

CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA DO PALÁCIO NACIONAL DA AJUDA

Helena Cruz

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, helenacruz@lnec.pt

Sónia Duarte

sduarte@lnec.pt

Rogério Mota

rmota@lnec.pt

Marília Pereira

marilia@lnec.pt

Simona Fontul

simona@lnec.pt

Luís Matias

lmatias@lnec.pt

Ana Isabel Marques

aimarques@lnec.pt

Lina Nunes

RESUMO

Descreve-se um estudo multidisciplinar conduzido pelo LNEC no Palácio Nacional da Ajuda, tendo em vista avaliar o estado de conservação e segurança de pavimentos de madeira. O presente artigo foca em particular o estudo feito no Toucador e no WC da Rainha, na extremidade poente da Ala sul.

INTRODUÇÃO

Na sequência da deteção de térmitas subterrâneas em paredes e quadros do Toucador da Rainha do Palácio Nacional da Ajuda (PNA) e do abatimento observado no piso na mesma zona, foi solicitada ao LNEC a avaliação do estado de conservação e segurança das estruturas afetadas e propostas de intervenção, tendo em vista o controlo da praga. A infestação por térmitas subterrâneas tem sido registada no PNA, desde há algumas décadas, e sido alvo de tratamentos pontuais.

As térmitas subterrâneas da espécie *Reticulitermes grassei* Clément (Blattodea, Rhinotermitidae) estão amplamente distribuídas em Portugal. Transitam frequentemente do seu habitat natural para as construções desde que as condições em que a madeira (ou outros materiais celulósicos) esteja aplicada conduzam a um aumento anormal do seu teor de água.

No âmbito do estudo, foi realizada a inspeção visual do interior, para deteção e identificação de problemas relacionados com degradação de madeiras, e sondagem do soalho junto à parede, para verificar os aspetos construtivos relevantes e avaliar localmente a espécie, a qualidade e a eventual degradação biológica da madeira. Complementarmente, foi utilizado georadar, para reconhecimento da localização dos elementos estruturais e sua caracterização geométrica, fora da zona de sondagem.

Dado que a infestação de madeira por térmitas subterrâneas requer a presença de humidade, capaz de proporcionar um teor de água relativamente elevado (acima de 18-20 %) na madeira, foi utilizada uma câmara termográfica para localizar zonas húmidas, em complemento da inspeção das fachadas e cobertura para reconhecimento de potenciais deficiências construtivas que permitam infiltrações, tendo em vista atuar diretamente sobre essas causas. Os trabalhos realizados no PNA foram iniciados em fevereiro de 2024, no decurso de um inverno particularmente chuvoso, para facilitar a deteção de eventuais infiltrações.

INSPEÇÃO VISUAL

Foi aberta uma janela de inspeção no pavimento do Toucador da Rainha, através de corte pontual do soalho junto à parede interior paralela à fachada, na zona de maior abatimento do pavimento, que atingia cerca de 60 mm (Figura 2a)). Foi também inspecionada a abertura de ventilação da caixa de ar do pavimento, junto da fachada (Figura 2).

Verificou-se que o soalho, de casquinha, assenta sobre um vigamento composto por duas ordens de vigas, de pinho. Constatou-se também a presença de entulho diverso



a)

b)



a)



b)

1 | Afastamento entre o pavimento e a parede interior no Toucador da Rainha (a) e sinais de infestação na parede interior norte (b)

2 | Estrutura do pavimento no Toucador da Rainha: a) vista a partir da janela de inspeção e b) vista a partir do orifício de ventilação na fachada

(pedras e pedaços de madeira) sobre o embasamento, sugerindo que o vigamento de primeira ordem terá uma base de apoio irregular. A caixa de ar tem altura variável, que atinge cerca de 50 cm em alguns pontos. Até onde foi possível observar, as entregas das vigas na parede estavam secas e sem degradação significativa por fungos de podridão ou insetos.

