

DIFICULDADES ASSOCIADAS À REABILITAÇÃO DO PATRIMÓNIO CONSTRUÍDO EM TAIPA NO ALGARVE

Alfredo M. Braga^{1*}, João M. C. Estêvão¹

1: Departamento de Engenharia Civil
Instituto Superior de Engenharia
Universidade do Algarve
Campus da Penha, 8005-139 Faro
e-mail: {abraca, jestevao}@ualg.pt web: <http://www.ise.ualg.pt>

Palavras-chave: Taipa, Reabilitação, Sismos, Algarve

Resumo. *A construção em terra no Algarve é muito antiga, tendo sido popularizada durante a ocupação Árabe. Desse período, existem diversas construções militares edificadas em taipa que ainda existem e que constituem um importante património monumental, donde se destacam o Castelo de Paderne e parte das muralhas do Castelo de Silves e da cidade de Faro. Também existe um grande número de construções particulares mais recentes, que também elas constituem um património cultural que importa preservar.*

As principais debilidades das construções em terra crua e, especificamente das realizadas em taipa, são a ação da água, designadamente proveniente de chuva e, em particular, quando associada ao vento, e os efeitos resultantes da ocorrência dos sismos. Quanto à primeira, é perfeitamente possível adotar disposições construtivas que evitem as respetivas consequências. Em relação à ação das vibrações provocadas pela ocorrência dos sismos, o problema reside na fraca resistência deste material à tração, apresentando um comportamento muito frágil. É neste contexto que a reabilitação da construção em taipa existente no Algarve se torna um grande desafio técnico, atendendo à perigosidade sísmica da região.

Neste trabalho é apresentado um levantamento de construções de taipa ainda existentes no Algarve, e é descrito o processo construtivo que foi utilizado. Com vista a identificar as dificuldades que têm que ser superadas de modo a que a reabilitação deste tipo de construções apresente os níveis de segurança que a sociedade atual exige, sem a adulteração do património existente, foi efetuado um conjunto de estudos cujos resultados são apresentados neste trabalho.

Foi realizada uma campanha de ensaios laboratoriais para caracterização do comportamento mecânico do material, e foi organizada uma lista das principais anomalias encontradas no património edificado. Com base nesses resultados, foi realizada uma avaliação preliminar do comportamento estrutural não linear das paredes tipicamente realizadas em taipa no Algarve, identificando alguns problemas relacionados com alguns aspetos arquitetónicos e construtivos dos edifícios de habitação, designadamente os relacionados com a colocação do telhado, bem como a existência de portas e janelas nas paredes exteriores das construções, a ligação das paredes à fundação e a ligação entre paredes ortogonais.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da terra crua na construção de abrigos remonta há milhares de anos praticamente em todo o Mundo, continuando hoje em dia a constituir uma prática construtiva muito difundida. Aliada à manifesta disponibilidade e negligenciável custo, a extraordinária plasticidade permite uma multiplicidade de processos construtivos e de formas, existindo ainda hoje inúmeros exemplos de utilização, principalmente nos países ditos “em vias de desenvolvimento”.

Portugal possui um notável património de construções em terra crua, distribuídas por todo o território, sendo manifesta a Sul a sua maior propagação, tanto em edifícios civis como em construções de carácter militar [1].

Como resultado da investigação desenvolvida nos últimos anos na Região Algarvia, apresenta-se, de forma sucinta, a identificação e caracterização de um vasto e belo património de construções em terra crua que, infelizmente, se encontra em vias de completo desaparecimento. Efectivamente, encontrando-se maioritariamente abandonadas e submetidas à inclemência da Natureza, torna-se manifesta e preocupante a sua rápida degradação e a sua transfiguração em simples terra.

Nos tempos atuais em que a necessidade de procurar formas sustentáveis de construção é uma preocupação genericamente aceite e que a reabilitação das construções existentes assume um papel fundamental nessa busca da sustentabilidade construtiva, procura-se apresentar aspectos essenciais dessa possível reabilitação, designadamente das dificuldades colocadas em termos estruturais, tentando responder às questões que se vão deparando, face a uma vulnerabilidade intrínseca que não pode ser escamoteada.

2. A TERRA CRUA COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

A construção com terra foi prática corrente ao longo dos séculos até à primeira metade do século XX, quando surgiu a preponderância avassaladora do betão armado. Até então as edificações eram executadas quase exclusivamente em alvenaria de terra ou de pedra, embora se verificasse alguma utilização de outros materiais, como a madeira e o aço.

