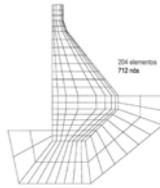


REVISTA INTERNACIONAL CONSTRULINK

Estruturas e Construção
Estructuras y Construcción





Pág. 12



Pág. 18



Pág. 35

Director:

Prof. Fernando Branco
fbranco@civil.ist.utl.pt

Coordenador editorial:

Prof. João Ferreira

Edição da revista:

Pedro Vaz Paulo
Jorge Nobre Sequeira

Edição de artigos:

João Ribeiro Correia

Publicidade:

Pedro Teixeira
pmrteixeiral@construlink.com

Publicado por :

Construlink.com-Tecnologias de Informação S.A.
R. Vilhena Barbosa, 4, 1-D
1000-285 Lisboa

Contactos:

Tel: +351 218 471 245
Fax: +351 218 488 481
E-mail: apoio@construlink.com
Website: www.construlink.com

CONSTRULINK PRESS:

- Revista Internacional Construlink (RIC)
(3 X Ano)
- Monografias

Assinatura:

Custo: 36 Euros / Ano
Grátis para autores de artigos publicados.
www.construlink.com

EDITORIAL

Pedro Vaz Paulo
Portugal

Pág. 3

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DO CONCRETO: DA MICRO À MACRO ESTRUTURA. APLICAÇÃO AO CASO DE BARRAGENS.

G.S. Araújo, A. Aguado, L. Agulló, C.M. López
España

Pág. 4

TÉCNICAS PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO DE VIVIENDAS DE ADOBE

Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun, Luis Zegarra
Perú

Pág. 17

COMPÓSITOS DE CFRP UNIDIRECCIONAIS NO REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA LAMELADA-COLADA

Salvador Dias, Jorge Branco, Paulo Cruz
Portugal

Pág. 25

DERIVADOS DE MADEIRA APLICÁVEIS NA FAIXA COSTEIRA

Teresa de Deus Ferreira, Jorge de Brito
Portugal

Pág. 34

INFLUÊNCIA DE ALGUNS PARÂMETROS SOBRE A ADERÊNCIA DE REBOCOS TRADICIONAIS

Vidália Miranda, M. Rosário Veiga
Portugal

Pág. 44



COMPÓSITOS DE CFRP UNIDIRECCIONAIS NO REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA LAMELADA- COLADA

SALVADOR DIAS
Assistente

JORGE BRANCO
Assistente
Universidade do Minho
Guimarães
Portugal

PAULO CRUZ
Professor Associado

SUMÁRIO

Neste trabalho apresenta-se a campanha de ensaios realizada para avaliar a eficiência da aplicação de dois sistemas compósitos de CFRP no reforço à flexão de vigas de madeira lamelada-colada: o curado “in situ” (manta) e o pré-fabricado (laminado). Cada um dos sistemas de CFRP foi aplicado quer em reforço externo (colagem na face traccionada da viga) quer em reforço interno (colagem na face inferior da penúltima lamela). No caso do reforço interno foi, ainda, avaliada a influência da colagem do CFRP numa cavidade previamente executada na face da lamela a reforçar. Numa fase precedente, avaliou-se a aderência madeira-CFRP por intermédio de ensaios de “pull-off”, tendo-se analisado as seguintes variáveis: o tipo de cola, a utilização de primário e o tratamento da superfície.

1. INTRODUÇÃO

Os elementos de madeira lamelada-colada são constituídos por lamelas de madeira, classificada e seleccionada, justapostas, orientadas com o fio na direcção longitudinal, e fortemente ligadas por cola apropriada. A possibilidade em executar ligações entre lamelas, topo a topo (longitudinais) e de justaposição (transversais), torna, teoricamente, possível a produção de elementos de qualquer secção transversal e comprimento. Como consequência do processo de produção e das menores dimensões das lamelas relativamente à secção em madeira maciça equivalente, os defeitos naturais da madeira ficam mais dispersos pela secção do elemento, tornando o material mais homogéneo. As menores dimensões evidenciadas pelas lamelas garantem ainda uma melhor secagem, logo um melhor controlo do teor de água dos elementos. São, por tudo isto, menos dependentes dos defeitos pontuais (nós, bolsas de resina, etc) tornando menor a variabilidade das suas características resistentes, conduzindo a valores de resistência média e rigidez superiores aos verificados na madeira maciça.

