

Compatibilidade Milenar [A TERRA E A CAL]

Alfredo Manuel Braga

Área departamental de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus da Penha 8005-139 Faro; n.º t. 289 800154, t.m. 91 9359123, fax 289800183; abruga@ualg.pt

Tema: Materiais e Comportamento

Palavras-chave: Terra crua, Cal, Materiais alternativos

RESUMO

A construção com terra, ao permitir despertar conhecimentos ancestrais vernaculares e ao aperfeiçoá-los com tecnologias actuais, possibilita uma construção ecologicamente mais sustentável, respeitadora dos valores sócio-culturais e com uma dimensão verdadeiramente humana.

A cal, cuja compatibilidade com a terra é absoluta, utilizada em revestimentos e criando superfícies arquitectónicas belíssimas, possibilita ainda, uma estabilização da própria terra enquanto material construtivo, podendo conferir-lhe uma optimização de desempenho.

Por razões essencialmente ideológicas, quer a construção em terra crua, quer os revestimentos de cal, deixaram de ser uma prática corrente passando esses materiais a ser considerados “pobres”, “fracos” e “sujos”, inerentes ao sub-desenvolvimento e, devido à ausência de caracterização científica e experimentação tecnológica, o seu conhecimento empírico foi desaparecendo.

É contra o esquecimento e a diabolização com que ambas foram presenteadas, que é urgente evidenciar as suas efectivas potencialidades, não só em intervenções no património edificado, mas também como opção em construções novas, como eventual alternativa à insustentabilidade da construção contemporânea. Altamente poluidora, com elevada produção de gases com efeito de estufa, com grande geração de entulhos e com comportamento termo-higrométrico extremamente deficiente.

Nesta comunicação apresentam-se os primeiros resultados de um estudo experimental em que, tomando como ponto de partida, estes materiais de construção milenares, se busca a optimização do seu comportamento através da adição de outros produtos. Ensaios granulométricos, minerais argilosos por difracção de raios X, resistência à compressão, à flexotraccção e ao corte. Simulação estrutural.

1. INTRODUÇÃO

Pretende-se apresentar os passos iniciais de uma investigação que se está a desenvolver sobre as potencialidades da terra e da cal como materiais construtivos alternativos ao monopólio de que, na actualidade desfrutam, o betão, o aço e o tijolo. Será que teremos que continuar passivamente a sofrer os efeitos de indústrias altamente poluentes como a siderúrgica ou a cimenteira, sem nada fazer? Claro que não. Claro que há alternativas.

É neste contexto que este trabalho se insere, questionando se a terra e a cal podem ser, efectivamente, opções válidas para a reabilitação do nosso património edificado (o que é mais pacífico) e, sobretudo, para a construção de novas edificações. Construções optimizadas, baseadas numa perspectiva arquitectónica inteligente e apoiadas numa verificação estrutural irrefutável.

A nossa atitude não é de fé, acreditando piamente nas propriedades miraculosas destes materiais e, com este pressuposto ideológico, tentar prová-lo, seja de que forma for. De modo algum!

Simplesmente, sabemos que os materiais hoje em dia hegemónicos, são perniciosos e que é urgente substituí-los, começando desde já a tornar isso possível.

Por isso, estamos a averiguar a possibilidade da terra e da cal, isoladamente ou aditivados, poderem apresentar suficiente fiabilidade para constituírem uma alternativa exequível a esses outros materiais tão comumente celebrados. Porém, com uma permanente flexibilidade e abertura intelectual para uma sua eventual substituição no futuro, por outros que, entretanto, se revelem superiores.

2. A TERRA E A CAL. MATERIAIS ALTERNATIVOS

Por razões essencialmente ideológicas, a construção em terra crua e os revestimentos de cal, deixaram de ser uma prática corrente, sendo os materiais menosprezados. Considerados “pobres”, “frágeis” e “sujos”, conotados com o subdesenvolvimento, o que, aliado à ausência de uma sua caracterização científica bem como de experimentação tecnológica, implicou o desaparecimento do seu conhecimento empírico.

Posicionamo-nos claramente contra este esquecimento conscientemente provocado. Considerando indispensável reabilitar as construções existentes, é todavia desejável e obrigatório igualmente reabilitar e dignificar, previamente, as técnicas ancestrais e o “saber fazer” subjacente.