Apesar de se poder pensar que se deve aos Muçulmanos a introdução da construção em terra, na península Ibérica, tal não corresponde à verdade. Sofreu contudo, inegavelmente, um grande impulso com a colonização árabe nos séculos XI e XII, especificamente a técnica construtiva da taipa no sul do país, designadamente de carácter militar, presente em diversas fortificações.

Diversificados sistemas construtivos se podem encontrar por esse mundo fora, tendo o grupo de investigação Craterre, sediado na Universidade de Arquitetura de Grenoble, talvez o expoente máximo do conhecimento e divulgação da construção em terra, identificado 18 técnicas tradicionais diferentes [2].

Portugal será um dos países com um património de construção em terra mais importante de toda a Europa e, apesar da utilização da terra enquanto material de construção ter mais expressão no Sul do país, é possível identificar construções em terra um pouco por todo o território, utilizando três distintas técnicas construtivas, o adobe, o tabique e a taipa (Figura 1) [3].

O adobe, pequeno bloco de terra crua seca ao sol cuja sobreposição possibilita a construção de paredes resistentes, predomina na zona litoral Ocidental. Embora se encontrem construções com adobes em outras regiões, é na província da Beira Litoral e especificamente na zona da cidade de Aveiro que a construção em adobe prepondera e onde se encontram exemplares belíssimos de Arte Nova.

A técnica construtiva do tabique consiste na fixação por pregagem, sobre tábuas colocadas ao alto, de ripas horizontais, um fasquiado de madeira, cana ou vime, sendo este entrançado preenchido com terra e, eventualmente, pedras e fibras vegetais. Encontram-se construções em tabique, sobretudo no Interior Norte e Centro.

Finalmente, o sistema construtivo da taipa observado essencialmente no Sul do país, nas províncias do Alentejo e do Algarve. Consiste na concretização “in situ” de blocos de apreciável

dimensão devidamente compactados, no interior de moldes de madeira, os taipais, constituindo uma construção praticamente monolítica.



Figura 1. Construções em adobe, tabique e taipa.

3. A CONSTRUÇÃO COM TERRA CRUA NO ALGARVE

No Algarve, a zona sobre a qual incidiu a investigação, embora se encontrem construções em terra crua em toda a sua extensão, quase exclusivamente executadas segundo a técnica construtiva da taipa, é sobretudo na metade ocidental que se encontra a maioria das edificações. Construções em terra de variados tipos, tais como moinhos e silos para cereais, em ambos os casos de planta circular, armazéns de planta retangular e apreciável dimensão, muralhas militares e, sobretudo as edificações vernaculares civis, que irão constituir a base deste artigo.

Identificam-se diversos exemplos de construções militares, nomeadamente muralhas de antigas fortificações árabes, tais como Castelo Belinho, Silves, Salir, Faro, Cacela Velha ou o Castelo de Paderne. Apresentam características próprias de edificações destinadas essencialmente à defesa, obviamente distintas das reservadas à habitação, com uma dimensão incomparável. Por outro lado, constata-se a introdução de apreciável percentagem de cal aérea à terra, o que confere a esta taipa militar, distinta da denominada taipa civil, um otimizado comportamento.

No que respeita às construções vernaculares, efetuou-se o reconhecimento e análise de inúmeras, visando caracterizar o património edificado ainda existente, designadamente, através da respetiva caracterização arquitetónica e construtiva.

Construídas ao longo de anos, essencialmente ao longo do século XIX e primeira metade do século XX, encontram-se actualmente, na sua maioria, completamente abandonadas, apresentando em consequência um estado acentuado de degradação, sem qualquer cobertura que permita proteger minimamente as paredes. Por outro lado, esta deterioração acentuada possibilitou a acessível recolha de amostras para posterior análise em laboratório.

Trata-se, na maioria dos casos, de construções modestas com diversas utilizações, desde pequenos currais para guardar os animais e arrecadações de cereais e outros produtos agrícolas, mas sobretudo a habitações familiares quase sempre com um único piso térreo, sendo muito rara a existência de dois pisos.

Caracterizam-se pela regularidade da planta retangular com um muito reduzido número e dimensão de aberturas, sendo frequente a existência somente de duas a três aberturas em toda a envolvente exterior, correspondendo a uma ou duas pequenas portas de acesso e uma ou duas janelas de reduzida dimensão, dispostas na fachada principal ou em fachadas opostas para assegurar alguma ventilação do espaço.

