

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE DOIS PAVIMENTOS EM MADEIRA

Luís F. Ramos e Paulo B. Lourenço

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Portugal

RESUMO

Apresentam-se nesta comunicação dois casos de estudo correspondentes à inspecção, avaliação e reforço de dois pavimentos de madeira. O primeiro corresponde a um pavimento da Câmara Municipal de Arcos de Valdevez, onde, após uma intervenção para a sua reabilitação, se realizou uma inspecção estrutural e um ensaio de carga para a avaliação da segurança do pavimento. O segundo pavimento corresponde ao do coro alto da igreja da N. Sr.a da Conceição do Instituto Monsenhor Airosa, em Braga, onde se levou a cabo uma inspecção estrutural, compreendendo um conjunto de ensaios não-destrutivos, apresentando-se no final algumas recomendações para a protecção da madeira e reforço do sistema estrutural.

1. INTRODUÇÃO

Praticamente todas as construções antigas existentes no parque arquitectónico português têm sistemas construtivos em madeira. Associados às paredes estruturais de alvenaria, sistemas de madeira como os pavimentos, as paredes mistas e as coberturas foram tradicionalmente utilizados no processo de construção de edifícios durante séculos. Muitos desses sistemas continuam ainda a funcionar actualmente, sendo necessário, para os edifícios com prestígio, avaliar o seu estado de conservação e de segurança e, sempre que seja necessário, reabilitar e monitorizar esses sistemas a longo prazo.

Trata-se do caso de dois pavimentos com estrutura de madeira que foram recentemente estudados pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, onde as entidades requerentes pretendiam averiguar a segurança estrutural. O primeiro corresponde a um pavimento da Câmara Municipal de Arcos de Valdevez e o segundo relaciona-se com o pavimento do coro da igreja da N. Sr.a da Conceição do Instituto Monsenhor Airosa (IMA), em Braga.

Em ambos os casos de estudo os requerentes pretendem que os pavimentos suportem novas cargas de serviço, superiores às usuais para as construções antigas. Esta necessidade é, aliás, frequente nas construções com interesse a preservar, já que, na maioria dos casos, os edifícios são utilizados para serviços públicos, pelo que esta utilização aumenta as cargas de serviço.

2. ESTUDO DO PAVIMENTO DA C. M. DE ARCOS DE VALDEVEZ

Este estudo foi realizado por solicitação da empresa Empreiteiros Casais, S.A., que pretendia verificar a segurança estrutural do pavimento da sala de reuniões, no qual se realizou um ensaio de carga para uma sobrecarga de utilização igual a 3 kN/m^2 , o equivalente a aproximadamente 300 kg/m^2 (Ramos e Lourenço, 2003a), ver Figura 1.



Figura 1 - Pavimento em estudo: (a) vista do exterior do edifício de Câmara; (b) pormenor dos vigamentos e da reabilitação; e (c) aspecto do pavimento no final da intervenção estrutural

2.1. Levantamento Global da Estrutural

A construção do edifício é composta por dois pisos: r/c e primeiro andar. A estrutura é formada por paredes resistentes em alvenaria de pedra argamassada, rebocadas em ambas as faces, e por pavimentos suportados através de vigamentos em madeira de carvalho. Os vãos dos pavimentos de madeira, variam entre os 6 e 7 m de comprimento. Os vãos nas paredes, quer exteriores, quer interiores, têm uma largura que varia entre 1.2 e 1.9 m. A espessura das paredes é aproximadamente 0.80 m no r/c e 0.65 m no primeiro andar. A altura do pé-direito do primeiro andar é cerca de 5.0 m. A estrutura da cobertura é do género tradicional em madeira, formada por um conjunto de asnas de madeira de carvalho, apoiadas nas paredes de alvenaria.

2.2. Levantamento Local da Estrutura do Pavimento em Madeira

Tendo em vista caracterizar os elementos do pavimento onde se realizou o ensaio de carga, procedeu-se à verificação das dimensões das secções resistentes dos vigamentos de madeira.

A planta estrutural do pavimento encontra-se apresentada na Figura 2a. A sua estrutura é constituída pelos seguintes elementos: (a) um conjunto de vigas principais em toda a extensão do vão do pavimento, afastadas, entre eixos, cerca de 0.50 m e alinhadas segundo a direcção x ; (b) um menor conjunto de vigas secundárias, paralelas ao vigamento principal, existindo apenas na zona mais próxima da fachada principal; e (c) um conjunto de barrotes afastados, entre eixos, cerca de 0.46 m e transversais ao vigamento principal.

