

REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS CUBIERTAS DEL PALACIO NACIONAL DE SINTRA, PORTUGAL

STRUCTURAL REHABILITATION OF THE ROOFS OF THE NATIONAL PALACE OF SINTRA, PORTUGAL

Lorena Millares^a, Bruno Quelhas^a, Alexandre Costa^a, Jorge Soares^a y João Doutel^a

^aNCREP, Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Porto, Portugal, 4050-453. lorena.millares@ncrep.pt;
bruno.quelhas@ncrep.pt; alexandre.costa@ncrep.pt; jorge.soares@ncrep.pt; joao.doutel@ncrep.pt

How to cite: Lorena Millares, Bruno Quelhas, Alexandre Costa, Jorge Soares y João Doutel. 2022. Rehabilitación Estructural de las Cubiertas del Palacio Nacional de Sintra, Portugal. En libro de actas: II Simposio de Patrimonio Cultural ICOMOS España. Cartagena, 17 - 19 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.4995/icomos2022.2022.15394>

Resumen

El Palacio Nacional de Sintra es un conjunto de edificios de diversos estilos arquitectónicos que se encuentra en la formación rocosa de la sierra de Sintra, dentro de lo que fue clasificado como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1995. El conjunto de volúmenes que se puede ver hoy en día, cuyos orígenes datan de inicios del siglo XIV, es el resultado de las diversas construcciones y alteraciones que se fueron realizando a lo largo de los años.

Este artículo muestra el proceso que se llevó a cabo para realizar la propuesta de intervención de las diferentes cubiertas que constituyen el palacio con el principal objetivo de preservar las estructuras existentes mediante la ejecución de medidas de refuerzo o sustitución. Este proceso englobó la caracterización estructural, la identificación de las patologías existentes y el análisis estructural de cada una de las estructuras que componen las diferentes cubiertas.

El proyecto de refuerzo estructural, siempre que fue posible, recurrió a materiales y técnicas tradicionales, de forma a garantizar la preservación de la identidad del edificio y, simultáneamente, el respeto por los principios de la reversibilidad, compatibilidad y reducido nivel de intrusión de las actuaciones. Siguiendo esta lógica, se propusieron una serie de actuaciones comunes a todas las estructuras y medidas de refuerzo o sustitución específicas para cada una de las cubiertas. Siempre que fuese necesario la ejecución de una nueva estructura, esta fue considerada como autoportante e instalada paralela o a una cota superior de la estructura existente.

Palabras clave: *inspección, diagnóstico, patologías, madera, proyecto, refuerzo, rehabilitación, patrimonio*

Abstract

The Sintra National Palace is a set of buildings of different architectural styles, that is located in the rock formation of the Sintra landscape, within what was classified as a World Heritage Site by UNESCO, in 1995. The ensemble of volumes that can be seen today, whose origins date back to the early 14th century, is the result of the constructions and alterations that were executed over the years.

This article describes the process adopted to define the structural intervention in the different roofs of the palace. The intervention aimed to preserve the existing structural elements through the implementation of strengthening and/or replacement measures. This process included structural characterisation, the identification of existing structural pathologies, and a structural analysis of each roof.

The reinforcement structural project, whenever possible, resorted to traditional materials and techniques in order to guarantee the preservation of the building's identity, while respecting reversibility principles, compatibility and reduced intrusiveness of the actions. Following this logic, a series of actions, common to every structure, and specific reinforcement or replacement measures for each of the roofs were proposed. Whenever it was necessary to build a new structure, this was considered to be self-supporting and parallel to or above the existing one.

Keywords: survey, diagnosis, pathologies, timber, project, roof, strengthening, rehabilitation, heritage

1. Introducción

En este artículo se describe el proceso que se llevó a cabo para analizar y desarrollar la intervención estructural de las cubiertas del Palacio Nacional de Sintra, localizado dentro del área clasificada como Patrimonio de la Humanidad por la Unesco desde 1995.

El proyecto tuvo como principal objetivo rehabilitar las diferentes estructuras que constituyen las cubiertas del palacio, conservando íntegramente, siempre que fuese posible, los elementos existentes.

La intervención propuesta tiene como base el levantamiento geométrico, la caracterización estructural y la identificación de las diferentes patologías estructurales existentes mediante los trabajos de inspección realizados. Tras analizar el estado de conservación y el comportamiento estructural de cada cubierta, se definieron las medidas de refuerzo o sustitución necesarias, de forma que provocaran el mínimo impacto posible en la estructura existente, garantizando el respeto del proyecto como de los principios dictados por las Cartas y Recomendaciones Internacionales (ICOMOS, 2004).

