



## CONSTRUÇÃO DE TERRA CRUA: POTENCIALIDADES E QUESTÕES EM ABERTO

Teresa Diaz Gonçalves <sup>1</sup>, Maria Idália Gomes <sup>2</sup>

<sup>1</sup> LNEC, Lisboa, teresag@lnec.pt

<sup>2</sup> ISEL, Lisboa, idaliagomes@dec.isel.ipl.pt

**Palavras-chave:** Conservação e reabilitação do património edificado; Construção de terra; Terra crua; Taipa; Adobe; BTC

**Sumário:** As técnicas da terra crua têm hoje interesse não só no âmbito da conservação do património e da reabilitação habitacional, mas também da construção moderna. Neste documento, descrevem-se resumidamente os principais sistemas construtivos de terra, discutem-se as suas potencialidades e relevância atual e identificam-se algumas questões fundamentais, ainda em aberto.

### 1. INTRODUÇÃO

A terra é um material de construção tão antigo como a própria humanidade. É a base de alguns dos monumentos e conjuntos arquitetónicos mais valiosos e interessantes do mundo, como a aldeia de Ait-Bem-Haddou, em Marrocos, a mesquita de Djenné, no Mali, a cidadela de Chan Chan, no Peru, ou a cidade antiga de Shibam, no Iémen, todas classificadas como património mundial pela UNESCO. A terra foi utilizada como material de construção em todos os continentes, o que lhe dá um carácter claramente universal. A sua importância ressalta também do facto de, na atualidade, cerca de 30% a 50% da população mundial viver ou trabalhar em construções de terra [1].

As técnicas tradicionais baseadas no uso da terra crua são técnicas vernaculares pois utilizam materiais disponíveis no próprio local da construção e, de uma forma geral, recursos locais. Por essa razão, apresentam normalmente variações acentuadas de região para região, podendo mesmo haver diferenças significativas entre construções situadas em terrenos próximos. Não obstante, é possível efetuar uma classificação genérica dos seus principais sistemas construtivos.

Neste documento, descrevem-se resumidamente estes sistemas construtivos, discutem-se as suas potencialidades e relevância atual e identificam-se algumas questões fundamentais, ainda em aberto, relativas à construção de terra crua em geral.

### 2. PRINCIPAIS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

De acordo com o diagrama estabelecido CRATerre em 1986 [2], há três tipos fundamentais de sistemas, enquadrando dezoito sistemas construtivos, a maior parte de génese tradicional:

- A - sistemas monolíticos
- B - sistemas de alvenaria
- C - sistemas de enchimento ou revestimento

A estas três famílias de sistemas, julga-se pertinente acrescentar uma quarta família, que se considera também muito relevante:

#### D - sistemas de ligação

Descrevem-se sumariamente a seguir estes sistemas, embora não seguindo estritamente o indicado no diagrama do CRATerre.

### 2.1 Sistemas monolíticos

Os principais sistemas monolíticos de terra crua são os seguintes:

- A terra escavada, que é utilizada desde a pré-história. Esta técnica consiste em escavar o solo, em zonas em que este apresente boas características mecânicas, na horizontal ou na vertical, formando grutas.
- A terra modelada, que se baseia em moldar barro à mão, construindo em altura por faixas, segundo o chamado “método dos rolos de oleiro”.
- A terra empilhada, que consiste em sobrepor, por fiadas, montículos de terra misturada com palha. No fim, a estrutura é regularizada, aparando o material por corte vertical. Esta técnica existe por todo o globo, sendo muito mencionada por autores e técnicos de língua inglesa, uma vez que é comum no Reino Unido (onde se designa “cob”).
- A terra vazada, em que se usa terra argilosa que é misturada com água e areia grossa ou gravilha e depois é vazada em cofragens, como se fosse betão, o que permite construir paredes monolíticas. A construção é efetuada por camadas sucessivas, à semelhança da taipa. A terra vazada é uma técnica pouco conhecida em Portugal mas abordada em documentos normativos contemporâneos, nomeadamente da Austrália [3] e da Nova Zelândia [4].
- A taipa, que utiliza em geral terras arenosas com agregados mais ou menos grosseiros e baixo teor de água. O material é compactado entre cofragens que se chamam taipais. A compactação pode ser feita manualmente, com um pilão de madeira ou, mais recentemente, com equipamentos pneumáticos. As paredes de taipa são construídas por camadas sucessivas. A partir do primeiro nível, os taipais vão sendo fixos à camada antecedente, através de peças que se denominam “agulhas”.

