

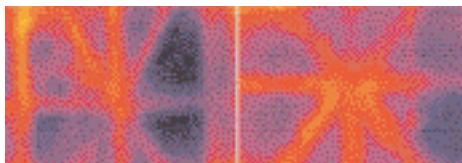
# A OZ na Baixa Pombalina



Medição da humidade nas paredes

As intervenções da OZ na Baixa Pombalina tiveram início em 1994, por solicitação da DCEOD (Divisão de Conservação de Edifícios e Obras Diversas) da C.M. de Lisboa. Os estudos realizados neste âmbito abrangem

alguns edifícios mas foram interrompidos no ano seguinte. Daí para cá, foram realizados, para os proprietários dos imóveis ou para promotores particulares, levantamentos, inspec-



Imagens termográficas da estrutura das paredes



Ensaios de arrancamento "in situ" para caracterização das ligações madeira / alvenaria

ções e ensaios em mais alguns edifícios. Assim, no total, a OZ interveio, até hoje, em treze edifícios da Baixa.



Ensaio de "macaco plano" para avaliação das propriedades mecânicas da alvenaria

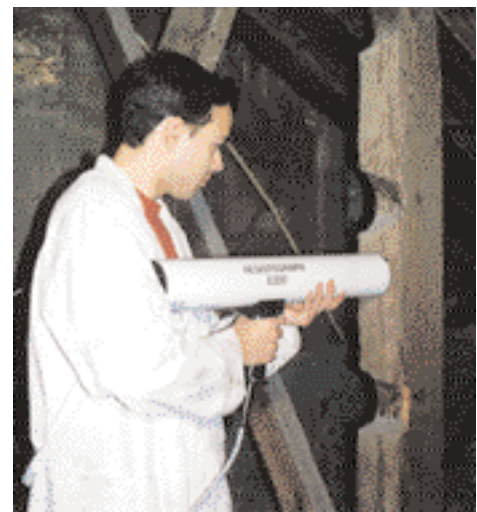


Corte da alvenaria para realização do ensaio de "macaco de plano"

Embora a amostra não se possa considerar totalmente representativa - a Baixa contém mais de 400 edifícios com características bastante diversificadas e em estados de conservação muito variáveis - o conjunto de informação recolhida permite ter uma visão razoavelmente clara do sistema construtivo pombalino e dos problemas estruturais e tecnológicos colocados pela salvaguarda dos imóveis, enquanto património arquitectónico.



Localização dos vários edifícios da "Baixa" onde, até hoje, houve intervenções da OZ



Ensaio resistográfico para avaliação da integridade de elementos de madeira

O quadro junto apresenta uma lista das principais intervenções entretanto realizadas.

Ano	Endereço	Estudos realizados
1994	Calçada do Carmo n.ºs. 1 a 5 e 7 a 9.	Detecção e caracterização geométrica por processos não destrutivos da estrutura das paredes interiores de travamento em dois edifícios "em gaiola" pombalina: Estetoscopia; ultrassons; termografia.
		Ensaio de carga.
		Levantamento, diagnóstico e apoio à modelação estrutural dos edifícios
		Ensaio laboratoriais para a identificação e caracterização dos solos.
1994	Calçada do Carmo n.º 7 e 9	Ensaio de carga em pavimentos com estrutura de madeira.
1995	Calçada do Carmo n.º 7.	Determinação do módulo de deformabilidade das paredes do edifício com macacos planos.
1996	Calçada do Carmo, n.ºs. 1 a 5 e 7 a 9.	Caracterização dinâmica do edifício, por ensaios "in situ".
1994	Rua Augusta, n.º 62.	Ensaio de carga em estacas de madeira; ensaios de arrancamento de madeira e de elementos de "gaiola".
1995		Ensaio sísmicos entre furos de sondagem.
1994	Rua dos Correios, n.ºs. 13, 15 e 17	Determinação do módulo de elasticidade, tensão de rotura por corte e tensão de rotura por compressão uniaxial em paredes de alvenaria.
1994	Rua dos Correios, n.ºs. 13, 15 e 17	Macacos planos ; análise petrográfica de argamassas antigas e caracterização da madeira através de observação macroscópica.
1995	Praça D. Pedro IV, n.ºs. 69 a 77	Levantamento estrutural.
1994	R. Augusta, n.º 137 a 145 e Rua dos Sapateiros, n.º 82 a 86.	Levantamento da arquitectura e da estrutura e observação visual das anomalias existentes nos edifícios.
1997	R. Augusta, n.ºs. 161 a 167, tornejando para a Rua da Vitória , n.ºs. 70 a 76 e com serventia pela Rua dos Sapateiros, n.º 104	Levantamento estrutural e patológico através de observações boroscópicas, ultrassons, medição da carbonatação e ensaios esclerométricos.
1998	Praça do Comércio, n.º 160, tornejando para a Rua da Prata, n.º 2 a 8.	Levantamento da estrutura e das anomalias, através de: poços de reconhecimento das fundações; sondagens; observações boroscópicas; ensaio com penetrómetro dinâmico pesado; Levantamento das deformações do pavimento; medição de humidade superficial em paredes; macacos planos; observações termográficas; detecção de elementos metálicos; medição de espessura de elementos metálicos.
2000	Rua do Ouro, n.ºs. 81/87 e 89/107.	Levantamento arquitectónico, construtivo e levantamento das anomalias.
2000	Rua dos Fanqueiros, n.º 136	Levantamento arquitectónico, construtivo e levantamento das anomalias.