2. Descripción general del edificio

El Palacio Nacional de Sintra, que data de inicios del siglo XIV, está implantado en una formación rocosa de la sierra de Sintra, la cual fue transformada a lo largo del tiempo en una serie de plataformas a diferentes cotas sobre las que fueron construidas los diferentes volúmenes que constituyen el conjunto del palacio. Estos volúmenes, de diversas formas y dimensiones, forman en la actualidad un conjunto orgánico intercomunicado con numerosos jardines y patios interiores, Fig. 1a).

En sus orígenes, el palacio se reducía a una residencia árabe de los antiguos gobernadores musulmanes situada en la zona central del actual conjunto. Lo que hoy en día se puede observar es el resultado de las sucesivas obras promovidas por los diferentes monarcas que regentaron el país, especialmente entre los siglos XIV y XVI. Las diferentes épocas constructivas hacen que una de las características del palacio sea su diversidad arquitectónica, predominando el estilo medieval e islámico.

A lo largo de su historia existieron tres grandes momentos de ocupación del palacio correspondientes al reinado de D. Dinis (siglo XIV), D. João I (siglo XV) y D. Manuel I (entre los siglos XV y XVI), Fig. 1b). La intervención realizada en cada época consistió en la construcción de nuevos cuerpos anexos a los existentes. Existen datos históricos de que algunas de las edificaciones no resistieron al paso del tiempo o al grave terremoto de 1755, el cuál causó grandes daños estructurales, especialmente en las estructuras de mayor altura. En todos los casos, las estructuras fueron reconstruidas posteriormente, siendo que algunas sufrieron modificaciones respecto de su configuración original.

El interior del palacio alberga espacios de gran riqueza patrimonial como la Sala dos Cisnes, Fig. 1c), Sala das Galés, Fig. 1d), Sala dos Brasões, Fig. 1e), y los aposentos de D. Afonso VI, Fig. 1f). La gran mayoría deben su nombre a las pinturas existentes en los techos de madera que cubren toda la superficie de la sala.

En cuanto al exterior, por encima de la estructura general del palacio, sobresalen las imponentes chimeneas cónicas de 33,0m de altura, situadas en la zona noreste del conjunto, Fig. 1h).

