

E

ENGENHARIA

O RENASCIMENTO DA CONSTRUÇÃO COM ALVENARIA DE TERRA

As preocupações ambientais com que se confronta a sociedade actual fazem com que seja urgente repensar as actuais tecnologias construtivas tornando imperativas novas e mais sustentáveis formas de habitar. Neste contexto, a construção com alvenaria de terra reassume um papel que já antes teve e que infelizmente perdeu por força das inovações tecnológicas dos materiais. O presente artigo procede assim a uma síntese deste tipo particular de construção, a qual abrange considerações introdutórias sobre o seu passado, o estado actual da sua implementação, as diversas técnicas construtivas que a caracterizam, a selecção dos solos mais indicados para o efeito e as mais valias ambientais deste tipo de construção, em termos do consumo de recursos não renováveis, poluição e resíduos, do consumo de energia e emissões de carbono e da toxicidade e qualidade do ar interior das habitações.



INTRODUÇÃO

Não é consensual a data em que o homem começou a utilizar a terra na construção. Minke [1] refere que deve ter sido há mais de 9.000 anos, estribando essa convicção na descoberta de habitações no actual Turquemenistão à base de blocos de terra (adobe) datadas de um período entre 8.000 a 6.000 a.C. Já Pollock [2] afirma que a utilização da terra para construção remonta ao período de El-Obeid na Mesopotâmia (5.000 a 4.000 a.C.). Por outro lado, Berge [3] refere que datam de 7.500 a.C. os exemplares mais antigos de blocos de adobe, os quais foram descobertos na bacia do rio Tigre, pelo que, na sua opinião, as habitações em terra poderão ter começado a ser usadas há mais de 10.000 anos. Não parece, contudo, ser muito relevante saber se a construção em terra se iniciou há mais de 9.000 ou há mais de 10.000 anos. Porém, não se estará muito longe da verdade admitir que a construção em terra tenha tido o seu início juntamente com o início das primeiras sociedades agrícolas num período cujos conhecimentos actuais remontam entre 12.000 a 7.000 a.C. Na Península Ibérica a construção em alvenaria de terra terá surgido por influência de diversos povos, como os Fenícios, Cartagineses, Romanos ou Muçulmanos. Tendo sido maior a influência por parte dos últimos que foram os que mais divulgaram este tipo de construção. Existem ainda alguns exemplos de arquitectura militar islâmica em taipa em Portugal, como os Castelos de Paderne e de

01

MAPA MUNDO

Silves (taipa forrada a pedra vermelha grés). Actualmente podem ainda observar-se vários edifícios antigos em Portugal, os quais ilustram as diversas técnicas tradicionais de construção em terra. Na zona abaixo do Tejo e estendendo-se até ao Algarve podem ainda hoje encontrar-se exemplares construídos em taipa, técnica que consiste na execução de paredes auto-portantes in situ. Carvalho et al. [4] analisaram solos utilizados na construção de paredes de taipa na região de Trás-os-Montes e Alto Douro concluindo pela utilização nas mesmas de estabilizantes de cal. Já quanto aos edifícios de paredes feitas com recurso a blocos de terra (adobe) estes localizam-se numa faixa mais ou menos rectangular que se estende de sul para norte e abarca vários distritos: Setúbal, Évora, Portalegre, Santarém, Leiria, Coimbra e Aveiro. Edifícios com paredes constituídas por um engradado de madeira e preenchidas por terra (tabique) podem ainda hoje em dia ser encontrados na zona das Beiras (Baixa e Alta), Trás-os-Montes e entre Douro e Minho. Vários autores [5-7] referem que quase 50% da população mundial vive em habitações feitas com alvenaria de terra, qualquer coisa como 3.000 milhões de indivíduos (Figura 01a). Contudo, o facto dessas referências estarem cronologicamente desfasadas entre si quase três déca-

