

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirements for structural concrete.** ACI Committee 318. Detroit, 1999.

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures.** ACI Committee 440. Detroit, 2001.

AMELI, M.; RONAGH, H. R.; DUX, P. F. Experimental Investigations on FRP Strengthening of Beams in Torsion. **ASCE Journal of Composites for Construction**, Adelaide, Australia, p.587-592.

AMELI, M.; RONAGH, H. R.; DUX, P. F. **Behavior of FRP Strengthened Reinforced Concrete Beams under Torsion.** FRP Composites in Civil Engineering – CICE 2004, p.192-200.

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS - ASTM - D3039/D3039, 2000 – **Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.** USA.

ARAÚJO, A. C. N. **Estudo Experimental do Reforço à Flexão de Vigas de Concreto Armado Utilizando Compósitos com Tecidos de Fibras de Carbono.** Rio de Janeiro, 2002a. 118p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

ARAÚJO, C. M. **Reforço de Vigas de Concreto à Flexão e ao Cisalhamento com Tecidos de Fibras de Carbono.** Rio de Janeiro, 2002b. 153p. Dissertação de Mestrado – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR-6118: **Projeto de Estruturas de Concreto Armado.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR-5738: **Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR-5739: **Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova de Concreto Cilíndricos – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 1994.

BERNARDO, L. F. A.; LOPES, S. M. R. **Behaviour of Concrete Beams Under Torsion: NSC Plain and Hollow Beams**. Materials and Structures, v. 41, p.1143-1167, Portugal, 2007.

BEBER, A. J. **Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono**. Porto Alegre, 2003. 317p. Tese de Doutorado. UFRGS.

CÁNOVAZ, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1.ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 1988. 522p.

CHALIORIS, C. E. **Behavioural Model of FRP Strengthened Reinforced Concrete Beams Under Torsion**. Asia-Pacific Conference on FRP in Structures, Democritus University of Thrace, Greece, 2007, p.111-116.

CHALIORIS, C. E. **Torsional Strengthening of Rectangular and Flanged Beams Using Carbon Fibre-Reinforced-Polymers – Experimental Study**. Construction and Building Materials, 2008, p.21-29.

CHEN, J. F.; TENG, J. G. Shear Capacity of FRP-strengthened RC beams: FRP debonding. **Construction and Building Materials**, v. 17, p.27-41, fev. 2003.a.

CHEN, J. F.; TENG, J. G. Shear Capacity of FRP-Strengthened RC Beams: FRP Rupture. **Journal of Structural Engineering**, ASCE, v. 129, n. 5, p.615-625, 2003.b.

CHIU, H. C.; FANG, I.; YOUNG, W.; SHIAU, J. **Behavior of Reinforced Concrete Beams with Minimum Torsional Reinforcement**. Engineering Structures 29, p.2193-2205, Taiwan, 2006.

DEIFALLA, A.; GHOARAH, A. Calculating the Thickness of FRP Jacket for shear and Torsion Strengthening of RC T-Girders. **Third International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2006)**. Miami, Florida, EUA, p.581-584, Dec. 2006.

DEIFALLA, A.; GHOARAH, A. **Full Torsional Behaviour of RC Beams Wrapped with FRP: Analytical Model**. Journal of Composites for Construction - ASCE, v. 14, p.289-300, 2010.

DENVER. Denvertec 700. 3p. 2013.

Eurocode 2: Design of concrete structures. Beton-Kalender, p.90-183. 1991. FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **Externally bonded FRP reinforcement for RC Structures**. Lausanne, 2001 (FIB Bulletin 14).

FIORELLI, J. **Utilização de Fibras de Carbono e de Fibras de Vidro para Reforço de Vigas de Madeira**. São Carlos Dissertação de Mestrado. São Carlos. 2002.

GABRIELSSON, H. **Ductility in High Performance Concrete Structures – An Experimental Investigation and a Theoretical Study of Prestressed Hollow Core Slabs and Prestressed Cylindrical Pole Elements**. Lulea, 1999. 265p. Doctoral Thesis – Department of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Lulea University of Technology.

GHOBARAH, A; GHORBEL, M. N; CHIDIAC, S. E. Upgrading Torsional Resistance of Reinforced Concrete Beams Using Fiber-Reinforced Polymer. **Journal of Composites for Construction**, v. 6, n. 4, p.257-263, nov. 2002.

HII, A. K. Y.; AL-MAHAIDI, R. An Experimental and Numerical Investigation on Torsional Strengthening of Solid and Box-section RC Beams Using CFRP Laminates. **Composites Structures**, v. 75, n. 1 p.213-221, set. 2006.a.