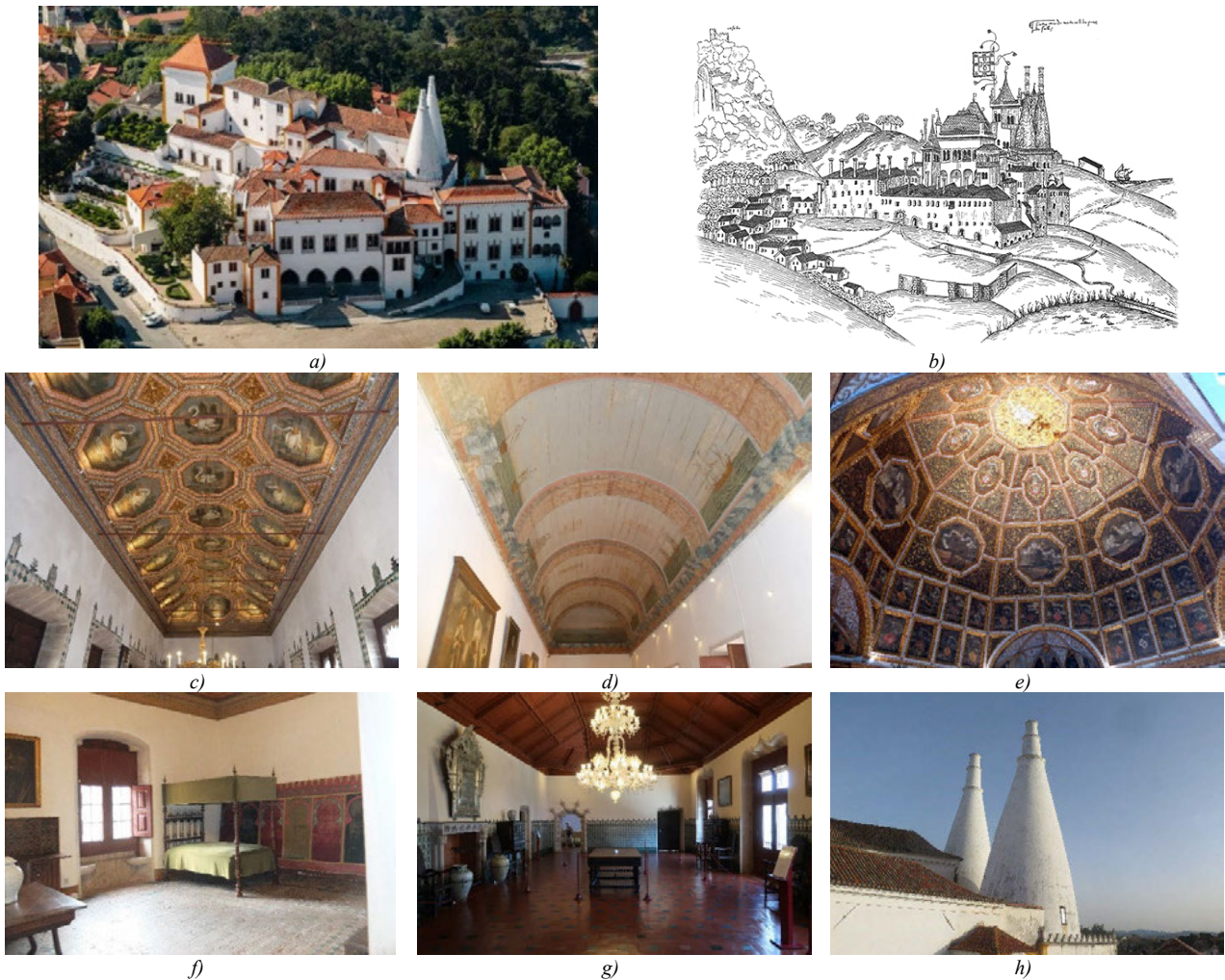


Fig. 1 Fotos generales del palacio y fotos de los elementos y salas más característicos de conjunto. parquesdesintra.pt y ncrep.pt

3. Inspección y Diagnóstico Estructural

Debido a la magnitud del proyecto, los trabajos de inspección de las diferentes cubiertas del Palacio Nacional de Sintra fueron divididos en tres fases, Fig. 2a), y tuvieron como principal objetivo caracterizar geoméricamente los elementos estructurales existentes y obtener información del estado de conservación.

Uno de los principales obstáculos para la realización de estos trabajos fue la limitación de acceso a las diferentes cubiertas, condicionado por la preservación de los elementos existentes y la necesidad de no interferir en la actividad del palacio. Por este motivo, el acceso a las cubiertas fue principalmente realizado por el exterior, a través de la ejecución de catas en el tejado, Fig. 2b), a los cuales se accedió a través de elementos verticales auxiliares, Fig. 2c). La localización de estas catas fue definida particularmente para cada una de las cubiertas en función de las zonas críticas identificadas y con el objetivo de abarcar la mayor área posible y la mayor diversidad de elementos estructurales. En algunas de las cubiertas fue posible acceder al interior y realizar una inspección completa de la estructura, Fig. 2d).