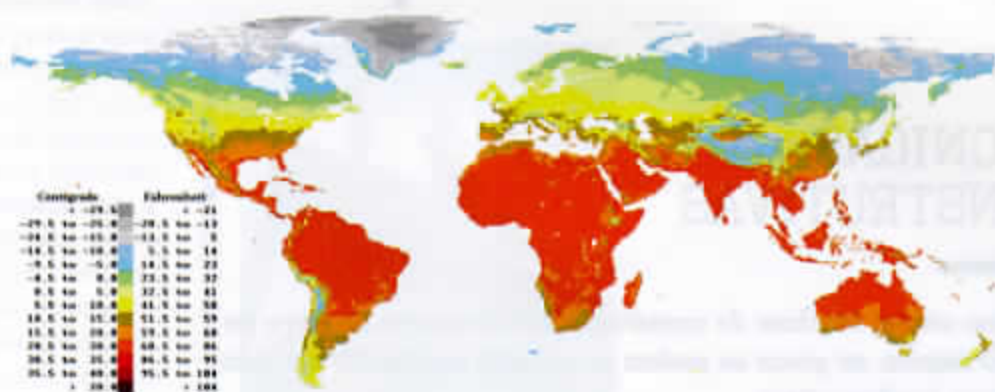


das não permite no entanto perceber de que forma é que essa percentagem se alterou nesse espaço de tempo. Cruzando a localização das zonas com maior densidade de construção em alvenaria de terra com a informação relativa aos valores da precipitação e temperatura médias anuais a nível mundial (Figura 01b), não se pode afirmar que exista uma relação óbvia e directa entre ambas. Na verdade é possível encontrar construção em terra onde a temperatura não é

construção corrente, à base de alvenaria de pedra ou de tijolo cozido. Também nos Estados Unidos, Brasil e Austrália se tem assistido a um crescimento bastante significativo deste tipo de construção, fundamentalmente devido à actualidade da temática do desenvolvimento sustentável, do qual a mesma é parte indissociável. Na França o Grupo CRATerre que é um Laboratório de investigação ligado à Escola de Arquitectura de Grenoble e constituído em 1979 adquiriu a partir de 1986 uma dimensão institucional com o reconhecimento do próprio Estado Francês. O mesmo tem-se afirmado a nível internacional como uma referência incontornável em termos da construção em terra. Schroeder et al. [8] referem a existência na Alemanha de formações vocacionais acerca da construção em terra e também de cursos que conferem o título de Especialista.

01A

PRECIPITAÇÃO
MÉDIA
ANUAL



01B

TEMPERATURA
MÉDIA
ANUAL

em terra em zonas de elevada pluviosidade, como é caso da América do Sul ou mesmo do Reino Unido, onde existem 500.000 fogos habitados de construção em alvenaria de terra. Aliás, tanto o Reino Unido como a Alemanha ou a França são alguns exemplos a nível Europeu onde desde há já algumas décadas que a construção em alvenaria de terra começou a ser encarada como uma alternativa bastante credível à

No entanto, ao nível universitário, só três instituições oferecem cursos sobre este tema, respectivamente a Universidade de Kassel, a Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam e a Universidade de Weimar (Bauhaus). Houben et al. [9] mencionam o sucesso de uma pedagogia educacional levada a cabo no CRATerre no âmbito da construção em terra, constando de um workshop científico com mais de 150 experiências interactivas de cariz altamente intuitivo, que em apenas 4 anos já tinha sido frequentado por 11.000 visitantes. Em algumas Universidades é, aliás, frequente a utilização de trabalho "in situ" como uma componente indispensável da aprendizagem da construção em terra.

Em Portugal não tem havido, infelizmente, um movimento em torno da construção em terra com uma força similar à que tem lugar nos já referidos países, este facto é tanto mais paradoxal se atendermos às condições climáticas favoráveis do nosso país e ao facto deste tipo de construção fazer parte do nosso património edificado.

No entanto, ao nível universitário, só três instituições oferecem cursos sobre este tema, respectivamente a Universidade de Kassel, a Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam e a Universidade de Weimar (Bauhaus). Houben et al. [9] mencionam o sucesso de uma pedagogia educacional levada a cabo no CRATerre no âmbito da construção

em terra, constando de um workshop científico com mais de 150 experiências interactivas de cariz altamente intuitivo, que em apenas 4 anos já tinha sido frequentado por 11.000 visitantes. Em algumas Universidades é, aliás, frequente a utilização de trabalho "in situ" como uma componente indispensável da aprendizagem da construção em terra.

Em Portugal não tem havido, infelizmente, um movimento em torno da construção em terra com uma força similar à que tem lugar nos já referidos países; este facto é tanto mais paradoxal se atendermos às condições climatéricas favoráveis do nosso país e ao facto deste tipo de construção fazer parte do nosso património edificado. Apesar disso, deve em abono da verdade, reconhecer-se que Portugal tem assistido nos últimos anos a um crescente interesse pela construção em terra. A dinâmica formativa à volta construção em terra e mesmo o entusiasmo com que novas gerações de audazes Arquitectos encaram este tema, ainda não encontra correspondência ao nível do sector da construção civil. Ainda assim, é importante não deixar de referir que, apesar de constituírem uma percentagem sem grande expressão em termos do mercado imobiliário, vão já tendo lugar várias obras de construção em terra no Alentejo e Algarve (Figura 02), sendo que a sua incidência se faz sentir com mais intensidade nas proximidades da Costa Vicentina.



