



instituto politécnico de tomar **escola superior de tecnologia de tomar**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ÁREA DE CONSTRUÇÃO

Materiais de Construção I
2008/2009 – 1º SEMESTRE

TERRA CRUA

Docente:

Anabela Mendes Moreira

TERRA CRUA

1. Introdução

A terra como material de construção é um dos recursos mais antigos e mais amplamente utilizados pelo Homem. Ainda hoje, em diversas regiões do globo terrestre, a terra crua é usada na construção das habitações, traduzindo a identidade, a história, a cultura e a forma de vida de várias populações. As primeiras construções em terra crua estão datadas de há cerca de 10 mil anos e terão surgido na região do Médio – Oriente. De facto as planícies junto aos rios Tigre e Eufrates seriam ricas em depósitos aluvionares, excelentes para a construção em terra. A terra foi um material de construção usado por diversos povos ao longo de vários milénios: os povos da antiga Mesopotâmia, do antigo Egipto (junto ao rio Nilo), os Fenícios (na costa Ocidental do Mar Mediterrâneo), as civilizações grega e romana, os povos da América Andina e da América Central e Latina, são alguns exemplos. Esta matéria-prima foi usada para edificar tanto pequenas construções como monumentos de grande importância militar e religiosa, tais como alguns troços da Muralha da China, o Palácio do *Dalai Lama*, no Tibete ou as Pirâmides de *Saqqarah*, no Egipto. No Velho Continente, existem igualmente inúmeros exemplares de construções rurais em terra crua – Suécia, Dinamarca, Alemanha, Inglaterra, França, Espanha e Portugal.



Figura 1 – Forte de Oman, em terra crua.



Figura 2 – Shibam – A cidade em terra crua (no Yémen), património mundial da UNESCO.



Figura 3 – Casa rural em terra crua, na Bretanha.

Para além da importância histórica e cultural, a construção em terra é uma técnica construtiva da actualidade, já que um pouco por todo o mundo e também em Portugal, é notório o interesse no seu reaparecimento. Ao ressurgimento das técnicas construtivas de terra não serão alheios factores como a relativa simplicidade dos processos produtivo e de aplicação, os baixos custos do material e os reduzidos custos energéticos do processo produtivo.

Portugal é um país com um património arquitectónico em terra crua rico e vasto. É possível encontrar estruturas de terra por todo o território nacional: existem construções em terra crua na região do Baixo Douro, nas zonas aluvionares de Aveiro, Bairrada e Mira, na região de Castelo Branco e também aqui, em Tomar, é possível encontrar com relativa facilidade alguns exemplares de habitações em terra crua, sendo, no entanto, o Sul - Alentejo e Algarve - o seu terreno de eleição.



Figura 4 – Igreja construída em terra crua (taipa), no Alentejo.

Ainda que este material de construção tenha sido posto de parte a partir da década de 50 do século passado, a construção em terra crua parece querer ressurgir fortemente alicerçada na prática da construção sustentável. A terra é a matéria-prima para a construção da taipa, do adobe e de blocos de terra comprimida (*BTC*).

Materiais/Processos de Construção em Terra Crua {
- Taipa
- Adobe
- BTC

2. Selecção e preparação da terra

A terra é um recurso inesgotável e a sua utilização como material de construção não contribui para a eliminação dos ecossistemas já que a terra fértil e arável não deve ser utilizada na construção. Trata-se pois de um material fácil de trabalhar e duradouro (quando tomadas as devidas precauções). A terra é constituída por matéria gasosa, líquida e sólida (ver quadro 1).

<i>Matéria Gasosa</i>	› Provém do ar (que ocupa os vazios entre as partículas sólidas e líquidas), dos gases de decomposição dos elementos orgânicos e dos produtos resultantes do metabolismo dos seres vivos.
<i>Matéria Líquida</i>	› Resulta da água da chuva, da humidade e da decomposição da rocha e dos materiais orgânicos.
<i>Matéria Sólida</i>	› Provém: → Dos constituintes orgânicos provenientes de organismos animais e vegetais; → Dos constituintes minerais resultantes da desagregação da rocha;

Quadro 1 – Constituição da terra.

A porção mineral dos solos é constituída em proporções variáveis por gravilhas, areias, siltes e argilas. Relativamente à estabilidade que estes constituintes apresentam, no que se refere à manutenção das suas características em diferentes condições de humidade e temperatura, pode afirmar-se que as gravilhas, areias e siltes são suficientemente estáveis e a argila instável.

