

CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E ADOBES USADOS NA CONSTRUÇÃO EM CAMABATELA, ANGOLA

Humberto Varum¹, Aníbal Costa¹, Dora Silveira^{1*}, Giselle Carvalho¹ e Luís Silva²

¹Departamento de Eng.ª Civil – Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, PORTUGAL
Tel.: +351 234 370049; Fax: +351 234 370094; E-mails: hvarum@ua.pt; acosta@ua.pt;
dora.silveira@ua.pt; gisellenc@gmail.com

²Organização Missanga

Rua Prof. António Rosa Rovisco de Andrade, nº3 – 4ºD, 2715-073 Pêro Pinheiro, PORTUGAL
Tel.: +351 916851199, +351 938600050, +351 966168108; E-mail: luis.mata.silva@gmail.com

Tema 2: Materiais e Comportamento

Palavras-chave: Adobe, Camabatela, Caracterização

Resumo

No âmbito do projecto “Construção com Formação”, no qual se pretende construir uma nova escola na missão de Camabatela, na província do Kwanza Norte, em Angola, fazendo uso dos materiais e técnicas de construção correntes no local, foram realizados ensaios de caracterização dos adobes produzidos localmente, e dos solos utilizados na sua produção e na própria construção, em argamassas e rebocos. Devido aos limitados meios disponíveis, recorreu-se a estratégias simples e expeditas de ensaio.

Foram analisados diferentes solos, tendo-se começado por realizar a identificação do tipo de cada solo com base no odor, aparência e toque. Seguidamente, amostras destes solos foram submetidas ao ‘teste da garrafa’, ao ‘teste do charuto’, e ao ‘teste da pastilha’. Com base nestes testes identificou-se, dentre os solos estudados, os mais adequados para o fabrico do adobe. Caracterizou-se também o comportamento dos adobes produzidos localmente quando em contacto com água, e estimou-se, através da realização de ensaios mecânicos, a sua resistência à compressão e à tracção (por flexão). Com base nos ensaios realizados foram tecidas recomendações gerais para o adequado fabrico e protecção dos blocos de adobe.

Este artigo descreve, sucintamente, os procedimentos seguidos na realização dos vários ensaios, os resultados obtidos, e a análise dos mesmos.

1. Introdução

A construção em alvenaria de adobe é a técnica construtiva mais frequentemente utilizada na arquitectura popular em Angola. Em Camabatela, na província do Kwanza Norte, em particular, construiu-se e ainda se constrói unicamente recorrendo a esta técnica. Amplamente utilizada também em todo o mundo, conhece hoje um interesse que lhe advém quer da valorização do património construído existente, quer da reduzida quantidade de energia gasta na construção (relativamente a outras técnicas) quer, ainda, de qualidades inerentes ao próprio material em termos de resistência mecânica, de comportamento higrotérmico e de flexibilidade de adaptação a múltiplas situações de construção. O seu estudo tecnológico impõe-se, hoje, pelo reconhecimento efectivo do seu interesse enquanto material de construção, retomando-se um processo milenar de evolução que foi interrompido, nas últimas décadas, pela generalização do recurso à estrutura em betão armado.

No projecto “Construção com Formação”, levado a cabo pela ONGD portuguesa Organização Missanga, em parceria com a Vice-Província Angolana da Ordem dos Frades Menores Capuchinhos na missão de Camabatela, e com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, pretende-se construir uma nova escola na missão, fazendo uso dos materiais e técnicas de construção correntes no local. No âmbito deste projecto foram levados a cabo ensaios de campo com a finalidade de caracterizar os adobes produzidos localmente, bem como os solos utilizados na sua produção e na própria construção, em argamassas e rebocos. Devido aos limitados meios disponíveis, recorreu-se

a estratégias simples e expeditas de ensaio. Os adobes ensaiados eram constituídos, como é tradicional em Camabatela, por uma mistura de terra e água, sem qualquer ligante.

2. Ensaio sobre amostras de solo

2.1 Introdução

Um dos principais factores que condicionam a qualidade e a segurança das construções em adobe é a escolha apropriada da matéria-prima (o solo).

Com o objectivo de conhecer a composição e o comportamento dos solos tipicamente usados na construção em Camabatela, foram realizados vários ensaios sobre amostras de cinco tipos diferentes de solo (Figura 1). Estas amostras foram recolhidas em:

- Poço de extracção de terra usada para o fabrico de adobes, em vertente pouco declivosa, próximo do topo (solo 1);
- Poço de extracção de terra usada para o fabrico de adobes, em vertente pouco declivosa, próximo do fundo (solo 2);
- Talvegue, em zona de escorrência de águas e inundada esporadicamente (solo 3);
- Vertente declivosa, erosionada (solo 4);
- Leito de um curso de água (areias de sedimentos – solo 5).

