XVII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y
XVIX Congreso de Control de Calidad en la Construcción
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
realizado del 28 al 30 de septiembre de 2023
CONPAT 2023, Vol. 3, RECUPERACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
DOI: https://doi.org/10.21041/CONPAT2023/V3RC8276
Editado por: Álvaro G. Sánchez Bellido, Juan Carlos Rojas Vidovic, Alan J. Aparicio Ortubé, Enio J. Pazini Figueiredo y Pedro Castro Borges

Reabilitação estrutural da Catedral da Floresta, igreja matriz da ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal) – Estudo de caso

C. Espinoza[2]*, R. Boni[2], J. Pacheco[2], P. Helene[1,2]
*Autor de Contacto: cristian.espinoza@concretophd.com.br

RESUMO

Historicamente, as construções civis são erigidas em todos os lugares do planeta, com as mais diversas características ambientais, empregando todo tipo de materiais disponíveis e utilizando uma ampla gama de técnicas construtivas, obtidas através de conhecimento acadêmico e os adquiridos nas experiências práticas de cada localidade. É sabido que os requisitos principais das estruturas são: resistência, estabilidade, sustentabilidade e durabilidade. Este artigo técnico procura compartilhar a singular experiência na reabilitação de uma estrutura em concreto armado, localizada na floresta amazônica brasileira, considerando as dificuldades e desafios enfrentados nas diferentes etapas de planejamento, projeto e construção, os quais levaram à necessidade da reabilitação desta estrutura de importante valor religioso e social.

Palavras-chave: reabilitação estrutural; durabilidade; concreto armado; corrosão; vida-útil.

Citar como: Espinoza, C. et. al (2023). "*Reabilitação estrutural da Catedral da Floresta, igreja matriz da ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal) – Estudo de caso*" en: Álvaro G. Sánchez Bellido, Juan Carlos Rojas Vidovic, Alan J. Aparicio Ortubé, Enio J. Pazini Figueiredo y Pedro Castro Borges (Eds.), Memorias del XVII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XVIX Congreso de Control de Calidad en la Construcción, CONPAT 2023. Santa Cruz de la Sierra (BOL), (pp. 14). DOI: https://doi.org/10.21041/CONPAT2023/V3RC8276

[1] Professor Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil.
[2] PhD Engenharia, Rua Visconde de Ouro Preto, 201. Consolação. 01303-060. São Paulo/SP, Brasil

© 2023 ALCONPAT Internacional

Structural rehabilitation of "Catedral da Floresta", main church of ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal).

ABSTRACT

Historically, civil constructions are erected all over the planet with the most diverse environmental characteristics, using all types of available materials and a wide range of construction techniques obtained either through academic knowledge and those acquired in practical experiences of each location. It is known that the main requirements for structures are strength, stability, sustainability and durability. This technical article seeks to share the singular experience in the rehabilitation of a reinforced concrete structure located in the Brazilian Amazon
forest, considering all the difficulties and challenges faced in the different stages of planning, design and construction; difficulties that led to the need for the present rehabilitation of this important structure with great social and religious value.

Keywords: Structural rehabilitation; durability; reinforced concrete; corrosion; lifespan.

Rehabilitación estructural de la Catedral da Floresta, iglesia principal de la ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal) – Estudio de caso

RESUMEN

Históricamente, las construcciones civiles se levantan en todos los lugares del planeta, con las más diversas características ambientales, utilizando todo tipo de materiales disponibles y empleando una amplia gama de técnicas constructivas, obtenidas a través del conocimiento académico y las adquiridas en las experiencias prácticas de cada lugar. Se sabe que los principales requisitos de las estructuras son: resistencia, estabilidad, sustentabilidad y durabilidad de los materiales, en sentido global y local. Este artículo técnico busca compartir la experiencia singular en la rehabilitación de una estructura en hormigón armado, ubicada en la selva amazónica brasileña, considerando las dificultades y desafíos enfrentados en las diferentes etapas de planificación, diseño y construcción, que llevaron a la necesidad de la rehabilitación de esta importante estructura de valor religioso y social.

