



## Compósitos de Fibras de Carbono para Reparo e Reforço Estrutural

SÁNCHEZ Emil, CODÁ Francisco, FERREIRA Fernando

*Pós-graduandos em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense.*

---

### Informações do Artigo

---

*Histórico:*

*Recebimento: Janeiro 2016*

*Revisão: Janeiro 2016*

*Aprovação: Janeiro 2016*

---

*Palavras-chave:*

*Compósito de Fibras de Carbono*

*Reforço estrutural*

*Reparo Estrutural*

---

### 1. Introdução

O artigo intitulado Patologias e Reforço em Lajes e Vigas de Concreto Armado com Compósitos de Fibras de Carbono, apresentado durante o IV CIRMARE por Emil Sánchez, Francisco Codá e Fernando Ferreira, alunos do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, versa sobre o levantamento de análise das patologias existentes em uma garagem de edifício residencial situado na Lagoa Rodrigo de Freitas, Zona Sul do Rio de Janeiro.

O mapeamento das trincas e a avaliação das causas que geraram os danos nas lajes e vigas permitiram a análise das patologias e a constatação da ocorrência dessas anomalias na estrutura. Comprovou-se, então, que não havia problemas estruturais no subsolo do edifício, e essa era uma das conclusões do parecer elaborado por uma empresa que realizou uma consultoria anterior e, inclusive, apresentou um

custo superior em 40%, com projeto de difícil execução e sujeito a questionamentos.

### 2. O segundo parecer permitiu soluções de fácil execução

A solução inicial que havia sido proposta ao referido condomínio por aquela empresa era a do reforço por meio de chapas metálicas, fixadas aos elementos estruturais, e os óbices à solução foram vários. As soluções adotadas posteriormente, relatadas aqui, mostraram-se viáveis, de fácil execução e efetivas, com um custo que possibilitou ao condomínio contratar de imediato a execução dos serviços.

O mapeamento das fissuras permitiu verificar que o seu início ocorreu nas diversas lajes, seguindo os eletrodutos metálicos embutidos. As fissuras nas lajes formaram rótulas em relação às quais as suas partes giraram como corpos rígidos.

---

### 3. Compósitos de Fibras de Carbono para o serviço de reparo e reforço estrutural

O artigo descreve os serviços de reparo e reforço estrutural executados com compósitos de fibras de carbono (CFC) em uma estrutura de concreto armado em um teto de subsolo, cujas lajes superiores e vigas estavam com trincas de grandes aberturas e sujeitas à ruptura brusca. Nos casos das vigas, o reforço foi para a flexão e força cortante, e nas lajes somente para a flexão.

### 4. Redução da altura da laje provocou trincas com grandes aberturas

Nas vistorias realizadas foram constatadas trincas em lajes na região do estacionamento. Essas trincas seccionaram as lajes e surgiram devido à redução da altura da laje em face da existência de um eletroduto metálico. A trinca com grande abertura surge na região no momento de flexão máxima e segue em direção à viga.

A primeira viga avaliada, com dimensões 20 cm X 50 cm, mais a altura da laje, apresentou a maior fissura, com armadura de flexão composta de três barras de 10 mm e estribos de 4,7 mm, com espaçamento variando de 15 a 20 cm, e cobertura das armaduras igual a 2 cm.

A segunda viga observada, paralela à primeira, com dimensões 20 cm X 50 cm, mais a altura da laje, apresentou armadura de flexão formada por quatro barras de 12,5 mm e estribos de 4,7 mm, sendo 8 cm o espaçamento dos três primeiros, variando para 20 cm, e cobrimento das armaduras igual a 2 cm.

### 5. Insuficiência de armadura transversal dos apoios indiretos

Comprovou-se uma insuficiência de armadura transversal ao se constatar a inexistência de armadura transversal mais densa na região dos apoios indiretos. Constatou-se também que algumas vigas apresentavam trincas com aberturas acentuadas, com configurações que indicavam rupturas. Essas trincas partiam das lajes – fragilizadas devido aos eletrodutos metálicos embutidos – e seguiam em direção às

regiões intermediárias entre os apoios extremos e a região próxima aos apoios indiretos das vigas.