A taipa foi a técnica construtiva mais utilizada no sul de Portugal (Alentejo e Algarve) até, pelo menos, aos anos 50 do século XX. Hoje, muitas das construções de taipa portuguesas estão ao abandono, especialmente em zonas rurais. Felizmente há, desde alguns anos e tal como em vários outros países, um renascimento do interesse pela taipa, que é atualmente um dos métodos mais importantes da nova construção de terra crua.

### 2.2 Sistemas de alvenaria

As alvenarias de terra podem basear-se nos seguintes tipos de blocos:

- Os blocos talhados, simplesmente cortados de zonas de terra vegetal coesa (caso em que se designam “torrões de terra”) ou obtidos, por exemplo, a partir de laterite, que é um tipo de solo alterado, com boa coesão, que se forma por ação da humidade.
- Os adobes (do termo de origem árabe -“thobe”), que são blocos de terra bastante argilosa e areia, moldados sem compactação e secos ao sol, normalmente no próprio local da construção. Na sua forma mais rudimentar, os tijolos de adobe podem ser simplesmente moldados à mão, adquirindo forma arredondada. Os adobes também podem ser moldados artesanalmente em formas de madeira, que é o processo mais comum, tendo as formas de compartimentos múltiplos sido introduzidas já no séc. XX.

O adobe é um sistema ancestral com grande utilização atual. Note-se que o termo “adobe” pode ser utilizado para designar o próprio bloco ou a técnica construtiva. A terra utilizada no adobe inclui

normalmente fibras vegetais e por vezes é estabilizada com cal aérea (ou até cimento, em certas variações mais recentes da técnica). O processo artesanal, de moldagem manual em formas de madeira, é o mais comum na produção de adobe. No entanto, este também pode ser obtido por processos semi-industriais, com recurso a tratores adaptados que são alimentados com a matéria-prima em pasta e conseguem expelir grandes quantidades de tijolos de barro, como é feito na *The Adobe Factory*, no Novo México [4].

- Os blocos de terra comprimida constituem outro importante sistema construtivo. Os blocos podem ser simplesmente apilados à mão, usando formas de madeira e um pilão, técnica rudimentar que é tradicional em algumas regiões de África. Modernamente, estes blocos são fabricados com o auxílio de máquinas e constituem os chamados BTC (blocos de terra comprimida), outra das técnicas com grande significado na nova construção de terra. O BTC é obtido a partir de terra estabilizada com certa percentagem de cal ou, mais comumente, cimento. O método de fabrico mais simples usa prensas manuais. A primeira prensa manual de fabrico de BTC (a Cinva-Ram) foi inventada nos anos 50 (na Colômbia), para permitir a construção de habitações de baixo custo. Hoje existem muitas outras máquinas de fabrico de BTC, manuais, a gás ou gasolina, incluindo equipamentos verdadeiramente industriais.

A utilização de blocos de BTC pode reduzir o custo global das construções e também promover o desenvolvimento económico local, permitindo o estabelecimento de pequenos empreiteiros, fabricantes e aplicadores especializados na utilização dos materiais da região. Este desiderato pode também ser conseguido com técnicas como a taipa ou o adobe. Contudo, o BTC é normalmente mais adequado pois está próximo das atuais técnicas de construção (com blocos de betão ou tijolo cerâmico), nomeadamente pela maior regularidade dimensional dos blocos.