Tendo em conta que a resistência à flexão da madeira lamelada-colada é condicionada pela resistência à tracção da madeira das lamelas, tem-se motivado a busca de novas soluções baseadas no reforço da zona traccionada. Nos últimos anos tem sido investigado o potencial de reforço associado a uma variedade de materiais, como o aço, o alumínio e os polímeros reforçados com fibras (FRP), que podem ser de vidro (GFRP) ([1], [2] e [3]), de carbono (CFRP) ([4], [5] e [6]) ou de aramida (AFRP) ([6] e [7]).

Nas estruturas de madeira lamelada-colada os FRP têm sido essencialmente utilizados no reforço à flexão. Tal reforço pode ser externo (colagem na face mais traccionada do elemento a reforçar) ou interno (colocam-se os FRP entre as lamelas). Atendendo a que os FRP apresentam uma elevada resistência à tracção e que é na face inferior das vigas que se desenvolvem as maiores tensões de tracção, a associação dos FRP à madeira constitui um material compósito por excelência. Desta forma, os eventuais defeitos naturais apresentados pela madeira, como sejam os nós, cuja presença na zona submetida à tracção reduz significativamente a resistência à flexão do elemento, poderá ser amenizada pela colocação dos FRP.

Neste contexto foi realizada, no Laboratório de Ensaio de Estruturas (LEST) do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, uma campanha de ensaios em vigas de madeira lamelada-colada reforçadas à flexão com compósitos de CFRP. O seu objectivo foi avaliar a eficiência do referido reforço quer em termos de facilidade e rapidez de execução quer em termos de ganhos de rigidez, resistência e capacidade de deformação, comparando o comportamento das vigas reforçadas com uma viga de referência não reforçada. Atendendo que a ligação madeira-CFRP desempenha um papel crucial na eficácia dos sistemas de reforço com CFRP foram, ainda, realizados ensaios de “pull-off” para a sua adequada caracterização.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Materiais utilizados

As lamelas, utilizadas tanto nos ensaios de caracterização da ligação madeira-CFRP como na concepção das vigas ensaiadas, eram de Abeto (*Picea Abies*) correspondente à classe de resistência C18 de acordo com a EN 1194 [8]. Neste trabalho foram utilizados dois sistemas compósitos de CFRP unidireccionais: a manta flexível curada “in situ” (MBrace Manta C1-30) e o laminado semi-rígido pré-fabricado (MBrace Laminado HM). As principais características dos constituintes dos sistemas de CFRP (colas e reforços de CFRP) foram retiradas da literatura técnica disponibilizada pelo fabricante [9] e estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais propriedades dos constituintes dos sistemas de CFRP utilizados.

Sistema de CFRP	Materiais	Designação	Resistência à tracção (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Extensão última (%)	Espessura (mm)
MBrace Manta	Primário	MBrace Primário	12	0.7	30	-
	Cola	MBrace Saturante	54	3	25	-
	Reforço	MBrace Manta C1-30	3700	240	15	0.167
MBrace Laminado	Primário	MBrace Primário	12	0.7	30	-
	Cola	MBrace Adesivo	-	7	-	-
	Reforço	MBrace Laminado HM	2200	200	11	1.4

2.2 Caracterização da ligação madeira-CFRP

A avaliação da aderência madeira-CFRP foi efectuada por intermédio de ensaios de arrancamento por tracção (“pull-off”) em pastilhas coladas em lamelas de madeira (4 pastilhas em cada lamela) com 60 cm de comprimento e uma secção transversal de 9 cm de largura e 4.5 cm de altura [10]. Na Tabela 1 apresentam-se as colas e os reforços de CFRP utilizados neste trabalho. Além das colas dos CFRP foi utilizada a cola (fenol-resorcinol-formaldeído) usada na produção da madeira lamelada-colada, designada por Dynosol S-199 [11]. Também houve necessidade de recorrer à cola Iksit K101 [12] para efectuar a ligação da pastilha à cola da madeira (Dynosol S-199), previamente aplicada na lamela de madeira. Tal deveu-se ao facto da Dynosol S-199 não aderir ao material das pastilhas usadas no ensaio de “pull-off”.

Numa primeira campanha de ensaios de “pull-off” (Estudo 1) foram analisados os seguintes aspectos: a adaptabilidade ao caso da madeira das colas associadas aos sistemas de CFRP considerados; a influência da aplicação de uma camada de primário na superfície de madeira a reforçar; e o efeito do tratamento da superfície de madeira. Para tal foram ensaiadas três séries de modelos (Tabela 2). No segundo estudo, e considerando os resultados do estudo anterior, efectuaram-se ensaios em pastilhas coladas em superfícies de madeira onde foi simulado um cenário de reforço, introduzindo o compósito de CFRP sob duas formas: a manta curada “in situ” e o laminado pré-fabricado (Tabela 2). No Estudo 2 foi ainda avaliada a influência do tratamento da superfície. Em ambos os estudos foram considerados como modelos de referência pastilhas coladas com Dynosol S-199.

