

DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÃO ESTRUTURAL EM COBERTURAS DE MADEIRA

O caso da Escola Secundária Rodrigues de Freitas

Tiago Ilharco*
tiagoid@fe.up.pt

Esmeralda Paupério†
pauperio@fe.up.pt

Luís Martins‡
Luís.martins@parque-escolar.min-edu.pt

João Miranda Guedes§
jguedes@fe.up.pt

Aníbal Costa**
agc@fe.up.pt

Resumo

No âmbito de um protocolo estabelecido entre o Instituto da Construção (IC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Parque Escolar EPE, inserido no Programa de Modernização do Parque Escolar do Ensino Secundário, foi efectuado o levantamento e a avaliação do estado estrutural dos elementos resistentes da Escola Secundária Rodrigues de Freitas no Porto. Esta escola, construída em 1937 e projectada pelo arquitecto Marques da Silva, possui elevado valor patrimonial, tendo o levantamento e a inspecção das estruturas de madeira tido grande importância face ao volume de obra que envolviam.

A solução a adoptar para as coberturas de madeira (substituição total *versus* substituição localizada e execução de reforços pontuais) foi alvo de uma análise cuidada pois, para além do valor patrimonial, as intervenções nestes elementos corresponderiam a uma importante parcela do valor global da obra. Assim o IC elaborou um estudo detalhado dos elementos estruturais, definindo critérios de aceitação e rejeição que permitiram estimar áreas de reabilitação, de substituição e de reforço. Os reforços a implementar foram depois definidos caso a caso, procurando-se utilizar técnicas pouco intrusivas, como a introdução de peças de madeira e aço. Com este procedimento foi possível conservar a maioria dos elementos das coberturas, com os consequentes ganhos a nível patrimonial e económico.

Palavras-chave: Coberturas de madeira, Diagnóstico, Reforço.

* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Porto, Portugal

† Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal

‡ Parque Escolar E:P.E. – Director de Infra-estruturas – Direcção de Infra-estruturas Norte

§ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Porto, Portugal

** Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro, Portugal

1 Introdução

Após 70 anos de utilização intensiva, a Escola Secundária Rodrigues de Freitas foi alvo de uma intervenção de fundo no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar do Ensino Secundário [1]. O IC, através de um protocolo estabelecido com a empresa Parque Escolar EPE, que visava a avaliação do estado de conservação dos elementos estruturais do edifício, nomeadamente paredes, pavimentos e coberturas, efectuou o relatório de inspecção e diagnóstico estrutural e foi consultor durante a execução da obra.

O edifício foi construído em 1937 com os materiais normalmente utilizados na época, granito nas paredes e madeira nos pavimentos e coberturas, existindo ainda algumas lajes de piso em betão armado. O facto das coberturas serem na maioria em madeira, perfazendo uma área total em planta superior a 4000m² levou a que a sua inspecção e análise se tenha revestido de grande importância.

A solução a adoptar para as coberturas foi alvo de uma análise cuidada pois, para além do valor patrimonial que se pretendia preservar [2], as intervenções nestes elementos atendendo às áreas envolvidas, corresponderiam a uma importante parcela do valor global da obra. O IC realizou assim um estudo detalhado dos elementos estruturais, definindo critérios de aceitação e rejeição que permitiram estimar áreas de reabilitação, substituição e reforço.

Numa primeira fase, através de inspecções, avaliaram-se os danos existentes, tendo-se depois efectuado análises estruturais das coberturas que permitiu definir perdas máximas de secção em cada elemento (pernas, escoras, etc.) identificando os que necessitavam de reforço/substituição. Os reforços a aplicar foram definidos caso a caso, utilizando-se técnicas pouco intrusivas

2 Inspeção às coberturas de madeira

As inspecções às coberturas permitiram definir geometricamente os elementos estruturais e concluir acerca do seu estado de conservação. Após a identificação e numeração de todas as coberturas (de A a M), estas foram agrupadas em 4 tipos, conforme o tipo de asna utilizado e o vão vencido, apresentando-se na Figura 1 o levantamento geométrico das asnas do tipo 4.

