

# Cobertura da sala do relicário no Mosteiro de Santa Cruz: Notas sobre a intervenção

*Paulo B. Lourenço<sup>\*</sup>, Artur Feio<sup>+</sup>, Ricardo D. Brites<sup>†</sup>*

A alvenaria e a madeira são materiais de construção tradicionais, que surgem actualmente com interesse renovado na indústria de construção. No caso da madeira, e de um modo geral, muitos sistemas estruturais continuam a desempenhar as suas funções (embora muitos deles tenham sido substituídos por lajes aligeiradas em betão armado no decurso do século XX), o que requer frequentemente inspecções para averiguar a segurança estrutural, bem como trabalhos de conservação e reabilitação. É apresentado neste artigo um caso de estudo relativo à cobertura da Sala do Relicário no Mosteiro de Santa Cruz, em Coimbra. Trata-se de uma situação onde existiam diversas anomalias, intervenções sucessivas no passado e uma configuração estrutural particularmente complexa. Depois de analisadas as diferentes possibilidades de intervenção, decidiu-se em conjunto com o dono de obra (IPPAR, Direcção Regional de Coimbra), substituir a cobertura existente por uma cobertura nova, recorrendo a madeira maciça. Pela dimensão das peças e pela complexidade da estrutura, entende-se que esta obra é única no contexto nacional, tendo sido possível verificar que a utilização de técnicas e processos construtivos tradicionais constitui uma opção válida no projecto corrente.

## Anomalias Existentes

O Mosteiro de Santa Cruz, foi fundado em 1131 no exterior das muralhas de Coimbra, sendo a mais importante casa monástica nos primeiros tempos da monarquia portuguesa. Na primeira metade do século XVI o Mosteiro foi integralmente reformado por ordem de D. Manuel, monarca que assumiu a sua tutela. Todo o complexo monástico, a igreja e os túmulos de D. Afonso Henriques e seu sucessor D. Sancho I, foram reformulados e transferidos para a capela-mor em 1530, onde ainda hoje se encontram inseridos numa obra escultórica da autoria de Nicolau de Chanterenne (1).

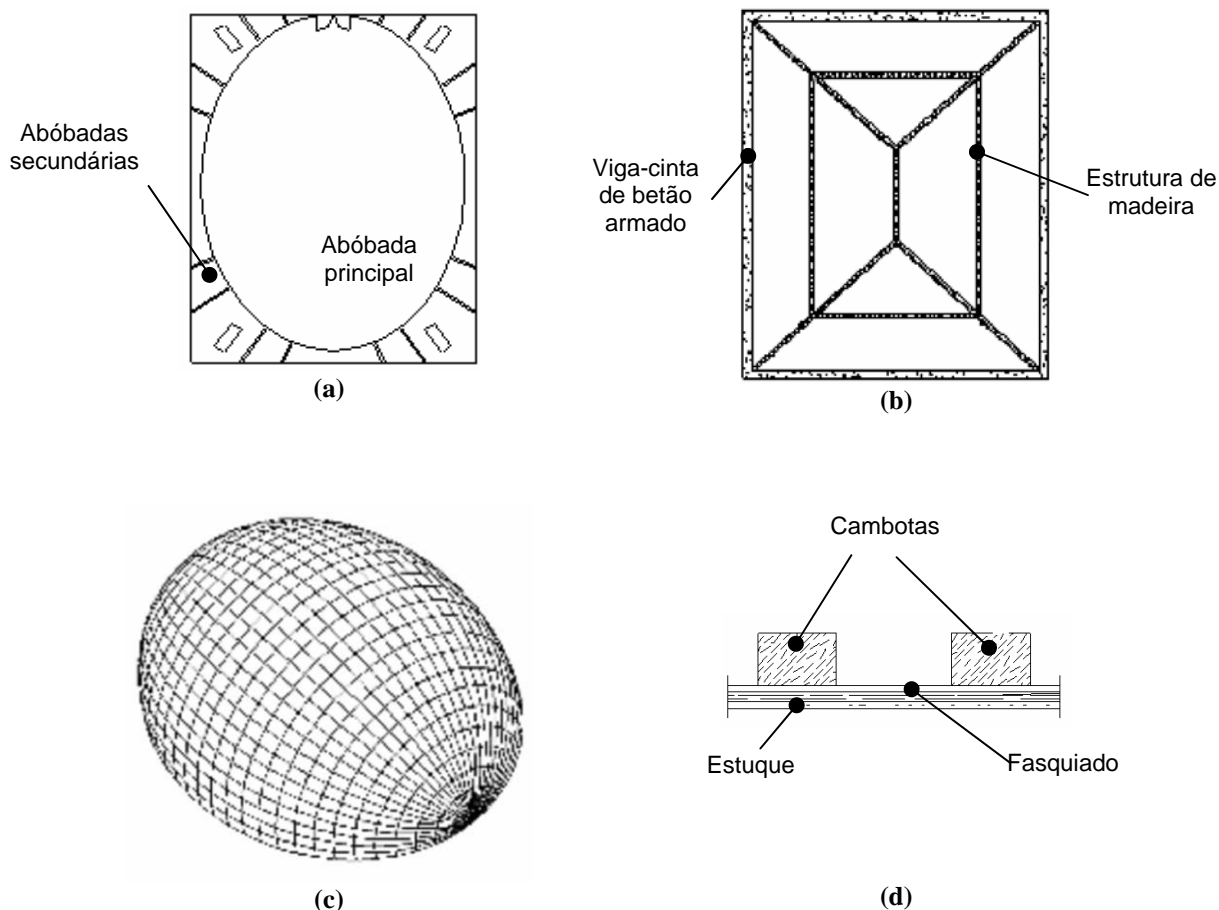
A sala do relicário, é uma das zonas contíguas do Mosteiro de Santa Cruz, possuindo originalmente uma cobertura em madeira com quatro águas e, no seu interior, uma abóbada principal de madeira fasquiada e estucada, com forma elíptica, e diversas abóbadas secundárias de madeira fasquiada e estucada, com forma de berço. A sala do relicário possui dimensões aproximadas de 12.5 m de largura, 15.0 m de comprimento e 11.5 m de altura (medida ao fecho da abóbada), ver Figura 1.