02

CONSTRUÇÃO DE HABITACÃO UNIFAMILIAR EM TAIPA NA ZONA DE ODEMIRA [10]

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Existem várias técnicas de construção em alvenaria de terra no mundo inteiro, as quais se podem no entanto subdividir em três sistemas fundamentais:

- **monolítica (in situ);**
- **por unidades (alvenaria);**
- **por enchimento e revestimento.**

MONOLÍTICA

A construção monolítica pode ser executada de diversas formas. A taipa, por exemplo, que é a técnica mais conhecida no nosso país, consiste na compactação de terra húmida num taipal (cofragem de madeira). A terra vazada ou moldada é um processo construtivo que recorre ao uso de cofragens à semelhança da taipa, mas é utilizada terra num estado mais plástico e sem compactação.

POR UNIDADES

Na execução de paredes em alvenaria de terra são utilizados diferentes tipos de unidades pré-fabricadas como sejam o adobe, o bloco de terra compactado (BTC), os blocos de terra recortada ou a terra extrudida. O adobe é um bloco produzido mediante a moldagem de terra plástica, podendo tal ser feito através de um processo manual ou mecanizado.

O BTC produz-se pela prensagem da terra no seu estado húmido, podendo ter um processo de fabrico mecânico ou hidráulico.

POR ENCHIMENTO E REVESTIMENTO

Entre estas técnicas encontra-se o tabique ou taipa à galega, também designada por taipa de mão, pau a pique ou barro armado, no Brasil; por "torchis" na França, ou por "Wattle and Domb" no Reino Unido. Esta técnica consiste em colocar terra no seu estado plástico e/ou cal, sobre um suporte engradado de madeira cana ou vime. Existe ainda uma variante que passa pelo enchimento de terra entre uma parede dupla de alvenaria de pedra ou tijolo, técnicas de revestimento de paredes em terra, bem como o revestimento de coberturas. As técnicas mais utilizadas, que serão neste capítulo abordadas com maior detalhe, são a taipa, o adobe e o bloco de terra compactado.

TAIPA

A taipa é uma técnica de construção monolítica que consiste na compactação de um solo de consistência de terra húmida. Designada por "pisé" na França e "tapial" na Espanha, a técnica da construção em taipa encontra-se disseminada a nível mundial e muitas dessas construções já fazem parte do património mundial da UNESCO. Em Portugal, até aos anos 50, a taipa era a técnica construtiva mais utilizada no centro e sul de Portugal (Ribatejo, Alentejo e Algarve). É um método que requer pouca quantidade de água e por essa razão esta técnica encontra-se com mais frequência onde a água não abunda. As paredes em taipa tradicional apresentam muitas vezes a incorporação de outros materiais como reforço – quando a terra não tem as propriedades desejadas para a estabilidade das paredes. Entre estes materiais encontra-se o tijolo cerâmico maciço, pedra, cortiça ou argamassas nas juntas entre os blocos monolíticos de taipa. Em Portugal, a construção em taipa é feita por camadas de 0,5 m de altura, 0,40 m a 0,70 m de largura e 2 m de comprimento. A terra é compactada em camadas de aproximadamente 10 cm até preencher todo o taipa; este é posteriormente removido e reerguido para a camada seguinte.

TAIPA MECANIZADA

Mais recentemente, com o uso das novas tecnologias, desenvolveu-se a taipa mecanizada. Esta é realizada segundo os mesmos moldes que a taipa tradicional diferindo apenas na qualidade e dimensões da cofragem e no meio de compactação. A cofragem pode ser movível ou amovível conforme as dimensões utilizadas, recorrendo a placas e perfis à base de contraplacado de madeira ou de metal (Figura 03).



03

CONSTRUÇÃO
EM TAIPA COM
COFRAGENS
METÁLICAS
(AUSTRÁLIA)

A taipa é uma técnica de construção monolítica que consiste na compactação de um solo de consistência de terra húmida.