A direção preferencial da fachada principal é a Sul, encontrando-se mais de 80% das

construções orientadas entre os quadrantes Este e Oeste. Mais de metade das construções apresenta área inferior a 100 m², algumas mesmo com área menor que 50 m², embora noutras, a área ultrapasse os 150 m². A compartimentação interior é reduzida, maioritariamente obtida pela execução de uma parede mestra em taipa, que suporta o telhado e separa dois compartimentos. As paredes divisórias interiores são geralmente em adobe com uma espessura de, aproximadamente, 15 cm.

A espessura das paredes exteriores de taipa varia entre os 35 e os 75 cm, sendo mais habitual entre 40 e 50 cm, compactadas em camadas de 8 a 12 cm. Os blocos constituintes apresentam uma dimensão média de 1.5 m de comprimento e 0.5 m de altura, entre os quais se dispõem juntas horizontais constituídas por terra idêntica à dos blocos ou por uma argamassa de terra e cal aérea. Sob as paredes existem geralmente embasamentos de pedra calcária ou de xisto, com uma altura variável entre 25 e 90 cm.

As coberturas em telhado apresentam uma estrutura de madeira constituída por varas cilíndricas de pinho e eucalipto com um diâmetro de 8 cm, assentes nas paredes periféricas e na parede mestra quando existe, ou na falta desta, numa viga de cumeeira em madeira, geralmente de carvalho ou castanho, de secção habitualmente retangular e cantos boleados. É rara a existência de asnas, estruturas treliçadas de madeira, que permitem anular a ocorrência da componente horizontal resultante do peso do telhado. Geralmente sob as telhas tradicionais de canudo em barro vermelho, existe um forro, quer em canas, quer em ripas de madeira. Maioritariamente os telhados são de duas águas com inclinação entre 20 e 40 %.

As construções em taipa identificadas situam-se sobretudo em espaço rural, mas também existem dentro dos aglomerados urbanos, sendo de realçar que a existência de rebocos, inviabiliza muitas vezes o seu perfeito reconhecimento.

No mapa seguinte (Figura 2), assinala-se de acordo com a tonalidade mais ou menos escura a percentagem de construções em taipa testemunhadas em cada um dos concelhos, relativamente ao total de edificações observadas. Indica-se ainda o concelho com a percentagem mais elevada, Portimão, correspondendo a 21 % da totalidade das construções. É interessante constatar que é na parte ocidental, no denominado Barlavento (zona Poente, de onde sopram os ventos dominantes de sudoeste), onde se observa a maioria das construções e que tal corresponde, efetivamente, a uma maior perigosidade sísmica, de acordo com o estabelecido no Eurocódigo 8 - Projecto de Estruturas para Resistência aos Sismos, NP EN 1998-1: 2010 [4].

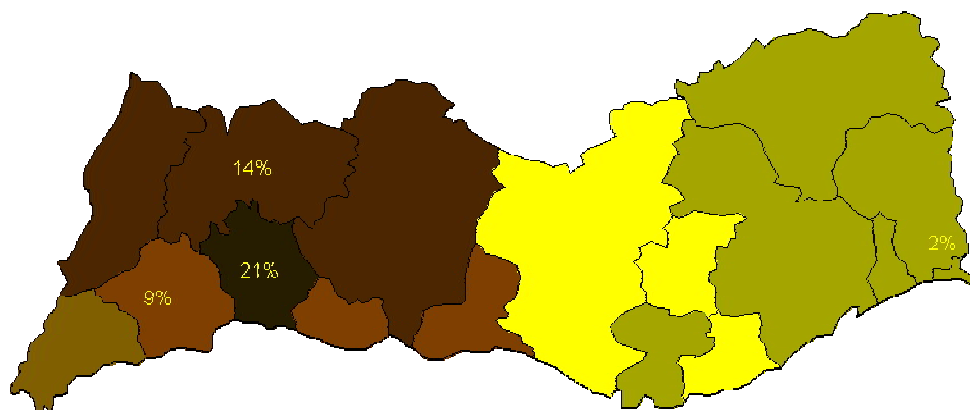


Figura 2. Distribuição percentual das construções em taipa identificadas no Algarve, Portugal.

4. POTENCIALIDADES DO MATERIAL

A principal potencialidade da utilização da terra crua na construção de edificações reside na sustentabilidade construtiva proporcionada. Natural, ecologicamente limpa e com uma ilimitada

possibilidade de reutilização é ambientalmente excelente, por ser não contaminante, não produzir desperdícios e exibir total integração paisagística. Além do mais revela uma enorme plasticidade e qualidade estética. Evidencia também um excelente desempenho, designadamente em termos térmicos (elevada inércia térmica), higrométricos (preserva um teor de humidade praticamente constante) e acústicos, o que reforça as suas potencialidades como material construtivamente sustentável [5], [6].