Tabela 2 - Critério de colagem das pastilhas à superfície de Madeira.

		Pré-Carotamento	Pastilha	Cola	Primário	Pré-Carotamento	Pastilha	Cola	Primário	Pré-Carotamento	Pastilha	Iksit	Cola Madeira
Estudo 1	Série 1	Sem tratamento da superfície		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira			
		Com aplicação de primário *		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira			
		(4 pastilhas por tipologia)											
	Série 2	Com tratamento da superfície		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira			
		Com aplicação de primário *		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira			
		(4 pastilhas por tipologia)											
Série 3	Sem tratamento da superfície		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira				
	Sem aplicação de primário		MBrace Saturante			MBrace Adesivo			Cola da madeira				
	(4 pastilhas por tipologia)												
Estudo 2	Sistema curado “in situ”: manta	(6 pastilhas por tipologia)		MBrace Saturante	Manta CFRP		MBrace Saturante	Manta CFRP					
	Sistema pré-fabricado: laminado	(6 pastilhas por tipologia)		MBrace Adesivo	Laminado CFRP		MBrace Adesivo	Laminado CFRP					

* A aplicação do primário apenas foi efectuada nas lamelas 1 e 2 (lamelas onde foram aplicadas as colas dos CFRP).

Considerando os resultados dos ensaios obtidos no primeiro estudo, na Figura 1 apresentam-se os valores médios da tensão de aderência para cada uma das colas em análise e para as três séries de modelos ensaiados. Em termos gerais é possível verificar que a aderência das colas dos CFRP à madeira é muito boa. Os valores da tensão de aderência das colas dos CFRP foram semelhantes aos da cola da madeira (Dynosol S-199) e nalguns casos foram até mesmo superiores (MBrace Saturante). Os resultados, também, clarificam que não existe benefício da aplicação de uma camada de primário para melhorar a aderência à madeira, ao contrário do que acontece nas superfícies de betão. Tal justifica-se pelo facto da porosidade da madeira residir essencialmente na direcção longitudinal (paralela ao fio da madeira). No caso da resina MBrace Saturante verificou-se que o valor obtido na Série 2 (2.8 MPa) era bastante inferior ao registado nas restantes séries (3.8 MPa). Tal deveu-se à presença de lenho juvenil sob a área de contacto das pastilhas, o que diminui significativamente a resistência à tracção da madeira. O tratamento de superfície apenas foi benéfico no caso

da utilização da cola da madeira (Dynosol S-199).

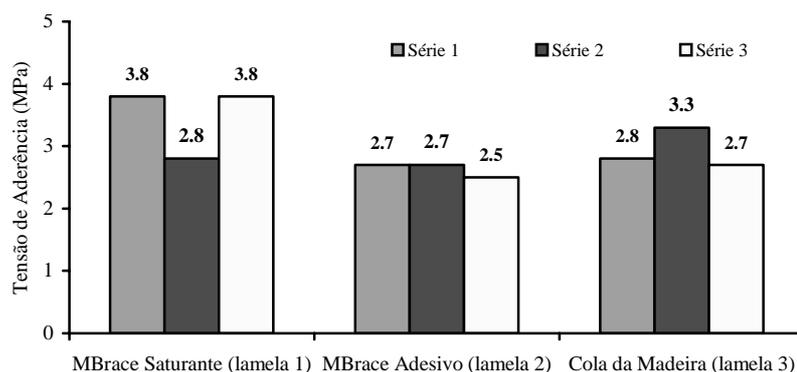


Figura 1 - Valores médios da tensão de aderência para cada tipo de cola (Estudo 1).

Considerando os resultados dos ensaios obtidos no segundo estudo, na Figura 2 apresentam-se os valores médios da tensão de aderência para os dois cenários de reforço analisados (manta e laminado). Estes valores são comparados com os registados nos ensaios de “pull-off” efectuados em pastilhas com a cola da madeira referentes às Séries 2 e 3 do Estudo 1.