A compactação é realizada através de um compactador pneumático, um pouco à semelhança dos compactadores utilizados na compactação de pavimentos. Deste modo, o tempo necessário para compactar a terra é bastante mais curto que na taipa tradicional, havendo assim uma optimização do tempo de construção. Middleton [11] sugere pilões mecânicos de cabeça circular com diâmetros entre 70 e 150 mm. As fundações neste tipo de taipa têm sido executadas em betão armado ou alvenaria de pedra para evitar a ascensão de humidade por capilaridade, tal como na taipa tradicional. Em relação às espessuras mínimas das paredes de taipa, existem diferentes recomendações sobre este assunto as quais revelam valores bastante díspares. Segundo Schroeder et al. [12] as especificações alemãs, "Lehmbau Regeln", exigem que as paredes resistentes devem ter uma largura mínima de 36,5 cm, baixando esse valor para 32,5 cm no caso de paredes de taipa.



04 ALVENARIA DE ADOBE

Existem diversos formatos e dimensões de blocos de adobe, podem ser fabricados blocos simples ou com encaixe macho-fêmea para melhor travamento da parede e tijolos de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$.

”

ADOBE

O adobe é uma técnica de construção com simplicidade de fabrico e edificação e talvez por essa razão a maioria das construções em terra antigas, muitas delas ainda habitadas actualmente, foram feitas em adobe. O termo adobe deriva do árabe "attob" que significa tijolo seco ao sol. Este facto leva a pensar que esta técnica terá sido introduzida na Península Ibérica durante a ocupação árabe. No sul de Portugal são frequentes edifícios de habitação com alvenaria em adobe (solo arenoso e cal), ainda em razoáveis condições de conservação que datam do início do século XX. O seu fabrico consiste na moldagem de pequenos blocos, normalmente utilizando moldes em madeira, desmoldados ainda no estado fresco e colocados a secar à temperatura ambiente. Existem diversos formatos e dimensões de blocos de adobe. Podem ser fabricados blocos simples ou com encaixe macho-fêmea para melhor travamento da parede e tijolos de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$.

A técnica de construção em adobe requer o uso de um solo plástico e argiloso por isso é sobretudo utilizada em locais onde é possível encontrar água. A utilização de solo argiloso leva ao aparecimento de fissuras quando o adobe seca devido à retracção do material. É costume reforçar o adobe misturando palha ou outras fibras vegetais para evitar este comportamento. A forma de construir em adobe é igualmente simples e semelhante à colocação do tijolo convencional formando uma alvenaria (Figura 04).

BTC

Esta técnica surgiu de uma evolução do adobe por estabilização do solo por meios mecânicos, consistindo da prensagem do solo confinado num molde, permitindo obter pequenos blocos de terra prensada, mais resistente e duráveis em relação ao adobe. A prensagem da terra é realizada através de uma prensa accionada de forma manual ou mecanizada, permitindo realizar diversos tipos de blocos, maciços ou perfurados, e placas de revestimento. A consistência da terra utilizada é de terra húmida semelhante à da taipa, possibilitando produzir blocos bastante resistentes embora mais pesados que o adobe. Este tipo de construção permite uma rápida execução, facilidade de montagem e uma diminuição dos resíduos de construção. A execução de unidades habitacionais com alvenarias de BTC é pouco frequente em Portugal, tendo no entanto vindo a aumentar muito pela carga de sustentabilidade que lhe está associada com a vantagem adicional de apresentarem desempenhos superiores às alvenarias de adobe (Figura 05).

TC EM PRENSA MANUAL

A primeira prensa manual para compactar blocos de terra, a CINVA-Ram foi criada por Raul Ramirez no International American Housing Centre (CINVA) em 1956 [13].

Actualmente existem diversas prensas manuais, de diferentes marcas, baseadas neste mecanismo. As prensas correntes aplicam pressões da ordem dos 2MPa, embora existam prensas aptas a aplicar pressões superiores. Estas têm no entanto o inconveniente de serem bastante pesadas e caras. Estes blocos compactados com recurso a prensas manuais requerem mais mão-de-obra e tempo de fabrico. Têm a vantagem de serem mais económicos em termos de consumo energético e a facilidade de transporte para o local da obra, podendo fabricar-se blocos com a terra do próprio local de implantação da obra.

BTC EM PRENSA HIDRÁULICA

O bloco de terra compactado em prensa hidráulica não requer força manual, tornando-se num processo de fabrico mais rápido, sobretudo em máquinas que compactam diversos blocos ao mesmo tempo. Estes blocos apresentam resistências mecânicas substancialmente maiores em relação aos prensados manualmente. Tendo ainda uma maior resistência ao contacto com a água uma vez que o ajuste entre as partículas é maior, existindo assim uma menor quantidade de vazios. As prensas hidráulicas podem ser fixas ou móveis. A mobilidade destas últimas permite a execução dos blocos no local da obra tal como nas prensas manuais, com a vantagem de uma maior rapidez de fabrico. Assim, é possível manter uma maior sustentabilidade deste tipo de construção evitando o transporte desnecessário e economicamente desvantajoso de blocos.