Os nossos antepassados construíam as suas habitações respeitando a Natureza e as condições que esta lhes impunha, numa relação saudavelmente directa. Posteriormente, esqueceu-se que o mundo não era infinito, que os recursos tão pouco o eram. A energia de origem fóssil esgotar-se-ia a breve prazo, a água não estaria perpetuamente disponível e a poluição haveria de causar danos eventualmente irreversíveis no nosso planeta. A indústria da construção contribui consideravelmente para esta deterioração.

A Terra está cheia! E as soluções para os problemas ambientais não serão encontradas, inevitavelmente, com o desenvolvimento tecnológico, como nos pretendem fazer crer.

A nossa civilização consumista, ultrapassou já os limites aceitáveis. Como afirma Garcia: “... *la civilización industrial ha entrado en una fase de translimitación, en la que los límites naturales al crecimiento han sido traspasados. ...un nuevo equilibrio exigirá ahora una fase prolongada de decrecimiento, de des-desarrollo*”. (Garcia 2004: 2).

A irreversibilidade da degradação é um facto.

Nós que ainda não estamos completamente alienados da realidade, homens e mulheres a quem resta alguma lucidez e, ainda por cima, técnicos directamente envolvidos, arquitectos ou engenheiros, pouco importa, temos que assumir opções claras.

O eco-desenvolvimento, deverá constituir uma alternativa aos modelos de sociedade existentes, à sociedade tradicional de subsistência e à sociedade globalizante (Rodrigues 2005: 4)

Há que utilizar materiais biocompatíveis, que não agridam os ecossistemas, a flora, a fauna, o próprio homem e a sua envolvência, o ar, a água e os recursos naturais. Materiais autóctones, que não requerem exagerados consumos energéticos na sua produção, não dilapidam recursos porque não têm que ser transportados e que são duráveis, recicláveis e não geradores de resíduos tóxicos ou poluentes.

Dois dos materiais que cumprem estes requisitos são a Terra e a Cal.

A Terra. Há muitos milhares de anos terão surgido os primeiros povoados que escolheram o material terra para erigir todo o tipo de construções, nos mais diferentes lugares e em quase todas as culturas e civilizações.

As suas propriedades são variadas. Abundante na maioria das regiões. Custo sem significado. De fácil extracção. A sua existência próxima ao local da obra vai possibilitar um preço de transporte insignificante. Simplicidade de execução. Resistente ao fogo. Excelente comportamento térmico e acústico. Capacidade de regulação das alterações higrométricas. Ecologicamente limpa e com uma ilimitada possibilidade de reciclagem. Ambientalmente apropriada, por ser natural e não contaminante; ter um consumo de energia mínimo e não produzir desperdícios.

Nem tudo serão vantagens. O principal problema é a sua reduzida resistência à tracção e ao corte, o que é susceptível de causar o colapso da estrutura na sequência de movimentos sísmicos. Também a durabilidade é afectada com o humedecimento provocado pela chuva, pela erosão e por impactos. Por idêntica razão apresenta resistência nula face à ocorrência de inundações. Por outro lado é baixa a sua

aceitabilidade entre os distintos grupos sociais e existe repúdio institucional na maioria dos países.

Contudo existem no mundo diversificadas técnicas tradicionais de construção com terra. O grupo CRATerre (Houben 1989: 15), por exemplo, identificou 12 sistemas fundamentalmente diferentes e dezenas de variantes. Na taipa militar a terra era misturada com cal o que permitia conferir-lhe uma extrema dureza. Na Península Ibérica, ainda se observam diversas construções em adobe e em taipa, sendo este o processo mais utilizado, sobretudo no Sul. No Algarve observam-se, ainda hoje, os melhores vestígios da arquitectura militar em taipa, tipicamente árabes, com especial incidência no Castelo de Paderne, do período Almóada no Garb al-Andaluz.

A cal. Obtida através da calcinação de rochas calcárias e conchas marinhas, a cal é usada há milhares de anos. Na Mesopotâmia ou na civilização Maia, pelos Egípcios, pelos Gregos ou pelos Romanos, praticamente todos os povos a utilizaram (Rojas 2002:75-96).