---

<sup>\*</sup> Professor Catedrático, Universidade do Minho

<sup>+</sup> Doutor, Universidade do Minho

<sup>†</sup> Doutorando, Universidade do Minho



**Figura 1 – Cobertura existente na sala do relicário, Mosteiro de Santa Cruz, Coimbra: (a) planta com as abóbadas principal e secundárias; (b) estrutura principal da cobertura; (c) modelo da abóbada principal; (d) detalhe da estrutura da abóbada**

Com a entrada de água da cobertura e com o aumento da deformação da estrutura da cobertura, foram sendo introduzidas escoras e apoios diversos, incluindo ligações à abóbada fasquiada. A deformação continuado do sistema causou inversão da curvatura da abóbada principal e fendilhação considerável. Para uma análise mais cuidada do estado de conservação das madeiras, realizaram-se vários ensaios não destrutivos, recorrendo ao Pilodyn®, ao Resistograph®, à escarificação e a uma inspeção visual. O Pilodyn® é um aparelho que mede a resistência à penetração superficial de uma agulha com cerca de 3mm de diâmetro que é impulsionada contra a peça, sendo este resultado relacionado com a densidade da madeira. O Resistograph® é um aparelho que permite obter um perfil de resistência à penetração ao longo da peça, através da sua perfuração por uma pequena broca, e assim estudar a variação de densidade ao longo da linha perfurada. Com a escarificação, pode-se visualizar a madeira interior, através da realização de pequenos cortes com a ajuda de um formão, e desse modo verificar a existência de deterioração em zonas não superficiais da peça, bem como a sua profundidade.

A inspeção visual possibilita a rápida identificação das zonas mais degradadas, com maiores deformações e humidade, permitindo assim direccionar a restante inspeção nestas zonas. Através destes ensaios, concluiu-se que as peças analisadas se encontravam globalmente atacadas por insectos xilófagos, embora se restrinja na maioria dos casos ao borne, o que contribui para o actual estado de degradação da

estrutura observado quer a nível visual, quer a nível estrutural. As entregas das vigas de suporte da estrutura nas paredes de alvenaria encontram-se em bom estado e alguns dos elementos de madeira do forro e do madeiramento geral da cobertura, não se apresentam em condições de continuar a desempenhar as suas funções, devido ao seu avançado estado de deterioração (2). Na Figura 2 apresentam-se algumas fotografias do interior da cobertura existente.



**Figura 2 – Detalhes da cobertura existente: (a) complexidade do sistema estrutural; (b) presença de manchas de humidade; (c) deformação excessiva e podridão; (d) secção oca; (e, f) ataque generalizado das cambotas da abóbada principal**