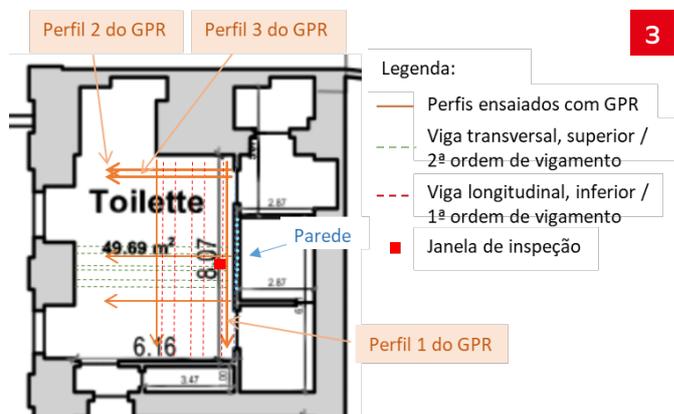
O ataque por térmitas verificado na parede do Toucador e no WC da Rainha já se encontrava inativo à data das visitas (Figura 2b)). Em nenhum local se verificou teor de água dos elementos de madeira acima de 14 %, exceto nas caixilharias das janelas a sul, que, no entanto, não exibem sinais de agentes de degradação biológica.

Verificou-se que a junta entre o edifício antigo e a nova Ala poente não foi concluída, permitindo a franca entrada de água entre os dois edifícios. Apesar disso, não foi detetada humidade nas paredes poente, no Toucador da Rainha (Piso 1) e nos compartimentos sobrejacentes (Piso 3), admitindo-se que a água infiltrada nessa junta de grandes dimensões é encaminhada diretamente para baixo.

RECONHECIMENTO DA LOCALIZAÇÃO DAS VIGAS - GEORADAR

O equipamento utilizado, georadar (Ground Penetrating Radar – GPR), permite a deteção de mudanças na estrutura, até uma dada profundidade, dependendo da frequência das antenas (Fontul et al., 2018). O método consiste na emissão e receção de ondas eletromagnéticas, de uma dada frequência, através do material e análise do sinal recebido. Quanto maior a frequência, maior a resolução da resposta e menor a profundidade de medição. Utilizou-se o equipamento SIR 4000, da GSSI, com antenas de frequência 1,6 GHz e de 2,6 GHz.

No Toucador foi executado um perfil com GPR paralelamente à parede (Figura 3), que permitiu identificar o posicionamento das vigas transversais de suporte do soalho (perpendiculares à parede em estudo) e escolher o local mais adequado para abertura de uma janela de inspeção (sondagem), sensivelmente a meio da parede. A validação e interpretação dos registos de GPR (radarogramas) foi feita com base na estrutura exposta pela sondagem. Foram igualmente executados perfis perpendicularmente à parede, para identificação da localização das vigas longitudinais, alinhados ora com a posição das vigas transversais, ora entre estas (Figura 4). Nos registos assim obtidos foi medido o tempo de propagação, de ida e volta, da onda eletromagnética através dos vários elementos ensaiados, determinando-se a espessura destes elementos com base na velocidade de propagação da onda em cada material. Nos registos obtidos foi possível identificar a localização das vigas de madeira de



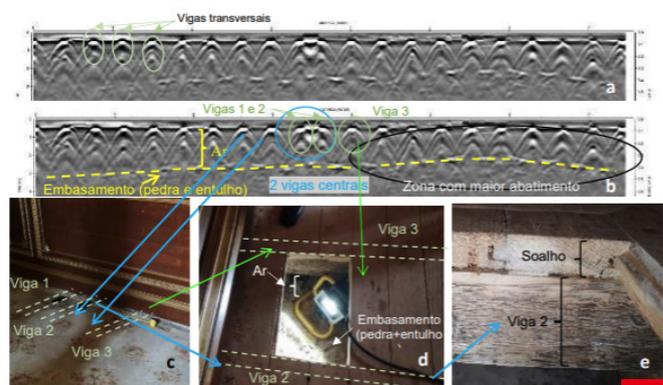
a)



b)



c)