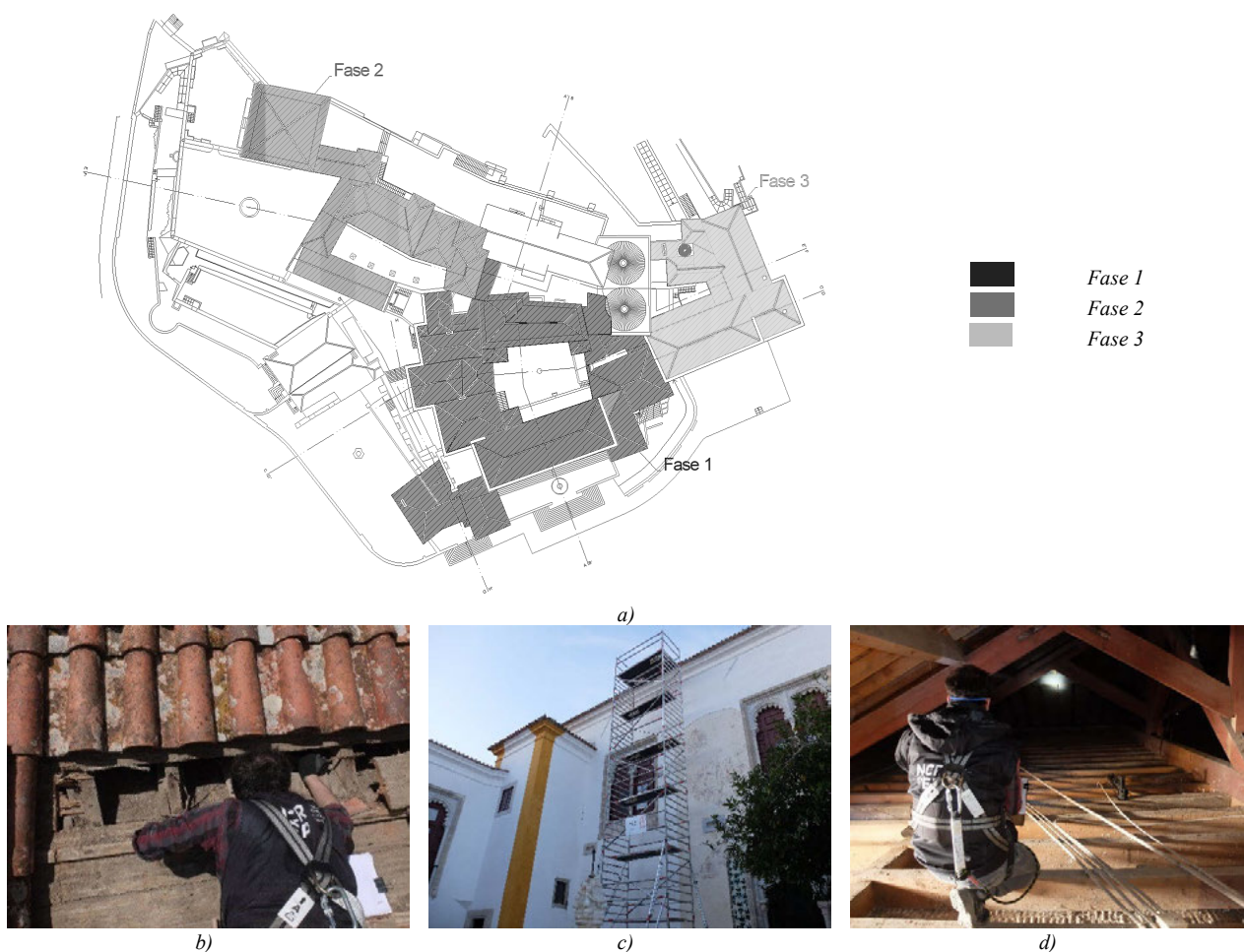


Fig. 2 Plano general del palacio con la localización de las diferentes fases de inspección y fotos generales de los medios de acceso

3.1. Levantamiento geométrico y caracterización estructural

La estructura vertical resistente de las diferentes edificaciones está constituida por muros de carga de mampostería ordinaria de piedra irregular. Los elementos pétreos son, en general, de origen calcáreo, aunque existen indicaciones de que se podría haber utilizado granito procedente de las excavaciones realizadas para la creación de las diferentes plataformas (Sousa, 2013).

Relativamente a las cubiertas, estas son constituidas por estructuras de madera maciza de pino, castaño y, puntualmente, de roble. Durante los trabajos de inspección se observó que las estructuras siguen una lógica y pueden ser divididas en tres grupos.

El primer grupo correspondería a las cubiertas formadas por una única estructura, generalmente antigua, que sirve de soporte de los revestimientos exteriores y del techo. Aunque existen excepciones, en general estas estructuras están formadas por cerchas simples compuestas por dos pares y uno o varios tirantes y montantes, Fig. 3a). En estas cubiertas también fueron observados elementos más recientes introducidos como medidas de refuerzo o sustitución.

El segundo grupo englobaría las cubiertas constituidas por dos estructuras, normalmente independientes: una estructura inferior antigua que sirve de soporte del techo y una estructura más reciente que sirve de soporte de los revestimientos exteriores, Fig. 3b). En general, al igual que las correspondientes al primer grupo, ambas estructuras son constituidas por cerchas simples compuestas por dos pares y uno o varios tirantes y montantes.

Por último, el tercer grupo correspondería a las cubiertas que fueron substituidas y actualmente están compuestas por una única estructura o dos estructuras independientes más recientes, Fig. 3c). Algunas de ellas son una reconstrucción de las antiguas estructuras y otras presentan una configuración estructural similar a las construcciones actuales.

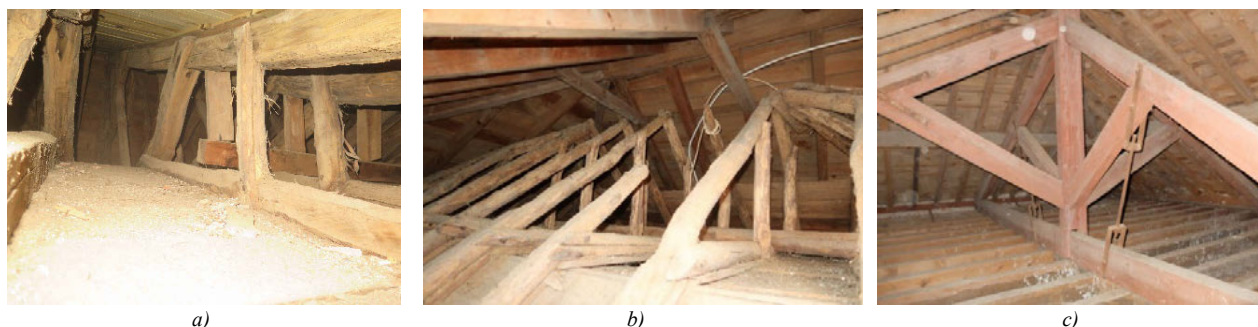


Fig. 3 Ejemplos de la geometría de las estructuras existentes que constituyen las cubiertas del palacio