Para além de inegáveis potencialidades, existem contudo, evidentes limitações que terão de ser equacionadas, até para combater a baixa aceitabilidade entre a generalidade dos grupos sociais. Constatou-se que, para além da deterioração resultante da ausência de manutenção e do generalizado abandono das construções, os fatores mais perniciosos, consistem na presença da água e no comportamento mecânico, principalmente à tração e ao corte.

A presença de água provoca o debilitamento e a desintegração do material e resulta, quer da ascensão por capilaridade a partir do solo, quer de infiltrações através da envolvente, telhado e paredes, sobretudo quando a chuva é condicionada pelo vento.

Além da preliminar existência de condições construtivas apropriadas (embasamentos, telhados com beirais salientes e rebocos com argamassa de cal, empiricamente adotados), também a estabilização da terra, nomeadamente através da adição de cal, pode facilmente resolver um problema, que só a ocorrência de inundações pode tornar insolúvel, daí a necessidade de escolha criteriosa do local de implantação.

Relativamente ao comportamento mecânico, a reduzida resistência do material a esforços de tração e corte, agravada pela elevada massa das paredes, confere à construção em terra simples uma resposta manifestamente insuficiente perante a ação sísmica, conduzindo à ocorrência de danos severos (Figura 3) ou ao colapso total das estruturas. O comportamento frágil do material aconselha a utilização de uma solução estrutural com suficiente ductilidade para assegurar um comportamento eficiente perante a incidência de ações sísmicas.



Figura 3. Fissuração de origem estrutural em paredes.

Evidenciando as preocupações que resultaram das debilidades estruturais sentidas ao longo dos anos, constata-se a existência de soluções expeditas de “reforço” (Figura 4 e Figura 5), visando dotar a estrutura de um melhor desempenho face, principalmente, a ações horizontais. Contribuindo para aumentar a inércia das paredes, verifica-se a introdução de contrafortes ou poiais funcionando como travamento das paredes, de forma a impedir a sua rotação para o

exterior, perante ações horizontais resultantes da cobertura, ou mesmo de ocorrências sísmicas. Para assegurar a ligação dos diversos panos de parede, seria ainda comum a utilização de tirantes em aço colocados no interior das paredes que funcionariam como armadura passiva ou a introdução de cintas, colocadas perifericamente pelo exterior dos paramentos.



Figura 4. Existência de contraforte



Figura 5. Colocação de tirante

5. REABILITAÇÃO

O património vernáculo está completamente desprotegido pela dificuldade de assegurar meios para se proceder à respetiva recuperação. Se já no património monumental, bem mais atrativo e espetacular, se faz sentir de forma angustiante a escassez de meios para atuar, protegendo e conservando o que existe, nas construções vernaculares, que em termos de monumentalidade são bastante pobres, a tarefa torna-se hercúlea e eventualmente inglória.

Pela sua manifesta debilidade, só um esforço concertado dos que lhe reconhecem um valor imperdível e irrecuperável, poderá obstar ao seu progressivo desmantelamento. Trata-se de identificar, apreender e conservar os trabalhos, os sistemas construtivos, as técnicas e tecnologias usadas, enquanto expressão social, cultural e artística dos nossos antepassados.

Face à degradação progressiva das estruturas de terra crua e às particularidades e debilidades de um material, muito suscetível quando a respetiva proteção deixa de funcionar, torna-se urgente agir, preservando a autenticidade histórica, arquitetónica, construtiva e cultural.

Além da vulnerabilidade do material construtivo, as pessoas que estão ainda associadas às construções constituem, na sua generalidade, um conjunto sem qualquer possibilidade real de ter uma voz ativa, cronologicamente envelhecido, economicamente desprivilegiado e, até socialmente excluído; o que torna ainda mais problemático o sucesso de uma atuação.

Se em qualquer intervenção se torna essencial o cumprimento de exigências básicas, nas intervenções em construções em terra crua, tal ainda se torna, porventura, mais premente. A, progressivamente, mais reduzida quantidade de construções em terra, o estado de degradação apresentado por algumas ainda existentes, mas completamente abandonadas à espera do iminente colapso e a importância da preservação deste precioso património, são razões suficientes para justificar todo um conjunto de requisitos mínimos.