05

CONSTRUÇÃO
DE ALVENARIAS
COM RECURSO A
BTC
(ALENTEJO,
PORTUGAL)



Engate Rápido Universal • Suporte Martelo • Conj. Pala e Engate Rápido • Balde STO



Balde Pa Carregadora • Balde de Grelhas • Lança Tomba-Blocos • Bico Ripper

UNIDADE DE REPARAÇÕES DE MÁQUINAS INDUSTRIAIS, S.A.

SEDE Apartado 68, 27.15-958 Pêro Pinheiro
ESCRIT. E INSTAL. FABRIS Parque Industrial da
Beijoca, Rua do Rio, 24 (EN 250-1 - Km 6,6)
Algueirão, 2725-524 Mem Martins

TEL. +(351) 219 266 800 - FAX +(351) 219 266 820

www.urmi.pt



URMI

Fabrico de acessórios para escavadores e
para carregadores

- ▶ Linhas: Peças Mecânicas e Hidráulicas
- ▶ Baldes
- ▶ Bico Ripper
- ▶ Pontas
- ▶ Suportes Martelo / Tescora
- ▶ Lanças Tomba-Blocos
- ▶ Cilindros Hidráulicos

Reparação

- ▶ Tiro e tipo de equipamento de
movimentação de terras
- ▶ Motores Diesel
- ▶ Sistemas Hidráulicos
- ▶ Mecânica
- ▶ Serviços de assistência técnica

Comercialização

- ▶ Peças de substituição e consumíveis
- ▶ Componentes protectores de pneus
- ▶ Equipamentos cabine
- ▶ Lubrificação automática
- ▶ Sistemas de Pesagem para máquinas e
caminhões
- ▶ Apoio