Na altura da realização do estudo pela Universidade do Minho, o pavimento já tinha sofrido intervenções de reabilitação pelo empreiteiro. Sobre os barrotes foram colocadas placas de aglomerado de madeira prensada, tipo MDF[®], com 24 mm de espessura, conforme se pode visualizar na Figura 2b e sobre as placas de aglomerado de madeira foi colocada uma camada de forma leve, contendo elementos de argila expandida (tipo LECA[®]). Não foi possível confirmar a espessura da camada de enchimento durante o levantamento estrutural, uma vez que seria necessário realizar uma abertura de inspecção no pavimento, que se entendeu desnecessária. Salienta-se, neste ponto, que as alterações efectuadas nos pavimentos vieram a aumentar o seu peso próprio cerca de três vezes (por metro quadrado de área em planta).

A altura das secções dos vigamentos principais (ver dimensão H na Figura 2b) é, em média, igual a 225 mm, enquanto que as dimensões da base dos mesmos elementos (ver

dimensão B na Figura 2b) variam entre 150 e 230 mm, sendo o seu valor médio igual a 185 mm.

Em relação ao vigamento secundário, as dimensões b e h (ver Figura 2b), em média, são iguais a 90 e 140 mm, respectivamente. Os barrote transversais têm uma secção igual a $60 \times 75 \text{ mm}^2$.

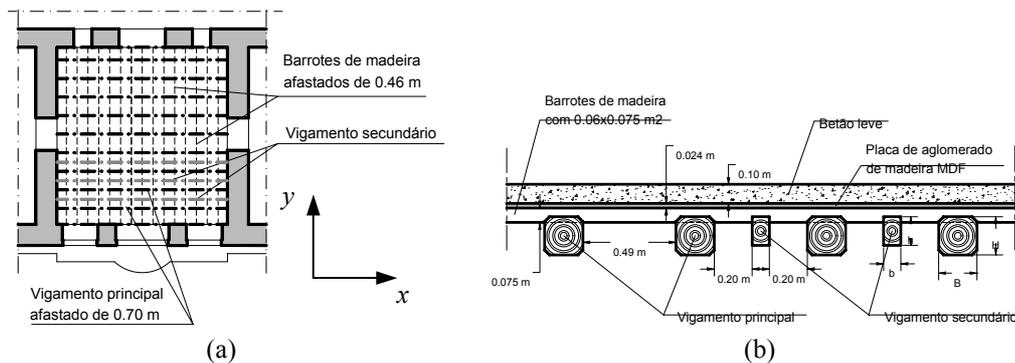


Figura 2 - Planta estrutural do pavimento do 1º andar na zona onde se realizou o ensaio de carga; e (b) secção em corte do pavimento em estudo

2.3. Estado de Conservação da Estrutura do Pavimento

Na zona de elaboração do ensaio de carga procedeu-se a uma inspecção visual e de percussão sobre o estado de conservação/deterioração dos elementos resistentes do pavimento.

Durante a inspecção visual foi possível constatar que, de uma forma geral, o madeiro do pavimento se encontra em bom estado de conservação, não tendo sido, por isso, efectuado qualquer ensaio para caracterizar o estado de conservação integral da madeira. De acordo com as informações recolhidas, o madeiro não foi submetido a qualquer tratamento para eliminar eventuais actividades biológicas. Além disso, em toda a estrutura levantada e inspecionada não se encontrou qualquer anomalia estrutural digna de registo, quer nos pavimentos de madeira, quer nas paredes de alvenaria.

2.4. Cálculos Preliminares para a Verificação da Segurança

Antes da realização do ensaio de carga, procedeu-se a uma análise simplificada da estrutura, admitindo apenas os elementos estruturais principais do pavimento, tendo em vista uma estimativa sobre a segurança e as deformações esperadas.

Após os cálculos preliminares, verificou-se que a estrutura do pavimento sem uma contribuição activa dos painéis MDF® não verificava a segurança para uma sobrecarga de utilização igual a 3 kN/m^2 .