<i>Granulometria</i>	→ Natureza e proporção de agregados
<i>Plasticidade</i>	→ Possibilidade de ser moldada
<i>Compressibilidade</i>	→ Propriedade de aumentar ou reduzir os vazios
<i>Coesão</i>	→ Capacidade dos agregados se interligarem entre si

Quadro 2 – Elementos de caracterização da terra.

A estrutura do solo é determinada pela forma como os constituintes se associam e relacionam entre si, pelo que facilmente se adivinha a importância do conhecimento das características da terra para a construção. Seguidamente apresentam-se alguns processos de caracterização expedita dos solos para construção:

COR - A cor dos solos depende da sua constituição: uma cor escura indica a presença de materiais orgânicos; uma cor avermelhada indica a presença de óxidos de ferro; solos amarelados indicam a presença de silte e areia; solos de cor castanha clara denotam a presença de argila.

CHEIRO – Logo depois da extracção, é possível detectar a presença de matéria orgânica. A presença desta é confirmada se por humedecimento ou aquecimento do solo, o cheiro for intensificado.

TACTO – O teste ao tacto consiste em esfregar uma amostra entre os dedos depois de removidas as partículas de maior dimensão; os solos arenosos sentem-se ásperos e não têm coesão quando ligeiramente humedecidos; os solos siltosos sentem-se ásperos mas apresenta alguma coesão quando se humedecem; solos com proporções elevadas de argila apresentam-se resistentes ao esmagamento quando secos, mas tornam-se plásticos e pegajosos ou viscosos quando húmidos.

BRILHO – Amassando uma pequena quantidade de terra ligeiramente humedecida, conformando-o numa bola e procedendo ao seu corte com uma faca, a imediata observação da superfície de corte poderá dar indicação da predominância de argila – superfície de corte brilhante – ou da predominância de silte – superfície opaca.

ADERÊNCIA – A resistência que a bola de terra anteriormente moldada oferece à penetração da faca fornece igualmente uma indicação da predominância de argila ou de areia e silte. A proporção de argila é baixa quando a faca penetra facilmente, já que os solos argilosos tendem a resistir à penetração e aderem à faca quando esta é retirada.

LAVAGEM - Após a realização destes testes e ao lavar as mãos, a forma como a terra é eliminada, dá a indicação complementar da sua composição: a areia e o silte são fáceis de retirar, enquanto que no caso da argila é necessário algum esforço para a sua completa eliminação.

Também é possível quantificar as proporções granulométricas do solo através de um teste muito simples **de sedimentação**. Para tal, enche-se 25% de um frasco com o solo e completa-se com água limpa até cima. Deixa-se repousar, bem tapado, durante uma hora. Em seguida agita-se fortemente e deixa-se repousar novamente durante uma hora. Decorrido este tempo, volta-se a agitar e repousar durante, pelo menos 45 minutos. Após este procedimento, as partículas sólidas assentarão no fundo do frasco, podendo-se medir com algum rigor as

proporções relativas de areia (camada inferior), silte e argila. Convém ter em conta que o silte e a argila se terão expandido com a água.

Outro teste que pode ser realizado é o designado **teste visual por peneiração expedita** que deve ser feito com o solo seco e com os torrões devidamente esmagados. Nestas condições procede-se à separação das partículas através da passagem por dois peneiros – de malhas 0.074 mm (nº 200) e 2 mm (nº 10). De uma forma não rigorosa, poder-se-á dizer que:

- O solo será argiloso se o montículo de material passado no peneiro nº 200 (silte e argila) for maior que o do retido (areia mais seixo); o solo será arenoso se o montículo de areia e seixo for maior.
- A passagem do material (anteriormente retido no peneiro nº 200) através do peneiro nº 10, revelará um solo pedregoso, se o montículo de seixos for maior que o de areia; o solo será arenoso, quando o montículo de areia for maior que o de seixos.

No caso do solo arenoso ou pedregoso, faz-se uma bola com o material original e coloca-se a secar ao sol. Se esta, ao secar partir, o solo não deve ser usado como material de construção. Se a bola mantiver a forma, utiliza-se o montículo de silte e areia para os testes que se indicam a seguir.

RETENÇÃO DE ÁGUA

Com o material passado no peneiro de 1mm, faz-se uma bola do tamanho de um ovo, adicionando-se água de forma a mantê-la ligada e sem se colar às mãos. Pressiona-se suavemente a bola na palma da mão encurvada e golpeia-se fortemente com a outra mão.

- Se no final de 5 a 10 golpes (reacção rápida), a água aparecer à superfície e houver esboroamento da massa de terra → será indicativo da presença de areia fina ou de silte grosso.
- Se a água surgir à superfície com 20 ou 30 golpes (reacção lenta) e a massa de terra não se apresentar esmigalhada sendo moldável por pressão → tratar-se-á de um silte ligeiramente plástico ou de uma argila.
- Se não houver nenhuma reacção ou se esta for muito lenta e não se verificarem mudanças significativas no aspecto quando a massa de terra for pressionada → indicará um alto teor de argila.