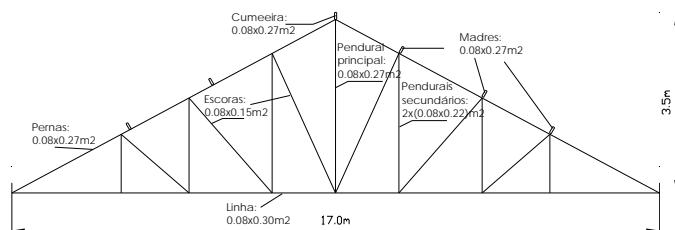


Figura 1: Asnas da cobertura B – tipo 4.

Durante as inspecções realizadas verificou-se a existência de um ataque activo e generalizado de insectos do ciclo larvar, com profundidades variáveis

entre 0,5cm e 3cm, tendo ainda sido observados alguns fungos de podridão. Refere-se que, devido à grande quantidade de elementos estruturais, a análise se baseou numa amostragem de elementos visionados em cada cobertura.

3 Definição de critérios de aceitação/rejeição de elementos estruturais

Através de análises estruturais procurou-se definir os critérios a adoptar na intervenção dos elementos das coberturas, com o objectivo de maximizar a sua reabilitação. Refere-se que foi preconizada a aplicação de um tratamento curativo contra agentes bióticos para evitar a evolução da degradação dos elementos estruturais. A partir de modelos numéricos criados com base na geometria das coberturas, realizou-se uma análise elástica global para determinação dos esforços internos das estruturas em regime linear elástico. A verificação da segurança, efectuada de acordo com [3], teve em conta as especificidades dos elementos: as pernas e as escoras verificaram-se à flexão composta (M+C) e à encurvadura; as linhas verificaram-se à flexão composta (M+T); os pendurais verificaram-se à tracção; as cumeeiras verificaram-se à flexão e ao bambeamento; as madres verificaram-se à flexão desviada e ao bambeamento.

Simularam-se 4 situações com diferentes profundidades de degradação, 0cm, 0,5cm, 1,0cm e 2,0cm, tendo-se obtido os rácios entre os esforços actuaentes e os resistentes nos diversos elementos e chegado às secções residuais admissíveis. Teve-se um particular cuidado na determinação dos comprimentos de encurvadura, já que este fenómeno de instabilidade é responsável pela maior limitação na redução das secções das peças submetidas à compressão.

Refere-se, a título de exemplo, a análise das asnas de tipo 4, ver [4]. Para a situação de inexistência de degradação obtiveram-se rácios próximos de 1 para algumas pernas (0,89) e para as escoras 7 e 13 (0,75), Figura 2.

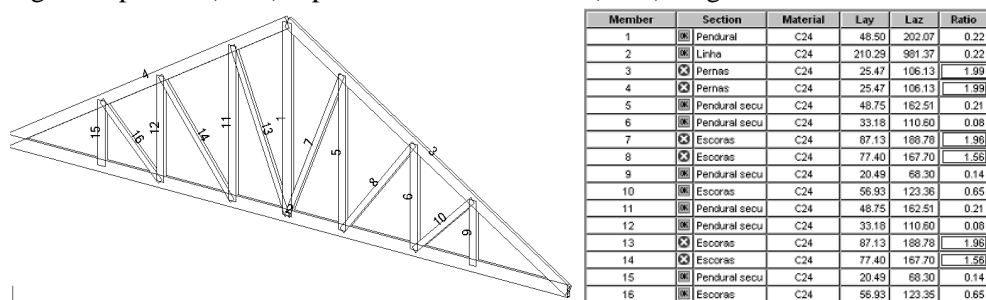


Figura 2 – Modelo utilizado e rácios para asnas de cobertura do tipo 4.

Para profundidade de degradação de 1,0cm, os elementos referidos apresentaram já um rácio superior a 1 (1,28 e 1,17 respectivamente). Finalmente, para profundidades de degradação de 2,0cm verificou-se que, para além das pernas e das escoras 7 e 13, as escoras 8 e 14 apresentam também um rácio muito superior a 1 (1,56). Através desta análise obtiveram-se os valores míni-

mos admissíveis para cada elemento estrutural (Tabela 1), que foram utilizados como base de decisão à reabilitação/substituição dos elementos das coberturas.