Palabras clave: Rehabilitación estructural; durabilidad; hormigón armado; corrosión; vida útil.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um estudo de caso envolvendo o diagnóstico, a elaboração de um projeto e especificação técnica dos serviços de reabilitação para assegurar a estabilidade e durabilidade da estrutura de concreto armado da Catedral do Céu do Mapiá, obra da Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal (ICEFLU), localizada na Vila Céu do Mapiá, no município de Pauini, Amazonas, Brasil.

O objetivo principal foi fornecer subsídios consistentes para a empresa construtora especializada Engecampo Engenharia, que executou os serviços de reabilitação estrutural, visando a adequação às normalizações vigentes.

Os procedimentos descritos neste artigo técnico contemplam a reabilitação dos elementos da estrutura de concreto armado da obra em questão. Para cada serviço, estão discriminados os materiais utilizados e os procedimentos executivos adotados, tendo sempre como premissa as boas práticas de engenharia e as normas brasileiras.

As informações aqui descritas estão baseadas nas inspeções e no acompanhamento das intervenções corretivas durante o processo de reabilitação da estrutura, sendo os critérios de controle de qualidade estabelecidos pelas normas brasileiras em vigência.

2. LOCALIZAÇÃO e DESCRIÇÃO SUCINTA da OBRA

A sede da ICEFLU em Céu do Mapiá/AM é um templo em forma de estrela de 6 pontas projetado para receber mais de 2 mil pessoas, com 5.700 m² de área construída, 21 m de altura e vão livre central de 44 m, equivalente ao vão do Panteão de Roma. Para melhor entendimento, a Fig. 1 apresenta uma maquete digital do referido templo.

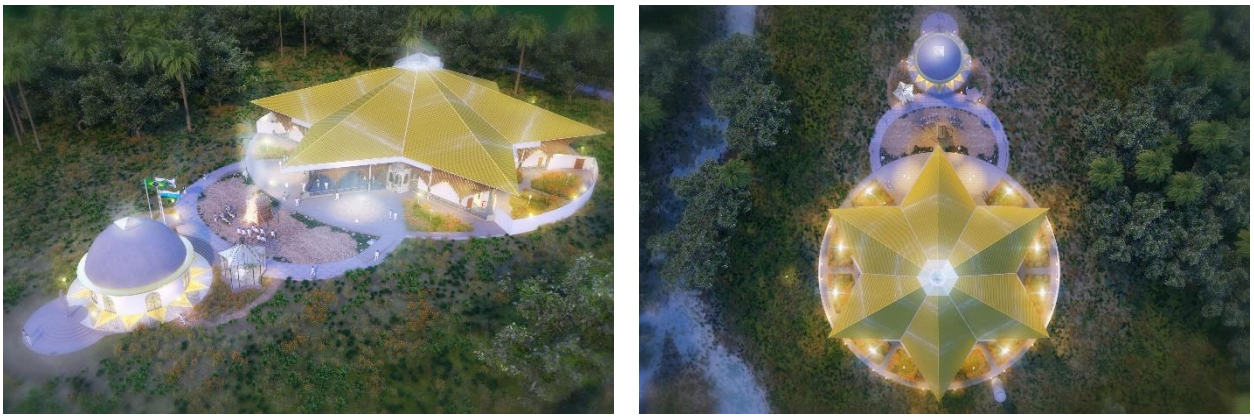

Figura 1. Maquete digital do projeto arquitetônico da ICEFLU no Céu do Mapiá/AM (fonte: ICEFLU)

O templo se localiza na cabeceira do Igarapé Mapiá, a uma distância aproximada de 30 km do Rio Purus, em uma região preservada da Amazônia ocidental brasileira (Fig. 2). É acessível somente por via fluvial ou aérea. A partir da cidade de Boca do Acre/AM, leva-se um tempo de aproximadamente 6 h para chegar ao local, via embarcações motorizadas e em condições normais.