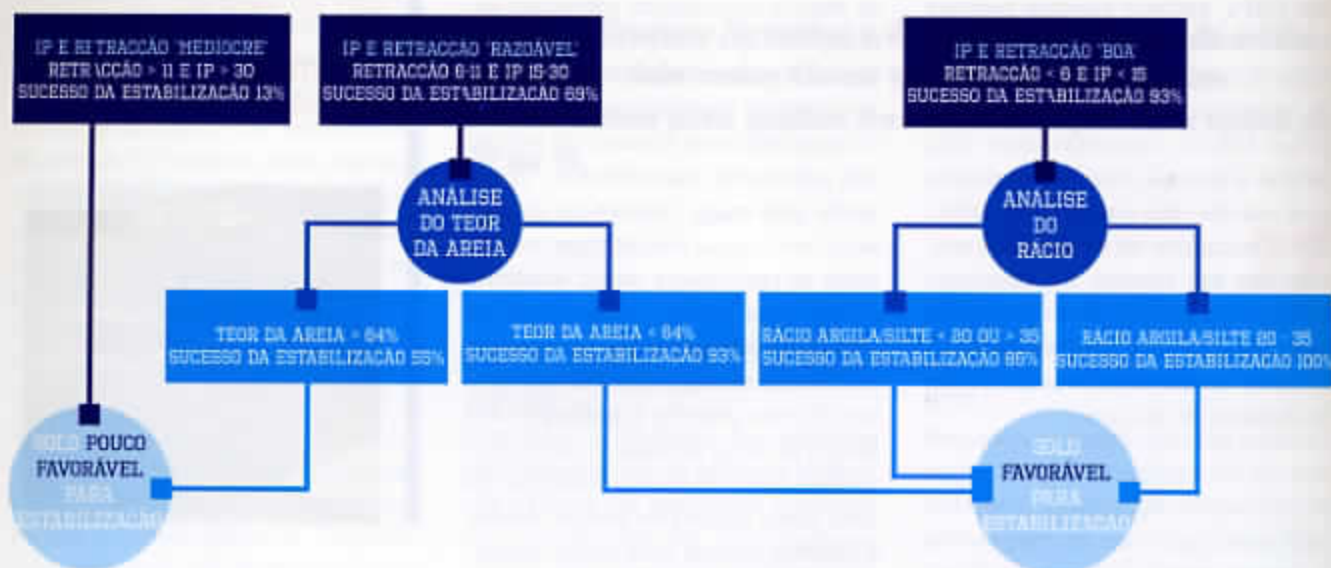
Representantes e Distribuidores

Commiss protectores de pneus **pewag**

Materia de Desgaste **MTD**

Lubrificação automática **TLE**

Sistemas de pesagem na cabine **outsset**



Em termos gerais, os solos consistem em fases de matéria orgânica (plantas e animais em decomposição) e em fases que resultam da desagregação das rochas em virtude da acção dos agentes físicos, químicos e biológicos. Contudo, o material utilizado como matéria-prima na construção em terra consiste somente na fase mineral dos solos. Esta fase é constituída por partículas minerais de tamanho variável, nomeadamente argilas, siltes e material arenoso, as quais se encontram misturadas entre si também em proporções variáveis. Em princípio a terra de qualquer jazida pode ser usada para a confecção de paredes, blocos e tijolos. Os mais indicados são os solos que possuem 50% a 70% de teor em areia na sua composição. A quantidade de água adicionada à mistura varia conforme o tipo de solo a usar: quanto mais argiloso for o solo, maior a necessidade de água. Para a construção em adobe, Doat et al. [14] recomendam os seguintes valores para a constituição do solo:

- 55-75% de areia;
- 10-28% de silte;
- 15-18% de argila;
- <3% de matéria orgânica.

Barbosa [15] recomenda para os BTC limites para a constituição do solo que não diferem muito dos anteriores:

- 50-70% de areia;
- 10-20% de silte;
- 1-20% de argila.

Delgado e Guerrero [16] referem que, independentemente da técnica construtiva utilizada, os solos devem possuir um mínimo de 5% de argila. Sendo que, em termos gerais, a revisão de literatura levada a cabo por aqueles autores refere um valor entre 10 a 20% para a execução de BTC e entre 10% a 15% para a construção em taipa. Já o teor de silte deve variar entre 10 a 25%. Quando os solos não apresentam as características mais favoráveis para a construção em terra, podem ser objecto de adição com outros solos com vista à obtenção de um solo com as características pretendidas. Assim, se o solo for muito argiloso e muito plástico, poderá ter que lhe ser adicionado material arenoso; já se for um solo muito arenoso poderá ser objecto de correcção com material fino. E uma outra forma de melhorar as características de solo passa pela sua mistura com pequenas quantidades de cal ou cimento.

06

METODOLOGIA PARA AFERIR A APTIDÃO DE UM SOLO PARA SER ESTABILIZADO [17]

Burroughs [17] analisou 104 tipos de solo, os quais foram estabilizados com cal ou cimento num total de 219 estabilizações. Este autor utilizou como critério de validação da aptidão do solo para poder ser estabilizado, a obtenção de uma resistência à compressão superior a 2 MPa (Figura 06).

VANTAGENS AMBIENTAIS DA ALVENARIA EM TERRA

A utilização de solo para a construção em terra envolve, em termos gerais e basicamente, a remoção da camada superficial de terra vegetal e não tem um impacto significativo em termos energéticos, dado que é uma tarefa que pode ser efectuada em termos manuais. Alguns autores comparam as emissões de carbono

de materiais correntemente utilizados na execução de alvenarias com as emissões equivalentes de blocos de terra, evidenciando o bom desempenho ambiental destes últimos (Figura 07). Quintino [23], utilizando valores para o caso específico da produção de BTC em Portugal, refere que a energia incorporada nos blocos fabricados em processo mecânico é de aprox. 100 kW/h por tonelada, valor muito inferior aos 1200 kW/h por tonelada dos tijolos normais cozidos em fornos. Para Morton [24] a substituição de apenas 5% de blocos de betão utilizados no Reino Unido por alvenaria de terra implicaria uma redução nas emissões de CO₂ de aproximadamente 100.000 toneladas. Segundo Sukla et al. [25] as poupanças energéticas de uma habitação em adobe permitem uma redução de 100 toneladas de CO₂



07

CARBONO INCORPORADO EM MATERIAIS PARA ALVENARIAS [22]