RESISTÊNCIA À SECAGEM

Duas ou três amostras, do teste anteriormente descrito, são ligeiramente espalmadas de forma a ficarem com uma espessura de 1mm e diâmetro de 50 mm. Estes discos são posteriormente secos ao Sol (ou em estufa). Após a secagem e ao apertar os discos entre o polegar e o indicador, a dureza observada permitirá classificar o solo:

- Se da pressão exercida resultar uma pulverização → tratar-se-á de uma argila praticamente pura.
- Se a pulverização ocorrer devido a muito esforço → será uma argila arenosa ou siltosa.
- Se ocorrer uma pulverização sem esforço → tratar-se-á de areia ou silte com baixo teor de argila.

TESTE DO CILINDRO

Molda-se uma bola de solo humedecida com água, do tamanho de uma azeitona e alisa-se sobre uma tábua de modo a formar um pequeno cilindro. Se este partir antes do diâmetro atingir 3mm, estará muito seco e será necessário adicionar água, operação que será repetida até o rolinho se partir com um diâmetro de exactamente 3mm, indicando a quantidade adequada de água. Refaz-se seguidamente a bola e aperta-se entre o dedo polegar e o indicador:

- Se a bola se achatar com dificuldade, não fissurando → significa que o solo tem uma elevada proporção de argila.
- Se a bola fissurar ou se desfizer → indicará um baixo teor de argila.
- Se romper antes de formar a bola → terá uma elevada quantidade de silte ou areia.
- Se da pressão exercida se sentir uma massa facilmente compressível e suave → significa que se trata de um solo com elevado teor em matéria orgânica, ou seja, impróprio como material de construção.

TESTE DA CINTA

Com o teor de humidade do teste anterior, molda-se um cilindro com 12 a 15 cm de diâmetro. Se este for apertado entre o polegar e o indicador formar-se-á uma cinta de 3 a 6 cm de diâmetro, pretendendo-se que esta estique o máximo possível:

- Um comprimento de 25 a 30 cm → indicará uma elevada percentagem de argila.
- Um comprimento de 5 a 10 cm → indicará um reduzido teor de argila.
- Se não se formar uma cinta → a proporção de argila é insignificante.

Actualmente, os conhecimentos de Mecânica dos Solos permitem a realização de ensaios que possibilitam a selecção de solos com as características mais adequadas. Desta forma, pode recorrer-se:

Análise Granulométrica - que pode ser quantificada através do ensaio de peneiração recorrendo aos crivos de malha quadrada da série ASTM e através da sedimentação baseada na Lei de Stokes;

Limite de Consistência - que permite determinar os índices de retracção, de plasticidade e de liquidez;

Actividade da Argila - determinada pela relação entre o índice de plasticidade e a percentagem da fracção de argila;

Retracção Relativa - que é um indicador da amplitude de variação do volume de argila

Ensaio Normalizado PROCTOR - que permite aferir a quantidade de água que se deve adicionar a um solo de forma a obter uma óptima compactação.

A correcta selecção da matéria-prima é o factor principal para garantir o sucesso da aplicação da terra crua, na construção. No entanto, quando o solo não apresenta as características desejadas em termos de comportamento mecânico, índice de coesão e/ou retracção, pode recorrer-se a **métodos de estabilização** que visam melhorar o desempenho da terra como material de construção (ver quadros 4 e 5).

Principais objectivos dos métodos de estabilização da terra	- Aumentar a resistência mecânica - Aumentar a coesão e a resistência à erosão - Reduzir a porosidade e consequentemente as variações de volume
---	---

Quadro 3 – Objectivos dos métodos de estabilização de solos.

Tipos de estabilização	Mecânica	A resistência mecânica, a porosidade, a permeabilidade e a compressibilidade são alteradas através da compactação e da adição de fibras.
	Física	A alteração da textura da terra é realizada através da mistura controlada de partículas de diferente composição e granulometria; podem também conseguir-se os mesmos resultados através de tratamentos térmicos e eléctricos.
	Química	As propriedades da terra são modificadas por adição de produtos químicos que alteram as características da terra através de reacções químicas

Quadro 4 – Tipos de estabilização.