Trata-se de princípios básicos de intervenção, designadamente, de autenticidade (materiais e soluções construtivas e tecnológicas adotadas), compatibilidade (entre o original e o novo), reversibilidade (não inviabilizando uma otimizada intervenção posterior) e minimalismo da intervenção (menor intrusividade possível) [7].

Exigências ainda, de durabilidade e de economia, mas sobretudo de segurança estrutural, já que sem assegurar a integridade estrutural prévia das construções, se torna supérflua, inapropriada e

sem sentido, qualquer outra intervenção.

6. ENSAIOS REALIZADOS

Para efetuar a modelação foi escolhida uma edificação em taipa abandonada localizada nas proximidades de Odelouca (Figura 6 e Figura 7), já anteriormente analisada [8], com as seguintes coordenadas $37^{\circ} 12.521' N$ e $8^{\circ} 30.529' W$. e que apresentava atributos considerados essenciais. Por um lado, características arquitetónicas e construtivas representativas da tipologia predominante; por outro, ser possível a recolha de terra das paredes, sem provocar danos desnecessários, pois a utilização da própria terra retirada “in situ” constituía requisito fundamental para se poder efetuar laboratorialmente a respetiva caracterização.

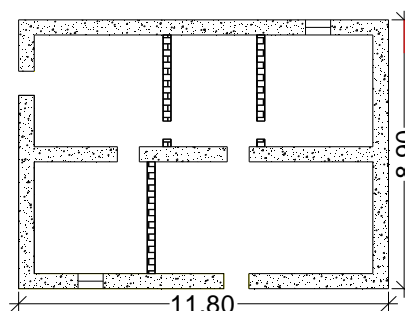


Figura 6. Aspeto geral da edificação selecionada

Figura 7. Planta da construção

Por ausência de quaisquer elementos regulamentares para a terra, a caracterização mecânica foi efetuada com base em ensaios regulamentares existentes para materiais similares, através de procedimentos adaptados às condições específicas próprias.

A quantificação da resistência à compressão, à tracção por flexão e ao corte, bem como a determinação do respectivo módulo de elasticidade, foi efectuada através de ensaios, quer de pequenos blocos de terra retirados directamente das construções, quer de provetes de diversas dimensões executados em laboratório com o material recolhido no local, designadamente, prismas com $40 \times 40 \times 160$ [mm], cubos com 200 [mm], blocos simples com $200 \times 200 \times 500$ [mm] e pequenos muretes constituídos por três camadas justapostas, perfazendo $200 \times 500 \times 600$ [mm].

Constituindo os dados mais significativos, apresentam-se os valores obtidos com os muretes (módulo de elasticidade, resistência à compressão uniaxial e resistência ao corte) e blocos (resistência à tracção por flexão).

A determinação do módulo de elasticidade foi efectuada através do ensaio de muretes triplos de terra crua, cada um com as dimensões de $500 \times 200 \times 200$ [mm], sobrepostos simulando a execução de taipa e perfazendo uma altura total de 600 mm (Figura 8), de acordo com o preconizado na norma NP EN 1052-1: 2002 [9].

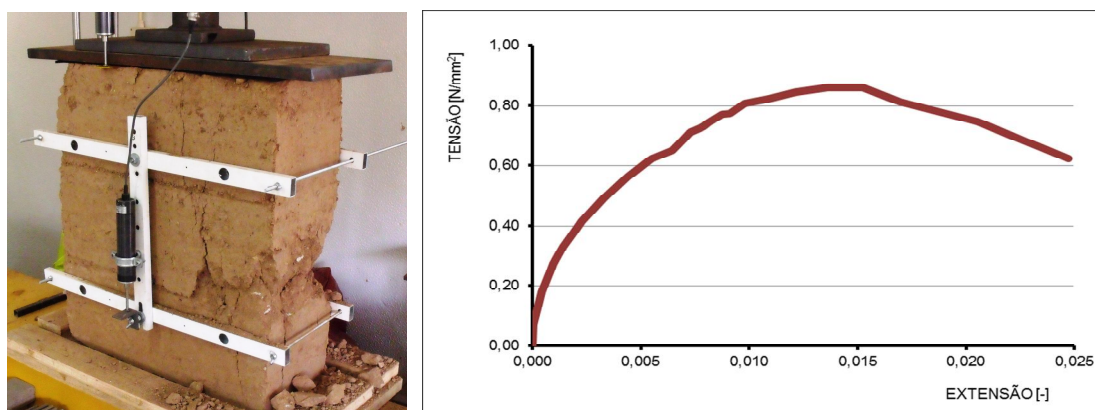


Figura 8. Determinação do módulo de elasticidade no murete de taipa.