HII, A. K. Y.; AL-MAHAIDI, R. Experimental Investigation on Torsional Behavior of Solid and Box-Section RC Beams Strengthened with CFRP Using Photogrammetry. **Journal of Composites for Construction**, v. 10, n. 4, p.321-329, jul. 2006.b.

HII, A. K. Y.; AL-MAHAIDI, R. Torsion Design of CFRP Plated RC Members. **Third International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2006)**. Miami, Florida, EUA, p.235-238, dez. 2006.c.

HII, A. K. Y.; AL-MAHAIDI, R. Torsion Capacity of CFRP Strengthened Reinforced Concrete Beams. **Journal of Composites for Construction**, v. 11, n. 1, p.71-80, jan. 2007.

HSU T. T. C. **Torsion of Reinforced Concrete**. 1ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984. 544p.

HSU, T. T. C. **Torsion of Structural Concrete – A Summary of Pure Torsion**. American Concrete Institute, Publication SP-18, p.165-178. 1968.

HSU, T. T. C. **Unified Theory of Reinforced Concrete**. 1.ed. Florida: CRC Press, 1993. 313p.

HSU, T. T. C.; MO, Y. L. **Softening of Concrete in Torsional Members**. Research Report n°. ST-TH-001-83. Department of Civil Engineering, University of Houston. Houston, Texas. 107. 1983.

JOAQUIM, M. C. **Modelo Analítico para Dimensionamento de Reforço à Flexão de Vigas em Concreto Armado Utilizando Compósitos de Fibras de Carbono**. Rio de Janeiro, 2004. 97p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

MACHADO, M, G. **Estudo Experimental da Ductilidade de Vigas em Concreto Armado Reforçadas à Flexão Utilizando Compósitos com**

Tecidos de Fibra de Carbono. Rio de Janeiro, 2004. 301p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

MC-Bauchemie. Manual Técnico MC-DUR 1209. 2p. 2013.

MC-Bauchemie. Manual Técnico MC-DUR 1209 TX. 2p. 2013.

MC-Bauchemie. Manual Técnico MC-DUR CF Sheets. 3p. 2013.

MENEGHEL, J. M. **Análise Experimental da Aderência entre o Concreto e Compósitos com Tecido de Fibras de Carbono.** Rio de Janeiro, 2005. 203p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

MEIER, U. Strengthening of Structures Using Carbon Fibre/Epoxy Composites. **Construction and Building Materials**, v. 9, n. 6, p.341-351. 1995.

MITCHELL, D.; COLLINS, M. P. **The Behaviour of Structural Concrete Beams in Pure Torsion.** Publication n°. 74-06, Department of Civil Engineering, University of Toronto. 88p. 1974.

MOHAMMADIZADEH, M. R.; FADAEI, M. J. **Torsional Behaviour of High-Strength Concrete Beams Strengthened Using CFRP Sheets; an Experimental Study and Analytical Study.** Sharif University of Technology, 2009, p.312-330, n°4, v.16.

MOHAMMADIZADEH, M. R.; FADAEI, M. J.; RONAGH, H. R.; AHMADINEZHAD, A. **Behaviour of High-strength Concrete Beams Strengthened With CFRP Sheets in Torsion.** Fourth International Conference on FRP Composites in Civil Engineering – CICE, 2008, p.22-24, Zurich, Switzerland.

PACHECO, C. O. **Verificação Experimental da Aderência CFC-Concreto por meio de Ensaios Tração-Compressão.** Rio de Janeiro, 2006. 175p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

PANCHACHARAM, S.; BELARBI, A. Torsional Behaviour of Reinforced Concrete Beams Strengthened with FRP Composites. **Proceedings First FIB Congress on Concrete Structures in the 21st Century.** Osaka, Japão, p.13-19, out. 2002.

PEREIRA, B. S. C. S. **Estudo do Reforço Externo à Força Cortante em Vigas de Concreto Armado Utilizando Compósitos de Fibras de Carbono.** Rio de Janeiro, 2005. 150p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

RAHAL, K. N. Torsional Strength of Reinforced Concrete Beams. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 27, p.445-453. 2000.

SALOM, P. R.; GERGELY, J; YOUNG, D. T. Torsional Strengthening of Spandrel Beams with Fiber-Reinforced Polymer Laminates. **Journal of Composites for Construction**, v. 8, n. 2, p.157-162. 2004a.

SALOM, P. R.; GERGELY, J; YOUNG, D. T. Torsional Retrofit of Spandrel Beams with Composites Laminates. **Structures e Buildings**, v. 157, p.69-76. 2004b.

SPAGNOLO, L. A. **Estudo Experimental do Reforço à Força Cortante de Vigas de Concreto Armado com Compósitos de Fibras de Carbono**. Rio de Janeiro, 2008. 290p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio.