O Panteão de Roma, ou a Catedral de Sevilha são apenas dois exemplos demonstrativos das suas potencialidades.

Como reboco em diversificados e belíssimos revestimentos, em pinturas de imaculada brancura, mas igualmente como agente aglutinador de pedras, possibilitando uma favorável repartição das cargas actuantes sobre as estruturas e as fundações, ou ainda, como ligante na confecção de betões de cal, resistentes e estanques, a sua utilização universalizou-se.

Boa aderência, por um lado, aos agregados e, por outro, aos materiais do suporte. Baixo coeficiente de capilaridade. Excelente plasticidade e maneabilidade. Elevada permeabilidade ao vapor de água dos rebocos e pinturas de cal. Elasticidade e ausência de fissuração. Bactericida, evita o surgimento de eflorescências provocadas por fungos e mofos, devido às suas características fungicidas. Reduzido módulo de elasticidade. Regulador da humidade, absorvendo-a quando em excesso e restituindo-a quando o ambiente fica seco. Grande durabilidade, com milénios de comprovação. Gastos de energia muito inferiores aos necessários à produção do cimento. Muito menos poluente: o seu processo de cura, com absorção do gás carbónico do ar, o grande responsável pelo efeito de estufa, como sabemos, é ambientalmente muito favorável. Ecologicamente a pedra, o carbonato cálcico volta novamente a ser pedra outra vez, com a capacidade de intervenção e de criatividade dos homens. Inigualável relação com a luz e o tacto, apresentando cor e textura fantásticas. Não é por acaso que os fabricantes de tintas tentam apresentar os seus produtos artificiais, imitando-a. Permitindo autenticidade na reabilitação dos edifícios antigos e uma absoluta compatibilidade com os suportes existentes, que o cimento com a sua rigidez e a sua menor impermeabilidade ao vapor, que não é água, vai adulterar (Rodrigues 2005: 9-11).

3. TRABALHO EXPERIMENTAL

TRABALHO DE CAMPO

O estudo que se vem desenvolvendo, incidiu sobre diversos edifícios em taipa ainda existentes no Sul do país. Designadamente, habitações rurais localizadas na Serra de Monchique e outras em São Luís, Boliqueime e Almodôvar

Genericamente a sua tipologia construtiva é de residências de piso único, com uma altura não superior a 2,50 m e coberturas em telhado de duas águas, revestidos com telha tradicional de barro vermelho e beirados salientes. A planta é rectangular e as suas formas são puras e maciças. O número de compartimentos é variável entre 3 e 6. Os vãos são em número reduzido e de pequena dimensão. As paredes exteriores têm uma espessura média de 50 cm e os blocos de taipa apresentam dimensões variáveis, à volta de 0.50 m de altura e 1.50 m de comprimento. As paredes interiores de adobe

têm, geralmente, uma espessura de 20 cm. Observa-se, com alguma frequência, a existência de contrafortes para contrariar os impulsos horizontais, designadamente originados pelos telhados.

Refere-se também um caso de reabilitação de uma habitação rural em taipa, localizada em Almodôvar, onde a importância de manter uma referência patrimonial com as suas vetustas paredes e a sua memória, se sobrepôs à intransigência projectual. Preferindo-se, sem qualquer dúvida, uma solução em que se privilegiasse a compatibilidade entre a estrutura existente e o reforço estrutural a implementar, optou-se inicialmente por conceber o reforço através de uma estrutura em madeira. A terra e a madeira são materiais ecologicamente naturais e, por apresentarem módulos de elasticidade mais compatíveis, permitem assegurar a optimização do respectivo comportamento mecânico conjunto, sobretudo a médio e longo prazo. Simplesmente, a dificuldade prática em conseguir localmente resolver os problemas resultante da necessidade de assegurar um nível qualitativo mínimo do material a utilizar e da mão-de-obra indispensável ao seu manuseamento, tornou-se intransponível. Embora se preconizasse a utilização de madeira maciça ou, alternativamente, lamelado de madeira, sendo uma obra com um grau de dificuldade extremamente reduzido, revelou-se financeiramente inexecutável, pelo menos na perspectiva determinante do dono de obra. Acabou, assim, por se optar pela introdução de uma estrutura de reforço constituída por elementos verticais e horizontais de betão armado convenientemente ligados, constituindo um pórtico tridimensional e, ainda, pela inclusão de uma rede polimérica no reboco dos paramentos. (Fig. 1)