3 | Toucador (Toilette) da Rainha: a) Representação esquemática dos perfis de georadar, orientação das vigas e localização da janela de inspeção; b) Execução de perfil de georadar paralelamente à parede objeto de estudo; c) Execução de perfil de georadar perpendicularmente à parede

4 | Toucador da Rainha – resultados obtidos no chão, ao longo da parede. a) Radargrama obtido com a antena de 1,6 GHz no Perfil 1 (ver Figura 3); b) Radargrama com interpretação; c) Visualização da posição onde foram identificadas duas vigas transversais centrais (Vigas 1 e 2) com pequena separação entre si (as linhas a tracejado assinalam as posições das duas vigas e da Viga 3); d) Janela de inspeção, sendo visível a Viga 3; e) Viga 2, vista pela janela de inspeção

suporte do soalho, as suas dimensões e espaçamentos. Detetaram-se, ainda, as interfaces entre os vários materiais, o que permitiu estimar as espessuras do soalho, da viga superior e do espaço de ar sob o soalho até ao topo do embasamento.

DETEÇÃO DE PONTOS DE ENTRADA DE ÁGUA - TERMOGRAFIA

Para a deteção de possíveis pontos de entrada de água pela envolvente exterior do edifício, e consequente presença de humidade nos elementos constituintes, utilizou-se o método de Termografia de Infravermelhos (TIV) que permite, através da medição da radiação térmica emitida e refletida pelos elementos em observação, na gama dos infravermelhos, representar a temperatura superficial desses elementos (termograma).

O sucesso desta técnica depende da existência de fenómenos de transmissão de calor no elemento em análise, a fim de se obterem padrões térmicos que permitam a deteção e identificação de heterogeneidades existentes no interior desse elemento (destacamentos, vazios ou humidade) (Lourenço, et al., 2017). Na presença de humidade podem-se detetar diferenças de temperatura, pelo facto de a mudança de estado correspondente à evaporação, que é acompanhada por uma absorção de calor, provocar um arrefecimento localizado da superfície.

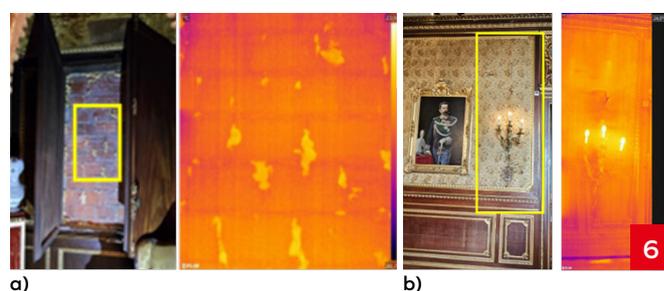
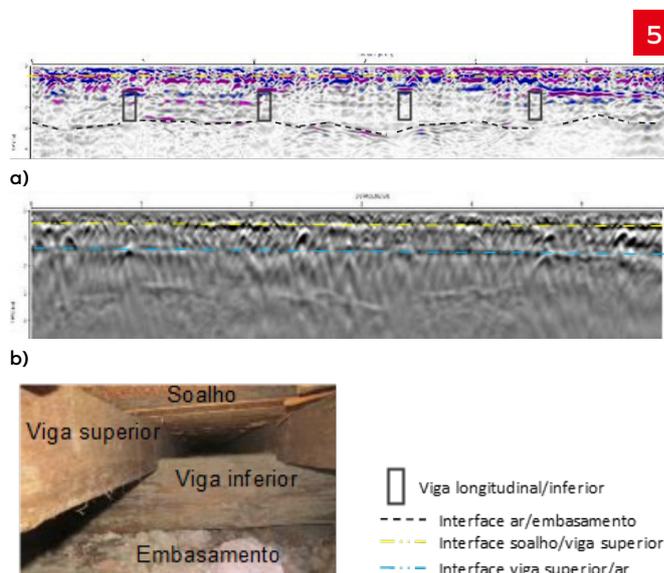
Utilizou-se a TIV para avaliar a presença de humidade em paredes interiores e exteriores, nomeadamente no WC e no Toucador da Rainha (Figura 5) onde ocorreram infiltrações de água há cerca de 3 anos e, conseqüentemente, o aparecimento de térmitas. Nesse sentido, foram obtidos termogramas nos referidos espaços, no seguimento de períodos de elevada precipitação.