Todas as amostras recolhidas estavam húmidas com excepção da amostra de solo 4, recolhida quase seca.

Os ensaios realizados sobre as amostras de solo são apresentados de seguida.

2.2 Identificação do tipo de solo com base no odor, aparência e toque

Recorrendo ao olfacto e à análise visual e táctil do material, é possível estimar os componentes predominantes, em termos de granulometria, de cada amostra de solo.

As seguintes observações foram registadas para cada tipo de solo:

- Solo 1 – Cheira a argila; desfaz-se com dificuldade entre os dedos; é constituído essencialmente por agregados finos; suja as mãos; desfaz-se lentamente em água; apresenta cor vermelha, viva e escura;
- Solo 2 – Não apresenta odor característico; desfaz-se com facilidade entre os dedos; suja as mãos; é ligeiramente pegajoso; apresenta cor amarela ocre;
- Solo 3 – Não apresenta odor característico; é constituído essencialmente por cascalho que apresenta partículas com sinais de alteração à superfície, e por areia grossa; apresenta cor amarela clara;
- Solo 4 – Cheira a argila; desfaz-se com facilidade entre os dedos; quase não suja as mãos; desfaz-se facilmente na água; apresenta cor laranja escura;
- Solo 5 – Cheira a matéria orgânica; é quebradiço e difícil de moldar; não é pegajoso; apresenta cor cinzenta.

As conclusões a que se chegou, acerca da composição dos vários solos, com base nestas observações, são apresentadas na Tabela 1.

2.3 ‘Teste da garrafa’

Com o objectivo de determinar a proporção dos componentes principais dos solos (areia, silte e argila) foi realizado o ‘teste da garrafa’, seguindo-se os procedimentos indicados em Walker (2002: 133).

O ensaio foi realizado em frascos transparentes com paredes verticais e fundo plano, e com aproximadamente 500ml de capacidade. Adicionou-se, até $\frac{1}{4}$ da altura de cada frasco, o solo em estudo. O restante volume foi preenchido com água. Cada frasco foi vedado, agitado vigorosamente, deixado repousar por 1 hora, agitado de novo e, finalmente, deixado repousar por 24 horas. Mediu-se, de seguida, a altura de cada camada granulométrica.

Uma vez que, de um modo geral, a diferenciação entre as camadas de partículas mais finas não era muito nítida, distinguiu-se apenas a areia das partículas mais finas (silte e argila). Na Tabela 1 são apresentadas as respectivas percentagens e é feita a análise da adequabilidade dos solos para fabrico de adobe com base nessas percentagens, de acordo com o Código Peruano (2000). Segundo esta norma as percentagens dos componentes

principais do solo deverão ser, aproximadamente, as seguintes: 10 a 20% de argila, 15 a 25% de silte e 55 a 70% de areia.

2.4 'Teste do charuto'

Um outro teste que permite avaliar a adequabilidade de um solo para o fabrico do adobe com base na proporção de argila e areia é o 'teste do charuto'. Este teste foi realizado sobre as amostras dos vários tipos de solo em análise. É um teste que não se encontra normalizado, tendo-se por isso seguido os procedimentos e critério de avaliação de adequabilidade apresentados na Figura 2, habitualmente utilizados nas construções.

Na Tabela 1 são apresentados os comprimentos da porção que se desprende e é feita a análise da adequabilidade dos solos para fabrico de adobe com base nesses comprimentos.

2.5 'Teste da pastilha'

Foi também realizado, sobre as amostras dos vários tipos de solo em análise, o 'teste da pastilha', que permite avaliar a retracção dos solos bem como a sua resistência à compressão, em termos qualitativos, quando se aplica uma pressão de compressão com os dedos indicador e polegar. Este teste não se encontra normalizado, tendo-se por isso seguido os procedimentos e critério de avaliação de adequabilidade apresentados na Figura 3, habitualmente utilizados nas construções.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos e é feita a análise da adequabilidade dos solos para fabrico de adobe com base nesses resultados.

2.6 Sistematização dos resultados

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos nos vários ensaios levados a cabo e as respectivas avaliações.

Verifica-se que os solos 1, 2 e 4 apresentam quantidade significativa de terra fina, e que os restantes são mais arenosos.