- Os blocos de terra extrudida derivam do modo de produção dos vulgares tijolos cerâmicos. Neste caso, contudo, a argila pode incluir também um ligante (cimento ou cal) e não há lugar a cozedura. Este tipo de blocos é correntemente comercializado em vários países, nomeadamente na Europa.
- A terra ensacada é um sistema mais recente (e talvez por essa razão não é mencionado no diagrama CRATerre). Evoluiu das técnicas de construção de “bunkers” militares e de diques temporários, destinando-se originalmente a proporcionar abrigos de construção rápida. Contudo, ao longo do tempo, apareceram também utilizações mais arquitetónicas. A popularização deste tipo de sistema deve-se em grande parte ao arquiteto iraniano Nader Khalili, nos anos 80, que utilizou sacos longos, em forma de tubo, e lhe chamou superadobe (pois usava terra semelhante à empregada no fabrico do adobe) [5].

### 2.3 Sistemas de enchimento ou revestimento

Nos sistemas de enchimento ou revestimento a terra não tem função estrutural. Podem referir-se os seguintes:

- A terra de guarnição, em que se inclui o tabique. O tabique consiste na aplicação de terra misturada com uma certa percentagem de fibras naturais (palha, por exemplo) sobre uma estrutura de madeira. Foi muito utilizado no Norte de Portugal, na construção de andares elevados (normalmente o último andar). Este tipo de sistema existe também noutros países, com muitas variações e diferentes designações (como o “torchis”, em França).
- A terra de enchimento, que pode ser observada em muitas construções tradicionais onde o espaço entre panos de alvenaria é preenchido com terra. Existem também soluções atuais em que a terra é usada para encher, por exemplo, blocos de betão ociosos.
- A terra-palha usa argila líquida misturada com uma quantidade substancial de palha. A mistura é aplicada utilizando cofragens sobre uma estrutura de madeira. Esta técnica existe, por exemplo, em países como a Alemanha ou a Bélgica.

- Os revestimentos de terra são uma utilização tradicional, mas que também encontra lugar em aplicações atuais. São utilizados em suportes de diferente natureza mas, mais frequentemente, sobre estruturas de terra crua de vários dos tipos acima mencionados (taipa, adobe, cob, etc.).
- As coberturas de terra são outro sistema com relevância. Tradicionalmente, a terra era aplicada sobre uma estrutura de madeira. São exemplo as coberturas de barro das tradicionais “casas de salão” de Porto Santo. Nestas, devido ao caráter expansivo da argila, o revestimento de barro apresenta-se fissurado quando o tempo está seco, facilitando a ventilação do espaço interior. Sob tempo húmido, a argila absorve água e expande, formando-se um revestimento contínuo e impermeável [6].

## 2.4 Sistemas de ligação

Os sistemas de ligação referem-se à utilização da terra em argamassas de assentamento de blocos de alvenaria. Em Portugal, tradicionalmente, eram muitas vezes usadas argamassas de barro em alvenarias de adobe ou de pedra irregular [7].

## 3. RELEVÂNCIA ATUAL DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DA TERRA CRUA

As técnicas da terra crua têm hoje interesse devido à existência de um vasto património constituído por construções de terra. De entre as várias localidades Portuguesas que integram edificações de terra com relevância patrimonial, podemos referir por exemplo a cidade de Aveiro, em que cerca de 20% a 25% dos edifícios da cidade são de adobe (esta percentagem sobe para 35% a 40% quando se considera a totalidade do distrito) [8], e a vila de Mértola que é representativa do sul de Portugal onde a taipa predominou até pelo menos aos anos 50 do século XX. No âmbito da conservação do património e da reabilitação habitacional, as técnicas da terra crua permitem utilizar materiais compatíveis, que funcionam bem em conjunto com os materiais pré-existentes e respeitam o caráter histórico destes edifícios.