3.2. Ensayos *in-situ* no destructivos

La inspección visual se complementó con la realización de ensayos no destructivos *in-situ* que permitieron obtener información del estado de conservación de los elementos estructurales e información de las diferentes especies de madera.

La comprobación del estado de conservación, interno y superficial, de los elementos estructurales de madera fue posible gracias a los ensayos realizados con el resistógrafo, Fig. 4a), los cuales permitieron también evaluar la extensión de las patologías de origen biótico. Estos ensayos se distribuyeron uniformemente entre las diferentes estructuras, existiendo algunas diferencias en función de la accesibilidad a la estructura.

Los ensayos del resistógrafo fueron complementados con los ensayos con el xilohigrómetro, Fig. 4b), los cuales permitieron determinar el contenido de humedad existente, dando indicaciones de eventuales entradas de agua en el interior y el consecuente potencial de originar patologías de origen biótico.

Relativamente a la identificación de las especies de madera, esta fue realizada a través de la extracción de muestras de los elementos existentes, Fig. 4c). La extracción fue realizada en elementos estructurales donde la retirada de parte de la sección no provocaría o agravaría problemas estructurales. La configuración de la estructura de la cubierta, sumado al mal estado de conservación de algunos elementos, condicionó significativamente este proceso, vetando la posibilidad de realizar una identificación más exhaustiva. A posteriori, se analizó la micro-estructura de las muestras de madera con el objetivo de identificar la especie, siguiendo la metodología desarrollada por Cantinieaux (Cantinieaux, 2019), Fig. 4d). La mayor parte de las muestras extraídas fueron identificadas como madera de conífera (pino, *Pinus pinaster* o *Pinus sylvestris*) o madera de frondosas (castaño, *Castanea sativa mil*, y puntualmente roble, *Quercus robur*).

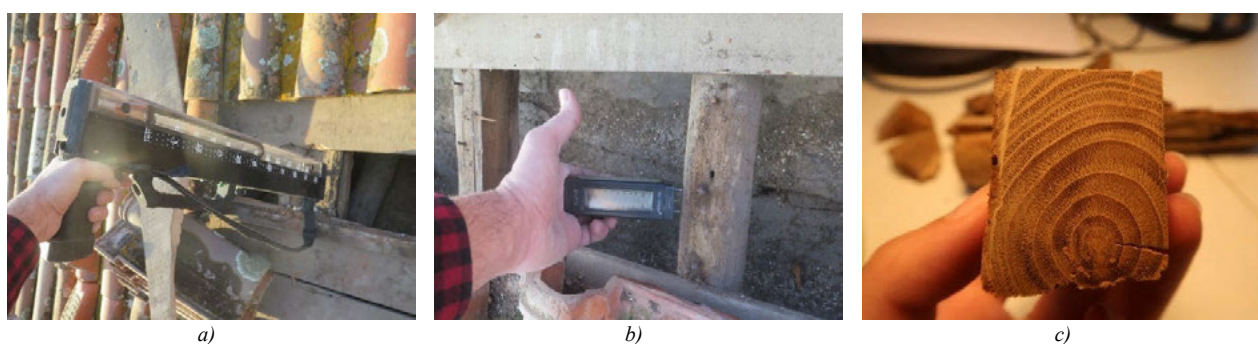




Fig. 4 Ensayos in-situ no destructivos realizados durante los trabajos de inspección