Fig. 1 - Reforço estrutural a implementar numa habitação

Utilizou-se um programa de cálculo estrutural, o SAP 2000 para simulação do comportamento da estrutura e visualização dos respectivos esforços mais gravosos, especialmente sob a acção sísmica [sismo tipo I, do R.S.A.] (Fig. 2)

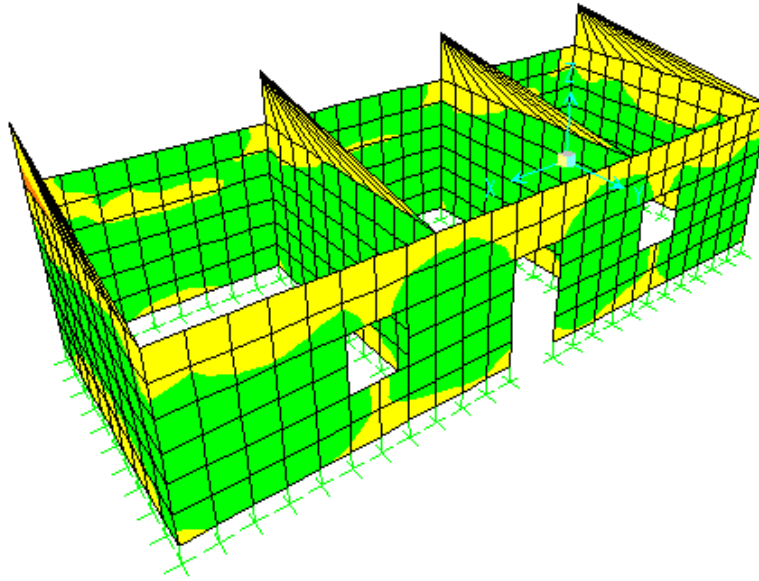


Fig. 2 – Simulação estrutural no SAP 2000. Visualização das tensões originadas pela acção do sismo tipo I

TRABALHOS DE LABORATÓRIO

Procedeu-se à realização de múltiplos e diversificados ensaios no Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve.

Utilizaram-se solos provenientes de diversas localizações, de quatro diferentes locais na Serra de Monchique, de São Luís, de Boliqueime e de Almodôvar.

As análises granulométricas foram obviamente executadas com amostras integrais. Para a preparação dos provetes, visando a caracterização da resistência mecânica, procedeu-se à passagem pelo peneiro n.º 4 de forma a utilizar-se unicamente material com granulometria inferior a 4.76 mm.

Foi com este material que se executaram, quer a generalidade dos provetes com 40 * 40 * 160, quer alguns outros com 70 * 70 * 70 e 20 * 20 * 80 [dimensões expressas em mm]. A determinação da resistência à compressão e à flexotraccão foi obtida a partir dos espécimes de 40 * 40 * 160, de acordo com as disposições da norma NP EN 196-1, que embora destinada a argamassas de cimento se entendeu aplicar às amostras de terra.

Procedeu-se, igualmente, à avaliação da resistência de pequenos muretes, à compressão, à flexão e ao corte, adaptando as disposições preconizadas nas normas NP EN 1052-1, NP EN 1052-2 e NP EN 1052-3 que se reportam a métodos de ensaio para alvenaria.

Embora os ensaios de resistência possam ser mais emblemáticos, por ser mais perceptível a informação disponibilizada, há todo um conjunto de outros ensaios cujo interesse não será inferior. Referiremos, entre outros igualmente realizados, a determinação da retracção linear e a absorção de água por capilaridade.