Há alguma falta de coerência entre os resultados obtidos para os solos 3 e 4. O solo 3 foi identificado, através do teste do odor, aparência e toque e também através do teste da garrafa, como possuindo uma reduzida quantidade de finos, no entanto, mostra-se adequado para o fabrico de adobe no teste do charuto, e apresenta uma retracção importante no teste da pastilha. O solo 4, apesar de ter sido identificado, através do teste do odor, aparência e toque e também através do teste da garrafa, como possuindo uma quantidade significativa de finos, mostra-se inadequado para o fabrico de adobe no teste do charuto por não possuir quantidade suficiente de finos.

O solo 5, logo à partida, é de rejeitar por incluir matéria orgânica. De acordo com a norma do peru e os resultados obtidos no teste da garrafa, apenas o solo 1 é adequado para o fabrico de adobes. De acordo com o teste do charuto, os solos 1, 2 e 3 são adequados para o fabrico de adobe. No teste da pastilha, todos os solos, excepto o solo 5, apresentam nível de retracção superior ao recomendado, e o solo 5, por ser facilmente reduzido a pó, é também considerado inadequado.

3. Ensaio sobre blocos de adobe

3.1 Introdução

Por limitação de tempo não foi possível a produção de adobes com os solos anteriormente caracterizados. Foram ensaiadas duas séries de adobes: a série A, constituída por 6 adobes inteiros retirados de um hospital existente com 10 anos de idade, e fabricados com um solo semelhante ao solo 1; e a série B, constituída por 3 metades de adobe e por 3 adobes inteiros produzidos na missão de Camabatela entre Maio e Junho de 2006, e fabricados com um solo semelhante ao solo 2.

Seleccionados os blocos de adobe, procedeu-se à medição e registo das dimensões e do peso dos mesmos. Aproximadamente, cada bloco media $38 \times 20 \times 18 \text{ cm}^3$ e pesava 18kg. Estes blocos foram submetidos aos ensaios que se apresenta de seguida.

3.2 Ensaio de capilaridade e absorção de água dos blocos de adobe

Para o estudo da capilaridade dos blocos de adobe colocou-se um bloco de cada série sobre uma superfície húmida, e mediu-se, em função do tempo, a altura atingida pela água em cada bloco. Após uma hora, a água havia atingido 5,6cm no bloco da série A, e 6,8cm no bloco da série B. Verifica-se, assim, uma elevada velocidade de subida da água por capilaridade em ambos os adobes, sendo esta velocidade superior para o bloco da série B.

Para o estudo da absorção de água dos blocos de adobe imergiram-se, depois de pesadas, três metades de bloco de cada série (resultantes do ensaio de flexão em três pontos, descrito no sub-capítulo seguinte), num reservatório de água. Estas metades foram pesadas após uma hora e após seis horas de imersão, tendo-se calculado a variação máxima de peso sofrida: o adobe da série B aumentou o seu peso em 26%, e o adobe da série A em 17%, após 6 horas. Para ambas as séries de adobes estudados observou-se uma elevada capacidade de absorção de água. O adobe da série B apresenta uma maior velocidade de absorção de água.

3.3 Ensaio para determinação da resistência mecânica dos blocos de adobe

Para avaliação da resistência à tracção, submeteu-se seis blocos de adobe da série A e três da série B a ensaios de flexão em três pontos. Para aplicação da carga a meio vão de cada bloco, como pode ser observado na Figura 4, foi colocado um bidão sobre uma tábua plana que, por sua vez, assentava sobre um tubo metálico cilíndrico colocado sobre o bloco de adobe a ensaiar, a meio vão. Este bidão foi gradualmente enchido até o adobe atingir a rotura. O bloco de adobe apoiava em dois tubos cilíndricos metálicos (um deles com deslocamento lateral impedido) colocados nas suas extremidades, de forma a simular um apoio simples.

No cálculo da resistência à tracção por flexão utilizou-se a seguinte expressão:

$$\sigma_{t,max} = \frac{3 PL}{2 bh^2} \quad (\sigma_{t,max}: \text{resistência à tracção por flexão; P: carga de rotura; L: distância entre apoios; b: largura do bloco; h: altura do bloco),$$

da teoria das vigas flectidas, multiplicada pelo factor correctivo 1/2.06. Para que a esta teoria seja aplicável, a altura dos blocos ensaiados deve ser inferior a metade da distância entre apoios, condição que não é verificada nos ensaios. Utilizou-se por isso o referido factor correctivo, obtido através de uma análise numérica em que se comparou a tensão máxima de tracção no bloco, quando sujeito a uma carga pontual aplicada a meio vão, calculada pela teoria das vigas flectidas, e calculada recorrendo a uma formulação de elementos finitos no programa ROBOT.