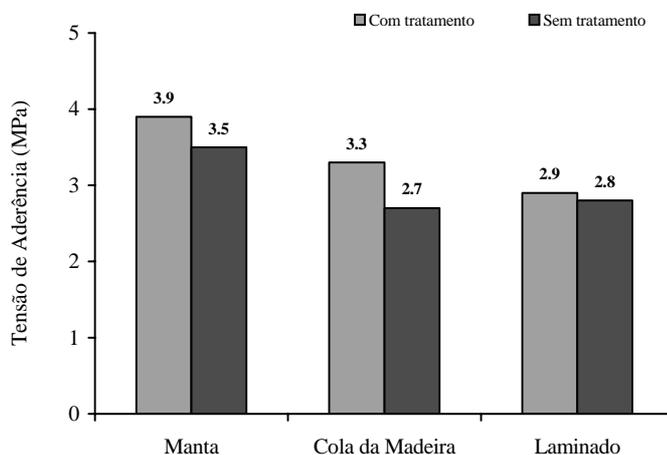


Figura 2 - Valores médios da tensão de aderência para cada tipo reforço.

A análise da Figura 2 permite comprovar que, efectivamente, existe uma boa aderência à madeira das colas previstas para cada um dos sistemas de reforço de CFRP analisados. Tal como já se tinha verificado no Estudo 1, de entre as colas dos CFRP adoptadas a que melhor adere à madeira é a que se utiliza para o sistema de manta (MBrace Saturante). Um dado que se pode acrescentar a esta análise é que os valores obtidos para a tensão de aderência na ligação madeira-CFRP (3.5-3.9 MPa para o caso da manta e 2.8-2.9 MPa para o caso do laminado) são superiores ao mínimo estabelecido para a referida tensão, de forma a poder recorrer-se à utilização da técnica de colagem externa de materiais compósitos no reforço de estruturas de betão, que deve ser 1.4 MPa [13]. A observação da Figura 2 permite, também, verificar que a passagem de uma escova de aço de forma a tornar a superfície de madeira mais rugosa aumenta o valor da tensão de aderência. Este efeito benéfico do tratamento da superfície na aderência da ligação madeira-CFRP foi maior para o caso da manta. Após a análise dos resultados dos dois estudos apresentados definiu-se que para o reforço das vigas de madeira lamelada-colada se procederia ao tratamento da superfície com uma escova de aço e que não se aplicaria qualquer camada de primário.

2.3 Concepção dos modelos de vigas

As vigas de madeira lamelada-colada utilizadas nos ensaios realizados no âmbito deste trabalho apresentavam uma secção transversal com 90 mm de base e 225 mm de altura, um comprimento de 4 m com um vão livre entre apoios de 3.64 m. A altura da viga foi obtida por colagem de cinco lamelas com 45 mm de espessura (Figura 3).

O reforço das vigas de madeira lamelada-colada foi executado com dois sistemas de CFRP: o MBrace Manta C1-30 e o MBrace Laminado HM. Para o caso da manta de CFRP o reforço foi materializado por intermédio de 2 camadas com 70 mm de largura. Em relação ao sistema pré-fabricado, a quantidade de reforço considerada foi obtida impondo uma igualdade de rigidez axial para os dois sistemas de reforço (manta e laminado). Assim, atendendo aos dados apresentados na Tabela 1 e considerando a expressão (1), para o reforço com laminado foi adoptada uma tira com 20 mm de largura.

$$[EA]_{laminado} = [EA]_{manta} \quad (1)$$

No programa experimental realizado foram ensaiadas 18 vigas distribuídas em três grupos. O primeiro contempla uma viga de madeira lamelada-colada sem qualquer tipo de reforço (viga de referência). No segundo grupo tem-se nove vigas reforçadas à flexão com o sistema de manta: três reforçadas externamente e seis em que o reforço foi colocado na face inferior da penúltima lamela. Em três destas o reforço foi aplicado numa pequena cavidade previamente executada. Finalmente, o terceiro grupo engloba oito vigas reforçadas à flexão com o sistema laminado, sendo duas reforçadas externamente e seis em que o reforço foi instalado na face inferior da penúltima lamela. Destas ultimas, em três o reforço foi colocado numa pequena cavidade previamente executada. Na Figura 3 apresentam-se os dados sobre os modelos de vigas reforçadas com CFRP.

A aplicação dos sistemas compósitos de CFRP envolve essencialmente três tarefas [14]: i) a preparação da superfície de forma a garantir que a base tenha boas condições de aderência; ii) a colagem propriamente dita do reforço; iii) o controlo de qualidade da técnica de reforço antes, durante e após a aplicação. A operação de reforço das vigas com os sistemas de CFRP adoptados (Figura 3) está detalhadamente descrita em [15].