Para cada solo, ensaiaram-se variadas adições de cal, com 4 %, 8 % e 12 %, de cimento, com as mesmas proporções da cal, de palha, com 0.25 % e 0.50 % em peso, equivalente a 12.5 % e 25 % em volume e cortada em troços com 5 cm de comprimento, de fibras de sisal, com as mesmas proporções da palha e de rede de fibra de vidro, com uma e duas camadas e também com combinações diversas destas adições. (Fig. 3)

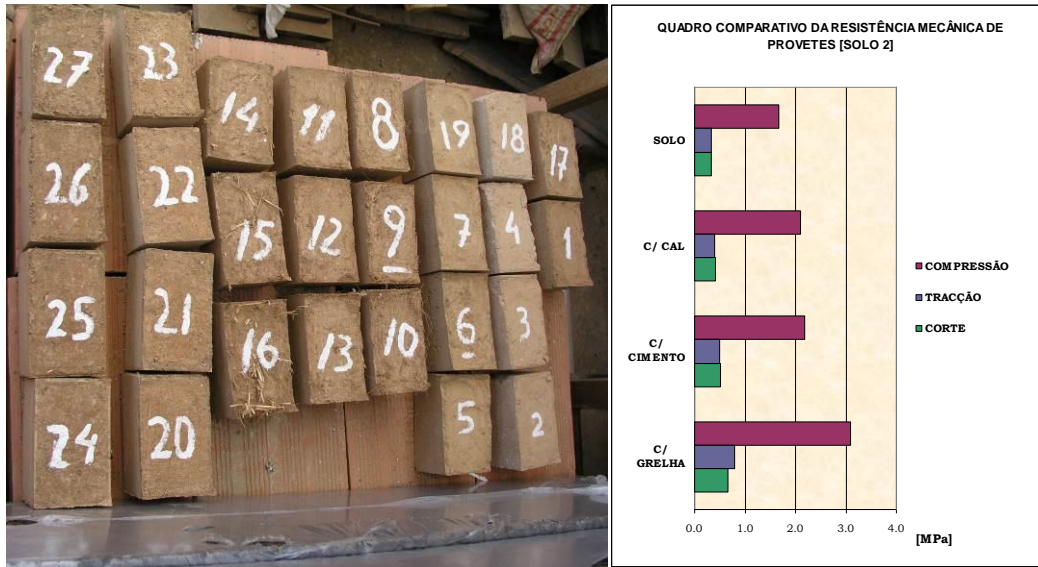


Fig. 3 – Provetes de terra com diferentes adições e quadro comparativo da resistência

Também se recorreu ao Laboratório do Instituto de Materiales do CSIC [Consejo Superior de Investigación Científica], em Seilla, onde se procedeu à análise química por energias dispersivas e por difracção de raios X e análise micro estrutural por microscopia electrónica de varrimento. (Fig. 4)