Figura 2. Localização da sede da ICEFLU em Céu do Mapiá/AM (fonte: https://www.google.com.br/maps)

O projeto arquitetônico da Catedral do Céu do Mapiá foi concebido pelo artista plástico Sílvio Galvão que, auxiliado por professores de Faculdade de Engenharia de Santos, também elaborou o primeiro projeto estrutural da obra em concreto armado com cobertura em estrutura metálica. A Fig. 3 apresenta alguns estudos em forma de croquis elaborados por ele durante a concepção da estrutura.

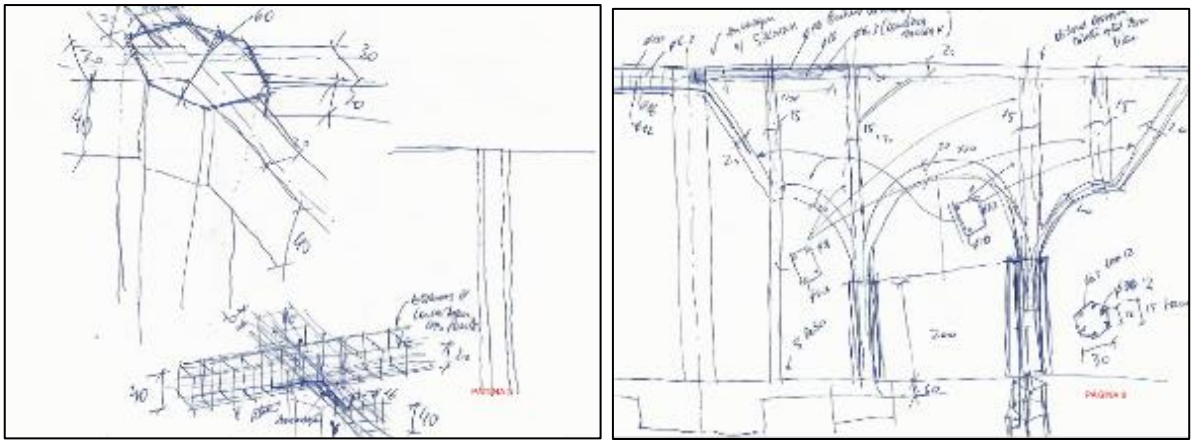

Figura 3. Exemplos dos croquis do projeto estrutural (fonte: ICEFLU)

De acordo com o projeto arquitetônico, a estrutura em planta é formada por seis alas. A edificação é composta por elementos em concreto armado, moldados *in loco*, com fundações em estacas escavadas com blocos de coroamento. A superestrutura é composta por pilares (hexagonais e retangulares), vigas e arcos de seção retangular.

Seis pilares principais, de seção hexagonal (P1 a P6), estão dispostos na ligação entre alas e em cada lateral, outros três pilares estão dispostos de cada lado, alinhados com a ponta das alas, sendo o primeiro em seção transversal retangular e os dois adjacentes em seção hexagonal na região inferior do arco e seção retangular na região superior (ou seja, há uma alteração na geometria da seção do pilar ao longo de sua altura). Tais pilares estão travados na região superior através de uma viga de seção retangular a partir dos pilares principais formando as pontas das alas. Outros elementos que compõem as laterais das alas são os arcos, vigas inclinadas e os pendurais na região do balanço. A Fig. 4 ilustra em planta e elevação a disposição dos elementos estruturais descritos.