A utilização da terra crua tem também muito interesse no âmbito da construção atual, como o demonstra a crescente atenção de técnicos e utilizadores por todo o mundo. Podemos distinguir três tipos de abordagem.

As duas primeiras são abordagens essencialmente artesanais da construção de terra, muito baseadas em práticas de autoconstrução. Uma é a que existe nas regiões em que as técnicas tradicionais ainda são uma realidade, por exemplo, em partes da América do Sul, África ou Ásia. A outra é a que praticam muitos utilizadores de zonas industrializadas, que procuram uma maior aproximação à natureza.

O terceiro tipo de abordagem da construção de terra crua desenvolve-se no âmbito da engenharia, sendo aquela a que nos referiremos por defeito no resto desta comunicação.

Neste enquadramento, a construção de terra assenta hoje em três técnicas principais que sofreram importantes desenvolvimentos e viram muito aumentada a sua competitividade: a taipa, o adobe e o BTC. As principais razões do interesse crescente que esta nova construção de terra crua desperta são as seguintes:

- As vantagens ambientais que proporciona:
  - O baixo consumo de energia associado ao fabrico dos materiais e até ao seu transporte, quando se usam materiais locais, que permite a cada vez mais procurada e necessária redução da “pegada de carbono”. Esta redução poderá decorrer da utilização generalizada da terra a toda a construção ou de uma utilização apenas parcial, por exemplo, só em paredes interiores.
  - A facilidade de reciclagem que, no caso dos elementos de terra não estabilizada, pode envolver apenas a simples desagregação e englobar 100% do material.
- As enormes possibilidades arquitetónicas dos materiais de terra, que têm um caráter estético particular e extremamente atual.
- As reclamadas características de conforto térmico, hídrico e acústico que a terra proporciona, decorrentes da sua baixa condutividade térmica, da sua higroscopicidade (que favorece a regulação da

humidade relativa dos ambientes) e da massa significativa das paredes de terra (que proporciona grande inércia térmica e bom isolamento acústico).

Duas das maiores limitações normalmente apontadas aos sistemas construtivos de terra crua são a baixa resistência sísmica e a sensibilidade à ação da água. Essas limitações têm que ser devidamente consideradas e avaliadas face às condições específicas de cada local. Poderão eventualmente ser ultrapassadas ou minimizadas, por exemplo, com recurso a disposições construtivas como:

- Reforço das paredes de terra com estrutura de madeira ou mesmo associação destas paredes a uma estrutura de betão ou de aço em zonas sísmicas.
- Utilização de fundações, embasamentos, coberturas e revestimentos que permitam uma adequada proteção em relação à água. É de notar que muitas técnicas tradicionais de terra crua são utilizadas em zonas húmidas, como acontece com as casas de “cob” do Reino Unido ou os edifícios de adobe do centro histórico de Aveiro. A sobrevivência das construções de terra centenárias que hoje encontramos deve-se ao facto de estas recorrerem aos tipos referidos de soluções de proteção em relação à água. E, bem entendido, a serem sujeitas a cuidados adequados de manutenção, o que é também fundamental.

O custo da construção de terra crua poderá variar com as técnicas em causa e as circunstâncias locais, nomeadamente com o preço da mão de obra e o conhecimento técnico disponível. O custo pode ser uma das grandes vantagens da construção de terra, mas, em sociedades modernas, principalmente em condições de autoconstrução [3].