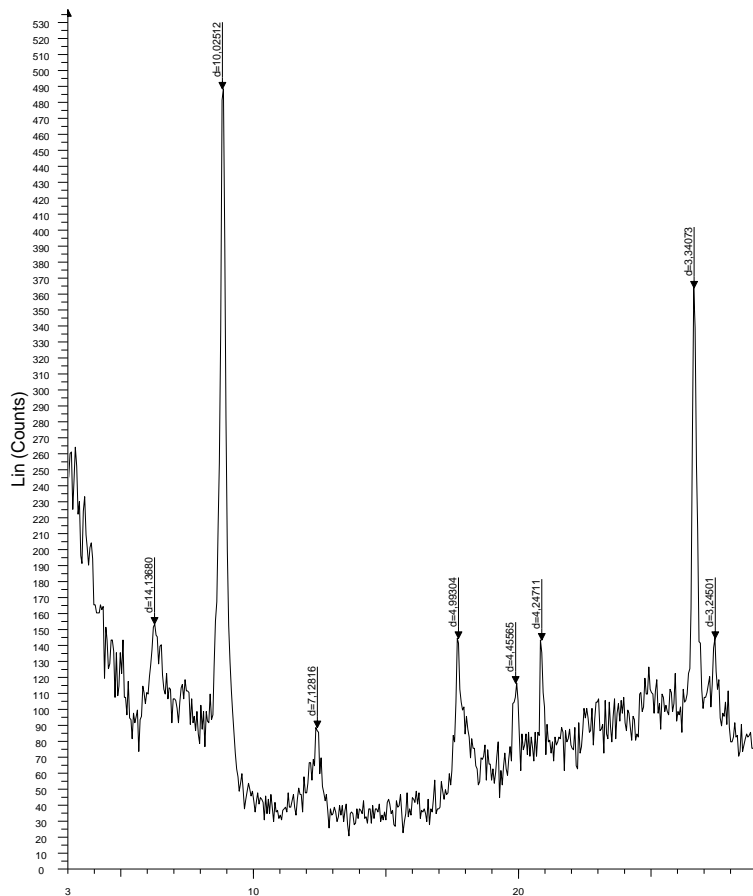


Fig. 4 – Gráfico de difracção por raios X

Para além dos resultados obtidos e das conclusões daí retiradas, importa realçar a ausência de uma normativa que, tendo em atenção as particularidades de materiais como a terra crua, possa ser implementada de forma a permitir aferir resultados obtidos em tempos e locais diferentes.

Por outro lado, queremos evidenciar as consequências negativas decorrentes da próxima entrada em vigor do Eurocódigo 6. Aí se estabelece, para o projecto de edifícios em alvenaria, a possibilidade de se empregar alvenaria simples (muito remotamente em zonas de perigosidade sísmica), armada, pré-esforçada e confinada. Prescreve-se a utilização dos seguintes tipos de unidades, perfeitamente especificados através das normas europeias a seguir indicadas:

- unidades cerâmicas, de acordo com EN 771-1;
- unidades sílico-calcárias, de acordo com EN 771-2;
- unidades de betão de inertes correntes ou leves, de acordo com EN 771-3;
- unidades de betão celular autoclavado, de acordo com EN 771-4;
- unidades de pedra artificial, de acordo com EN 771-5;
- unidades de pedra natural com forma regular, de acordo com EN 771-6.

A possibilidade de utilização de terra crua, sob qualquer processo construtivo, ficará assim praticamente impossibilitada.

REFORÇO ESTRUTURAL

Como os principais problemas para as construções com terra advêm da água e das acções sísmicas, estas variáveis deverão merecer toda a nossa atenção. Tendo em consideração os trabalhos experimentais realizados e as formulações teóricas existentes, sobretudo quando baseadas nos efeitos reais decorrentes de acções sísmicas e em ensaios realizados em mesas sísmicas, poder-se-ão estipular algumas características estruturais mínimas (Vargas 2005: 128).

Fundações estáveis e embasamento com um mínimo de 70 cm de altura de forma a evitar a ascensão de água por capilaridade. [Boas botas]

Coberturas inclinadas com pendente adequada e beirados salientes para protecção contra a chuva. [Bom chapéu]

Protecção das paredes com revestimentos de cal. [Boa gabardina]

Estruturas com regularidade e simetria em planta e em alçado, de forma a fazer coincidir o centro de massa com o centro de rigidez e assim anular eventuais efeitos de torsão.

Conexões cuidadosamente executadas para conferir ductilidade à estrutura. Os encontros entre paredes, sendo zonas sísmicamente muito vulneráveis, requerem uma particular preocupação, podendo utilizar-se elementos de madeira para otimizar essa ligação.

Ligação das paredes, na parte superior, à viga de coroamento para suportar os impulsos provenientes dos telhados e na parte inferior ao embasamento.

A esbelteza das paredes, ou seja, a relação entre a altura e a espessura, não deverá ser superior a 7 e, simultaneamente, o comprimento livre das paredes não deverá superar dez vezes a sua espessura (Lourenço 2005: 191).

Vãos em número limitado e com dimensões reduzidas, dispendo de lintéis suficientemente encastrados na alvenaria. Distanciamento suficiente entre vãos e esquinas.

Execução de lajes com suficiente rigidez de forma a constituírem diafragmas indeformáveis.

Possibilidade de reforço das paredes com materiais (por exemplo, madeira ou bambu) que possibilitem uma maior ductilidade da estrutura, resistindo a esforços de tracção e de corte e apresentando um módulo de deformabilidade compatível com a terra compactada da parede de taipa.

Sobretudo haverá que substituir os critérios tradicionais de dimensionamento baseados na resistência, por critérios de desempenho ou estabilidade, incrementando a ductilidade no comportamento global do edifício.