anuais. Zami & Lee [26] pronunciaram-se sobre as vantagens da construção em terra relativamente às construções correntes baseadas em alvenarias de tijolo cozido e betão armado. Por outro lado, a construção em terra não está associada aos efeitos nocivos em termos da contaminação do ar interior com compostos orgânicos voláteis (COVs), pelo que os ocupantes destas habitações experimentarão uma qualidade do ar superior [27]. Uma outra vantagem da construção em terra, em termos da qualidade do ar do interior das habitações, tem que ver com a sua capacidade para controlar o nível de humidade relativa. Investigações sobre o desempenho de alguns materiais de construção comprovam que os blocos de terra são capazes de absorver 10 vezes mais humidade do ar do que os tijolos cerâmicos tradicionais. Segundo Morton [24] a higroscopicidade dos materiais de construção consegue por vezes ser mais efectiva na redução da humidade do ar interior do que a utilização de ventilação. Este autor refere um estudo realizado na Grã-Bretanha onde se constatou que a construção em terra conseguia manter os níveis de humidade do ar interior entre 40 a 60%. Sendo que este intervalo de humidade é o mais indicado para efeitos de saúde humana. Também recentemente Allison e Hall [28] comprovaram que as paredes de terra estabilizada apresentam elevado potencial na estabilização da humidade do ar do interior das habitações. De facto, elevados níveis de humidade relativa no interior das habitações acima de 70%, são responsáveis pelo aparecimento de bolores os quais podem desencadear reacções alérgicas [29]. Valores de humidade acima de 60% estão associados à presença de ácaros e doenças do foro asmático [30]. Por outro lado, valores de humidade relativa abaixo de 40% estão ligados ao síndrome dos "edifícios doentes" típico de ambientes muito secos. Nestes ambientes há lugar a uma secagem da mucosa respiratória, propiciando o aparecimento de doenças do foro respiratório como as amigdalites, faringites ou bronquites. Entende-se por isso facilmente que



08

INTERIOR DE UMA HABITAÇÃO COM PAREDES EM ALVENARIA DE TERRA (TAIPA)

as estatísticas sobre saúde pública refiram que, das últimas décadas a esta parte, se registou um aumento de quase 50% na ocorrência de problemas de saúde do foro respiratório, como a asma.

O que também se repercute negativamente em termos da produtividade dos ocupantes destes edifícios. Berge [3] refere o caso do Hospital de Feldkirch, na Áustria, no qual está construída uma galeria com 180 m de comprimento revestida lateralmente com troços de taipa (nalguns casos com 6 m de altura) com o único fim de se conseguir uma estabilização da humidade do ar sem recurso aos meios mecânicos convencionais.

CONCLUSÕES

Caracterizada por baixos consumos de energia e de emissões de carbono, por estar associada a baixos ou quase nulos níveis de poluição e ainda por ser responsável por níveis de humidade no interior dos edifícios benéficos em termos da saúde humana, a construção em terra possui assim vantagens competitivas face à construção corrente que lhe auguram um futuro promissor.

REFERÊNCIAS

[1] Minke, G. (2006) Building with earth, design and technology of a sustainable architecture. Birkhäuser - Publishers for Architecture, Basel- Berlin-Boston.

[2] Pollock, S. (1999) Ancient mesopotamia, Cambridge University Press.

[3] Berge, B. (2009) The ecology of building materials. 2^a Edition, Architectural Press, ISBN 978-1-85617-537-1, Elsevier Science

[4] Carvalho, J.; Pinto, J.; Varum, H.; Jesus, A.; Lousada, J.; Morais, J. (2008) Estudo do material terra usado nas construções em tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. Terra Brazil 2008, II Congresso de Arquitectura e Construção com Terra no Brasil. S.Luis, Maranhão, Brasil.

[5] Rasi, R. (1971) Earth architecture. ISBN 978-1-56898-767-5. Princeton Architectural Press, New York

[6] Dethier, J. (1986) Des Architectures de terre. In Edition de Centre Pompidou, Paris

[7] Eires, R.; Jalali, S. (2008) Inovações científicas de construção em terra crua. Conferência Internacional - Angola: Ensino, Investigação e Desenvolvimento (EIDAO 08), Braga.

[8] Schroeder, H.; Rohlen, U.; Jorchel, S. (2008) Education and vocational training in building with earth in Germany. 5th International Conference on Building with Earth - LEHM 2008, Weimar, Germany, pp.193-197.

[9] Houben, H.; Doat, P.; Fontaine, L.; Anger, R.; Aodo, W.; Clagnon, C.; Dammé, H. (2008) Builders grains - a new Pedagogical Tool for Earth Architecture Education. 5th International Conference on Building with Earth - LEHM 2008, Weimar, Germany, pp.51-57

[10] Pameira, D.J. (2007) Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. Tese de Mestrado em Construção, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Portugal.

[11] Middleton, G.F. (1992) Bulletin 5. Earth wall construction. Fourth Edition, CSIRO Division of Building, Construction and Engineering, North Ryde, Australia.

[12] Schroeder, H.; Volhard, F.; Rohlen, U.; Ziegert, C. (2008) The "Lehmbau Regeln" in 2008 - a review after 10 years of use in practice. 5th International Conference on Building with Earth - LEHM 2008, Weimar, Germany, pp.13-21.