A Oz foi fundada em 1988, tendo por objectivo a prestação de serviços na área do levantamento, diagnóstico e controlo da qualidade de estruturas e fundações, recorrendo a observações e ensaios "in situ" e utilizando, sobretudo, técnicas não destrutivas ou reduzidamente intrusivas.

<http://www.oz-diagnostico.pt>

# Compreender a importância da Gaiola Pombalina, o sistema anti-sísmico mais avançado do século XVIII



Stephen Tobriner\*

O centro de Lisboa e mais propriamente a zona da Baixa Pombalina, esconde uma construção anti-sísmica, aparentando ser apenas mais uma cidade de alvenaria. Aqueles que não tinham conhecimento da sua verdadeira estrutura interna, foram surpreendidos com o incêndio de 1988 no Chiado:

Qual a causa de uma propagação tão intensa?

Como explicar uma tão grande concentração de madeira?

O fogo demonstrou sem sombra de dúvida que esta área de Lisboa era constituída por estruturas de madeira interiores disfarçadas com fachadas de alvenaria. As estruturas de praticamente todo o edificado construído naquela área depois de terramoto de 1755, até aos anos 30 do século XX, incorporavam uma estrutura de madeira - a gaiola - uma contribuição única dos engenheiros portugueses para a tecnologia e engenharia anti-sísmica.

Foi após o devastador terramoto de 1755 que o Marquês do Pombal reuniu os seus engenheiros militares para que estes criassem um sistema anti-sísmico para todo o edificado - surgiu a *gaiola*, considerada o sistema de resistência sísmica mais avançado do século XVIII. A *gaiola* é um sistema construtivo standartizado que incorpora uma quantidade de métodos inovadores, desenhados para ajudar a resistir e dissipar as forças sísmicas. As paredes de alvenaria estão limitadas entre uma grade de madeira, uma ossatura interna disposta geometricamente e na diagonal, do lado de dentro e a moldura de cantarias do lado de fora, estes elementos estão

interligados por peças metálicas (tirantes) pregadas à madeira e chumbadas à pedra. Esta disposição diagonal da madeira reforça a estrutura mas ao mesmo tempo torna-a flexível o suficiente para absorver e dissipar as forças laterais. Existe, a partir do primeiro andar um sistema de travamento tridimensional. Todos estes elementos combinados com o carácter simétrico do piso térreo, a continuidade entre andares, o cuidado das ligações, iria ajudar o edificado a resistir aos terremotos sem estes caírem por terra. A sua vulnerabilidade está nos elementos de alvenaria, no piso térreo, nas fachadas e nas paredes corta - fogo. Que serviam para proteger os elementos de madeira contra um perigo imediato - o fogo.

Qualquer engenheiro moderno ficaria impressionado com esta tentativa de criar um sistema construtivo resistente aos sismos com origem nestes engenheiros do século XVIII. Nesta época não existia nada que se comparasse à *gaiola*, nem se desenvolveria qualquer tipo de construção anti-sísmica, até meados do século XX. Muito embora no Japão algumas experiências individualistas de reforço nas construções de madeira tenham sido usadas, mas apenas em algumas habitações da aristocracia e nas estruturas de templos.

O sistema chinês descrito por Li Jie no *yingzao fashi* em 1103 - está ainda por comprovar o seu carácter anti-sísmico.

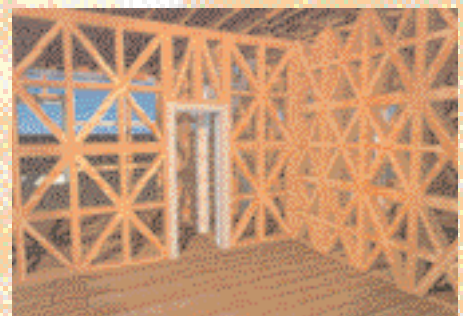
Depois do terramoto em Palermo na Sicília, em 1726, arquitectos e engenheiros introduziram medidas anti-sísmicas significativas. Estes propuseram substituir a madeira e a argamassa

por pedra de modo a aliviar as abóbadas. Foram pioneiros, ao usarem tirantes de ferro para fortalecerem os edifícios contra as réplicas sísmicas. Após o terramoto de 1746 no Peru as autoridades passaram a exigir o uso da *quincha*, uma armação leve constituída em bambú, para os andares superiores.