Tomando em consideração os resultados da análise preliminar e o facto de se tratar de uma construção antiga, exigiu-se, ao requerente, a colocação de dispositivos de segurança que impedissem a eventual queda do pavimento durante a execução do ensaio de carga. O escoramento de segurança foi colocado a uma distância mínima de 50 mm do vigamento principal, salvaguardando o contacto do mesmo com o pavimento durante a realização do ensaio.

2.5. Ensaio de Carga

O ensaio foi realizado de acordo com as recomendações espanholas “Pruebas de Carga en Puentes de Carretera” (1998), face à ausência de regulamentação nacional ou europeia.

Para a realização da sobrecarga de utilização igual a 3 kN/m^2 , valor preconizado pelo RSA (1983) para salas de reuniões, foi utilizado um reservatório de água, composto por um conjunto de painéis verticais dispostos de forma rectangular e cobertos por uma lona impermeável (ver Figura 3a e c). Salienta-se que a configuração adoptada para as paredes e a inexistência de um fundo do reservatório conduzem à ausência de qualquer ligação parasita entre o reservatório e o pavimento.

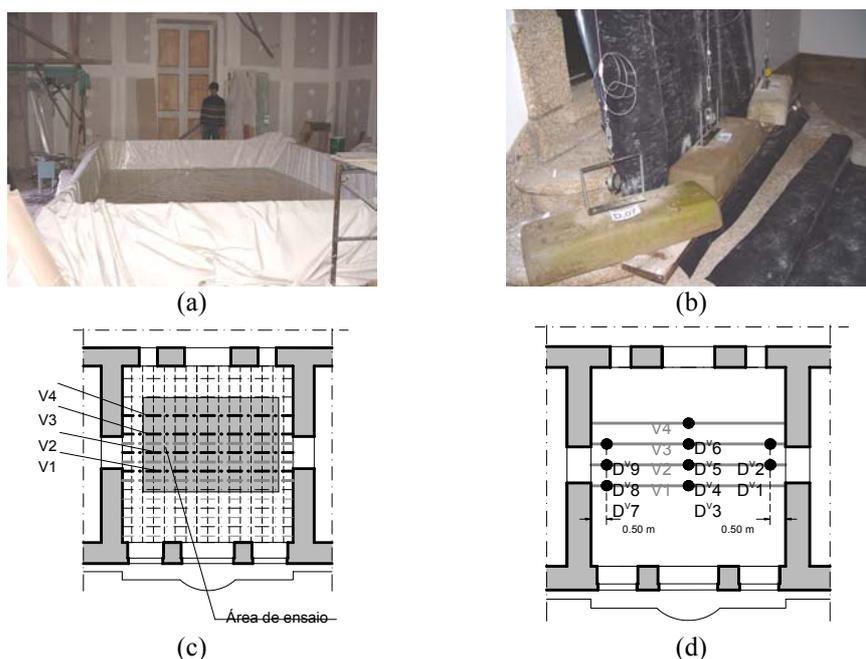


Figura 3 - Ensaio de carga: (a) reservatório para realizar a sobrecarga de utilização; (b) pormenores do sistema de fixação dos comparadores para medir deformações verticais; (c) área em planta do reservatório; e (d) disposição dos comparadores mecânicos

Para efectuar os registos das deformações foram usados nove comparadores mecânicos, incluídos num sistema convenientemente ligado à estrutura resistente (vigamentos principais) (ver Figura 3b). A localização dos comparadores encontra-se ilustrada na Figura 3d.

O ensaio de carga dividiu-se em quatro fases: 1ª Fase – carga até 50% do valor máximo da sobrecarga de utilização; 2ª Fase – carga total no pavimento; 3ª Fase – descarga até 50% do valor máximo da sobrecarga de utilização; e 4ª Fase – descarga total do carregamento. Cada fase de carga e descarga durou, em média, cerca de 25 e 40 minutos, respectivamente. A duração total para a realização do ensaio foi cerca de 3 horas. Associado à realização do ensaio foram ouvidos estalidos da madeira sempre que ocorria uma variação do carregamento.