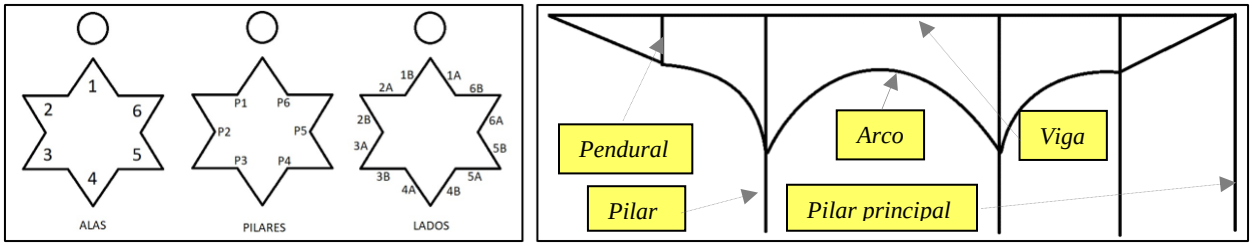

Figura 4. Croquis esquemáticos em planta (à esquerda) e em elevação (à direita) com as nomenclaturas das alas e dos pilares principais.

Para vencer o vão central de 44 m, foi concebida uma cobertura em estrutura metálica, que se apoia na extremidade superior dos pilares principais de concreto armado, na região dos nós formados entre estes e as vigas. A Fig. 5 apresenta-se uma imagem da estrutura de concreto armado registrada em agosto de 2022.

Figura 5. Estrutura de concreto armado, face externa do lado 1B da ala 1.

A obra teve início em 2008 (fase 1), sofrendo interrupções e reinícios em 2012 (fase 2) e finalmente reiniciada em 2020 (fase 3). Nas fases 1 e 2, as obras foram realizadas com a colaboração voluntária (em regime de mutirão) dos próprios membros da igreja, moradores da vila (Fig. 6), que executaram as fundações e a estrutura de concreto armado, utilizando materiais de construção transportados por meio de balsas, tudo sob orientação do artista plástico Sílvio Galvão, que, durante esse período, atuou como arquiteto, projetista estrutural e construtor.

Figura 6. Detalhe da execução da estrutura com mão de obra local, fases 1 e 2. (fonte: ICEFLU)

2.1 Agressividade ambiental

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

A classificação da agressividade ambiental (CAA) pode ser determinada de acordo com o estabelecido no item 6 *"Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto"* da norma ABNT NBR 6118:2014, com base nas condições de exposição da estrutura ou suas partes, deve levar em conta o tipo de ambiente em que a estrutura está inserida.

A estrutura em questão está localizada numa zona rural e, segundo os critérios de classificação da agressividade ambiental, pode-se considerar como de grau de agressividade fraca, com risco insignificante de deterioração da estrutura, CAA I.

Portanto do ponto de vista de agressividade ambiental, além de fungos e bolores, deve-se considerar apenas o fenômeno da carbonatação agravado pelos constantes ciclos de molhagem e secagem

oriundos de chuvas constantes, elevada temperatura e a elevada umidade relativa do ar, característica climática da região de floresta tropical.

3. INSPEÇÕES, ENSAIOS e DIAGNÓSTICO

As retomadas das obras em 2012 e, finalmente, em 2020 foram precedidas de anamnese com investigações analíticas, relatórios, cálculos de verificação baseados nas cargas a serem aplicadas e nos croquis disponibilizados, bem como inspeções estruturais, sob gestão de diferentes empresas e especialistas.

Em 2021, ou seja, 13 anos após o início das obras, os autores deste artigo realizaram uma inspeção detalhada na estrutura existente. Na oportunidade foi constatado que a estrutura ficou anos exposta às intempéries, sem qualquer tipo de proteção, justificando assim a grande concentração de fungos e bolores observados, conforme evidenciado na Fig. 7.

Figura 7. Visão geral da estrutura em dezembro de 2021.

Observou-se ainda a presença de falhas de concretagem, ausência de tratamento das juntas, fissuras e armaduras corroídas (Fig. 8), denotando não conformidades relacionadas com a montagem da armadura, lançamento, adensamento e cura do concreto. Ficou claro que os procedimentos executivos empregados durante as construções até então realizadas, não respeitaram as prescrições estabelecidas na norma ABNT NBR 14931:2023 "*Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras - Requisitos*", que versa sobre os cuidados necessários a serem adotados durante a execução de estruturas de concreto no Brasil.