3.3. Estado de conservación: Principales patologías y daños estructurales

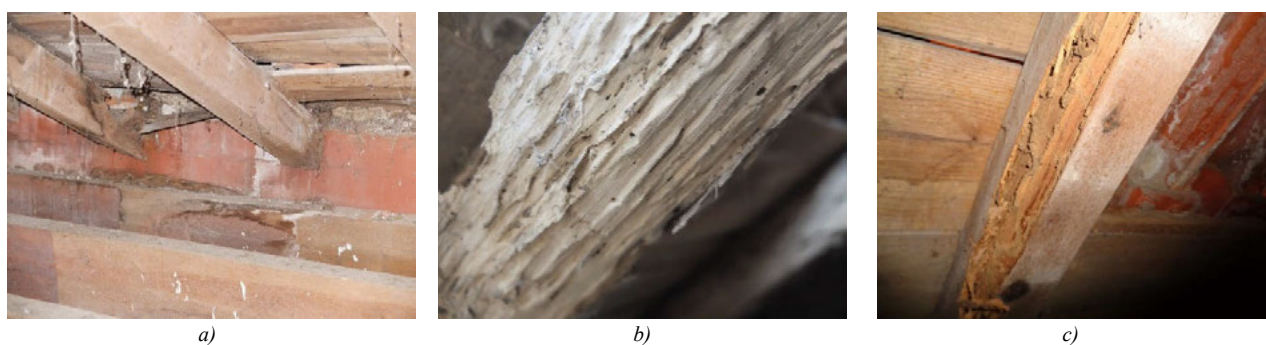
Parte del proceso de la inspección visual consistió en la identificación de patologías estructurales, así como la determinación de su intensidad y extensión. Este trabajo permitió comprobar que las estructuras presentan diferentes estados de conservación, condicionado por su configuración estructural, exposición a agentes atmosféricos y fecha de construcción.

Las principales patologías observadas están relacionadas con el ataque de agentes bióticos, especialmente hongos de pudrición, Fig. 5a), insectos de ciclo larvario (anóbidos), Fig. 5b), e insectos sociales (termitas), Fig. 5c). Como consecuencia de este ataque es visible la degradación material de los elementos estructurales, de carácter significativo en las zonas de humedad elevada y en los elementos estructurales más antiguos, los cuales han sido expuestos durante un largo periodo de tiempo al ataque de estos agentes. La intensa degradación material provocó, de forma puntual, la deformación e incluso rotura de los elementos estructurales, Fig. 5d) y f).

Durante los trabajos de inspección también fueron observadas otras patologías, de carácter más ligero, como son (i) la presencia de fendas de secado y de nudos; (ii) la degradación general de los elementos metálicos de unión por corrosión; (iii) la existencia de sistemas de refuerzo inadecuados implantados a posteriori que no materializan una mejora del comportamiento estructural; (iv) la existencia de una configuración estructural inadecuada con elementos principales apoyados sobre estructuras secundarias, al igual que estructuras que transmiten esfuerzos horizontales elevados a los muros de carga que pueden comprometer su estabilidad.

La configuración estructural de las cubiertas originó, en algunos casos, la aparición de fisuras en la estructura vertical resistente constituida por muros de piedra. Estas fisuras son consecuencia de la transmisión de empujes horizontales que provocan la deformación fuera del plano de los muros de carga. También fueron observadas infiltraciones de agua procedente de la estructura de la cubierta, especialmente en zonas expuestas o zonas donde se produce la acumulación de agua por la propia configuración de la cubierta, sumado a la falta de un sistema adecuado de drenaje de agua pluviales.

Todos las patologías y daños observados fueron localizados e identificados en la planta estructural de cada una de las cubiertas, Fig. 4g). Esto permitió tener una idea global de las zonas del conjunto del palacio más afectadas y ayudó a entender sus posibles causas.