Para avaliação da resistência à compressão dos blocos de adobe, foram conduzidos ensaios de compressão simples, tendo a carga sido aplicada como pode ser observado na Figura 4, semelhante à do ensaio de flexão em três pontos, mas agora com toda a superfície da tábua em contacto com a face superior do bloco de adobe, e com a face inferior do bloco de adobe assente sobre uma superfície plana. Ensaiou-se três metades de bloco de cada série, à humidade ambiente, e ainda três metades de bloco de cada série, em estado saturado. As metades de bloco ensaiadas resultam do ensaio de flexão em três pontos, com excepção das três metades da série B ensaiadas com humidade igual à ambiente.

No cálculo da resistência à compressão utilizou-se a seguinte expressão: $\sigma_{c,max} = \frac{P}{A} k_a$

($\sigma_{c,max}$: resistência à compressão; P: carga de rotura; A: área de aplicação da carga; k_a : factor de correcção (Standards New Zealand 1998: 47, 49)). O factor de correcção é introduzido para se ter em conta o efeito de confinamento produzido pelas superfícies que comprimem o bloco ensaiado.

Verifica-se, para os dois tipos de adobe, que os valores estimados de resistência à tracção por flexão e à compressão são reduzidos, e ainda que, em condições de humidade ambiente, a resistência à tracção por flexão é cerca de 70% da resistência à compressão. Os adobes da série B possuem maior resistência à tracção por flexão (+41%) e à compressão (+16%) que os adobes da série A. Verifica-se também que a saturação dos

provetes reduz a sua resistência à compressão para valores de 10 a 15% do respectivo valor em condições de humidade ambiente.

Ainda que, devido aos precários meios disponíveis para ensaio, não se tenha seguido com rigor os procedimentos indicados em Standards New Zealand (1998), confrontou-se os valores de resistência obtidos com os valores mínimos de resistência impostos por esta norma. Verifica-se que os valores estimados de resistência à tracção por flexão e à compressão, para os blocos de adobe à humidade ambiente, considerando a média dos valores das duas séries, correspondem a 6% e 18% dos limites normativos, respectivamente. São, portanto, valores muito inferiores aos limites impostos.

4. Conclusões

Considera-se, com base nos ensaios realizados sobre os vários tipos de solo, que os solos 1 e 2 são aceitáveis para o fabrico do adobe, desde que sejam tidos cuidados para se limitar a retracção dos blocos.

Os blocos de adobe ensaiados foram fabricados com solos semelhantes ao solo 1 e ao solo 2, respectivamente. Os ensaios mecânicos realizados sobre estes blocos revelam resistências insuficientes. Julga-se, portanto, que importa introduzir alterações na composição dos adobes e/ou no processo de fabrico dos mesmos, que tenham como resultado um aumento da sua resistência mecânica. Os ensaios realizados enfatizam ainda a importância de se proteger, convenientemente, a alvenaria de adobe do contacto com a água. Os blocos de adobe absorvem a água rapidamente, verificando-se em consequência uma diminuição drástica da sua resistência mecânica.

Bibliografia

- CÓDIGO PERUANO (2000): *Reglamento Nacional de Construcciones - Norma Técnica de Edificación NTE E.080* - Adobe, Lima, Peru.
- STANDARDS NEW ZEALAND (1998): *New Zealand Standard 4298:1998 - Materials and workmanship for earth buildings*, Standards New Zealand, Wellington, Nova Zelândia.
- WALKER, Peter (2002): *The Australian earth building handbook*, Standards Australia, Sydney, Austrália.

Autores

Humberto Varum – Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

Aníbal Costa – Professor Catedrático, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

Dora Silveira – Aluna de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

Giselle Carvalho – Aluna Finalista da Licenciatura em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

Luís Silva – Arquitecto Paisagista, Organização Missanga - Associação de Promoção da Educação e Cultura, Portugal.

CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E ADOBES USADOS NA CONSTRUÇÃO EM CAMABATELA, ANGOLA


Humberto Varum, Aníbal Costa, Dora Silveira*, Giselle Carvalho e Luís Silva

Figuras



Figura 1 – Amostras dos cinco tipos diferentes de solo ensaiados.