SÁNCHEZ FILHO, E. S.; SILVA FILHO, J. J. H. Strengthening Design of Rectangular Reinforced Concrete Beams in Torsion with Carbon Fiber Composites. In: **IV HPC - IV INTERNATIONAL ACI/CANMET CONFERENCE on Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing**, Olinda. p.688-699. 2005.

SILVA FILHO, J. J. H.; SÁNCHEZ FILHO, E. S.; VELASCO, M. S. L. Análise de Vigas de Concreto Armado Reforçadas à Torção com Compósitos de Fibra de Carbono. In: **Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas**, Rio de Janeiro. Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. p.1-16. 2005.

SILVA FILHO, J. J. H.; SÁNCHEZ FILHO, E. S.; VELASCO, M. S. L. Dimensionamento e Análise do Comportamento de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono Solicitadas à Torção. In: **VI Simpósio EPUSP Estruturas de Concreto**, São Paulo. p.1117-1131. 2006.a.

SILVA FILHO, J. J. H.; SÁNCHEZ FILHO, E. S.; VELASCO, M. S. L. Estudo Experimental de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibras de Carbono à Torção. **Engenharia Estudo e Pesquisa**. v. 8, n. 2, p.56-62. 2006.b.

A.1– Concretagem



Figura A.1.1 – Vigas recém concretadas.

A.2– Ensaio das Vigas de Referência

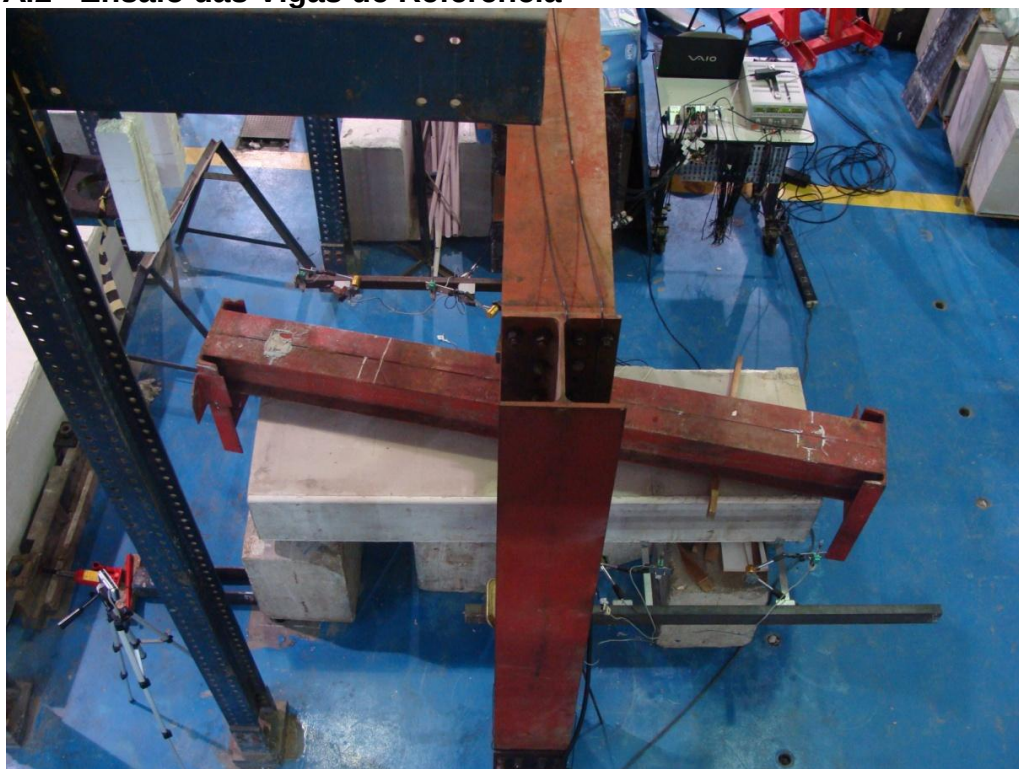


Figura A.2.1 – Vista superior do pórtico de ensaio.