## **Intervenção**

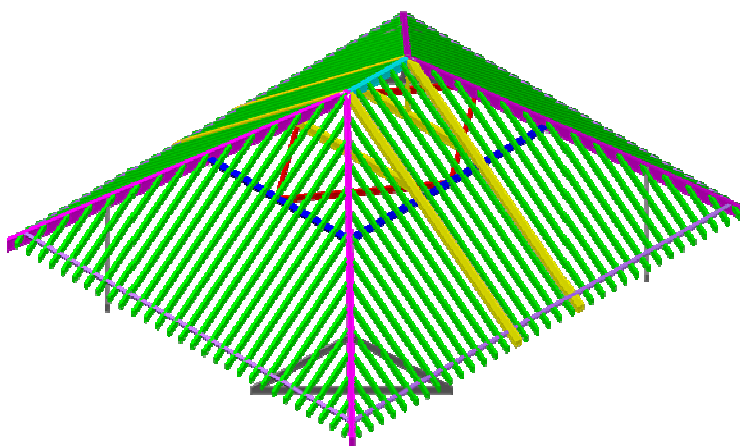
Para a cobertura de madeira, foram analisadas duas soluções possíveis em conjunto com o dono de obra: (a) manter a estrutura original, utilizando “mãos de amigo” realizadas com novas vigas de eixo curvilíneo apoiando nas paredes exteriores ou (b) realização de uma nova estrutura de madeira. Dado o muito elevado nível de

deformação da estrutura, o apoio generalizado da cobertura sobre a abóbada interior e respectivo dano induzido já com inversão da curvatura da abóbada, e tomando em consideração o facto das intervenções anteriores não terem conseguido sustentar o processo de degradação, optou-se por substituir a cobertura existente.

A nova estrutura foi dimensionada globalmente em madeira maciça de pinho bravo, recorrendo-se ao abeto, no caso em que as peças de pinho, pela sua elevada dimensão, não estivessem disponíveis no mercado. Foram analisadas propostas alternativas em madeira lamelada colada, cujos preços se revelaram não competitivos nesta obra. Salienta-se que a presença da abóbada inviabilizava a realização de uma estrutura de cobertura tradicional, recorrendo por exemplo a asnas planas, pois era impossível a colocação de uma linha. As dimensões em planta e altura da cobertura assumem valores significativos, o que associado à impossibilidade de realizar apoios interiores, conduziram a uma solução que consiste numa estrutura composta por quatro diagonais, duas asnas principais com linhas sobrelevadas, quatro terças com um esquadro de reforço, cumeeira e quatro asnas de canto, ver Figura 3. Sobre este sistema apoia um conjunto de madres com secção significativa, que servem de suporte ao forro em madeira.

Os cálculos da estrutura foram inicialmente realizados para duas situações de apoio limite, em função da capacidade da viga-cinta de betão armado e paredes de alvenaria suportarem, ou não, os impulsos horizontais gerados pelos elementos da cobertura, sendo o dimensionamento feito de acordo com o Eurocódigo 5 (3). Uma vez que a estrutura existente, não tinha capacidade para resistir aos esforços horizontais gerados pela asna, foram adoptadas medidas para realizar uma estrutura de cobertura auto-portante e simplesmente apoiada na estrutura de alvenaria.

Os apoios da cobertura na viga-cinta de betão armado são realizados apoiando as peças em nichos na estrutura original e interpondo tacos de neoprene, enquanto que as asnas de canto apoiam em aparelhos de aço inoxidável criados para o efeito, assegurando-se a conveniente ventilação. As ligações entre as várias peças foram pregadas ou aparafusadas usando chapas de aço inoxidável. Sobre o forro de madeira foi colocada uma sub-telha estanque tipo ONDULINE e telha cerâmica de canal e capa, aparafusada sobre ripas de PVC face à elevada inclinação do telhado. A cumeeira foi realizada a seco, permitindo-se a ventilação do interior da cobertura, a ventilação do forro e a ventilação das telhas. Na Figura 4 apresentam-se diferentes aspectos da execução da obra.



**Figura 3 – Modelo 3-D da cobertura realizada**





(a)



(b)





(c)



(d)





(e)



(f)



(g)

**Figura 4 – Detalhes da execução; (a) cobertura existente em contacto com a abóbada fasquiada nas águas laterais, com apoios de nivelamento do telhado; (b) multiplicação de madres nas águas principais, com elevada deformação e reparações sucessivas; (c) aspecto da fendilhação e deformação da abóbada fasquiada; (d) aspecto da nova estrutura principal da cobertura; (e) aspecto de uma das asnas de canto; (f) madres e colocação do forro; (g) cobertura em fase de conclusão**

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem a autorização do IPPAR para publicação deste trabalho, bem como a cedência de imagens pela Eng<sup>a</sup> Margarida Lagarto, técnica da Direcção Regional de Coimbra que acompanhou a obra.

## **Bibliografia**

1. **Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.** [Online] 2006. [www.monumentos.pt](http://www.monumentos.pt).
2. *Cobertura da sala do relicário do Mosteiro de Santa Cruz – Da inspecção e diagnóstico ao projecto.* **Feio, A.O., Lourenço, P.B. e Branco, J.** Guimarães : Disponível em [www.civil.uminho.pt/masonry](http://www.civil.uminho.pt/masonry), 2004. Cimad'04 – A Madeira na Construção, 1º Congresso Ibérico. pp. 839-852.
3. **CEN.** *Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings.* 2003. Final Draft. Stage 49.