Existem hoje vários códigos relativos à construção de terra, nomeadamente documentos de tipo normativo, tais como os que a seguir se indicam a título de exemplo:

- As normas da Nova Zelândia [9] que, além da taipa, adobe e BTC, focam também a terra vazada;
- O código alemão *Lehmbau Regeln* [10] da DLV, uma associação não-governamental para a construção de terra, que foi o primeiro código publicado na União Europeia.
- A norma do Zimbabué *Code of Practice for Rammed Earth* [11], que foca a taipa.
- O manual da Standards Australia, *The Australian Earth Building Handbook* [3], sobre adobe, taipa, BTC e terra vazada.
- O código do novo México *Earthen Buildings Materials Code* [12], sobre taipa, adobe e BTC.
- O manual espanhol *Bases Para el Diseño y Construcción con Taipial* [13] do Ministerio de Obras Públicas e Transportes, sobre taipa e adobe.

#### 4. QUESTÕES EM ABERTO

Não obstante todas as possibilidades e o grande interesse atual que a construção de terra suscita, há ainda várias questões a requerer investigação. Indicam-se seguidamente três linhas que se consideram particularmente relevantes e que poderão contribuir para uma melhor e, por isso, certamente também mais frequente utilização da terra crua na construção.

- I. É necessária investigação de carácter tecnológico e económico sobre os sistemas construtivos, sobre os materiais e sobre a utilização de ambos numa construção sustentável, que se quer de natureza industrial mas sempre baseada no conhecimento das circunstâncias locais e visando uma boa adaptação a estas. Como temas, podem indicar-se por exemplo: a caracterização de terras locais ou nacionais, visando a sua utilização em diferentes tipos de sistemas construtivos; o estudo da viabilidade de diferentes sistemas em regiões específicas ou a nível nacional; a definição de disposições construtivas que permitam ultrapassar as limitações antes referidas, de resistência à ação da água e aos sismos, por exemplo; análises

custo/benefício relativas à utilização de determinados sistemas construtivos em circunstâncias e regiões definidas, pesando questões ambientais, económicas e outras.

- II. A compatibilidade dos materiais de terra crua com os modernos materiais de construção é outro tema que exige atenção. Têm-se verificado, por exemplo, casos de ocorrência de degradação na interface entre a terra e materiais cimentícios, nomeadamente elementos construtivos de betão, em presença de humidade. Uma das principais hipóteses é a formação no material cimentício de sais solúveis, carbonato e bicarbonatos alcalinos, e sua posterior migração para o material de terra onde cristalizam segundo processos expansivos. É necessária uma melhor compreensão deste tipo de patologia, de modo a evitar a sua ocorrência em novas construções e construções antigas reabilitadas.
- III. Refere-se, por último, a questão das vantagens ambientais, que é certamente um dos mais relevantes tópicos de investigação dentro do tema da construção de terra crua. Estas vantagens são, em geral, nomeadas de modo muito genérico. Julga-se que devem ser avaliadas com precisão pois podem ser diferentes para os diversos sistemas construtivos, bem como variar com os materiais e as tecnologias utilizados em cada caso. Há, por exemplo, a questão de como a incorporação de estabilizantes, nomeadamente cimento, poderá afetar a “reciclabilidade” do material. Bem como a questão do impacto que as diferentes técnicas têm em termos de “pegada de carbono”. Este impacto será certamente diferente para os métodos manuais de execução da taipa, adobe e BTC e para os métodos semi-industriais, como a compactação da taipa com martelos pneumáticos, a produção de adobe com tratores adaptados ou a utilização de máquinas a gasóleo ou gasolina de fabrico de BTC. E há certamente também diferenças, que cumpre avaliar, entre estes e os métodos industriais, por exemplo, de produção de blocos de terra extrudida, que são comercializados e transportados como os tijolos correntes.

A análise e o esclarecimento destas e de outras questões específicas de cada região, relativas às vantagens e limitações da utilização da terra crua na construção, permitirá certamente avanços consideráveis em direção a uma construção verdadeiramente sustentável.

## 5. NOTAS FINAIS

O presente texto enquadra a comunicação *A terra como material de construção* apresentada ao encontro técnico-científico *O papel dos Laboratórios de Estado na investigação e desenvolvimento em engenharia civil no âmbito da CPL*, realizado no LNEC, nos dias 14 e 15 de dezembro de 2009.