A estabilização mecânica por compactação é conseguida essencialmente através de três métodos:

Compressão estática cuja força é exercida por uma prensa mecânica ou hidráulica;

Compressão dinâmica por impacto cuja força é exercida por impacto criando uma onda de choque e de pressão que coloca as partículas em movimento;

Compressão dinâmica por vibração em que se utilizam aparelhos de vibração que exercem uma série de impactos rápidos sobre o solo. O movimento impresso às partículas elimina temporariamente a fricção interna e permite a reorganização das partículas.

A utilização de fibras permite reduzir os efeitos do fenómeno de retracção, durante o processo de secagem ao mesmo tempo que contribui para melhorar a distribuição das tensões de retracção e aumentar a resistência mecânica da terra (alguns estudos referem que a adição de fibras representa um acréscimo na resistência à tracção de cerca de 15%). As fibras vegetais – palha e bambu – são as mais utilizadas. Nos últimos anos têm também sido utilizadas as fibras de vidro e de aço. A palha permite acelerar o processo de secagem (pois os canais das suas fibras permitem a drenagem da água para o exterior do material), reduzir a massa volúmica do material e melhorar o comportamento acústico, no entanto tem a desvantagem de se desagregar quando exposta à acção da humidade por períodos longos.

A correcção de uma terra excessivamente fina ou excessivamente grossa é feita a partir dos resultados da curva granulométrica. A correcção da terra com excesso de agregados grossos

é feita com a remoção destes por peneiração. A correcção de uma terra com excesso de partículas finas (argila) é feita com a adição de uma terra de partículas mais grossas cuja percentagem dependerá da granulometria pretendida; outra forma de corrigir a finura da terra, ainda que de mais difícil controlo, consiste na lavagem dos finos.

A estabilização química é conseguida por adição de cimento, cal, betume, produtos naturais (caseína, óleos vegetais) ou produtos sintéticos (colas sintéticas, amónia quaternária). A adição de cimento ao solo provoca a aglomeração das partículas e torna a argila mais estável enquanto que a adição de cal permite a dissolução de minerais argilosos. O betume aumenta a resistência da terra à acção da água ao mesmo tempo que melhora a ligação dos solos de fraca coesão. A utilização de resinas sintéticas na estabilização química da terra é uma técnica relativamente recente que permite obter os resultados dos produtos anteriormente referidos, mas que apresenta algumas desvantagens, nomeadamente no que se refere ao elevado custo e à toxicidade dos agentes usados.

Ainda que cada técnica de construção em terra crua implique procedimentos específicos, pode-se indicar um conjunto de etapas comuns às diversas técnicas (taipa, adobe e *BTC*): a preparação da terra processa-se geralmente nos meses quentes, quando se encontra seca e inicia-se com a remoção da camada vegetal do terreno. Da camada inferior recolhe-se o solo procedendo-se à sua desagregação e peneiração de forma a eliminar todos os elementos orgânicos, raízes e pedras de dimensões excessivas. Findo o processo de peneiração, pode haver a necessidade de proceder à correcção do solo, por adição de estabilizantes. No quadro 5 sintetizam-se as principais etapas de preparação da terra.

1. - Remoção da camada vegetal;
2. - Recolha da terra;
3. - Secagem da terra (que pode ser feita por meios mecânicos ou naturalmente);
4. - Armazenamento;
5. - Crivagem para a remoção dos agregados de maior dimensão;
6. - Desagregação dos torrões de argila;
7. - Peneiração para, caso seja necessário, corrigir a granulometria;
8. - Homogeneização a seco para misturar adequadamente os estabilizantes em pó;
9. - Adição de água por aspersão e mistura;
10. - Tempo de reacção (que varia em função da quantidade e do tipo de estabilizantes adicionados);
11. - Moldagem (para as técnicas que impliquem a conformação em blocos, como o adobe);
12. - Tempo de secagem ou cura;
13. - Aspersão (necessária só em algumas técnicas, como a taipa);
14. - Armazenamento.

Quadro 5 – Etapas de preparação da terra.

3. Taipa

A taipa consiste na edificação de paredes monolíticas em terra (ligeiramente humedecida) que é colocada entre moldes (em camadas de aproximadamente 60 cm) e fortemente comprimida de modo a eliminar os vazios. Os moldes tradicionais para a execução de taipa são taipais de madeira também designados por enchaiméis. Os enchaiméis são dispostos paralelamente (figura 5) e espaçados com a espessura que se pretende para a parede (normalmente entre 50 e 70 cm). Os côvados permitem manter os taipais na posição vertical. Para ajustar a terra junto aos taipais são usados maços em forma de cunha (malho) e para compactar a terra na zona central são usados maços cilíndricos cujo peso varia entre 4 e 9 Kg. Na compactação manual (figura 7) é usual trabalharem 3 homens: um junto de cada taipal e o terceiro na região central. O processo descrito refere-se ao processo tradicional, hoje em dia utilizam-se cofragens de diversos materiais tais como contraplacado, alumínio, aço e fibra de vidro. Independentemente do material utilizado nos moldes, é fundamental garantir que os elementos de cofragem tenham uma elevada rigidez de forma a suportar tensões elevadas, bem como os impactos da vibração e da compactação. Tal como no processo de descofragem do betão, também se pode recorrer a produtos de descofragem. Actualmente é também prática