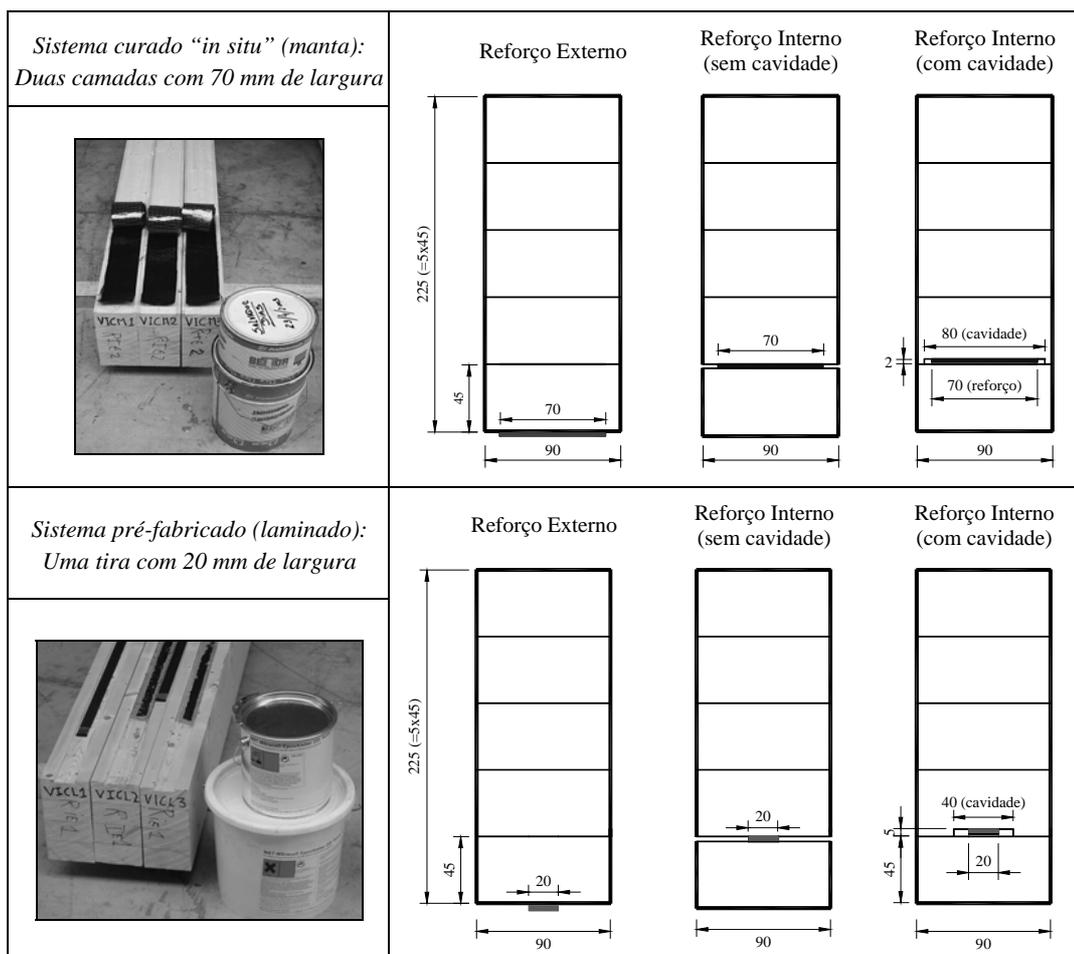


Figura 3 – Operação de reforço das vigas com os sistemas de CFRP.

2.4 Sistema de ensaio

As vigas foram ensaiadas à flexão em quatro pontos com um carregamento monotonicamente crescente até à rotura a uma velocidade constante de deformação de 0.14 mm/s. Para instrumentação dos modelos recorreu-se a uma célula de carga com a capacidade máxima de 100 kN e a dois transdutores de deslocamentos do tipo “Linear Variable Displacement Transducer” (LVDT). Na Figura 4 apresenta-se o esquema de ensaio referindo-se que as dimensões adoptadas foram obtidas seguindo o estipulado na EN 408 [16].