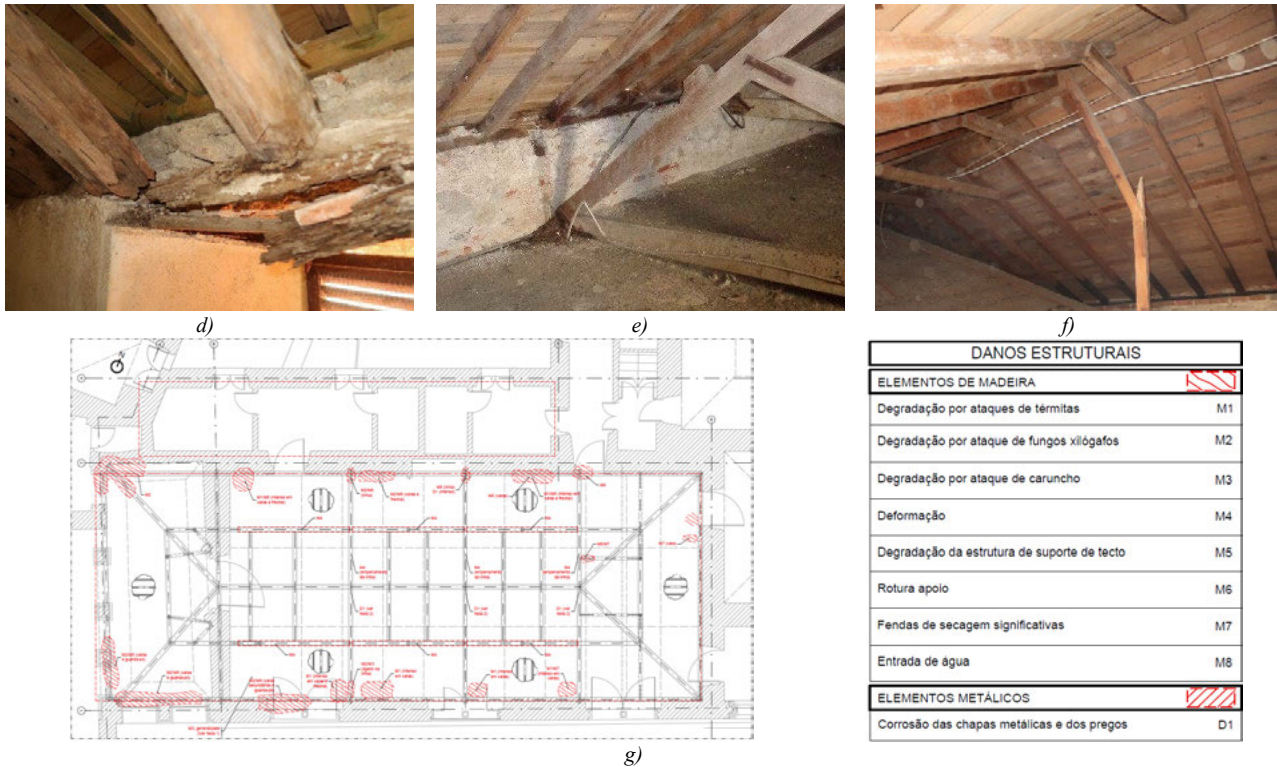


Fig. 5 Ejemplo de las principales patologías identificadas durante los trabajos de inspección (a, b, c, d, e y f) y del mapeamiento de patologías realizado en la planta estructural de cada una de las cubiertas (g)

4. Intervención estructural: Principales actuaciones

Una construcción antigua y de gran valor patrimonial, como lo es el Palacio Nacional de Sintra, requiere de una intervención cuidada y compatible con los materiales y los sistemas constructivos existentes. Por ello, la propuesta de intervención envolvió, siempre que posible, la utilización de materiales y técnicas tradicionales, de forma a garantizar la conservación de la identidad del edificio y el respeto por los principios dictados por las Cartas y Recomendaciones Internacionales, mediante la promoción de soluciones tendencialmente reversibles, compatibles y poco intrusivas relativamente a las existentes. En particular, todos los elementos a introducir, especialmente las nuevas estructuras o materiales, serán cuidadosamente evaluados de forma a no dañar o alterar el funcionamiento o la estabilidad física y química de los elementos constructivos existentes, tanto estructurales como ornamentales.

Las principales actuaciones propuestas surgen del resultado de la inspección y diagnóstico estructural realizado, al igual que las necesidades estructurales para cumplir los requisitos reglamentares vigentes identificadas en el análisis estructural. Estas actuaciones tienen como principal objetivo la conservación de las estructuras existentes y la prolongación de su vida útil, conservando los elementos estructurales existentes.

Al igual que en la caracterización estructural, las medidas de intervención pueden ser divididas en función de cada uno de los grupos de cubiertas identificados. No obstante, fueron propuestas una serie de actuaciones globales para las estructuras de todo el conjunto.

Relativamente a las cubiertas constituidas por una única estructura (primer grupo), la intervención tendrá como principal objetivo conservar la totalidad de la estructura, con medidas de refuerzo o sustitución de los elementos que presenten una degradación avanzada o de las necesidades estructurales identificadas.

Para las cubiertas compuestas por dos estructuras independientes (segundo grupo), la intervención se basa principalmente en la conservación de ambas estructuras y el refuerzo de la estructura inferior con la suspensión de esta en la estructura superior más reciente, Fig. 6. La estructura superior será objeto de medidas puntuales de refuerzo o sustitución, evitando la sustitución íntegra de esta estructura.

Por último, para las cubiertas que fueron construidas recientemente y presenten un buen estado de conservación, serán únicamente previstas las medidas comunes a todas las cubiertas.