comum recorrer-se a painéis de cofragem deslizantes, painéis integrais e no caso da parede ficar oculta também se podem utilizar sistemas de cofragem perdidos. Relativamente aos processos de compactação, actualmente utiliza-se a compactação mecanizada por impacto (através de compressores pneumáticos de peso reduzido – até 5 Kg) e por vibração (através de placas vibratórias).

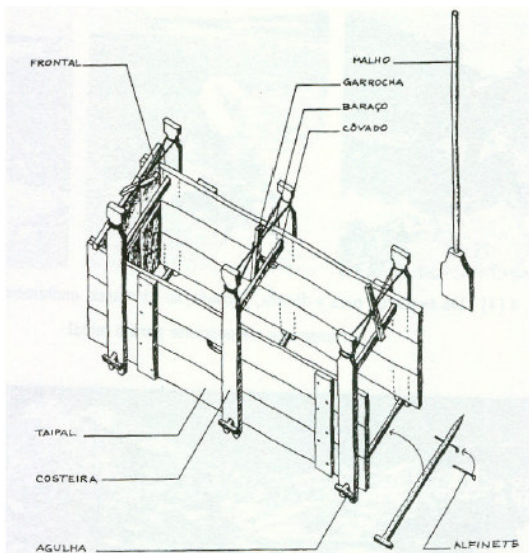


Figura 5 – Enchaiméis para taipa (processo tradicional).



Figura 6 – Taipa com recurso a equipamento mecânico (processo actual).

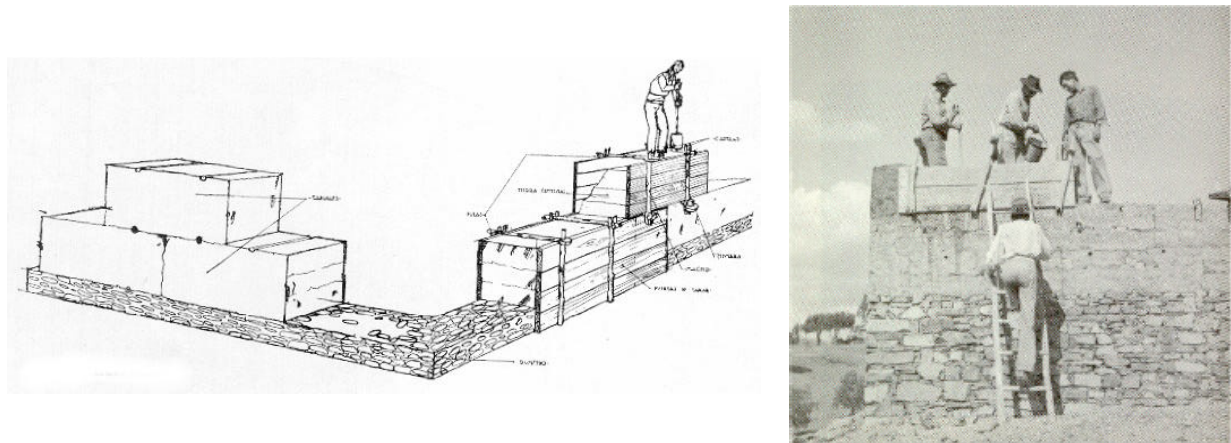


Figura 7 – Construção de uma parede de taipa (processo tradicional).

A terra utilizada em taipa é normalmente arenosa, rica em pedras e pouco argilosa. A terra depositada nas zonas aluvionares é habitualmente aproveitada para as paredes de taipa. Muitas vezes, para aumentar a resistência mecânica à tracção da terra, é adicionada uma fibra vegetal (palha) ou sintética. A granulometria média de uma terra destinada a taipa de conter:

Argila: 15-25% (a argila é o componente aglutinador)

Silte: 20-35%

Areia: 40-50% (a areia confere rigidez)

Gravilha: 0-15% (a gravilha proporciona resistência mecânica)

Uma regra (a cumprir) no processo de produção de adobe refere que só se deve preparar a terra que se vai utilizar diariamente, pois desta forma evita-se a humedificação excessiva devido à chuva ou à humidade nocturna.