O valor calculado para o módulo de elasticidade foi de 256 N/mm^2 , valor 294 vezes superior à tensão de resistência à compressão, obtida no mesmo ensaio, e que foi de 0.87 N/mm^2 .

A resistência ao corte foi determinada igualmente em muretes triplos de terra crua (Figura 9), tal como no ensaio anteriormente descrito, de acordo com a Norma para determinação da resistência inicial ao corte de alvenarias, NP EN 1052-3: 2005 [10].

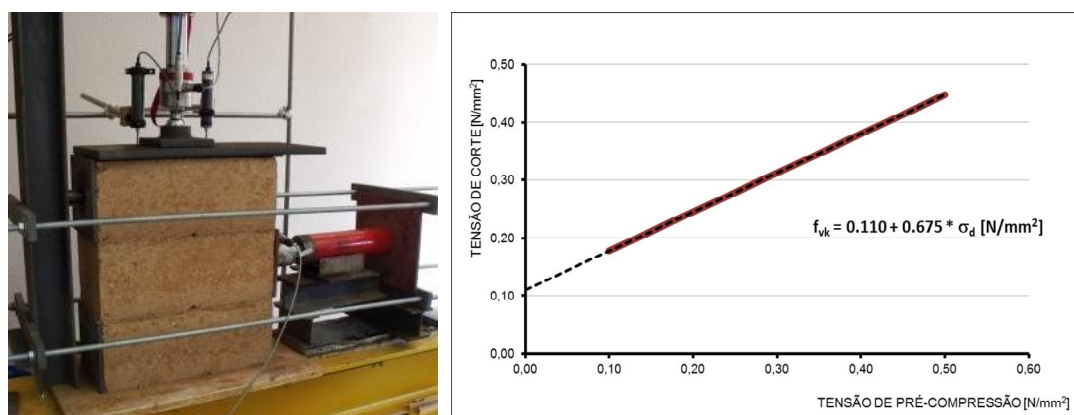


Figura 9. Ensaio para a determinação da resistência inicial ao corte e ângulo de atrito interno.

Obtiveram-se os valores representados na figura acima, valores característicos da resistência inicial ao corte $f_{vok} = 0.110 \text{ N/mm}^2$ e do ângulo de atrito interno, $\alpha_k = 34^\circ$, correspondentes a 80 % dos valores médios obtidos no ensaio.

A avaliação da resistência à tração por flexão [f_{xt}] foi efetuada através de blocos simples de $200 \times 200 \times 500 \text{ [mm]}$ adaptando as indicações da Norma relativa ao método de ensaio para alvenaria, NP EN 1052-2: 2002 [11].

O valor médio obtido foi de 0.22 N/mm^2 , o que traduz uma resistência à tração de 20.2 %, relativamente à compressão obtida no ensaio dos muretes, anteriormente referido.

7. COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

A reabilitação estrutural do património construído em taipa no Algarve é um problema de grande

complexidade. A principal dificuldade dessa reabilitação está relacionada com a reduzida resistência do material, tal como foi possível constatar nos ensaios laboratoriais realizados. Atendendo a que o Algarve é, provavelmente, a região de Portugal Continental que apresenta maior perigosidade sísmica, a reabilitação do património edificado em taipa terá, naturalmente, que contemplar a questão da segurança estrutural.

A EN 1998-3:2005 [12], (a parte 3 do Eurocódigo 8), foi especialmente desenvolvida para enquadrar a avaliação e reforço de edifícios antigos cujas construções não contemplaram a resistência sísmica, ou em zonas onde estudos recentes de perigosidade sísmica assim o exijam. As construções existentes realizadas em taipa estão abrangidas por estes dois tópicos, dada a sua fraca resistência estrutural, e atendendo ao facto da ação sísmica ter sido, recentemente, agravada para o Algarve, principalmente para o Barlavento Algarvio em solos mais brandos [4], em virtude dos resultados obtidos de estudos de perigosidade sísmica mais recentes.

As análises sísmicas (dinâmicas) de construções tradicionais de taipa [8] realizadas com modelos tridimensionais de comportamento linear, permitiram observar que ocorre uma grande concentração de tensões nos nós de ligação entre as diversas paredes de alvenaria de taipa, decorrente da ação sísmica (Figura 10), o que parece estar em conformidade com alguns danos observados em construções existentes no Algarve (Figura 3).