Figura 1 – Laje seccionada pelos eletrodutos metálicos



Fonte: Autores (2015)

Os eletrodutos das lajes foram retirados, eliminando-se a causa de fragilidade desses elementos estruturais, e nas fissuras foi injetada argamassa. As faces inferiores das lajes foram recompostas com argamassa cimentícia.

Figura 2 – Trincas partindo da laje em direção à viga, originando fissuras em regiões próximas às zonas dos apoios indiretos



Fonte: Autores (2015)

As fissuras de todas as vigas foram injetadas com resina epóxi, de modo a recompor sua integridade. O reforço à flexão das vigas foi

executado em duas camadas de CFC, formando um U com perímetro externo igual a 65 cm, fixado ao substrato de concreto por meio de resina epóxi. Esse reforço foi levado até os apoios da viga.

Figura 3 – Execução do reforço das lajes à flexão



Fonte: Autores (2015)

As duas camadas de CFC, que formam os estribos de reforço à força cortante, têm a forma de U e envolvem a armadura de flexão. Sua largura é de 15 cm, altura de 40 cm, e têm espaçamento intereixos igual a 35 cm. No segmento junto ao apoio de uma viga sobre outra foi realizado um envolvimento completo com duas camadas de CFC, com 60 cm para cada lado da face da viga apoiada. Essa armadura visa suprir a falta de armadura local em estribos internos.

#### 6. A sequência de execução dos reforços foi a seguinte

- 1) Remoção do cobrimento das armaduras de concreto que estavam deterioradas, limpeza das barras e da superfície de concreto;
- 2) Injeção das trincas;
- 3) Preenchimento das asperezas e acertos nas superfícies de concreto com argamassa epoxídica;
- 4) Execução de imprimação e fixação da 1ª camada de CFC;
- 5) Execução de nova imprimação e repetição das etapas 4, 5 e 6 para a execução da 2ª camada de CFC;

6) Aplicação de pelo menos uma camada de argamassa polimérica tixotrópica para proteção do reforço (evitar vandalismo).

Figura 4 – Inserção de CFC da primeira camada nas vigas



Fonte: Autores (2015)

Todas as vigas reforçadas foram adequadamente escoradas. As armaduras corroídas receberam proteção catódica.

Os escoramentos das vigas foram retirados três dias após as injeções e término dos diversos reparos e reforços.

O dimensionamento do reforço à flexão admitiu as hipóteses básicas usuais e seguiu as prescrições do Bulletin 14 da FIB (2001). As armaduras do reforço à força cortante foram obtidas por meio do modelo da treliça de Ritter-Mörsch generalizada com as restrições relativas às deformações específicas do CFC.

As fissuras de todas as lajes foram injetadas com resina epóxi, de modo a recompor sua integridade. Os vazados deixados pela remoção dos eletrodutos metálicos, nos locais de maior abertura, foram preenchidos com grout químico.

As duas camadas de fitas de CFC têm largura igual a 15 cm e vão de extremo a extremo do vão das lajes, com espaçamento intereixos igual a 35 cm. As emendas por traspasse especificadas no projeto são de 20 cm, sendo que essas emendas não devem ser executadas numa mesma região, e devem ser alternadas.

A sequência de execução desses reforços foi a mesma das vigas. O dimensionamento do reforço das lajes à flexão admitiu as hipóteses básicas usuais e seguiu as prescrições do Bulletin 14 da FIB (2001).

## 7. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- [2] FIB. “Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures”. Bulletin 14, 2001.
- [3] GANGA RAO; HOTA V. S.; NARENDRA TALY, P. V. VIJAY. Reinforced Concrete Design with FRP Composites. Taylor & Francis Group, LLC. 2007.
- [4] TENG J. G.; CHEN, J. F.; SMITH, S. T.; LAM, L. FRP Strengthened RC Structures. John Wiley & Sons, Great Britain. 2002.
- [5] TRIANTAFILLOU, T. C. Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Epoxy-Bonded FRP Composites. ACI Structural Journal, v.95, n.2, 107-115. 1998.
- [6] ZOGHI, MANOCHER. The International Handbook of FRP Composites in Civil Engineering. 2014 Taylor & Francis Group, LLC. 2014.