

RESISTÊNCIA AO ARRANQUE DE VARÕES ROSCADOS COLADOS EM MADEIRA NOVA E ANTIGA DE CASTANHO (*Castanea sativa* Miller)

João Henrique Negrão

PhD, Prof. Associado, Dep. Engenharia Civil
Universidade de Coimbra, Portugal
jhnegrão@dec.uc.pt

João Sena Martins

MSc em Engenharia Civil
Universidade de Coimbra, Portugal
joao.acs.martins@gmail.com

Resumo

Os varões colados ou *glued-in rods* (GiR) são crescentemente utilizados na realização de ligações em estruturas de madeira, mas a falta de normalização comum no Espaço Económico Europeu tem dificultado o seu uso generalizado. Este artigo pretende contribuir para a melhoria do conhecimento do comportamento deste tipo de ligação com madeira de folhosas, porque as propostas de regras de projeto existentes se baseiam em trabalho experimental sobre espécies resinosas e madeira nova. No entanto, as espécies folhosas surgem com grande frequência em estruturas antigas, nomeadamente em países do Centro e Sul da Europa, o que torna relevante este conhecimento para a condução de trabalhos de reforço e reabilitação estrutural. Foram produzidos e ensaiados cerca de 40 provetes de madeira de castanho nova e antiga, estes últimos obtidos de vigas recuperadas de demolições, tendo o comprimento de colagem sido o parâmetro variável. Este e as secções transversais, diâmetros dos furos e dos varões, foram escolhidos de modo a privilegiar a rotura coesiva no interface resina-madeira. Os ensaios foram realizados primeiro em tração-tração, e depois em tração-compressão, com os varões que não foram arrancados na primeira série de ensaios. Os resultados foram comparados com os previstos pelos diferentes métodos disponíveis na bibliografia.

Palavras-Chave: Varões colados, folhosas, castanho, madeira nova, madeira velha.

Abstract

Glued-in rods (GiR) are increasingly used in connections in timber structures, but the lack of common standardization within the European Economic Area is encompassing its generalized use. This paper seeks to contribute to the development of the knowledge on the behaviour of this type of connections with hardwood timber, because the existing design proposals are all based in experimental work carried out with new softwood timber. However, hardwood timber was often used in ancient structures, namely in the Central and Southern European countries, which makes that knowledge relevant for strengthening and rehabilitation works. Nearly 60 specimens of both new and old chestnut timber were produced and tested, the latter cut out from beams recovered from demolitions, the bonding length having been considered as the variable parameter. This, the cross-section area and the hole and rod diameters were set so that cohesive failure in the timber-adhesive interface was expected. Pull-pull tests were carried out first, followed with pull-push tests on the rods not pulled in the first tests. The results were compared to those foreseen by the different design methods proposed in the literature.

Keywords: Glued-in rods, hardwoods, chestnut, new timber, old timber.

1 Introdução

As ligações madeira-madeira com varões colados ou *glued-in rods*, como são conhecidas internacionalmente, são hoje extensivamente utilizadas por grandes empresas europeias de construção em madeira. Não obstante, continuam por aprovar normas ou regras de dimensionamento comuns a todo o Espaço Económico Europeu, o que tem pressionado a intensificação da investigação deste tema.

O primeiro passo para o entendimento do sistema é o do conhecimento do comportamento do ligador individual, o qual é condicionada por diversos fatores. A aderência do varão ao adesivo estrutural é a base de todo o sistema devendo usar-se varões roscados ou nervurados, a fim de mobilizar a indentação mecânica na interface (Bernasconi 2001). As resinas epoxy apresentam a maior aptidão para este tipo de aplicação, segundo critérios como o da resistência mecânica, sensibilidade à humidade e condições de aplicação e cura. O diâmetro e a profundidade da linha de colagem desempenham papéis fundamentais. Segundo (Cimadevila *et al* 2007) e (Feligioni *et al* 2003) a carga última para os modos de rotura adesivos ou coesivo na madeira cresce com o diâmetro do varão não havendo, contudo, uma relação clara entre aquela e este. O comprimento de colagem tem também uma relação direta com a resistência ao arranque do ligador e alguns autores (Broughton e Hutchinson, 2001), (Stamatopoulos and Malo 2016) observaram uma relação aproximadamente linear entre o comprimento de colagem e a carga de rotura. (Chans *et al* 2010), no entanto, obtiveram uma relação não inteiramente linear com ensaios em provetes de uma madeira folhosa de alta densidade. A espessura da linha de cola é também um parâmetro relevante no desempenho da ligação. (Tlustochowicz *et al* 2011) aconselham espessuras entre 0,5mm e 3mm. (Bengtsson and Johansson 2000) e (Martin *et al* 2013), entre outros, observaram melhores desempenhos em termos de capacidade de carga com o acréscimo da espessura de cola. A distância do centro do varão ao bordo livre da madeira é importante para prevenir rotura por tração perpendicular ao fio ou fratura (*splitting*) da madeira. (Blaß e Laskewitz 1999) aconselham uma distância mínima de $2,5\phi$ (diâmetros) do varão, e (Steiger *et al.* 2006) reduzem esse limite a $2,3\phi$. A massa volúmica intervém em alguns métodos de dimensionamento propostos na bibliografia. Contudo, (Bengtsson e Johansson 2000) não observaram relação entre esta propriedade física e a resistência ao arranque, conclusão oposta à de (Steiger *et al.* 2006). O teor de água da madeira e a temperatura influenciam também o desempenho de colagens estruturais em madeira, mas no sentido de que as inviabilizam quando são ultrapassados valores-limite, pelo que a sua influência é expressa na forma de restrições ou contra-indicações de aplicação.

No âmbito das aplicações de reabilitação de estruturas existentes e/ou antigas, é escasso o trabalho publicado e, quando existente, é mais focado na aplicação do conceito de varões colados do que no comportamento desse sistema de ligação propriamente dito (Negrão *et al* 2016). Por outro lado, são também escassos os resultados relativos ao desempenho de ligações de tipo GiR com madeiras de folhosas.

2 Trabalho Experimental

O trabalho experimental foi realizado no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra e no SerQ- Centro da Inovação e Competências da Floresta.