A segunda autora é financiada por uma bolsa de doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), em que o LNEC é a instituição de acolhimento e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) a instituição que confere o grau.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Blondet M., Villa Garcia M. G., Brzev S., Rubiños A. – Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial. Second Edition, April 2011 – The World Housing Encyclopedia (WHE). [Consultado a 28 de abril de 2012]. Disponível em [http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe\\_Tutorial.pdf](http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial.pdf). Citing Rael R., Earth Architecture, Princeton Architectural Press, New York, NY, 2009.
- [2] Houben H., Guillaud H. – *Traite de Construction en Terre*. Marseille: Parentheses, (1<sup>st</sup> edition 1989), 2006.
- [3] Walker P. and Standards Australia – *The Australian earth building handbook*. Sydney (Australia): Standards Australia, 2001. HB 195.
- [4] Daw'an Mud Brick Architecture Foundation – *Mud Brick and the Automobile*, January 28, 2009. [Consultado a 28 de abril de 2012]. Disponível em <http://www.eartharchitecture.org/index.php?/categories/60-New-Mexico>.
- [5] Cal-Earth – The California Institute of Earth Art and Architecture. [Consultado em abril de 2012]. Disponível em <http://calearth.org/>.
- [6] Mestre V. – *Arquitetura Popular da Madeira*, Lisboa: Argumentum, 2002.

- [7] Xavier Cohen D. – Bases para orçamentos. Lisboa: Livraria Nacional e Estrangeira, 1896.
- [8] Varum H., Costa A., Velosa A., Martins T., Pereira H., Almeida J. – Caracterização mecânica e patológica das construções em Adobe no distrito de Aveiro como suporte em intervenções de reabilitação. Education and Culture Program: Culture 2000. Le case e le città della terra cruda. Conservazione, significato e decoro urbano, Convento da Orada, Monsaraz, Portugal, 23-25 novembro 2005. [Consultado a 30 abril 2012]. Disponível em [http://ria.ua.pt/bitstream/10773/7799/1/I\\_027.pdf](http://ria.ua.pt/bitstream/10773/7799/1/I_027.pdf).
- [9] New Zealand Standards – Materials and workmanship for earth buildings. Wellington: Standard New Zealand, 1998. NZS 4298:1998.
- [10] Volhard F., Röhlen U. – Der Lehm bau Regel n. Dachverband Lehm e.V. Weimar. 2009
- [11] Standards Association of Zimbabwe – Standard Code of Practice for Rammed Earth Structures. Harare: Standards Association of Zimbabwe, 2001. SAZS 724:2001.
- [12] New México Earthen Building Materials Code. Santa Fé, New Mexico: Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department, 2006. Code 14.7.4.2003.
- [13] Bases Para el Diseñ o y Construcción con Taipial. Madrid, Spain, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992.

## 7. OUTRA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Arquitetura de terra em Portugal. (54 autores). Argumentum, Lisboa, 2005.

Associação Centro da Terra – Glossário. [Consultado em dezembro de 2009]. Disponível em <http://www.centrodatterra.org/pt/ferramentas/glossario/index.html>.

Gomes R., Folque J. – O uso da terra como material de construção. Lisboa: LNEC, 1953. Circular de informação técnica N.º 9, Série D-4.

Houben H, Guillaud H. – Earth construction: a comprehensive guide. London: Intermediate Technology publications, (1<sup>st</sup> edition 1994), 2006.

Fernandes M. – Terra: material, patologia, conservação. Apresentação efetuada ao 6º curso de mestrado em reabilitação de arquitetura e núcleos urbanos da Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, 2007. [Consultado a 30 abril 2012]. Disponível em <http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/MariaFernandesTERRA2.pdf>.

Smith M. – The History of Cob. [Consultado a 30 abril 2012]. Disponível em <http://www.networkearth.org/naturalbuilding/history.html>.