Las medidas de intervención propuestas dentro del proyecto y comunes a todas las cubiertas son (i) la limpieza y tratamiento frente a ataque de agentes bióticos y fuego de todos los elementos existentes a conservar; (ii) la mejoría de las uniones entre los elementos de madera existentes; (iii) la comprobación de la necesidad de refuerzo o sustitución identificadas en proyecto, una vez las estructuras se encuentren a la vista y se haya realizado la limpieza de todos los elementos; (iv) la sustitución de los elementos existentes cuando sea estrictamente necesario con el objetivo de no comprometer la estabilidad del resto de elementos, recurriendo siempre en primer lugar a nuevos elementos paralelos a los existente o injertos; (v) la colocación de tela permeable al vapor e impermeable al agua en toda la cubierta; (vi) la instalación, o recolocación en caso de que ya existan, de las tejas cerámicas, soportes y forras de madera.

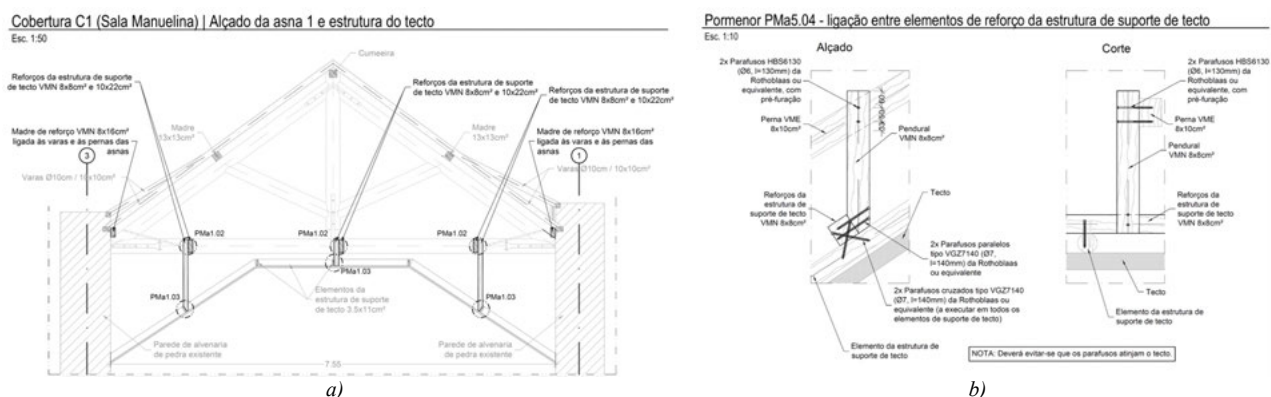


Fig. 6 Ejemplo de la propuesta de intervención realizada para las cubiertas que forman el palacio

5. Consideraciones finales

En este artículo se pretende mostrar un ejemplo de intervención en un edificio de elevado valor patrimonial, centrándose específicamente en las estructuras de cubierta. El trabajo de inspección y diagnóstico estructural se presenta como el elemento central para el desarrollo de este tipo de proyectos, basado en una búsqueda bibliográfica inicial y una posterior inspección visual, complementadas con la realización de catas y ensayos no destructivos. Este trabajo permitió conocer y caracterizar la estructura existente e identificar y analizar las patologías estructurales.

Para solventar estas patologías se propusieron un conjunto de actuaciones estructurales en el proyecto de refuerzo que, siempre que fue posible, recurrieron a materiales y técnicas tradicionales, garantizando la preservación de la identidad del edificio y, simultáneamente, el respeto por los principios de reversibilidad, compatibilidad y bajo nivel de intrusión. En ese sentido, las actuaciones definidas en el proyecto de refuerzo estructural se basan en la conservación de las estructuras existentes con el adecuado tratamiento y la implementación de las medidas de refuerzo o sustitución necesarias. En los casos en que la estructura existente presenta una degradación avanzada, será ejecutada una nueva estructura autoportante paralela o a una cota superior a la existente, que a su vez sirva de estructura de refuerzo y suspensión de los elementos existentes a preservar.

Referencias

- Cantinieaux, C. (2019). Wood species identification guide – technical report, NCREP. Porto, Portugal.
- ICOMOS (2004). Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico do ICOMOS, Portugal.
- NCREP (2020). Relatório de Inspeção e Diagnóstico Estrutural – Fase 1. Porto, Portugal.
- NCREP (2020). Projecto de Reforço Estrutural – Fase 1. Porto, Portugal.
- NCREP (2020). Relatório de Inspeção e Diagnóstico Estrutural – Fase 3. Porto, Portugal.

NCREP (2020). Projecto de Reforço Estrutural – Fase 3. Porto, Portugal.

NCREP (2021). Relatório de Inspeção e Diagnóstico Estrutural – Fase 2. Porto, Portugal.

NCREP (2021). Projecto de Reforço Estrutural – Fase 2. Porto, Portugal.

Sousa, A., y Do Carmo, M. (2013). História da Construção – Arquitectura e Técnicas Construtivas. CITCEM y LAMOP. Braga, Portugal.