"O CHARUTO"

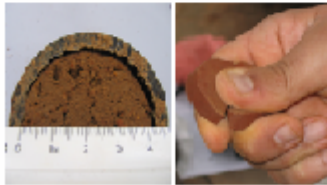
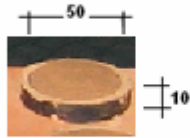


- Retirar os cascalhos da amostra.
- Molhar, misturar e deixar repousar a terra uma meia hora até que a argila possa reagir com a água.
- A terra não deve sujar as mãos.
- Sobre uma prancha, modelar um charuto de 3cm de diâmetro.
- Empurrar lentamente o charuto para o vazio.
- Medir o comprimento que se desprende.
- Recomeçar 3 vezes e realizar um balanço.

RESULTADOS:
menos de 5 cm - demasiado arenoso
mais de 20 cm - demasiado argiloso

CONVENIÊNCIA:
entre 7 a 15 cm - boa terra

Figura 2 – ‘Teste do charuto’ – procedimentos e critério de avaliação de adequabilidade do solo habitualmente utilizados nas construções.



A PASTILHA

Recuperar a terra do ensaio no estado plástico.
Modelar duas pastilhas com a ajuda de um pedaço de tubo pvc ou similar.

Depois de secas:

- Observar os eventuais fenômenos de retracção;
- Avaliar a resistência da terra pela ruptura e afastamento entre o polegar e o indicador.

RESULTADOS:

- Não há retracção; é fácil de converter em pó – terra arenosa;
- Há retracção; é fácil de converter em pó – terra siltosa;
- A retracção é importante; é muito difícil de converter em pó – terra argilosa.

CONVENIÊNCIA:

Menos de 1mm de retracção e difícil de converter em pó – boa terra.

Figura 3 – ‘Teste da pastilha’ - procedimentos e critério de avaliação de adequabilidade do solo habitualmente utilizados nas construções.

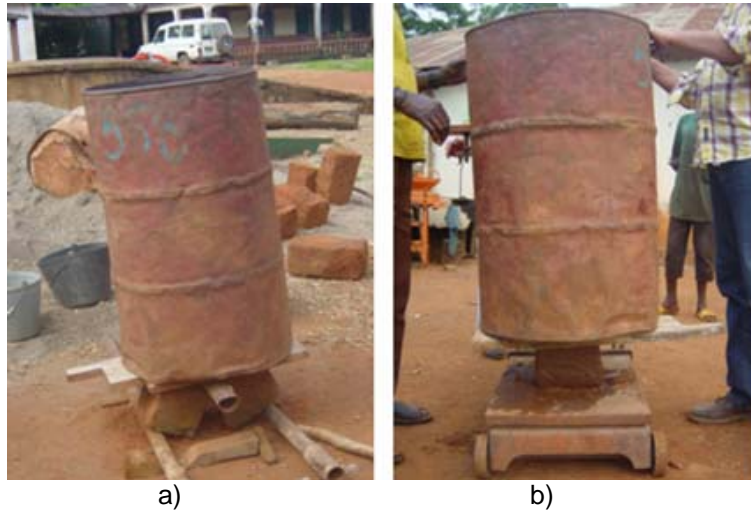


Figura 4 – a) Ensaio de flexão em três pontos, b) ensaio de compressão simples, realizados sobre blocos de adobe.

Tabelas

Solo	Odor, aparência, toque Composição	Teste							
		Teste da garrafa			Teste do charuto		Teste da pastilha		
		Composição		Adequado para adobe?	Comprimento da porção que se desprende (cm)	Adequado para adobe?	Retracção (mm)	Reduz-se a pó	Adequado para adobe?
Areia (%)	Silte e Argila (%)								
1	Terra fina com bastante argila	61	39	Sim	7,9	Sim	2,3	Difícilmente	Não
2	Terra fina com alguma argila mas, essencialmente, com silte e areia	81	19	Não	7,2	Sim	1,5	Com alguma facilidade	Não
3	Terra grosseira, cascalhenta, com sinais de erosão, e com reduzida quantidade de finos	82	18	Não	7,4	Sim	1,8	Com alguma facilidade	Não
4	Terra bastante fina, essencialmente siltosa	77	23	Não	5,6	Não	1,3	Facilmente	Não
5	Terra arenosa com elevado teor de matéria orgânica, apresentando sinais de saturação prolongada	89	11	Não	3,4	Não (demasiado arenosa)	0,0	Muito facilmente	Não

Tabela 1 – Resultados dos testes expeditos realizados sobre as amostras dos vários tipos de solo.