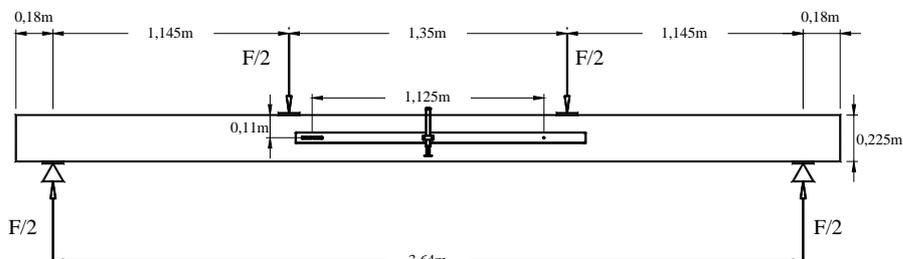


Figura 4 - Esquema de ensaio adoptado.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta, para cada modelo ensaiado, os principais resultados em termos de módulo de elasticidade (E_0), carga de serviço (F_{l200}), carga máxima (F_{max}) e o respectivo deslocamento central (d_{max}). De acordo com o EC5 [17], adoptou-se para a carga de serviço o valor da carga correspondente a uma flecha de valor igual a $l/200$ (l é o vão livre da viga, ou seja, $l/200$ vale 18.2 mm). Para as várias grandezas anteriormente referidas, também se apresentam, na Tabela 3, as relações entre o valor médio obtido para cada um dos sistemas/formas de reforço utilizados e o valor obtido na viga de referência ($E_0/E_{0,VR}$, $F_{l200}/F_{l200,VR}$, $F_{max}/F_{max,VR}$ e $d_{max}/d_{max,VR}$). Na Figura 5 apresentam-se as curvas de comportamento carga vs deslocamento central da viga de referência e de um modelo de viga representativo de cada um dos sistemas/formas de reforço analisados.

Tabela 3 - Resultados obtidos nas vigas ensaiadas.

Vigas	E_0 (GPa)	$E_0/E_{0,VR}$	F_{l200} (kN)	$F_{l200}/F_{l200,VR}$	F_{max} (kN)	$F_{max}/F_{max,VR}$	d_{max} (mm)	$d_{max}/d_{max,VR}$
Referência VR	11.9	1.00	21.99	1.00	47.8	1.00	36.0	1.00
Reforço externo	VEM1	14.9	29.62		60.1		42.2	
	VEM2	14.9	29.40	1.31	81.7	1.52	68.6	1.57
	VEM3	14.7	27.37		76.7		58.5	
Manta Reforço interno sem cavidade	VIM1	14.9	25.50		68.0		47.9	
	VIM2	12.6	23.56	1.10	67.5	1.30	58.6	1.33
	VIM3	13.8	23.43		50.3		37.6	
Reforço interno com cavidade	VICM1	15.0	27.90		65.7		46.5	
	VICM2	16.3	28.50	1.23	61.3	1.41	82.3	1.80
	VICM3	11.7	24.50		74.5		66.1	
Laminado Reforço externo	VEL1	12.9	24.91	1.11	77.6	1.54	83.7	1.99
	VEL2	12.6	24.01		69.3		59.6	
	VIL1	16.9	24.91		54.8		41.3	
Reforço interno sem cavidade	VIL2	13.4	22.44	1.10	54.8	1.17	54.9	1.29
	VIL3	13.7	25.35		57.9		43.1	
	VICL1	15.9	26.92		66.4		49.5	
Reforço interno com cavidade	VICL2	13.2	24.46	1.17	53.0	1.35	43.0	1.53
	VICL3	14.2	25.80		74.7		72.6	

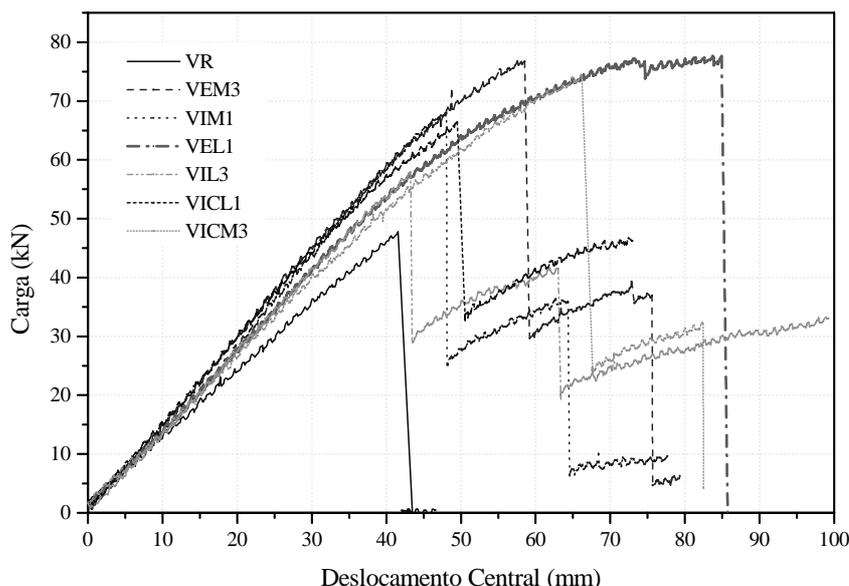


Figura 5 - Curvas carga vs deslocamento central.