No quadro 6 apresentam-se alguns inconvenientes e vantagens que as construções em taipa apresentam:

<i>Inconvenientes</i>	<i>Vantagens</i>
- Vulnerabilidade ao ataque por roedores; - Baixa resistência mecânica à compressão; - Muito baixa resistência à tracção; - Muito baixo desempenho face a acções sísmicas; - Quando não são tomadas as devidas precauções pode ser facilmente degradável pela acção da água;	- Grande economia de energia no processo produtivo - É reciclável - Bom comportamento térmico (com grande economia de energia durante a fase de utilização da construção) - Bom comportamento acústico - Excelente comportamento ao fogo - Técnica de construção milenar, apresentando óptimas condições para a sua aplicação e desenvolvimento nos processos construtivos actuais ↓↓↓ <i>ALTERNATIVA DE CONSTRUÇÃO ECOLÓGICAMENTE EQUILIBRADA</i>

Quadro 6 – Vantagens e inconvenientes da taipa.

4. Adobe

O adobe refere-se à construção de paredes com tijolos de terra crua, preparados em moldes secos ao Sol. No adobe, a terra é misturada com água e por vezes com fibras (vegetais ou sintéticas), de forma a criar um bloco consistente. Não devem ser usadas terras com argilas expansivas.

O adobe terá tido origem na região fértil da Mesopotâmia, tendo sido largamente utilizado na edificação de casas e de monumentos até ao século XX, altura em que se verificou o seu declínio fundamentalmente devido ao advento de novas tecnologias de construção. A partir da década de 70 do séc. XX verifica-se o seu ressurgimento, com a introdução de processos mecânicos no processo produtivo e com a utilização de novos aditivos e estabilizantes. Em Portugal ainda existem alguns exemplares onde foi usado este material, nomeadamente em habitações, igrejas, no revestimento de poços de água e em fornos de cal.

As terras utilizadas na técnica do adobe podem ter um teor maior em argila do que a taipa. Seguidamente indica-se-se a composição granulométrica de referência da terra destinada a incorporar blocos de adobe:

Argila – 15 a 18%

Silte – 10 a 28%

Areia – 55 a 75%

A preparação do adobe consiste na adição de água à terra argilosa, de forma a obter-se uma pasta que será posteriormente inserida num molde. Tradicionalmente eram usados moldes de madeira que permitiam a execução de 1 ou 2 blocos (figura 8). Actualmente são utilizados moldes (de madeira, plástico ou de metal) com vários compartimentos, permitindo a obtenção de várias peças. Para assegurar a qualidade final do adobe, os moldes devem ser previamente molhados e salpicados com areia. Os moldes também devem impedir o contacto com água de forma a evitar o apodrecimento ou o empenamento das peças de adobe.



Figura 8 – Molde de madeira utilizado na produção de adobe ¹.

A terra destinada a adobe pode ser estabilizada, sendo inclusivamente a técnica de construção em terra crua na qual mais se investiu no campo experimental, nos últimos anos, já que em muitos países, o adobe é um material de construção corrente.

No quadro 7 apresentam-se as principais etapas de produção (artesanal e mecanizada) de adobe.

Processo Artesanal	Processo Mecanizado
1. Devem-se amassar pequenas bolas de terra que são envoltas em areia e atiradas com alguma força para o molde; 2. Depois deste procedimento, a terra é ajustada ao molde devendo os cantos do molde ficar perfeitamente preenchidos de material; 3. Os moldes podem ou não ter fundo, ainda que os moldes sem fundo sejam mais práticos; 4. Desmoldagem (figura 9)	1. A terra a utilizar deve conter uma percentagem de gravilha ligeiramente superior à utilizada no processo manual; 2. A maquinaria utilizada é semelhante à utilizada para a produção de peças cerâmicas por <i>extrusão</i>; 3. A produção de adobe pelo processo de <i>extrusão</i> pode ser feita em obra, com uma unidade móvel, possibilitando uma produção de 2500 a 3000 blocos/hora.

Quadro 7 – Processos de fabrico de adobe.

Após a desmoldagem, os adobes são transportados em pranchas para secarem. No processo de secagem podem-se distinguir as seguintes etapas:

1. Numa primeira fase, as peças devem secar à sombra;
2. Numa segunda fase são colocadas ao Sol até endurecerem;
3. Durante a secagem, as peças devem ser viradas, para o processo ser uniforme;
4. O tempo de secagem é variável, em função das condições climáticas da região; Em Portugal, os tempos médios de secagem oscilam entre as 3 semanas e 1,5 meses.

Figura 9 – Desmoldagem do adobe¹.

