

## REFORÇO À FLEXÃO DE PAVIMENTOS ANTIGOS DE MADEIRA COM RECURSO A LAMINADOS DE FIBRAS DE CARBONO

H. BISCAIA<sup>1</sup>, C. CHASTRE<sup>2</sup>, D. CRUZ<sup>3</sup>, N. FRANCO<sup>4</sup>, R. NUNES<sup>5</sup>

<sup>1</sup> FSE, UNIDEMI, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, hb@fct.unl.pt,

<sup>2</sup> ICIST, CERIS, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, chastre@fct.unl.pt,

<sup>3</sup> DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, d.cruz@campus.fct.unl.pt,

<sup>4</sup>DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, noel.franco@gmail.com,

<sup>5</sup>DEC, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, rd.nunes@campus.fct.unl.pt

### RESUMO

Este estudo analisa vigas de madeira antigas reforçadas à flexão com materiais compósitos de fibras de carbono, vulgarmente designados na literatura internacional por *Carbon Fiber Reinforced Polymers* (CFRP). Para esse efeito, foram reforçados e ensaiados à flexão pavimentos antigos de madeira tendo-se analisado os respetivos desempenhos aquando da utilização de: (i) uma técnica de reforço por colagem tradicional (*Externally Bonded Reinforcement* - EBR); e (ii) uma técnica de reforço por colagem inovadora (*Continuous Reinforcement Embedded at Ends* - CREAtE). Os ensaios experimentais permitiram verificar que a técnica de colagem inovadora CREAtE confere aos pavimentos de madeira uma maior rigidez e resistência face à técnica tradicional conseguindo-se, contrariamente ao observado no ensaio com a técnica EBR, atingir a extensão de rotura do compósito de CFRP.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, as principais conclusões retiradas deste trabalho são:

- Os pavimentos de madeira colapsaram essencialmente devido aos nós existentes na madeira e por se ter atingido a sua resistência ao corte quando esta estava ainda em regime elástico. Por conseguinte, pode-se concluir que a qualidade da madeira é fundamental para o sucesso do sistema de reforço;
- O sistema de reforço EBR teve uma rotura associada ao descolamento prematuro do laminado de CFRP quando este tinha uma extensão de 0,28%, o que representa apenas 27,2% da extensão de rotura do laminado. Nestas condições, o reforço de vigas de madeira com laminados de CFRP não é uma solução viável;
- A utilização dos laminados de CFRP de acordo com o novo sistema CREatE apresenta melhores resultados: maior resistência e maior rigidez o que mostra a eficiência e as vantagens deste sistema quando comparado com a técnica EBR. Com o sistema CREatE, consegue-se levar à rotura os laminados de CFRP;
- Ao contrário das justificações encontradas na literatura, a qualidade da madeira pode não ser a única causa para que as vigas de madeira colapsem em regime elástico. A baixa capacidade resistente ao corte da madeira pode ser, como se verificou pelos ensaios de flexão realizados, a razão principal para o colapso das vigas;

## REFERÊNCIAS

- [1] Rodrigues, C.C. *et al.* “Sistema de reforço estrutural com armaduras ancoradas internamente por aderência - PAT 107755” Portuguese Institute of Industrial Property. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2014.
- [2] Rodrigues, C.C. *et al.* “Structural strengthening system with internally anchored reinforcements by adherence - PCT/IB2015/055208” Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Portugal, 2015.
- [3] NP 619: “Madeiras - Ensaio de flexão estática”. IPQ, Lisboa, 1973.
- [4] NP 618: “Madeiras - Ensaio de compressão axial”. IPQ, Lisboa, 1973.
- [5] LNEC M1: “Madeira para construção. Especificação de Madeiras para estruturas”. Lisboa, 1997.
- [6] LNEC M4: “Madeira para construção. Casquinha”. Lisboa, 1997.
- [7] Carvalho, T. *et al.* “Flexural behaviour of RC T-beams strengthened with different FRP materials” 3<sup>rd</sup> *fib* International Congress, Washington D.C., United States of America, May 29-June 2, 2010.
- [8] Faustino, P. e Chastre, C. (2016). “Flexural strengthening of columns with CFRP composites and stainless steel: Cyclic behavior” *Journal of Structural Engineering*, 2016, n°142(2), 04015136.
- [9] Biscaia, H.C. *et al.* “Flexural strengthening of old timber floors with laminated Carbon Fiber Reinforced Polymers” *Journal of Composites for Construction*. Aceite a 10 de Maio de 2016.
- [10] El-Mihilmy, M.T. e Tedesco, J.W. “Analysis of reinforced concrete beams strengthened with FRP laminates” *Journal of Structural Engineering*, 2000, n°126(6), pp. 684-691.
- [11] Teng, J.G. *et al.* “Intermediate crack-induced debonding in RC beams and slabs” *Construction and Building Materials*, 2003, n°17(6-7), pp. 447-462.
- [12] Biscaia, H.C., Chastre, C. e Silva, M.A.G. “A smeared crack analysis of reinforced concrete T-beams strengthened with GFRP composites” *Engineering Structures*, 2013, n°56, pp. 1346-1361.
- [13] EN 1995-1-1 “Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings”, Brussels, Belgium, 2004.
- [14] EN 384 “Structural timber - Determination of characteristic values of mechanical properties and density”, Brussels, Belgium, 2004.
- [15] Triantafyllou, T.C. “Shear reinforcement of wood using FRP materials” *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, 1997, n°9(2), pp. 65-69.
- [16] Borri, A.; Corradi, M. e Grazini, A. “FRP reinforcement of wood elements under bending loads” *Proceedings: Structural Faults and Repair*, London, 2003.
- [17] Schober, K.U.; Rautenstrauch, K. “Experimental investigations on flexural strengthening of timber structures with CFRP” *Proceedings of the International Symposium on Bond Behaviour of FRP in Structures (BBFS 2005)*, Chen and Teng (eds), International Institute for FRP in Construction, Hong Kong, 2005, pp. 457-464.