Em todos os comparadores foram registados deslocamentos residuais, salientando-se os verificados nos apoios das vigas, que, em média, corresponderam a um assentamento igual a 0.5 mm. É provável que este fenómeno tenha ocorrido devido ao reajuste das vigas às

paredes de alvenaria, durante as fases de carregamento do pavimento. Porém, esses deslocamentos residuais são cerca de 10% dos valores máximos alcançados, o que é aceitável para este tipo de estruturas, exceptuando o comparador Dv8 (ver Figura 8d), cujo valor residual é igual a 17%.

No que respeita aos valores dos deslocamentos a meio vão das vigas V2 e V3 e para melhor estudar o seu comportamento estrutural, foi retirada a componente da deformação dos apoios, obtendo-se, assim, os deslocamentos de flexão das vigas. Os valores elásticos destes deslocamentos encontram-se ilustrados na Figura 4.

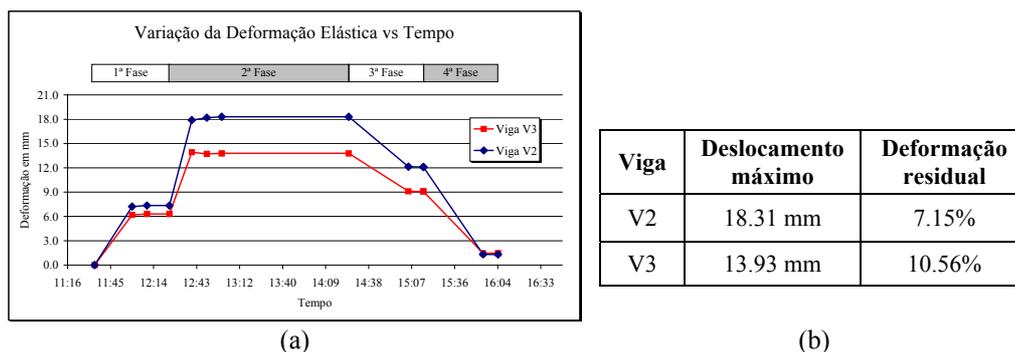


Figura 4 -Resultados os ensaio de carga para as vigas V2 e V3: (a) gráfico da deformação elástica versus tempo; e (b) deslocamentos máximos e deformação residual a meio vão

A deformação máxima verificou-se na viga V2, com um valor igual a 18.3 mm. Segundo o Eurocódigo 5 (1995) a deformação elástica instantânea devida às cargas variáveis, sem incluir a fluência do material e para combinações frequentes, deverá nunca exceder o valor de 1/300 do vão da estrutura. Deste modo, a deformação instantânea do pavimento não deverá ser superior a 21 mm, o que se verificou com o ensaio de carga (18.3 mm) para a totalidade da sobrecarga de utilização ($1.0 \cdot G_m + 1.0 \cdot Q_k$). Além disso, a deformação residual média para as duas vigas é cerca de 9%, tratando-se de um valor aceitável para este género de estruturas.

2.6. Conclusões do Estudo do Pavimento da Câmara Municipal de Arcos de Valdevez

Este estudo permitiu retirar as seguintes conclusões: (a) durante o ensaio de carga e para a totalidade da sobrecarga de utilização, a deformação elástica instantânea, a meio vão das vigas, não atingiu o valor máximo da deformação para a verificação dos estados limites de utilização, preconizado pelo Eurocódigo 5; (b) após o ensaio de carga, as vigas principais de madeira recuperaram praticamente todas as deformações elásticas, não permanecendo deformações residuais significativas (em média, o valor residual foi igual a 9%); (c) os deslocamentos residuais nos apoios das vigas foram, em média, igual a 10% do valor máximo, exceptuando numa das vigas em que se atingiu o valor de 17%, mas este valor poderá ainda ser considerado aceitável para uma estrutura em madeira e de reduzido grau de monolitismo; (d) é viável utilizar o pavimento ensaiado da Câmara Municipal de Arcos de Valdevez para uma carga uniformemente distribuída de 3.0 kN/m^2 (300 kg/m^2); e (e) recomendou-se a protecção da estrutura contra actividades biológicas, preferencialmente com a pulverização de biocida nas madeiras dos pavimentos ou, em alternativa de curto prazo, com a ventilação do espaço entre o pavimento e o tecto falso.