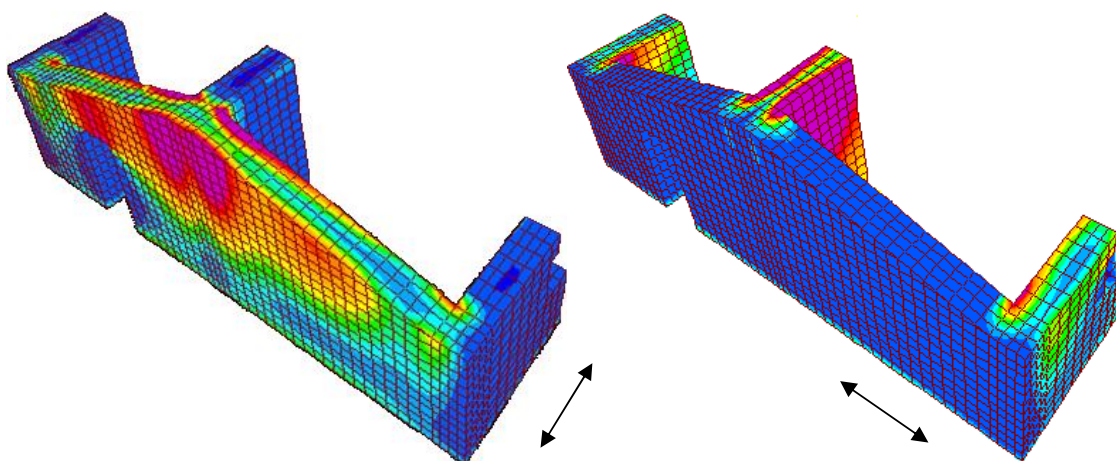


Figura 10. Concentração de tensões nas ligações entre paredes, resultantes da ação sísmica.

As ligações entre a estrutura do telhado e as paredes, também apresentam elevadas concentrações de tensões, podendo ser agravadas pelo efeito da componente vertical de vibração da ação dos sismos, nas situações em que a estrutura do telhado é constituída por elementos lineares diagonais, que introduzem importantes forças horizontais nos topos das paredes de alvenaria de taipa.

A ligação entre as paredes de taipa e as fundações também é um fator de preocupação. As análises não lineares planas preliminares realizadas com o programa FIBERBLOC2D [13], mostraram que, face à fraca resistência da ligação (e com elevada descontinuidade), surgem, para valores baixos da ação sísmica, fissuras entre a parede e a fundação. A resposta dinâmica dos edifícios de taipa parece demonstrar que a dissipação de energia está associada a um mecanismo de corpo rígido, com a criação de uma articulação ao nível da fundação, e que depende do rácio espessura/altura das paredes.

Relativamente às aberturas, tanto as análises sísmicas lineares tridimensionais, como as análises sísmicas não lineares planas preliminares, evidenciaram uma elevada concentração de tensões nessas zonas, onde poderão ocorrer danos importantes (Figura 11).