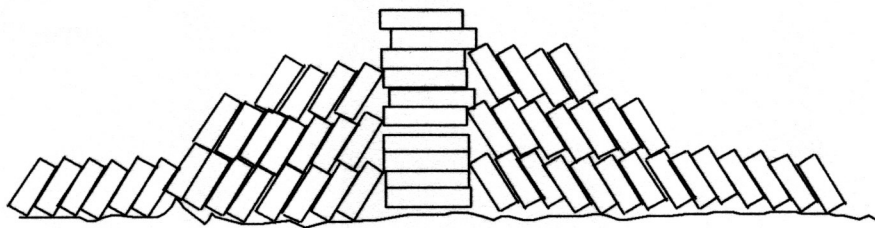


Figura 10 - Processo de empilhamento dos blocos de adobe, após a secagem.

Da utilização de adobe advêm algumas vantagens e algumas limitações. No domínio das vantagens, podem-se destacar:

- O processo de fabrico não requer grande consumo de energia e é não poluente
- É um material reciclável
- É um bom regulador da humidade
- Apresenta baixa condutibilidade térmica, pelo que apresenta um bom desempenho térmico
- É um bom isolante acústico
- O processo produtivo e a aplicação não requerem grandes recursos tecnológicos

Relativamente às limitações:

- Vulnerabilidade ao ataque de roedores
- Apresenta fraco comportamento sob acções sísmicas
- São necessárias grandes áreas para a armazenagem dos adobes
- Sofre erosão

5. BTC

O *BTC - Blocos de Terra Comprimida* – é um dos métodos de construção em terra crua mais utilizados actualmente. Trata-se de um material relativamente recente, uma vez que foi desenvolvido na Colômbia (pelo engenheiro Raúl Ramirez, no centro de pesquisas *Cinva*) a partir da década de 50 do século XX, no âmbito de um programa de investimento em habitação rural. A prensa utilizada para o efeito foi designada por prensa *Cinvaram*.

O *BTC* refere-se à execução de blocos de terra crua prensados. A prensagem traduz-se na prática pelo aumento da resistência mecânica dos blocos de terra crua, pelo aumento do contacto entre as partículas e pela diminuição da porosidade, através da eliminação de vazios. O

BTC pode ser usado tanto como material estrutural como material de enchimento. Em vários países, estes blocos são um material de construção corrente, tal como os blocos cerâmicos ou os blocos de betão. Actualmente, os maiores produtores de *BTC* são a Alemanha (grupo *Krupp*) e a Dinamarca.



Figura 11 – BTC (Blocos de Terra Comprimida)².

O processo produtivo de *BTC* depende de alguns factores tais como a granulometria do solo, a pressão de compactação, a dimensões dos blocos e o modo e velocidade de compressão.

No que se refere à selecção e preparação da terra há que ter em consideração que a correcta selecção desta é o factor que mais pesa na qualidade final de *BTC*, no entanto, as características do solo podem ser melhoradas:

- A granulometria do solo pode ser corrigida – por exemplo, solos excessivamente argilosos podem ser corrigidos através da adição de areia ou gravilha;
- A terra pode ser estabilizada por adição de cal (no caso de solos excessivamente argilosos) ou de cimento (para solos excessivamente arenosos);
- Os elementos de maiores dimensões (pedras, gravilhas e elementos argilosos) devem ser eliminados por crivagem;
- A mistura dos vários componentes (no caso de se proceder à estabilização da terra) deve ser efectuada a seco;
- A terra deve ser humidificada (a quantidade de água a adicionar não deve exceder 8% do volume total) por rega (do tipo chuva fina) ou por vaporização sob pressão.

No processo produtivo de *BTC* podem ser utilizadas **prensas manuais** (na utilização destas é necessário ter em conta que os valores de pressão variam em função do peso do manobrador) ou **prensas mecânicas**. O custo das prensas mecânicas é consideravelmente superior ao custo

das prensas mecânicas, sendo a utilização destas últimas justificada quando são necessárias grandes quantidades.

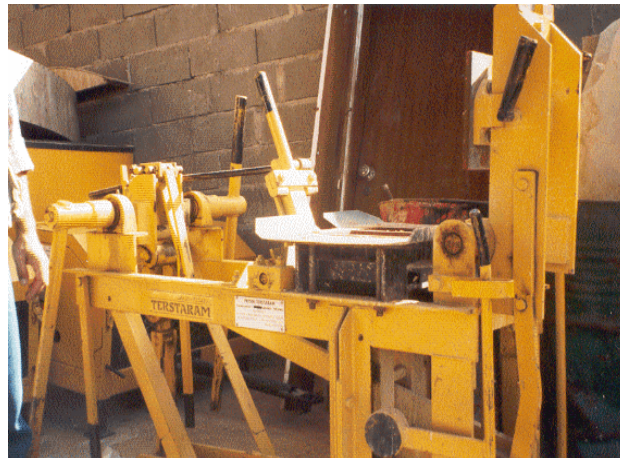


Figura 12 – Prensa metálica para a produção de BTC².