Figura 8. Elementos estruturais que apresentam falhas de concretagem provavelmente oriundas de lançamento e adensamento inadequados.

Cabe mencionar que algumas falhas de concretagem foram reparadas quando da execução da estrutura. Entretanto, estes serviços não foram executados respeitando as técnicas e os procedimentos recomendados. Além disso, os materiais utilizados nos reparos, não foram adequados para este tipo de serviço, uma vez que os locais reparados apresentavam anomalias.
A inspeção também envolveu a verificação da quantidade, posicionamento e bitola das barras de aço através da utilização de pacômetro, paquímetro e, em alguns casos, prospecção dos elementos estruturais, como apresentado na Fig. 9. No que se refere as bitolas e quantidades das barras, observou-se que estes se apresentaram em conformidade com o projeto. No que se refere ao cobrimento de concreto das armaduras, observou-se, em muitos casos, que estes eram insuficientes. Realizou-se ainda um levantamento geométrico da estrutura onde foram identificados desvios construtivos relacionados com desaprumos e verticalidade entre tramos de alguns pilares. Foram obtidos valores de desalinhamentos verticais de até 7 cm, para os pilares secundários e de até 5 cm, para os pilares principais, conforme indicado na Fig. 9.

Figura 9. Detalhe da localização das armaduras (à esquerda), verificação das bitolas (figura central) e constatação do desaprumo evidente de um pilar principal (à direita).

No que se refere as dimensões dos elementos estruturais, observou-se, nos elementos acessíveis, que estes apresentavam variações toleráveis e, de maneira geral, estavam compatíveis com o projeto.
Também foram realizados ensaios para determinação da frente de carbonatação por meio da aspersão de fenolftaleína em superfície recém fraturada de concreto, como evidenciado na Fig. 10.

Figura 10. Detalhe do ensaio de carbonatação e verificação do cobrimento.

Os resultados de carbonatação obtidos foram cotejados com os cobrimentos de concreto das barras indicando que grande parte dos elementos estruturais já apresentavam suas armaduras despassivadas. Para melhor entendimento dos resultados obtidos, apresenta-se na Fig. 11 um histograma comparativo dos resultados obtidos em campo.

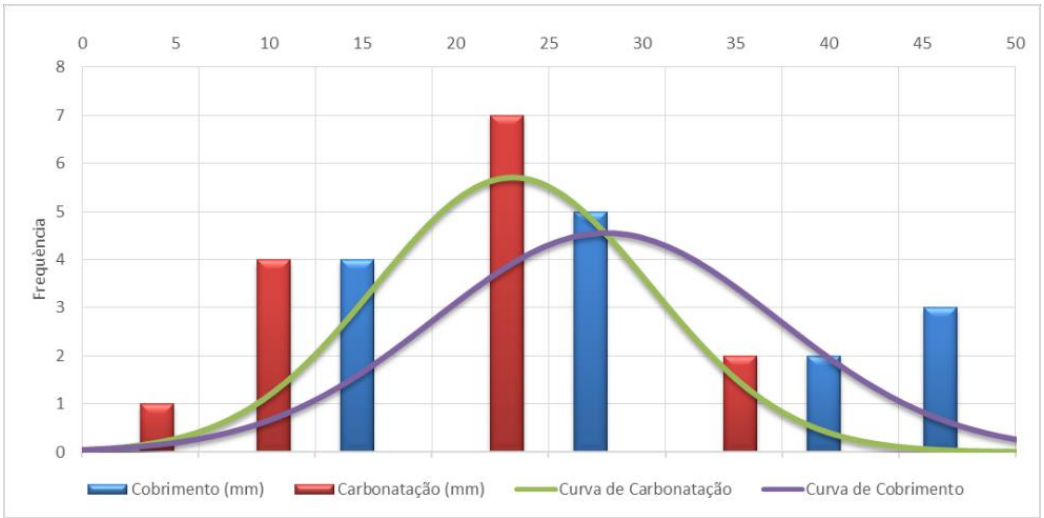

Figura 11. Histogramas dos ensaios de carbonatação e de cobrimento dos ensaios realizados nos pilares principais da estrutura.