CONCLUSÕES

Foram observados diversos sinais de ataque por térmitas subterrâneas, em pavimentos e caixilharia de portas e janelas do PNA, nomeadamente no Toucador da Rainha (Piso 1). Trata-se de infestações presentemente não ativas, encontrando-se a madeira com valores de teor de água abaixo do limite de risco para estes insetos;

A utilização de Termografia de Infravermelhos em várias salas do PNA confirmou as medições feitas com humidímetro de contacto, não tendo sido detetada a presença de humidade nos pavimentos e paredes que sugira a existência de infiltrações de água ativas;

Assim, as infestações registadas no Toucador e no WC da Rainha em 2023 resultaram de condições ambientais extremas, acidentais, neste caso a infiltração de grandes



5 | Toucador da Rainha – resultados obtidos no chão, perpendicularmente à parede. a) Radargrama interpretativo obtido no Perfil 2, perpendicular à parede e ao Perfil 1 (ver Figura), com início no ponto 0,30 m do Perfil 1; b) Radargrama com interpretação do Perfil 3, perpendicular à parede e com início no ponto 0,40 m do Perfil 1.

6 | Toucador da Rainha (Piso 1): a) Fachada em contacto com a nova ala do Palácio; b) Parede interior dos espaços analisados

quantidades de água, possivelmente relacionada com as obras do fecho da Ala poente e de substituição das coberturas antigas do edifício;

A inspeção da estrutura do pavimento do Toucador da Rainha, feita a partir da janela de inspeção e de um orifício de ventilação sugerem a inexistência de problemas estruturais ou de conservação do vigamento que justifiquem o abatimento do piso sob a parede interior;

Tendo em conta a base de assentamento irregular das vigas inferiores e a evidência de rotação de algumas vigas superiores sobre o respetivo apoio, admite-se que o referido abatimento do pavimento tenha resultado do escorregamento de algumas vigas sobre os apoios;

Estando o movimento das vigas limitado pela altura da caixa de ar, e não havendo indícios de um processo de degradação biológica desta madeira em curso, considera-se que a deformação deste pavimento não configura uma situação de risco ou falta de segurança estrutural;

A utilização de georadar provou ser uma técnica eficaz para identificação da constituição dos pavimentos, permitindo confirmar que a estrutura do pavimento do Toucador da Rainha tem uma constituição relativamente uniforme e que a caixa de ar apresenta profundidade variável em todo o compartimento;

O historial de infestações por térmitas subterrâneas no PNA mostra que elas estão presentes no local, manifestando-se de forma mais visível sempre que as condições ambientais o permitam. Desta forma, recomendou-se a adoção de um plano de controlo integrado de pragas, adaptado ao cariz museológico do PNA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a autorização para divulgação do trabalho efetuado, por parte do Diretor do PNA, Dr. José Alberto Ribeiro, bem como o acompanhamento prestado pela equipa de Conservação e Restauro liderada pela Dr^a Manuela Santana. A componente de georadar teve o apoio financeiro da FCT (PTDC/HAR-HIS/5288/2020).

REFERÊNCIAS

Fontul, S., Solla, M., Cruz, H., Machado, J. S., Pajewski, L. (2018), Ground Penetrating Radar Investigations in the Noble Hall of São Carlos Theater in Lisbon, Portugal. *Surv Geophys* (2018) 39: 1125. <https://doi.org/10.1007/s10712-018-9477-z>

Lourenço, T., Matias, L., Faria P. (2017) Anomalies detection in adhesive wall tiling systems by infrared thermography. *Construction & Building Materials*, 148, 419-428 (September 2017). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.052>