3. ESTUDO DO PAVIMENTO DO CORO DA IGREJA N. SR.ª DA CONCEIÇÃO

Este estudo foi realizado por solicitação do IMA, de Braga, que pretendia um estudo para a verificação da segurança e reforço estrutural de um pavimento, designado por pavimento do coro alto, para a futura sala-museu do Instituto (Ramos e Lourenço, 2003b), ver Figura 5.

O pavimento encontra-se inserido na Igreja da N. Sr.ª da Conceição que, inicialmente, pertenceu ao antigo e primeiro Convento da Conceição, fundado pela portuguesa Santa Beatriz da Silva (Benta do Céu, 1766) e construído entre os anos de 1625 e 1629, em Braga (Sousa, 2003).

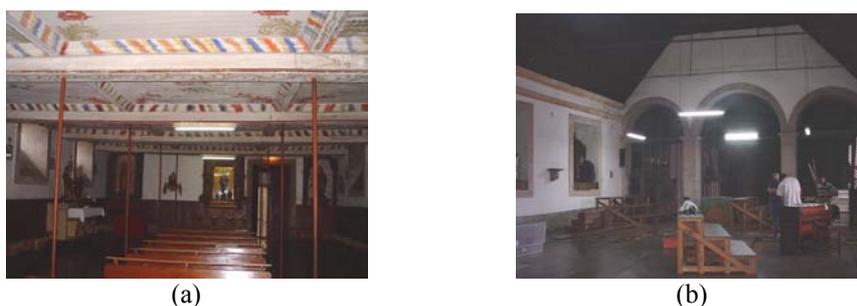


Figura 5 - Imagens do coro alto: (a) vista sob o pavimento no 1º piso; e (b) vista do 2º piso

3.1. Levantamento Global da Estrutura

Antes de se proceder ao levantamento da estrutura do pavimento, realizou-se uma pesquisa histórica da construção antiga, tentando encontrar informação relevante sobre a construção do pavimento. Essa informação poderá ser consultada no relatório do referido estudo (Ramos e Lourenço, 2003b).

A estrutura do coro é formada por paredes resistentes em alvenaria de pedra argamassada, rebocadas em ambas as faces, e por um pavimento suportado através de vigamentos em madeira de castanho, apoiados directamente nas paredes de alvenaria. O vão do pavimento de madeira é de dimensão considerável, medindo cerca de 9.15 m de comprimento, conforme se pode observar na Figura 6. Os vãos nas paredes, quer exteriores, quer interiores, têm uma largura que varia entre 1.45 e 3.0 m. Na direcção y , a espessura da parede que divide o coro das instalações do IMA é aproximadamente igual a 0.85 m e 0.60 m na parede que separa o coro da igreja. Na direcção x , as paredes têm uma espessura de 1.20 m. A altura do pé-direito é cerca de 3.0 e 6.0 m, para o 1º e 2º piso, respectivamente.

A estrutura da cobertura é do género tradicional em madeira, formada por um conjunto de asnas de madeira, apoiadas nas paredes de alvenaria. Esta informação foi facultada pelos responsáveis do IMA, uma vez que não foi realizada qualquer visita aos telhados e por estes, na zona do coro alto, estarem revestidos por um forro em forma de maceira invertida (ver Figura 5b).

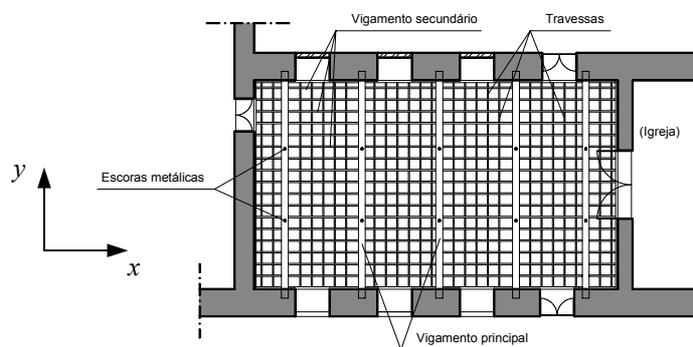


Figura 6 - Planta estrutural do pavimento do coro alto

3.2. Levantamento Local da Estrutura do Pavimento

A planta estrutural do pavimento encontra-se apresentada na Figura 6. A sua estrutura é constituída pelos seguintes elementos: (a) um conjunto de vigas principais em toda a extensão do vão do pavimento, afastadas, entre eixos, cerca de 3.40 m e alinhadas segundo a direcção y ; (b) um conjunto de vigas secundárias, perpendiculares ao vigamento principal, afastadas, entre eixos, cerca de 0.50 m; (c) um conjunto de travessas que dão apoio directo ao tabuado do soalho, afastadas, entre eixos, cerca de 0.50 m e alinhadas segundo a direcção y ; e (d) um conjunto de escoras metálicas com secção tubular, com um diâmetro exterior de 50 mm, colocadas ao terço do vão das vigas principais.