A terra colocada no molde deve ter uma massa volúmica entre os 1000 e 1400Kg/m³ e a altura dos blocos (altura entre a zona inferior e a zona superior de prensagem) não deve ser superior a 10 cm. Depois da prensagem, a terra deve apresentar uma massa volúmica de pelo menos 1700 Kg/m³.

Ao saírem da prensa, os blocos já são suficientemente sólidos para serem manipulados, no entanto, a resistência mecânica máxima só é atingida depois do período de cura, em ambiente quente e húmido. O tempo de cura varia em função do tipo de estabilizador utilizado. Interessa também referir que o processo de secagem deve ser lento e gradual.

Comparando os custos energéticos associados ao processo produtivo de tijolos cerâmicos (que são correntemente utilizados como material de enchimento, na construção civil portuguesa) com os custos energéticos inerentes à produção de *BTC*, pode-se afirmar que a produção de *BTC* permite economizar entre 40 e 65% de energia.

No quadro 8 apresentam-se algumas diferenças entre *BTC* e o adobe.

Os blocos de BTC:

- São mais regulares em forma e em dimensões
- Apresentam maior resistência à compressão
- São menos susceptíveis à presença da água
- A ligação das partículas de terra é conseguida pela pressão exterior
- Implicam menores prazos de construção
- A produção de blocos pode ser realizada durante todo o ano

Quadro 8 – *BTC* vs. adobe.

Dos factores que podem limitar uma utilização mais generalizada de *BTC* podem-se destacar os seguintes:

- Inexistência de terra adequada
- Construção em altura
- Inexistência de regulamentação e de normas construtivas
- Rejeição cultural

6. Aplicações

Nesta secção apresentam-se alguns exemplos de obras onde foram aplicados os materiais/processos anteriormente descritos.



Figura 13 – Adobes e taipas nas instalações agrícolas *Álamos* (1997), autor Arqº. José Alberto Alegria³.



Figura 14 – Adobes prensados e estabilizados na *Quintablanca Palace* (1998-1999), autor Arqº. José Alberto Alegria⁴.



Figura 15 – Utilização das técnicas de terra crua na reabilitação do Ryad “Dar Youssef”, em Marrakech (1994-1995), autor Arqº. José Alberto Alegria⁴.



Figura 16 – Adobes prensados e estabilizados numa moradia em Vale da Parra (1999), autor Arqº. José Alberto Alegria³.

7. Bibliografia

- [1] ALEGRIA, José A. – “José Alegria: da paixão..., da terra..., da arquitectura...”, Edição Darquiterra – Arquitectura e Construção, Albufeira, 2000
- [2] ALEGRIA, José A. – “José Arquitectura tradicional mediterrânica: a viabilidade das construções de terra”, Comunicação apresentada no 2º Colóquio Construção Civil – Reflexão pela Qualidade, Instituto Politécnico de Tomar, EST, Maio 2003
- [3] BRANCO, J. Paz; “Manual de Pedreiro”, LNEC, Lisboa 1981
- [4] LOURENÇO, Patrícia I. M.; “Construções em terra – os materiais naturais como contributo à sustentabilidade na construção”, Dissertação par a obtenção do grau de Mestre IST, Lisboa, Julho 2002
- [5] MAGAIA, S. J.; Gohnert; “Cúpulas de terra em habitação alternativa”, Revista Construlink nº4, Lisboa, Outubro 2003

[6] MARQUES, José C. R.; “Paredes de taipa”, Monografia apresentada na Revista Construlink, Outubro 2002

[7] PINHO, Fernando F. S.; “Paredes de edifícios antigos em Portugal”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2000

[8] TEIXEIRA, Gabriela B.; Belém, Margarida C. – “Diálogos de Edificações – Técnicas Tradicionais de Restauro”, Centro Regional de Artes Tradicionais, Porto 1998

¹ Foto dos alunos do 5º ano do curso de engenharia civil da disciplina *Técnicas de Construção Tradicional*, ano lectivo 2003-2004.

² Foto dos alunos do 5º ano do curso de engenharia civil da disciplina *Técnicas de Construção Tradicional*, ano lectivo 2002-2003.

³ Foto de Arqtº José Alberto Alegria

⁴ Foto de Nuno Saraiva