Durante a inspeção foram realizados os ensaios de esclerometria de acordo com o estabelecido na norma ABNT NBR 7584:2012 *"Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio"* para verificação da uniformidade do concreto e

estimativa preliminar de sua resistência à compressão. Para tanto foram empregados os ábacos de correlação índice esclerométrico *vs* resistência à compressão fornecidos pelo fabricante do equipamento utilizado no ensaio: esclerômetro tipo *DIGI Schmidt 2000 – Model ND* da *Proceq*.
Observou-se uma grande variabilidade dos resultados. Estes variaram entre 14,2 MPa a 32,0 MPa com dispersões variando de 4,7 MPa a 6,1 MPa para mais e para menos, respectivamente. Se considerarmos o valor médio dos pontos ensaiados seria obtida uma resistência de 24,0 MPa, com dispersão de +/- 5,7 MPa, ou seja, uma resistência à compressão estimada de 18,3 MPa a 29,7 MPa. A Fig. 12 apresenta graficamente os resultados obtidos e os valores das dispersões considerados caso a caso.

Figura 12. Execução do ensaio de esclerometria e elaboração de curva de resistência à compressão axial de um cilindro em função do valor médio das leituras de esclerometria.

Vale lembrar que os resultados de resistência à compressão estimados a partir de índices esclerométricos são obtidos indiretamente (por meio da dureza superficial do concreto) e, além disso, estão sujeitos a influência de alguns fatores, tais como: carbonatação, tipo de cimento, tipo de agregado, condições de umidade da superfície, geometria e esbeltez do elemento estrutural ensaiado, entre outros.
Portanto, nesses casos, na opinião dos autores deste artigo, para determinação mais confiável da resistência à compressão, procedeu-se também à extração de testemunhos submetendo-os a ensaios de ruptura, realizados de acordo com a norma ABNT NBR 7680-1 "*Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial*".
Sendo assim, durante as inspeções foi procedida uma campanha de extração de testemunhos para o conhecimento da resistência à compressão efetiva do concreto aplicado nos elementos estruturais, de maneira a obter informações técnicas mais confiáveis para fornecer subsídios a eventuais reforços.
Realizou-se a extração de trinta testemunhos de concreto, em diversos elementos estruturais tais como blocos de fundação, pilares e vigas, obtendo-se resultados que variaram de 15,0 MPa a 33,6 MPa, com média de $\boldsymbol{f_{cm}}$ = 25,5 MPa e desvio padrão de $\boldsymbol{s_c}$ = 3,9 MPa, o que resultou $\boldsymbol{f_{ck}} = f_{cm} -$

1,64*s_c = 19,5 MPa, adotando-se, após análise complementar[1], como resistência característica do concreto à compressão, para fins de verificação estrutural, o valor de f_{ck} = 20 MPa.
De posse destas informações, foram analisadas as alternativas de intervenção corretiva viáveis, considerando-se que era possível reabilitar a estrutura e assim foi estabelecido um plano de trabalho com vistas à garantia da sua estabilidade, durabilidade e vida útil.

3.1 Diagnóstico e Prognóstico

Considerando a inspeção realizada na estrutura, bem como os resultados dos ensaios, concluiu-se que:

- Quanto aos parâmetros de qualidade da edificação, pode-se afirmar que a estrutura apresentava falhas de concretagem, desaprumos passíveis de correção, deficiências de espessura de cobrimento de concreto, corrosão e fissuras. Também se observou variabilidade nos valores de resistência à compressão do concreto;
- Do ponto de vista da durabilidade e vida útil, alguns elementos estruturais apresentaram o concreto já carbonatado com armadura despassivada, caracterizando assim o fim de sua vida útil de serviço e sua não conformidade com a normalização brasileira vigente. A estrutura se encontrava num processo de envelhecimento precoce e acelerado;
- Do ponto de vista da segurança e estabilidade estrutural, houve necessidade de revisão de projeto, recuperações localizadas e reforço estrutural.

