

## MODELAÇÃO NUMÉRICA E COMPUTACIONAL DO COMPORTAMENTO NO PLANO E FORA DO PLANO DE PAVIMENTOS DE MADEIRA E MISTOS

João Henrique Negrão<sup>1</sup> (jhnegrao@dec.uc.pt)

<sup>1</sup> Universidade de Coimbra – Portugal.

### Resumo

Este artigo é dedicado ao estudo do comportamento de pavimentos tradicionais de madeira relativo à repartição de carga e vibração, para ações fora do plano, ou à capacidade de realização do efeito de diafragma, para distribuição de forças no plano, como as devidas ao sismo. O melhoramento do comportamento no plano pode ser conseguido pela inclusão de uma treliça no plano, constituída pelas vigas e sarrafos de pavimentos e por elementos diagonais adicionais em aço, madeira ou FRP, aplicados sob ou sobre o pavimento, ou na sua espessura. Uma alternativa adequada consiste na conversão do pavimento de madeira num pavimento misto, mediante a adição de uma camada fina de betão, sendo a ligação entre este e o pavimento original promovida por vários processos, nomeadamente por cavilhas ou parafusos em aço, placas contínuas ou tacos de madeira. Em termos comparativos, este sistema tem a vantagem de melhorar a rigidez e a resistência tanto no plano como fora do plano, mas é mais intrusivo e acrescenta massa significativa ao pavimento, a qual pode estar para além da capacidade resistente das paredes e/ou das fundações. Este artigo reporta um estudo computacional sobre este tema, no qual se comparam os desempenhos de configurações não reforçadas, reforçadas com treliças e compósitas madeira-betão de pavimentos.

**Palavras-chave:** Pavimentos de madeira. Distribuição de carga. Vibração. Efeito de diafragma. Reforço.

### Abstract

This paper is on the behaviour of traditional timber floors regarding load distribution and vibration characteristics, for out-of-plane behaviour, and the capability to behave as a diaphragm, for distribution of in-plane forces, such as those originated by earthquake. The in-plane behaviour may be enhanced through the insertion of a bracing truss in the floor plane, composed by the existing floor beams and additional diagonal steel, timber or FRP elements, applied on, under or between the main beams. An alternative consists of turning the wooden floor into a composite timber-concrete floor by adding a thin concrete layer, connected to the original timber elements through a number of alternative processes such as steel dowels or bolts, continuous embedded plates or wooden plugs. This system has the comparative advantage of improving the strength and the stiffness in both the in-plane and the out-of-plane directions, but it is more intrusive and adds significant mass to the floor, which may be beyond the load-bearing capability of the walls and/or foundations. This paper describes a computational study in this topic, where floor models of the types described before are compared, namely variants of a simple

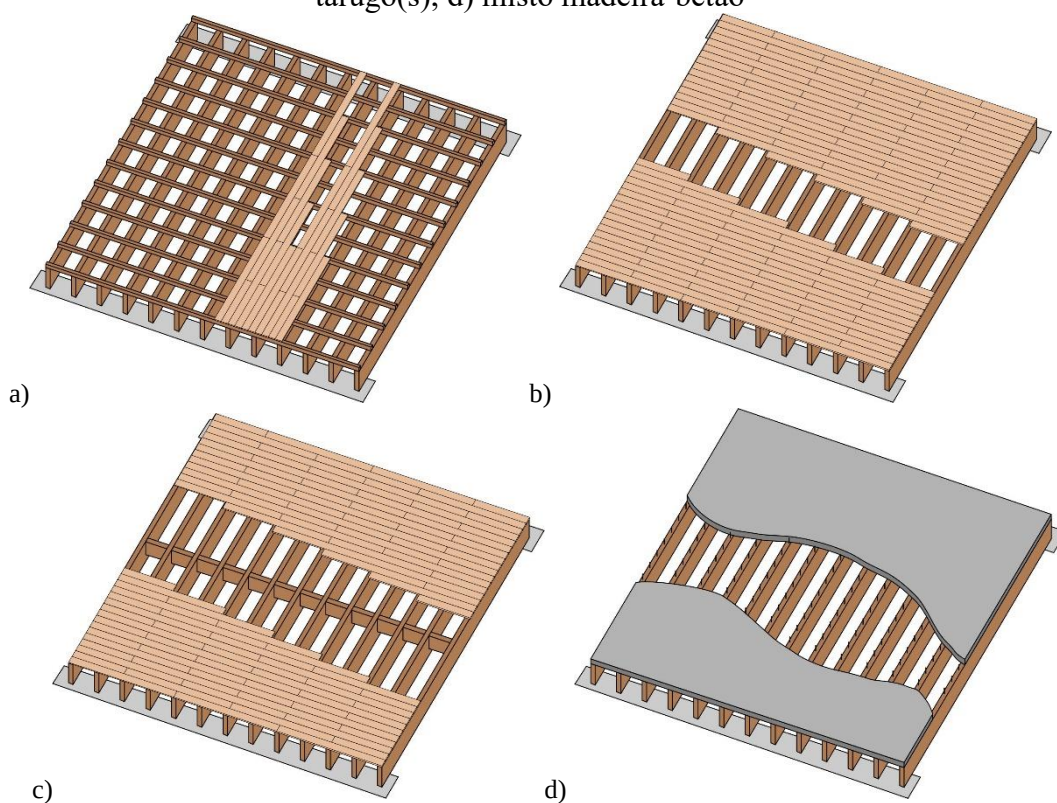
(unstrengthened) floor, a truss-reinforced floor and a timber-concrete floor

Keywords: Timber floors. Load distribution. Vibration. Diaphragm effect. Strengthening.

## 1 Introdução

O sistema estrutural de edifícios tradicionais, em Portugal e Europa do Sul, consiste em pavimentos de madeira apoiados em paredes de alvenaria. As tábuas de solho podem apoiar-se em sarrafos perpendiculares às vigas principais (Figura 1a) ou diretamente nestas (Figura 1b). Adicionalmente, podem ainda ser usados tarugos de travamento e distribuição, colocados aproximadamente a meio (Figura 1c) ou a terços do vão.

Figura 1: Configurações dos pavimentos: a) com sarrafos; b) sem sarrafos; c) com tarugo(s); d) misto madeira-betão



Fonte: Negrão (2018)

As vigas apoiam-se diretamente na parede ou indiretamente sobre um frechal disposto continuamente ao longo desta. Primariamente constituídos por vigas paralelas, os pavimentos de madeira são essencialmente unidirecionais, com contribuições variáveis dos sarrafos, tábuas de solho e tarugos para a distribuição de carga, como se verá mais adiante neste artigo. No mínimo, cada sarrafo deve ser contínuo sobre uma viga principal. Os tarugos são necessariamente descontínuos, dado que são inseridos entre faces de duas vigas adjacentes e a estas fixados por pregagem oblíqua.

No contexto de uma intervenção de reforço ou reabilitação, uma possibilidade eficaz e crescentemente popular consiste em betonar uma fina camada de betão sobre o pavimento