4. CONCLUSÕES

Os principais responsáveis pela deterioração das construções em terra são a água, sob diversas formas, seja por ascensão capilar, por precipitação ou por condensação, não esquecendo eventuais inundações; e a acção sísmica.

Relativamente à água, com algum engenho, o problema torna-se resolúvel.

Em zonas sísmicas, as construções terão de resistir a forças horizontais, de flexão e de torsão induzidas pelo sismo e que vão desenvolver esforços de tracção e de corte muito significativos nas estruturas. A conseqüente ocorrência de falhas frágeis pode provocar o colapso súbito das edificações, com perda de vidas além de danos materiais substanciais.

A terra não tem suficiente ductilidade para, em zonas de elevada perigosidade sísmica, apresentar um desempenho estrutural capaz. De resto, com o betão acontece o mesmo. Isoladamente é bastante frágil e só quando associado ao aço, pode apresentar um favorável comportamento dúctil. De igual modo, materiais, como a madeira, o bambu ou outros, poderão também, ser associados à terra, garantindo uma adequada resistência sísmica.

Quanto às construções já existentes poder-se-ão reforçar, ainda, mediante o emprego de redes electrossoldadas ou de polímeros, inseridas no interior de rebocos de cal, em ambas os paramentos das paredes e devidamente interligadas, particularmente em zonas de elevado risco sísmico.

Há que praticar uma arquitectura inteligente, com uma segurança e um desempenho estrutural efectivos, com um projecto funcional e preocupações bioclimáticas que permitam uma harmonia com a natureza e uma sustentabilidade ambiental.

As conclusões preliminares da investigação iniciada, permitem retirar alguns temores e mitos sobre a inferioridade destes materiais, assegurando as suas potencialidades. Com persistência e rigor é necessário continuar a estudar as suas propriedades e desempenhos, tentando melhorá-los, aperfeiçoando as adições e as condições de utilização. É necessário poder apertar um punhado de terra, deixá-lo cair e ter a sensibilidade prática para poder avaliá-lo de imediato. Porém além dos ensaios expeditos, são necessários outros, cientificamente executados de acordo com uma normativa que urge implementar.

Apesar da heterogeneidade dos solos e outras dificuldades como a lentidão do processo de cura da cal, poderá assinalar-se o aumento de resistência proporcionado pela rede polimérica, inclusive no ensaio de compressão simples, a diminuição de retracção resultante da estabilização com cal, bem como o aumento do limite de plasticidade e uma maior resistência à compressão.

Relativamente aos ensaios "in situ" que se têm efectuado, será necessário poder ultrapassar os inconvenientes próprios de uma metodologia nova, tentando obter informações úteis para uma caracterização expedita das construções em terra e das argamassas utilizadas nos rebocos.

Depois do ostracismo a que a terra e a cal têm sido votadas, importa readquirir o saber fazer empírico, agora indissociável do conhecimento científico. Somente com grande disponibilidade e determinação se poderá enfrentar o desprezo, o desconhecimento e a adulteração.

BIBLIOGRAFIA

- [1.] GARCIA, Ernest (2005): "El cambio social mas allá de los límites al crecimiento: un nuevo referente para el realismo en la sociología ecológica". Universitat de València, España.
- [2.] RODRIGUES, Jacinto (2005): "Reflexão Crítica do Modelo de Crescimento Económico Eurocêntrico e Propostas para um Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado", Universidade do Porto, Portugal.
- [3.] HOUBEN, H.; GUILLAUD, H.; grupo CRATerre, (1989): "Traité de Construction en Terre". Editions Parenthèses, Marseille, France.
- [4.] ROJAS, Ignacio Gárate (2002): "Artes de la Cal", Editorial Munilla-Lería, Madrid, España.
- [5.] RODRIGUES, Paulina (2005): "Construções em terra crua. Tecnologias, potencialidades e patologias", Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- [6.] LOURENÇO, Paulo (2005): "As Estruturas de Terra e os Sismos", em *Arquitectura de Terra em Portugal*, Argumentum, Lisboa, Portugal.
- [7.] VARGAS, Júlio (2005): "Intervención Sismoresistente de Estructuras Históricas de Adobe. Getty Seismic Adobe Project", em *Terra em Seminário*, Monsaraz, Portugal.