Tabela 1 – Secções mínimas admissíveis para as asnas da cobertura B.

Cobertura	Elementos	Secções originais	Secções admissíveis
B	Pernas	8x27cm ²	7,5x25cm ²
	Escoras 7,8, 13, 14	8x15cm ²	7x14cm ²
	Escoras 10, 16	8x15cm ²	6x13cm ²
	Linha	8x30cm ²	6x28cm ²
	Pendurais	8x27cm ²	5x24cm ²
	Madres	8x27cm ²	6x25cm ²

4 Sugestões de intervenção estrutural

4.1 Adição de elementos de reforço

Uma das soluções sugeridas consistiu na fixação de novas peças de madeira ao elemento degradado, dotando-o de uma inércia igual ou superior à inicial. Na Figura 3 observa-se esta solução, com novas peças de madeira fixadas ao elemento degradado através de varões roscados M16 em aço inox com porca sextavada e anilha de abas largas (para melhorar a distribuição dos esforços) [5]. As novas peças de madeira devem ter características físicas e mecânicas semelhante às existentes e ser tratadas contra insectos xilófagos, podendo a ligação entre elementos ser melhorada com a introdução de cola de madeira.

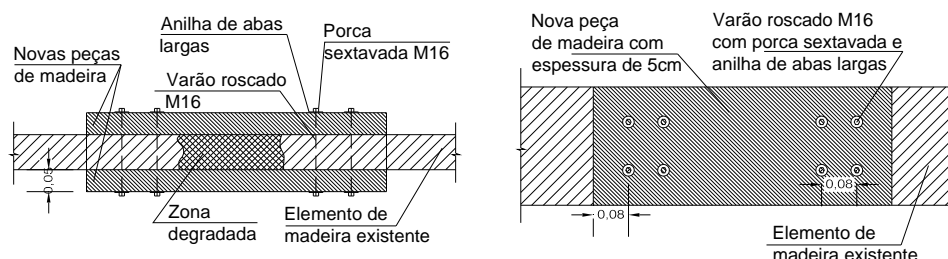


Figura 3 – Reforço de elemento de madeira – planta e alçado.

4.2 Introdução de elementos de contraventamento

A introdução de elementos de contraventamento em madeira foi sugerida para reduzir o comprimento de encurvadura das peças submetidas à compressão (pernas ou escoras). Estes novos elementos são colocados de ambos os lados da peça a reforçar e ligadas à cumeeira ou às madres.

4.3 Substituição parcial dos elementos

Em certas situações foi necessário substituir (total ou parcialmente) os elementos degradados por novos elementos. Enquanto que em alguns casos

(por exemplo as escoras) se considerou conveniente substituir a totalidade do elemento, noutros foi possível substituir apenas uma parte, tendo-se efectuado a ligação das partes nova e antiga através de um reforço com uma peça de madeira de cada lado fixada com varões roscados M16 e com um parafuso M14 (ou, em alternativa a este último, cavilhas de madeira).

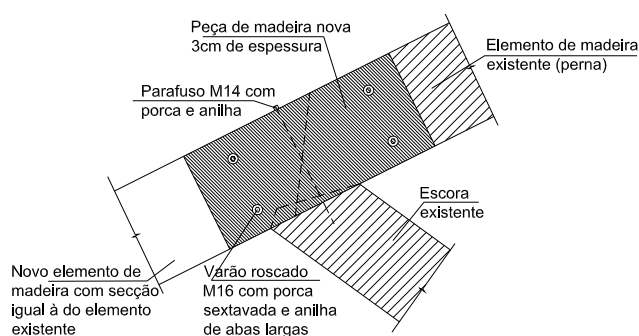


Figura 4 – Reforço de elemento (perna) com substituição de uma parte – alçado.