[13] Maleski, K.; Cratene (1998) Soil block presses. Publication of Deutsches Zentrum

fr Entwicklungstechnologien - GATE, a Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 38p.

[14] Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1979) Construire en terre. France CRAterre- École d'Architecture de Grenoble.

[15] Barbosa, N.; Mattone, R.; Menbah, A. (2002) Blocos de concreto de terra: uma opção interessante para a sustentabilidade da construção. 44^o Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte - Minas Gerais.

[16] Delgado, M.C.; Guerrero, I.C. (2007) Earth building in Spain. Construction and Building Materials 20, pp.679-690.

[17] Burroughs, S. (2008) Soil property criteria for rammed earth stabilization. Journal of Materials in Civil Engineering, pp.265-273.

[18] Heathcote, K.A. (1995) Durability of earthwall buildings. Construction and Building Materials 9, pp.185-189.

[19] Ogunye, F.O.; Boussabaine, H. (2002) Diagnosis of assessment methods for weatherability of stabilized compressed soil blocks. Construction and Building Materials 15, pp.163-172.

[20] Bui, Q.B.; Morel, J.C.; Venkatarama, B.V.; Ghayad, W. (2008) Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. Building and Environment 44, pp.912-919

[21] Heathcote, K.A. (2002) An investigation into the erodibility of earth wall units. PhD Thesis, University of Technology Sydney.

[22] Morton, T.; Stevenson, F.; Taylor, B.; Smith, C. - "Low Cost Earth Brick Construction: Monitoring and Evaluation". Arc. Architecta ISBN 0-9550580-0-7. 2005.

[23] Quintino, G. (2005) Blocos de terra compactada. Arquitectura de Terra em Portugal. Editora Argumentum ISBN: 972-8479-36-0, pp.53-56.

[24] Morton, T. (2008) Earth Masonry - Design and Construction Guidelines. ISBN 978-1-86081-978-0. HIS BRE Press.

[25] Shukla, A.; Tiwari, G.; Sodha, M.S. (2008) Embodied energy analysis of adobe house. Renewable Energy Vol.34, pp. 755-761.

[26] Zam, M.; Lee, A. (2010) Economic Benefits Of Contemporary Earth Construction In Low-Cost Urban Housing - State-Of-The-Art Review. Journal of Building Appraisal Vol. 5, pp.259-271

[27] Wargocki, P.; Wyon, D.; Baik, Y.; Clausen, G.; Fanger, P. (1999) Perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollu-

tion loads. Indoor Air, Vol.9, pp. 165-179.

[28] Allison, D.; Hall, M. (2010) Hygrothermal analysis of a stabilised rammed earth test building in the UK. Energy and Buildings Vol. 42, pp.845-852

[29] Arundel, A.; Sterling, E.; Biggin, J.; Sterling, T. (1996) Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. Environmental Health Perspectives, Vol. 65, pp.351-361.

[30] Owieson, S. (2005) Housing and asthma. Spon Press, London ISBN 0-415-33646-5.

OS AUTORES



F. Pacheco Torgal

Investigador na Unidade C-TAC, Universidade do Minho, membro da Ordem dos Engenheiros com o nível Sênior, Projectista e Director de Obras (1993-2003), Mestre em Eng^a Civil (FCTUC-2002), Doutor Eng^a Civil (UBI-2007), autor de aprox. 110 artigos e comunicações, sendo 17 artigos em revistas ISI com 48 citações (Índice h=5).



Said Jalali

Professor Catedrático no Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Projectista e Director de Obras (1969-1984), Mestre em Eng^a Civil (U. Nova-1985), Doutor Eng^a Civil (Coventry-1991), autor de aprox. 250 artigos e comunicações, sendo 27 artigos em revistas internacionais (Índice h=4).



METALÚRGICA ANTÓNIO FERNANDES, LDA.

Rua Prof. Dr. Joaquim Fontes, 16 - ARUJL
2715-406 ÁLMARGEM DO BISPO
Tel.: 21 962 81 90 - Fax: 21 962 81 97
e-mail: met.anfer@anfer.pt - www.anfer.pt



EFICIÊNCIA POR SOLUÇÕES INTELIGENTES

Instalações de Britagem Completas (Fixas e Móveis)

Britadores - Crivos - Moinhos de Martelos

Impactores - Tapetes Transportadores

Alimentadores - Soldaduras - Sobressalentes

Projectos e Capacidade de Resposta Imediata

Estruturas Metálicas de todos os tipos - Contenção de Fachadas

Licenciamento e Projecto de Pedreiras