Como diagnóstico conclusivo, pode-se afirmar que as principais manifestações patológicas observadas na estrutura de concreto são relativas à corrosão de armaduras. À luz das exigências normativas atuais, este problema patológico teve origem na baixa qualidade dos materiais utilizados, procedimentos de execução e controle da qualidade inadequados e não aderentes às normas vigentes na época.
Como prognóstico, dentro de um cenário de não intervenção, pode-se afirmar que o processo de corrosão de armaduras é sempre progressivo e acelera-se com o passar do tempo, pois fissuras são criadas, desplacamentos superficiais ocorrem e a estrutura ficaria cada vez mais exposta aos agentes agressivos ambientais, sendo necessária uma intervenção corretiva.
Por essas razões, as recomendações prioritárias foram as seguintes:

- Prover reparo adequado dos elementos estruturais que apresentavam corrosão de armadura e/ou falhas de concretagem e/ou reparos inadequados com o uso de argamassa estrutural, f_{ck} > 35 MPa, de modo a garantir a durabilidade e reestabelecer a vida útil dos elementos estruturais;
- Para os elementos já despassivados sem sinais de danos aparentes (corrosão ou desplacamentos), foi indicado proceder com a aplicação de revestimento com duas demãos de inibidor migratório de corrosão por impregnação na superfície, com renovação a cada 10 anos;
- Sobre o concreto exposto às intempéries já acabado, revestido ou não, recomendou-se proteger com um hidrorepelente à base de silano/siloxano disperso em solvente, destinado a exteriores úmidos, renovado a cada 4 anos.

[1] Detalhes sobre este assunto podem ser consultados no Capítulo 31 *"Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração"* do livro CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA", publicado pelo IBRACON em 2022.

4. PROJETO, ESPECIFICAÇÃO e ACOMPANHAMENTO TÉCNICO

De posse das recomendações mencionadas no subitem anterior, foi elaborado um projeto contendo procedimentos, especificações técnicas de materiais e serviços de reabilitação para garantir a durabilidade e vida útil da estrutura de concreto armado da obra.
O procedimento executivo detalhado no projeto de recuperação e reforço estrutural considerou a utilização de argamassa estrutural tixotrópica de base cimentícia para a recuperação localizada de pontos que apresentavam manifestações patológicas tais como: falhas de concretagem, corrosão de armaduras, entre outros. Os procedimentos de recuperação descreveram o passo a passo de cada uma das atividades realizadas em campo, desde a demarcação da região comprometida até a cura do material utilizado, conforme ilustrado, parcialmente, nas Figs. 13 a 18.

Figura 13. Demarcação e delimitação das áreas de reparo em figuras ou formas geométricas retangulares.

Figura 14. Escarificação do concreto deteriorado, eliminação do material dentro da área delimitada até remoção de todo o material solto e de baixa resistência.

Figura 15. Limpeza das armaduras, remoção dos produtos de corrosão formados na superfície das armaduras. Limpeza com escova de aço manual e escova de aço acoplada a uma esmerilhadeira.

Figura 16. Saturação do substrato na condição “saturado superfície seca”.

Figura 17. Preenchimento manual da área de reparo e acabamento com desempenadeira.

Figura 18. Estucamento e tamponamento de bolhas superficiais e cura úmida com pulverizador costal.

O produto especificado e empregado na execução dos reparos estruturais foi a argamassa *MasterEmaco S 488CI da Master Builders Solutions*, argamassa cimentícia para reparos estruturais, monocomponente, com fibras sintéticas e inibidor de corrosão integrado na formulação para melhorar a proteção das armaduras.