Os vigamentos principais têm uma secção transversal quadrangular com 300 mm de largura, conforme se pode observar na Figura 7a.

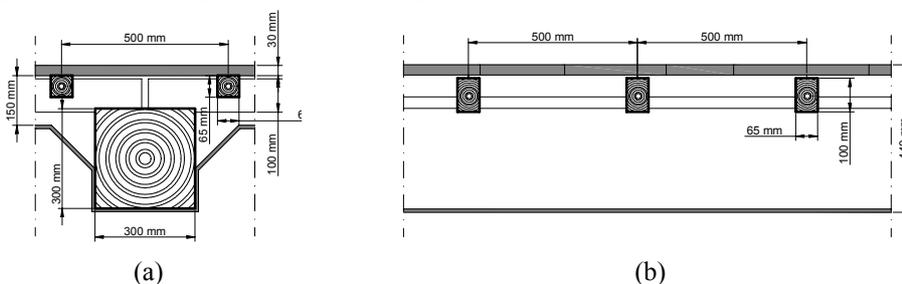


Figura 7 - Secção resistente do pavimento em estudo: (a) corte transversal do vigamento principal; e (b) corte transversal do vigamento secundário

Já os vigamentos secundários têm uma secção rectangular com dimensões médias de $65 \times 100 \text{ mm}^2$ (ver Figura 7b). As travessas são quadrangulares, com uma secção média de $65 \times 65 \text{ mm}^2$. O soalho tem uma espessura de 30 mm.

Salienta-se, neste ponto, que os elementos resistentes do pavimento são todos de madeira de castanho, exceptuando as travessas que são constituídas por madeira de eucalipto e com aspecto de terem sido colocadas recentemente. Além disso, nem todo o soalho é constituído por madeira de castanho. Uma parte significativa do pavimento, próxima do acesso ao coro alto, está revestida por um soalho de madeira de pinho bravo. Outro aspecto a salientar é facto de todas as tábuas levantadas do soalho para a inspecção visual terem a sua face inferior polida e com aspecto de terem sido viradas. Estes factos indiciam que o pavimento

do coro sofreu uma intervenção de reabilitação do soalho. Contudo, não foi possível apurar a data dessa intervenção junto dos responsáveis pelo IMA, que poderá, eventualmente, relacionar-se com o incêndio ocorrido no coro, conforme os relatos *in* Convívio (1998).

3.3. Estado de Conservação da Estrutura do Pavimento

Em simultâneo com o levantamento estrutural também se procedeu à elaboração de uma inspecção visual e de percussão sobre o estado de conservação/deterioração dos elementos resistentes. Além disso, realizaram-se ensaios não-destrutivos para avaliar a constituição integral da madeira, com recurso ao resistógrafo (RESISTOGRAPH®, Model 3450).

Durante a inspecção visual foi possível constatar que, de uma forma geral, os elementos resistentes do pavimento se encontram em bom estado de conservação, exceptuando a entrega de uma viga na parede com ataque através de actividade biológica (ver Figura 8a).