A análise dos dados da Tabela 3 e das curvas de comportamento apresentadas na Figura 5 permite verificar que, independentemente dos sistemas/formas de reforço adoptados, a presença dos CFRP conduziu, relativamente à viga de referência, a maiores valores de módulo de elasticidade, de carga de serviço, de carga máxima e respectivo deslocamento central. Em relação ao módulo de elasticidade, e considerando o valor obtido na viga de referência, o reforço por intermédio de mantas de CFRP proporcionou aumentos de 16% a 25%, enquanto que os laminados proporcionaram aumentos entre os 7% e os 23%. Em termos de carga de serviço, o reforço com mantas de CFRP resultou em aumentos entre os 10% e os 31%, enquanto que para o reforço com laminados os aumentos variam entre os 10% e os 17%. Analisando os dados relativos à carga máxima atingida pelos modelos verifica-se que o reforço externo proporcionou aumentos semelhantes e superiores a 50% (52% para a manta e 54% para o laminado). Em relação ao reforço interno os aumentos da capacidade máxima resistente foram para o caso da manta de 30% (reforço sem cavidade) e 41% (reforço com cavidade). Utilizando o sistema laminado, os aumentos da carga máxima foram de 17% (reforço sem cavidade) e de 35% (reforço com cavidade). Destes dados pode concluir-se que o reforço externo é, de entre as formas analisadas e para a mesma quantidade de reforço, a que proporciona valores da capacidade resistente superiores. Ao mesmo tempo, constata-se que no caso do reforço interno é muito benéfico, em termos de rendimento do reforço, a existência da cavidade nomeadamente para o caso do laminado. Comparando os dois sistemas de reforço verifica-se que os resultados em termos de carga máxima são muito próximos, com a excepção do reforço interno sem cavidade. Esta diferença deve-se ao facto de no caso do laminado, devido à espessura que apresenta, a ligação à última lamela ser muito precária, quando comparado com o que se passa com a manta. Relativamente aos valores obtidos para o deslocamento central das vigas associado à carga máxima, verifica-se que as mantas proporcionaram um aumento entre os 33% (reforço interno sem cavidade) e os 80% (reforço interno com cavidade). O laminado conduziu a aumentos do valor do referido deslocamento de 29% (reforço interno sem cavidade) a 99% (reforço externo).

Na viga de referência a ruína ocorreu por esgotamento da capacidade resistente à tracção das lamelas. Nos modelos reforçados externamente, a ruína para as vigas com manta ocorreu por rotura do reforço, enquanto para as vigas reforçadas com laminado, numa a ruína foi por rotura do CFRP (VEL1) e na outra foi por destacamento do CFRP (VEL2). No caso das vigas reforçadas internamente a ruína em todos os elementos deu-se pela rotura da última lamela tendo o reforço continuado a “trabalhar”, acabando este por se descolar ou por atingir a rotura. No entanto, devido à quantidade de reforço de CFRP adoptado, as vigas nunca atingiram valores superiores ao que originou a rotura da última lamela, como se pode constatar, por exemplo, no caso da curva de comportamento da viga VICL1 da Figura 5. Concretamente, o valor da carga que originou a rotura/destacamento do CFRP foi em todos os casos superior a 50% da carga máxima atingida.

4. CONCLUSÕES

Com a realização do trabalho anteriormente descrito podem ser avançadas as seguintes conclusões:

- é viável a utilização, das colas dos sistemas de reforço MBrace Manta e MBrace Laminado utilizadas no reforço de estruturas de betão, em superfícies de madeira;
- devido ao facto da porosidade da madeira residir essencialmente no plano longitudinal (direcção do fio da madeira) não existem, ao contrário do que acontece no betão, vantagens na aplicação de uma camada de primário para melhorar a aderência madeira-CFRP;
- é benéfico, em termos da aderência madeira-CFRP, proceder ao tratamento da superfície recorrendo à passagem de uma escova de aço;
- os defeitos da madeira (presença de nós, existência de bolsas de resina e de lenho juvenil) têm uma influência significativa nos valores da aderência;
- a utilização dos CFRP no reforço à flexão permite aumentos do módulo de elasticidade, da carga de serviço, da capacidade máxima de carga e do respectivo deslocamento central;
- de entre as formas de reforço utilizadas a que conduziu a um maior valor da capacidade máxima resistente foi a referente ao reforço externo. As vigas reforçadas internamente sem cavidade foram as que tiveram o pior desempenho, especialmente no caso do laminado;
- com a excepção do caso das vigas reforçadas internamente sem cavidade, verifica-se que os valores atingidos para a carga máxima são semelhantes para os dois sistemas de reforço de CFRP utilizados neste trabalho (manta e laminado);
- a aplicação dos reforços permitiu concluir que o reforço interno é bastante mais trabalhoso e que no caso do reforço com laminado sem cavidade, a ligação da última lamela resulta bastante precária;
- de forma a ultrapassar a questão da ligação à última lamela mencionada anteriormente, sugere-se para trabalhos futuros o estudo do reforço de vigas de madeira lamelada-colada com laminados inseridos em cavidades executadas na penúltima lamela. Esta técnica poderá também ser aplicada no reforço externo de forma a existir maior protecção à acção do fogo e a actos de vandalismo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam os seus agradecimentos à colaboração prestada pelas empresas Flexilam e BeTTor MBT Portugal na cedência dos materiais. Um agradecimento especial aos alunos Eurico Jerónimo e João Paulo Freitas, finalistas da licenciatura em Engenharia Civil da Universidade do Minho, pela preciosa colaboração prestada na campanha de ensaios.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Moulin, J.M., Pluvinage, G and Jodin, P., 1990, “FGRG: fiberglass reinforced glulam – a new composite”, Wood Science Technology, 24, pp. 289-294.
- [2] Dorey, A.B. and Cheng, R.J.J., 1996, “Development of composite glued laminated timber”, Canadian Forest Service Cat. Fo42-91/146-1996E, Canada-Alberta Partnership Agreement in Forestry, Edmonton, Alta.
- [3] Dorey, A.B. and Cheng, R.J.J., 1996, “Glass fiber reinforcement glued laminated wood beams”, Canadian Forest Service Cat. Fo42-91/147-1996E, Canada-Alberta Partnership Agreement in Forestry, Edmonton, Alta.
- [4] Tingley, D.A., 1996, “High-strength fiber-reinforced plastic reinforcement of wood and wood composite”, 41st International Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE) Symposium, March, Anaheim, California, pp. 667-673.
- [5] Tingley, D.A., 1996, “Over a decade of research results in new, improved glulam”, Canadian Consulting Engineer, March/April, pp. 24-28.
- [6] Romani, M., Blass, H.J., 2000, “Reinforcement of glulam beams with frp reinforcement”, University of Karlsruhe, Alemanha.
- [7] Dolan, C.W., Galloway, T.L. and Tsunemori, 1997, “Prestressed glued-laminated timber beam - pilot study”, Journal of Composites for Construction, 1(1), pp. 10-16.
- [8] EN 1194, 1999, “Estruturas de Madeira – Madeira lamelada-colada – classes de resistência e determinação dos valores característicos”, Versão Portuguesa, Abril.
- [9] Bettor MBT Portugal, 1999, “Sistema Compósito MBrace”, Fichas técnicas, Lisboa.

- [10] Cruz, P.J.S., Dias, S.J.E. e Branco, J.M., 2004, “*Avaliação da aderência da ligação colada madeira CFRP*”, 1º Congresso Ibérico A Madeira na Construção, CIMAD’04, Universidade do Minho, pp. 469-478.
- [11] Dynosol S-199, 1996, “*Technical data sheet for Dynosol S-199*”, Dynea, Wood and Specialty Adhesives, June, 8 pp.
- [12] Sika, 2000, Ficha técnica 5.10: “*Ikosit K 101 - Ligante epoxídico estrutural*”, Sika, Indústria Química S.A., Fevereiro, 3 pp.
- [13] ACI Committee 440, 1999, “*Guidelines for the selection, design, and installation of fiber reinforced polymer (FRP) systems for external strengthening of concrete structures*”, American Concrete Institute, ACI Committee 440, Outubro, 97 pp.
- [14] Juvandes, L.F.P., Dias, S.J.E. e Figueiras, J.A., 2003, “*Eficiência do reforço de faixas de laje com sistemas compósitos de CFRP*”, Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, nº52, Setembro, pp. 33-42.
- [15] Dias, S.J.E., Branco, J.M. e Cruz, P.J.S., 2004, “*Reforço à flexão com compósitos de CFRP de vigas de madeira lamelada-colda*”, 1º Congresso Ibérico A Madeira na Construção, CIMAD’04, Universidade do Minho, pp. 479-488.
- [16] EN 408, 1995, “*Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties*”, English version, CEN, Bruxelas, Janeiro.
- [17] prEN 1995-1-1, 2001, “*Eurocode 5: Design of Timber Structures - Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings*”, CEN/TC 250/SC5, nº 316.



SALVADOR DIAS

Assistente
Universidade do Minho
Guimarães
sdias@civil.uminho.pt



JORGE BRANCO

Assistente
Universidade do Minho
Guimarães
jbranco@civil.uminho.pt



PAULO CRUZ

Professor Associado
Universidade do Minho
Guimarães
pcruz@civil.uminho.pt