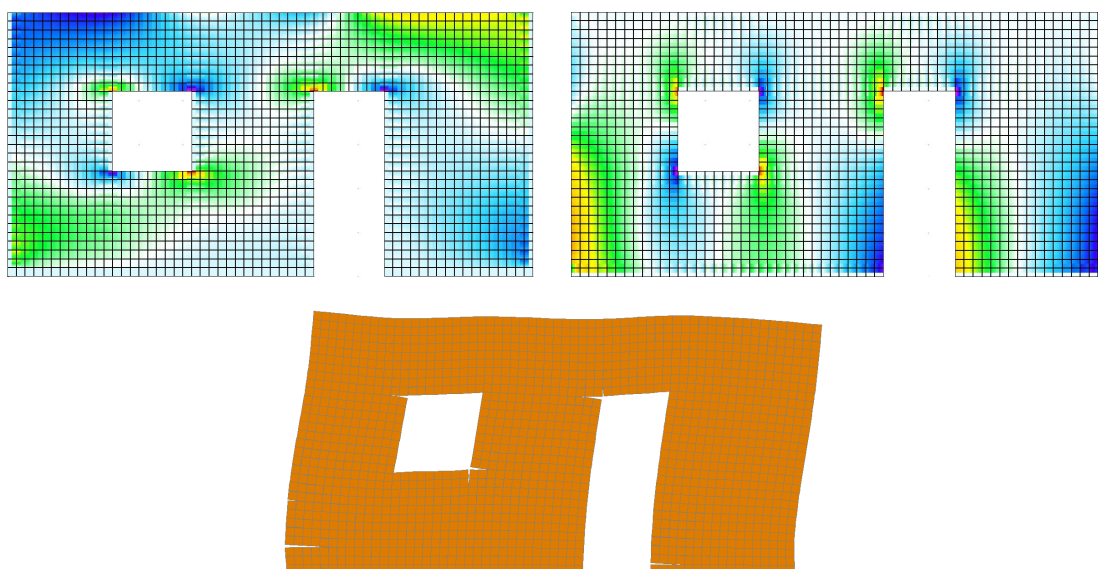


Figura 11. Concentrações de tensões (σ_x e σ_y) e danos em aberturas existentes em paredes de alvenaria de taipa, obtidos com o programa FIBERBLOC2D [13].

8. CONCLUSÕES

- A construção com terra, associando conhecimentos ancestrais vernaculares com tecnologias atuais, poderá constituir, em condições bem específicas, uma alternativa, pelas suas potencialidades estéticas, ecológicas e económicas, e pelo seu desempenho térmico, acústico e higrométrico.
- Embora com incontestáveis potencialidades, apresenta significativas vulnerabilidades, designadamente face ao humedecimento e face a ações horizontais, sobretudo a ação sísmica, com particular incidência no Algarve, onde existe uma elevada perigosidade (a mais elevada de Portugal Continental).
- Com a investigação que se vem desenvolvendo e a consequente caracterização mecânica do material extraído das próprias construções, dispõe-se de dados fiáveis para a elaboração de análises numéricas dinâmicas não lineares, na procura de uma conceção de reforço estrutural otimizada, que possa impedir o colapso das construções e uma possível consequente perda de vidas humanas, aquando da ocorrência de um evento sísmico significativo,
- Importa legar às gerações vindouras um património edificado vernacular que reflita a forma de viver dos nossos antepassados, através da preservação do cada vez mais reduzido património que nos resta, encarando as dificuldades e apresentando soluções concetuais e técnicas de reabilitação e reforço exequíveis e sustentáveis.
- Diversificadas dificuldades se colocam à reabilitação das construções de taipa. Assumindo como premissa básica a garantia da segurança das pessoas, torna-se ainda necessário, assegurar a articulação entre o existente e o novo, respeitando a autenticidade e a compatibilidade de materiais e processos construtivos e a indispensável sustentabilidade da solução de reabilitação em termos ambientais, sociais e económicos,.

REFERÊNCIAS

- [1] V. Coutinho, *Dinâmica defensiva da costa do Algarve - Do período islâmico ao século XVIII*. Instituto de Cultura Ibero-Atlântica, 168 p, (2001).
- [2] H. Houben.e H. Guillaud, *Traité de Construction en Terre*, Craterre, Editions Parenthèses, Marseille, France, (1989).
- [3] A. M. Braga, *Construcciones en tierra cruda en el Algarve. Potencialidades como material alternativo y sostenible*. Tese de doutoramento, U. Sevilla, (2012).
- [4] IPQ, NP EN 1998-1. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, (2010).
- [5] F. P. Torgal, R. M. G. Eires e S. Jalali, *Construção em Terra*, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, (2009).
- [6] K. Heathcote, "The thermal performance of earth buildings". *Informes de la construcción. La tierra, material de construcción*, Volumen 63, Nº 523, Madrid, España, (2011).
- [7] Icomos, *Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do património arquitetónico*, Universidade do Minho, (2001).
- [8] A. M. Braga e J. M. C. Estêvão, *Os sismos e a construção em taipa no Algarve*, 8º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica, Aveiro, (2010).
- [9] IPQ NP EN 1052-1. Método de ensaio para alvenaria. Parte 1: Determinação da resistência à compressão. Instituto Português da Qualidade, Caparica. (2002).
- [10] IPQ NP EN 1052-3. Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 3: Determinação da resistência inicial ao corte. Instituto Português da Qualidade, Caparica. (2005).
- [11] IPQ NP EN 1052-2. Método de ensaio para alvenaria. Parte 2: Determinação da resistência à flexão. Instituto Português da Qualidade, Caparica. (2002).
- [12] IPQ, NP EN 1998-3. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 3: Avaliação e reforço de edifícios. Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, (2005).
- [13] J. M. C. Estêvão, *Efeitos da ação sísmica no comportamento de edifícios de betão armado com alvenarias de enchimento*. Tese de doutoramento, IST-UTL, 452 p. (2012).