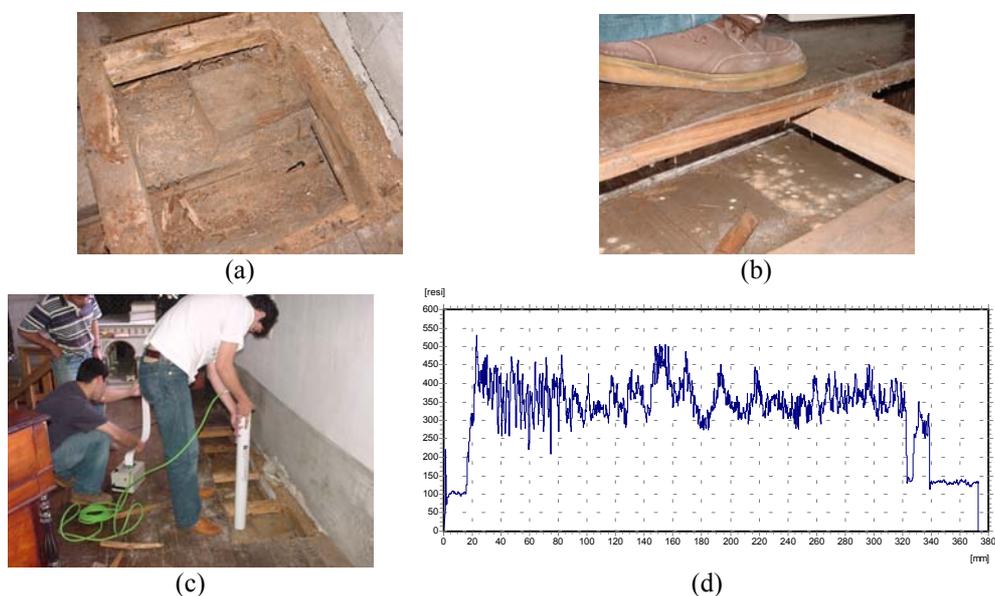


Figura 8 - Pormenores do estado de conservação do madeira: (a) entrega de uma viga; (b) ataque biológico activo no madeiro do soalho; (c) ensaios de perfuração com resistógrafo; e (d) resultado do gráfico de perfuração

Também as tábuas do soalho mais próximas das paredes se encontram em mau estado de conservação, devido à elevada actividade biológica, que reduziu significativamente a secção do tabuado. Na Figura 8b é possível verificar que a actividade biológica se encontra activa nas tábuas do soalho.

Para melhor averiguar o grau de degradação da viga principal, com ataque biológico na sua entrega, procedeu-se a um conjunto de ensaios de perfuração com recurso ao resistógrafo. Foram seleccionadas duas secções: uma a 400 mm da entrega da viga na parede e outra a um terço do vão. Em cada uma das secções realizaram-se quatro furos verticais no plano da secção e afastados de 50 mm. Na Figura 8c pode-se observar a execução de um desses ensaios.

Os ensaios realizados com resistógrafo na viga seleccionada indicaram que a constituição da madeira é igual ao longo de todos os furos realizados (ver Figura 8d), quer na mesma secção, quer nas duas secções estudadas. Assim sendo, o ataque biológico é

apenas superficial. Tal facto foi constatado após raspagem do material deteriorado da viga e do ensaio de percussão.

3.4. Cálculos para a Verificação da Segurança Estrutural do Pavimento

Tendo em vista as premissas do IMA para a utilização do pavimento do coro alto para conteúdos museológicos, procedeu-se a uma análise simplificada da estrutura de acordo com o preconizado pelo Eurocódigo 5 (1995), admitindo apenas os elementos estruturais principais do pavimento.

Através dos cálculos de verificação da segurança constatou-se que, quer para ELU, quer para ELUt, as vigas secundárias e as vigas principais (incluindo as escoras metálicas) são insuficientes para suportarem uma sobrecarga igual a 3 kN/m^2 , conforme se pretende aplicar no pavimento do coro. Desta forma, foi possível concluir que o pavimento carece de um reforço estrutural para a adaptação do coro alto a museu.

3.5. Propostas para o Reforço do Pavimento

Em função da análise da segurança do pavimento, procedeu-se ao estudo das possíveis intervenções de reforço, para apreciação/decisão da direcção do IMA (Ramos e Lourenço, 2003b). As principais condicionantes para a apresentação das soluções de reforço foram: (a) manter a configuração original do pavimento e preservar os materiais existentes; (b) a economia; e (c) não intervir sobre o forro policromado, existente sob o pavimento, devido ao seu elevado valor artístico.

Desta forma, como propostas de reforço apresentaram-se as seguintes soluções: (a) colocação de uma nova estrutura metálica sobre a existente de madeira, mantendo-se as travessas e o soalho existente (a estrutura existente de madeira ficaria apenas a suportar o forro do tecto do piso inferior); (b) reforço das vigas secundárias através da colocação de novas vigas de madeira, de modo a reduzir a sua área de influência, e o reforço das vigas principais com a introdução de um perfil metálico da série HEM (as escoras metálicas seriam removidas e tentar-se-ia reposicionar as vigas principais de madeira em altura, o mais próximo possível da sua posição original); e (c) reforço das vigas secundárias do pavimento com a colocação de novas vigas em madeira, para diminuir a área de influência de cada viga, e a substituição das escoras metálicas por pilares adequados para suportar as vigas principais, com a eventual reposição, em altura, das vigas principais de madeira.