5 A decisão de intervenção. Análise económica

Com os critérios de aceitação/rejeição de elementos estruturais definidos foi possível às entidades envolvidas na obra, empreiteiro e fiscalização, proceder à contabilização de elementos a reabilitar, reforçar ou substituir, tendo sido elaborada uma tabela para cada cobertura (ver exemplo na Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de elementos a manter/substituir para a cobertura D.

Elemento	Quantidade (ml)	Manter (ml)	Substituir (ml)	% Substituição
Linha	273,0	237,0	36,0	13,2%
Linha secundária	416,0	252,6	163,4	39,3
Pendural	65,0	56,8	8,2	12,6%
Pernas	436,8	419,4	17,4	4,0%
Escoras	91,5	55,5	36,0	39,3%
Madres	571,6	512,8	58,8	10,3%

A compilação desta informação permitiu chegar à percepção acerca da reduzida quantidade de elementos a substituir nas coberturas, tendo-se decidido que a intervenção passaria pela sua reabilitação. Esta intervenção, que passou pela introdução de reforços em alguns elementos e por substituições pontuais resultou, em valores aproximados e para o caso da cobertura D com cerca de 800m² traduzidos em 27 asnas com cerca de 10,0m de vão, num custo total de cerca de €16000 (320ml de elementos a reforçar/substituir a um preço de €50/ml), ou seja um valor de €20/m². Para a mesma cobertura, se se optasse pela instalação de novas asnas em madeira o preço da intervenção seria de aproximadamente €3000, ou seja de cerca de €15/m².

Concluiu-se assim que a reabilitação das coberturas correspondeu a apenas cerca de 20% do valor a que corresponderia a substituição integral das coberturas), resultando por isso numa opção muito interessante em termos económicos mesmo já o sendo em termos patrimoniais. Adicionando-se ainda a contabilização dos custos de outras tarefas adicionais, como a realização de uma inspecção e diagnóstico ou até de ensaios “in situ”, que se podem estimar em valores de cerca de 7 a 10% do valor da obra, a reabilitação mostrou aqui ser a opção mais económica. Como mais valia, tem-se ainda a preservação e valorização patrimonial de um importante edifício da cidade do Porto, factor que é difícil de ser contabilizado e introduzido numa equação económica.

Na Figura 5 é possível observar a reabilitação de alguns elementos de uma das coberturas do edifício.

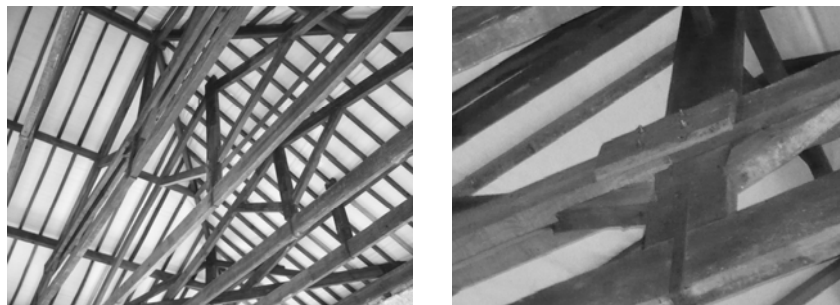


Figura 5 – Asnas reforçadas com peças de madeira.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas Parque Escolar EPE, Iperplano e Teixeira Duarte por toda a colaboração prestada na realização deste trabalho.

7 Bibliografia

- [1] Costa, A., Guedes, J., Paupério, E., Ilharco, T., Ornelas, C. (2007). "Relatório Inspeção e Diagnóstico, Esc. Sec. Rodrigues Freitas." FEUP, Porto;
- [2] Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage, ICOMOS, 2001;
- [3] ENV 1995-1-4. 1998. Eurocódigo 5 – Projecto estruturas Madeira. IPQ;
- [4] Costa, A., Guedes, J., Paupério, E., Ilharco, T. (2007a). "Coberturas Esc. Sec. Rodrigues Freitas. Critérios de aceitação e rejeição." FEUP, Porto;
- [5] Ilharco, T. (2008). "Pavimentos de madeira em edifícios antigos. Diagnóstico e intervenção estrutural," Mestrado em Reabilitação do Património Edificado. FEUP, Porto.