O revestimento com inibidor migratório de corrosão *MCI-2020 M SC* da *MCI* foi aplicado logo após o reparo dos elementos estruturais acometidos por falhas de concretagem, corrosão das armaduras e desplacamentos, como indicado na Fig. 19. Nos casos das demais superfícies íntegras, porém envelhecidas, com bolor e fungos, onde se observava a existência de bolhas e pequenas imperfeições relacionadas ao acabamento superficial foi realizado previamente um estucamento geral.

Figura 19. Aplicação do inibidor de corrosão empregando pulverizador costal.

O *MCI-2020 M SC* da *MCI* é um inibidor de corrosão orgânico, capaz de proteger tanto as áreas anódicas quanto áreas catódicas de uma célula de corrosão eletroquímica. Contém uma mistura sinérgica de amino álcoois e sais de ácidos carboxílicos, que formam uma camada protetora no concreto e nas armaduras inibindo o início da corrosão e paralisando o processo corrosivo.
Finalmente, após a execução dos reparos e aspersão do inibidor de corrosão foi efetuada a aplicação do hidrorepelente, conforme ilustrado na Fig. 20. Trata-se de um sistema que consiste na aplicação em duas demãos de um produto que é um hidrofugante à base de silano/siloxano disperso em solvente, identificado por *Fuseprotec Silicone* da *Viapol*, que protege e impermeabiliza a superfície contra infiltrações causadas por água e chuva. Este procedimento visou aumentar a durabilidade da estrutura e produzir um acabamento satisfatório em termos de exigências arquitetônicas e estéticas.

Figura 20. Aplicação do silicone hidrorepelente empregando pulverizador costal e rolo de espuma, duas demãos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de reabilitação foi elaborado com base nas inspeções realizadas, no diagnóstico dos problemas, nas limitações da região e no respeito às características da obra, com vistas ao restabelecimento de níveis adequados de segurança, estabilidade e durabilidade.
As atividades de reabilitação da estrutura de concreto foram realizadas no ano de 2022 e continuam em andamento, em fase de acabamento, principalmente os trabalhos complementares, tais como a montagem da cobertura metálica e serviços de instalações, mobiliário e detalhes.
Atualmente, em abril de 2023, esta importante obra da ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal) está em sua fase final e em breve será inaugurada de forma segura e durável à comunidade local e mundial, respeitando as premissas das normas vigentes.

6. AGRADECIMENTOS

À ICEFLU (Igreja do Culto Eclético da Fluente Luz Universal) por confiar a consultoria desta reabilitação à PhD Engenharia. Agradecimento especial aos Senhores André Oliver, Eduardo Curci e Felipe Alcure, representantes da ICEFLU pelo permanente apoio e confiança.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). *NBR 7680-1: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial*. Rio de Janeiro.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). *NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2023). *NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro.

Helene, Paulo. (1986), "*Corrosão em Armaduras para Concreto Armado*". PINI/ IPT, São Paulo, Brasil.

Helene, Paulo. (1992), "*Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*". PINI, São Paulo, Brasil.

Helene, Paulo; Boni, Ricardo; Silva Filho, Luiz Carlos Pinto da. (2022), *Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração*. In: Tutikian, Bernardo; Pacheco, Fernanda; Isaía, Geraldo; Battagin, Inês (ed.). CONCRETO: Ciência e Tecnologia. 3. ed. São Paulo: IBRACON, Cap. 31. p. 1317-1362.

SIKA (2023), *MasterEmaco S 488CI – Argamassa cimentícia para reparos estruturais com fibras sintéticas e inibidor de corrosão integrado.* URL: https://www.master-builders-solutions.com/pt-br/products/masteremaco/masteremaco-s-488ci, último acesso na data 30/04/2023

MCI (2020), *MCI®-2020 M SC*. Category: Corrosion Inhibitor, URL: https://www.cortecmci.com/product/mci-2020-m-sc/, último acesso na data 30/04/2023

Viapol (2021), *Fuseprotec Silicone.* URL: https://www.viapol.com.br/media/606310/ft-fuseprotec-silicone-22-02-2022.pdf, último acesso na data 30/04/2023.