
<p>Diagnóstico: O valor médio calculado neste ensaio aponta também uma resistência razoável à corrosão das armaduras no concreto, do ponto de vista probabilístico pelo método de REC.</p> <p>A média calculada nesta amostra apresenta um índice bem menor do que nas outras analisadas, em função da influência de uma maior ascensão da água do subsolo neste pilar periciado. Mesmo assim, o valor médio da REC medido neste pilar, permanece elevado e vem contribuindo para o controle da corrosão nas armaduras.</p>			

Medições de REC			
VIGA V1	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
V1- (1ª medição)	Valor Calculado= 1.466 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.466
V1- (2ª medição)	Valor Calculado= 591 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	591
V1- (3ª medição)	Valor Calculado= 1.181 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.181
Média Aritmética Geral			1079 KΩ . cm
<p>Diagnóstico: O valor médio calculado aponta para uma alta resistência à corrosão das armaduras no concreto, do ponto de vista probabilístico pelo método de REC.</p>			

Medições de REC			
VIGA V2-A	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
V2-A- (1ª medição)	Valor Calculado = 510 KΩ . cm	Material: Concreto	510

		Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	
V2-A- (2ª medição)	Valor Calculado= 510 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	510
V2-A- (3ª medição)	Valor Calculado= 507 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	507
Média Aritmética Geral			509 KΩ . cm
Resultado: O valor médio calculado neste ensaio aponta para uma alta resistência à corrosão das armaduras no concreto, do ponto de vista probabilístico.			

Medições de REC			
VIGA V2-B	Resistividade Elétrica do Concreto (REC)	Dispersão	Valor Utilizado em KΩ . cm
V2-B- (1ª medição)	Valor Calculado= 870 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	870
V2-B- (2ª medição)	Valor Calculado= 961 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	961
V2-B- (3ª medição)	Valor Calculado= 1.124 KΩ . cm	Material: Concreto Método de Wenner ou dos 4 Eletrodos	1.124
Média Aritmética Geral			985 KΩ . cm
Resultado: O valor médio calculado aponta para uma alta resistência à corrosão das armaduras no concreto do ponto de vista probabilístico.			

DIAGNÓSTICO PRAGMÁTICO DO CONJUNTO DE ENSAIOS DE REC

Pelos resultados obtidos nas medições da Resistividade Elétrica do Concreto (REC) nos diversos ensaios realizados, o cálculo da média aritmética foi de 920 Ω.cm.

Com o resultado desta média, juntamente com os menores valores obtidos nos ensaios sendo superiores a 100 K Ω.cm, valores estes muito superior a 30 K Ω.cm, que é o valor limite para o diagnóstico da probabilidade de corrosão do concreto, com base na literatura técnico-científica, conclui-se que o concreto utilizado na construção do prédio apresenta uma elevada resistividade elétrica, razão pela qual está ocorrendo um certo controle da corrosão nas armaduras, especialmente nas peças estruturais que ficam mais distantes do lençol de água aflorante que existe no subsolo da edificação, conforme inspeção direta do perito signatário. Se os resultados dos ensaios de resistividade elétrica do concreto apontassem

para um índice de até 20 KΩ.cm, o processo corrosivo já teria avançado a tal ponto que, provavelmente, inviabilizaria o processo de recuperação estrutural.

Mediante os valores apurados nos ensaios, acima especificados (valores médios, de pico e de vale), conclui-se que a probabilidade de corrosão das armaduras nas estruturas do prédio é baixa, pelos parâmetros do método de Wenner.

Nesse caso, verifica-se na prática o princípio consagrado pela engenharia diagnóstica, segundo o qual a resistividade elétrica do concreto é um dos fatores que controla a corrosão das armaduras no concreto.

Vale esclarecer que como a resistividade elétrica do concreto é uma propriedade intrínseca do concreto, este ensaio é utilizado para dar um norte probabilístico da corrosão, tanto no presente, quanto numa projeção futura.

De acordo com as análises técnicas, acima descritas, o concreto utilizado nas peças estruturais do prédio apresenta uma relativa alta resistividade elétrica, fundamentando a explicação do fato de que a estrutura do prédio se encontra ainda em um razoável estado de conservação, apesar da constatação de que o cobrimento do concreto, no entorno das armaduras, nas peças analisadas está 100% carbonatado, assim como a identificação de algumas células de corrosão ativa nas amostras analisadas, através dos ensaios de potencial elétrico de corrosão (PEC).

Vale salientar que, embora o ENSAIO DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO seja um dos mais importantes para o diagnóstico da “saúde da estrutura do concreto”, o processo corrosivo é um mecanismo que depende de diversos FATORES FÍSICO-QUÍMICOS e ELETROQUÍMICOS, razão pela qual o resultado deste ensaio não deverá ser analisado separadamente dos demais, necessitando de uma análise conjunta de todos os ensaios tecnológicos realizados, onde as evidências probabilísticas indiquem os melhores caminhos para a definição das causas e mecanismos do processo corrosivo e as melhores técnicas dos procedimentos de recuperação e reabilitação das estruturas.

8.4.6 Ensaio de Esclerometria

O ensaio de esclerometria é regulado pela (NBR 7584/2012) e consiste na leitura da dureza superficial do concreto para a verificação de sua homogeneidade. Em alguns casos muito específicos, pode-se estimar a resistência à compressão do concreto, sem a

necessidade de retirada de corpo de provas, que é um processo trabalhoso e pode provocar algum dano à estrutura. Essa estimativa deve ser conduzida com muita cautela, pois existem inúmeros fatores que camuflam os valores da resistência à compressão do concreto por esclerometria. Dentre outros fatores, cita-se como elementos limitantes da frente de carbonatação e a taxa de umidade do concreto que alteram substancialmente os índices esclerométricos, e por sua vez, a projeção de resistência à compressão, cuja estimativa poderá gerar erros de 65% em muitos casos. A estimativa da resistência a compressão concreto por esclerometria poderá ser estimada apenas para estruturas novas, a partir de 30 dias de concretada onde há a ausência do processo de carbonatação e de outros contaminantes.

Pelas razões, acima expostas, o perito signatário não utilizou o ensaio de esclerometria para a estimativa da resistência a compressão do concreto. A segunda coluna da tabela a seguir mostra os valores dos índices esclerométricos, enquanto a terceira coluna mostra os valores das resistências superficiais que não podem ser confundidas com resistência a compressão do concreto.

RESULTADOS OBTIDOS

Ensaio	Índices Esclerométricos Medidos (IE)	Resistência Superficial à Compressão Estimada (Mpa)
Pilar P11- Face Interna	26	17
Pilar P16- Face Externa A	30	24
Pilar P16- Face Externa B	29	23
Pilar P17- Face Interna	27	20
Viga 1- A (Ambiente Interno)	32	26
Viga 1- B (Ambiente Interno)	33	28
Viga 1- C (Ambiente Interno)	34	30
Viga 2- A (Ambiente Interno)	33	29
Viga 2- B (Ambiente Interno)	31	25
Viga 2- C (Ambiente Interno)	32	28
Média	31	25