Para as três propostas de reforço estrutural apresentaram-se as respectivas vantagens e inconvenientes, bem como o custo estimado de cada uma delas para ajudar a decisão do requerente.

3.6. Conclusões do Estudo do Pavimento do Coro da Igreja da N. Sr.a da Conceição

Este estudo permitiu retirar as seguintes conclusões: (a) através das inspecções realizadas na estrutura do pavimento, verificou-se que, de uma forma geral, o madeiro do pavimento se encontra em bom estado de conservação, embora se tenha verificado a ocorrência de ataques biológicos na madeira, principalmente no tabuado do soalho junto às paredes e nas entregas das vigas principais; (b) constatou-se que o pavimento apresenta uma deformação vertical significativa, que só poderá ser interpretada devido ao elevado teor de humidade na zona do coro, após as sucessivas infiltrações de água na cobertura; (c) é viável utilizar o pavimento do coro alto da igreja da N. Sr.a da Conceição para uma utilização de museu se nele for realizado um reforço estrutural adequado; (d) apresentaram-se três possíveis reforços estruturais para apreciação da direcção do IMA, sendo a segunda hipótese a

recomendada pelos autores; e (e) finalmente, independentemente da solução de reforço escolhida, recomendou-se a protecção da estrutura contra actividades biológicas.

4. CONCLUSÕES FINAIS

Apresentaram-se nesta comunicação dois casos de estudo de reabilitação de pavimentos de madeira em edifícios antigos de prestígio: o pavimento da sala de reuniões da C.M. de Arcos de Valdevez e o pavimento do coro alto da igreja da N. Sr.a da Conceição, em Braga.

Em ambos casos era pretendido aumentar as cargas de serviço das estruturas, o que levou à realização de um estudo detalhado, onde se incluíram um levantamento, uma inspecção e uma análise da segurança dos pavimentos. Após o estudo detalhado, foi possível concluir que, para os dois casos de estudo, é viável a sua utilização para maiores cargas de serviço, sendo necessário para o segundo pavimento obras de reforço estrutural.

No primeiro caso de estudo salienta-se o ensaio de carga do pavimento e no segundo os ensaios não destrutivos para averiguar a integridade da madeira da estrutura resistente.

Finalmente, destaca-se que as soluções de reforço apresentadas no segundo caso de estudo foram elaboradas de acordo com os modernos princípios de intervenção em construções antigas, como seja o princípio da reversibilidade, da minimização de intervenção e do respeito pelos materiais e concepção estrutural da construção.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Engenheiros Jorge Branco e Artur Feio a ajuda prestada no levantamento das anomalias do pavimento coro da igreja da N. Sr.a da Conceição, em Braga.

6. REFERÊNCIAS

- Eurocódigo 5, 1995 - *Projectos de estruturas de madeira*, UNE ENV 1.995-1-1
- RSA, 1983 - *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*, Dec.-Lei N.º 235/83, D.R., 1ª Série, de 31AGO83
- MOPU, 1998 - *Pruebas de Carga en Puentes de Carreta*
- In Convívio*, 1998 - Publicação do Instituto Monsenhor Airosa, n.º16
- Sousa, J.F., 2003 - *O testemunho mediato e a canonização de Santa Beatriz da Silva, Braga Benta do Céu*. Jardim do Céu, plantado no convento de N. Sr.a da Conceição da Cidade de Braga, Lisboa
- Ramos, L.F.; Lourenço, P.B., 2003a - *Verificação da Estabilidade de um Pavimento da Câmara Municipal de Arcos de Valdevez*. Relatório 03-DEC/E-1, Universidade do Minho, 19 p.
- Ramos, L.F.; Lourenço, P.B., 2003b - *Diagnóstico, Inspeção e Reforço do Pavimento do Coro da Igreja da Conceição, em Braga*. Relatório 03-DEC/E-24, Universidade do Minho, 23 p.