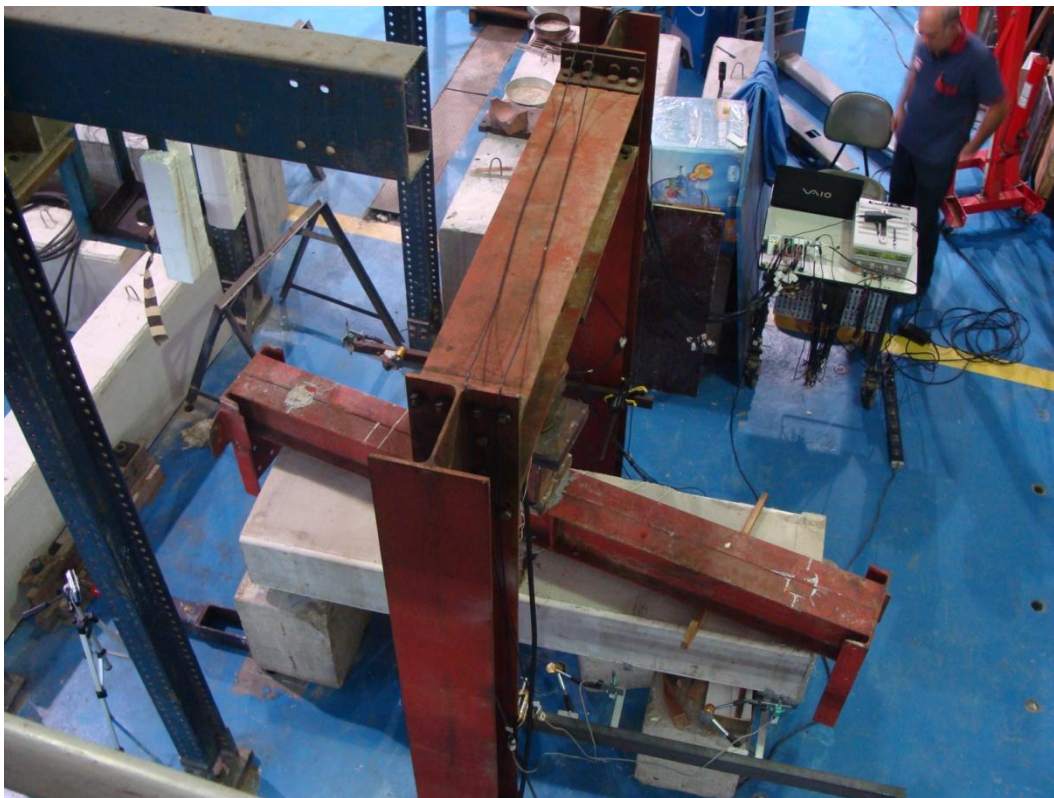


Figura A.2.2 – Vista superior do pórtico de ensaio.



Figura A.2.3 – Fissura fora da região de observação.



Figura A.2.4 – Viga VR2, após ensaio.



Figura A.2.5 – Viga VR3, após ensaio.

A.3– Preparação das Vigas para Aplicação do CFC



Figura A.3.1 – Apicoamento para regularização dos cantos.



Figura A.3.2 – Esmerilhadeira para regularização dos cantos.



Figura A.3.3 – Lixa de fios de aço torcido para regularização dos cantos.



Figura A.3.4 – Aplicação da base (1209-TX) e de segunda camada do tecido de fibras de carbono.

A.4– Ensaios das Vigas Reforçadas com CFC

- Série RA



Figura A.4.1 – Preparação ensaio viga VRA-1.

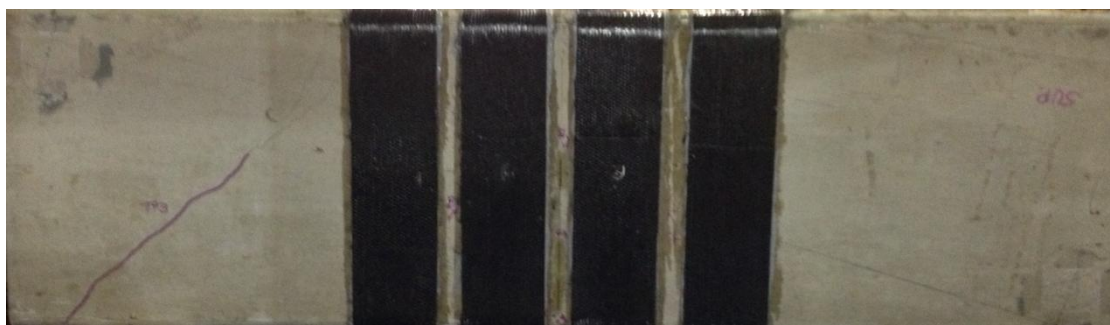


Figura A.4.2 – Viga VRA-1 após ensaio.

- **Série RC**



Figura A.4.3 – Ensaio viga VRC-2.



Figura A.4.4 – Fissuras viga VRC-2 na região de observação.

▪ **Série RB**



Figura A.4.5 – Viga VRB-1 após ensaio.



Figura A.4.6 – Viga VRB-1 após ensaio.