Na Turquia as construções de madeira usando formações em X tornaram-se comuns. Mas apenas em Lisboa se pode encontrar um sistema anti-sísmico, tão cuidadosamente concebido, tão sofisticado e standartizado que se tornou universal.

O único sistema que se pode comparar ao usado em Lisboa é a *Casa Baraccata*, desenvolvida no final do século XVIII, depois dos terremotos na Calabria em 1783.

O Dr. Giovanni Vivencio, publicou uma gravura de Vincenzo Ferraresi com um novo sistema anti-sísmico para edifícios de alvenaria, com o interior em estrutura de madeira onde empregava uma estratégia muito similar à *gaiola*, mas em vez de usar uma formação em X nas paredes interiores a *Casa Baraccata* ilustrada por Vivencio, usava a formação na parte exterior, o que seria muito difícil de construir, e não acontecia com a *gaiola*. O seu projecto propõe quatro



postes em cada canto e um estranho entrelaçamento em X em redor das janelas, que seria um pesadelo para os carpinteiros construírem. Mas as características da *Casa Baraccata* nomeadamente a simetria, a altura reduzida e um esqueleto de madeira integrado na construção, com o propósito de ajudar a estrutura a manter uma unidade, estão todas em concordância com o conceito moderno de resistência sísmica. Restam poucos exemplos da *Casa Baraccata*, mas a Baixa é um exemplo vivo da *gaiola*.

Como historiador de arquitectura considero a *gaiola* um fascinante "problema" histórico. Embora diversos estudiosos tenham feito investigações sobre o assunto, existem ainda muitas questões fundamentais sobre a sua origem e performance que estão sem resposta.

Como apareceu a ideia? Ter-se-ão os portugueses inspirado na carpintaria da construção de embarcações ou terá sido a influência de outros países com fortes tradições na construção em madeira? Terão os tratados da

arquitectura contemporânea influenciado a génese da *gaiola*? Porque não existe documentação da época sobre a *gaiola*? Certamente que a primeira *gaiola* construída depois do terramoto de 1755, foi estipulada por leis militares ou civis, mas porque persistiu durante tanto tempo, mesmo depois da percepção de que o perigo de existirem novos terremotos era diminuto?

Usualmente os métodos construtivos anti-sísmicos prescrevem quando não ocorrem mais terremotos. Então porque foi a *gaiola* standartizada como um método construtivo do edificado? Porque não foi recuperado nenhum documento descritivo da *gaiola*? Será possível que o sistema se tenha transformado num hábito construtivo, separando-se das suas capacidades anti-sísmicas?

Sabemos que a *gaiola* era conhecida na Calabria antes dos terremotos de 1783. Qual foi o impacto causado pela *gaiola* noutros sistemas anti-sísmicos como por exemplo a *Casa Baraccata*?

Colocando as questões históricas de parte, será possível confirmar a eficácia da *gaiola* como sistema anti-sísmico?

O conceito das forças sísmicas era completamente desconhecido no século XVIII, no entanto os engenheiros portugueses tinham testemunhado diversos exemplos do resultado do terramoto nos edifícios.

Estariam os engenheiros certos, nas suas suposições? Qual seria o comportamento da *gaiola* num terramoto? Estaria a Baixa segura?

Equipas portuguesas e americanas, estão a realizar simulações, usando modelos criados com programas de computador de análise de elementos, a fim de obter respostas sobre a reacção a forças sísmicas.

Estas simulações vão ajudar a ilustrar os pontos fortes da *gaiola* assim como as suas fragilidades, adicionando ao nosso conhecimento e entendimento este importante marco histórico sobre a engenharia anti-sísmica.



\* Stephen Tobriner é professor de História da Arquitectura do departamento de arquitectura da Universidade de Berkley na Califórnia, onde lecciona: Arquitectura Renascentista e Barroca, Urbanismo, Arquitectura Mesoamericana, História da Resistência Sísmica na Arquitectura e Engenharia.

Realizou o seu B. A. na Universidade de Stanford, o M. A. e o Ph. D. na Universidade de Harvard.

Escreveu extensamente sobre a arquitectura Barroca, as cidades na Sicília e também sobre a história da reconstrução após os terremotos na Europa, América e na Ásia.

O seu livro, "The Genesis of Noto, an 18th Century Sicilian City" (Zwemmer Press: London and U.C. Press: Berkeley) foi lançado em 1982 sendo publicado em italiano: "La genesi di Noto, una città italiana del Settecento" (Dedalo: Bari) em 1989.

Tobriner tem feito conferências nas Universidades de Roma (La Sapienza), Catania, Florence e Reggio Calabria. Foi também professor convidado na Universidade de Palermo.

Está actualmente a fazer investigação sobre a história da reconstrução após os maiores terremotos do século XVIII na Europa, e também a escrever sobre a história da reconstrução em São Francisco após os terremotos.