

## A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NA PERSPETIVA DOS GEOMATERIAIS UTILIZADOS NA PROVÍNCIA DA HUÍLA, ANGOLA

PIEADADE M. WACHILALA<sup>1</sup>, ISABEL M. R. DUARTE<sup>2\*</sup>, ANTONIO B. PINHO<sup>2</sup> JOSÉ P. MIRÃO<sup>3</sup>  
MANUEL S. NETO<sup>4</sup>

1: Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla, Departamento de Ciências da Natureza, Huíla, Angola  
Email: piedadewachilala@gmail.com

2: Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geociências, Centro de Investigação GeoBioTec  
- Évora, Portugal  
Email: iduarte@uevora.pt, apinho@uevora.pt

3: Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Dep. Geociências, Laboratório HÉRCULES, Portugal  
Email: jmira@uevora.pt

4: Universidade Mandume ya Ndemufayo, Vice-Reitoria para a Área Científica e Pós-graduação, Huíla, Angola  
Email: umn@umn.ed.ao

**Palavras-chave:** Geomateriais, Construção em terra, Caracterização dos solos, Ecoconstrução, Huíla, Angola

**Resumo** *A construção sustentável centra-se na busca da necessidade de maior eficiência energética, menor preço e maior durabilidade, com o objetivo de obter uma edificação que não agrida o meio ambiente, mas também com melhor conforto térmico, com reduzida necessidade de consumo de energia e com melhoria da qualidade de vida dos seus moradores. Na província da Huíla, Angola, existem inúmeras habitações de terra crua que constituem uma verdadeira herança cultural e que têm sido construídas com base em métodos e técnicas ancestrais que respeitam o ambiente. Os materiais utilizados e as características construtivas diferem, sobretudo, em função do rendimento das próprias famílias e dos materiais disponíveis, sendo o adobe, o método construtivo em terra que assume uma maior presença nesta região, não obstante a existência de edificações de pau-a-pique e, mais recentemente, em blocos de terra comprimida. O principal objetivo deste estudo é avaliar e relacionar a composição mineralógica e textural dos solos com as respetivas características físicas e mecânicas, de forma a identificar as suas potencialidades e limitações como material de construção em terra crua nesta região. Para o efeito, foram colhidas 8 amostras de solos e adobes fabricados nos respetivos locais, de modo a realizarem-se ensaios específicos cujos resultados possibilitaram a identificação e caracterização destes geomateriais. Neste trabalho, realizaram-se os ensaios in-situ e laboratoriais para determinar as propriedades mineralógicas (DRX), as físicas (granulometria, consistência, expansibilidade, densidade), as mecânicas, os ensaios Geelong e o ensaio de avaliação do ciclo húmido/seco, de acordo com as normas Neozelandesas, NZS 4298 (1998) e 4297 (1998). Esta investigação contribui para a caracterização dos geomateriais utilizados na construção em terra crua nesta região de Angola, contribuindo assim, para o desenvolvimento de soluções construtivas sustentáveis e com características melhoradas, de conforto, segurança e de durabilidade.*

### 1. INTRODUÇÃO

A construção tradicional em Angola e em particular na região da Huíla caracteriza-se pela utilização de materiais como, a terra, madeiras e fibras vegetais, com os quais se aplicam técnicas construtivas como o adobe e o pau-a-pique e ainda, a taipa e mais recentemente o BTC - Bloco de Terra Comprimida [1], [2], [3]. Porém, o adobe constitui-se como a técnica de construção em terra crua mais utilizada, principalmente, pelas famílias de baixo rendimento [4]. Apesar de amplamente praticada, atualmente, a construção em terra crua está sujeita a graves problemas funcionais associados a um deficiente processo construtivo, conforme ilustrado na Figura 1. O “saber fazer” consiste na fonte do conhecimento que é transmitido de geração em geração. Daí a necessidade de implementarem-se técnicas de

melhoramentos construtivos, que poderão ajustar-se às tradições locais. Para o efeito, neste estudo procurou-se relacionar as propriedades mineralógicas e texturais dos solos com as respetivas características físicas e mecânicas, de forma a identificar as suas potencialidades e limitações como material de construção em terra crua nesta região.



A)



B)

Figura 1. Construção em terra crua amplamente praticada na província da Huíla: A) Casas de adobe em Kaluquembe, construídas no século passado; B) Ilustração de algumas patologias estruturais nas habitações: degradação por fissuração.

## 2. DESCRIÇÃO

Foram colhidas amostras dos solos que geralmente são utilizados na construção em terra crua, assim como foram recolhidos os adobes construídos com esses materiais, em seis municípios da Província da Huíla: Lubango, Humpata, Chibia, Quipungo, Matala e Kaluquembe. Essas amostras foram submetidas a ensaios laboratoriais com o objetivo da identificação e caracterização dos geomateriais, nomeadamente, a determinação das propriedades mineralógicas (por Difracção de Raios-X, DRX), físicas (granulometria, consistência, expansibilidade, densidade) nos solos, as características mecânicas e os ensaios Geelong nos respetivos adobes, de acordo com a norma Neozelandesa [5].

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados obtidos nos referidos ensaios no que respeita às características físicas dos solos analisados e respetiva classificação geotécnica. Os solos ensaiados são essencialmente constituídos por areias silto-argilosas, com plasticidade baixa a média ( $0 < IP < 15$ ) e expansibilidade variável (0 – 9%), mas relativamente baixa. Como se pode constatar na Tabela 1, os solos analisados contêm uma percentagem significativa de finos (11% - 60%) e uma percentagem de areia que varia entre (40% - 71%); Os solos da Matala, Chibia e Quipungo são os mais arenosos e simultaneamente os menos plásticos e poucos expansivos. As amostras do Município de Kaluquembe têm a maior percentagem de finos, (58% - 60%) e correspondem aos solos com valores mais elevados para o índice de plasticidade. Com a exceção do solo de Quipungo, a percentagem de cascalho nos restantes solos é incipiente ( $< 5\%$ ).

Tabela 1. Características físicas e classificação geotécnica dos solos utilizados na construção em terra crua, determinados por [3]

Província da Huíla		Ensaios								
Município	Ref.	Granulometria (%) # mm			Consistência (%)			Expansi- bilidade (%)	Densidade das partículas	Classificação dos solos (USCS)
		<2,00	<0,425	<0,075	$\omega_L$	$\omega_P$	IP			
Lubango	Lh	94,58	72,88	43,93	30	21	9	9,25	2,58	SC areia argilosa
	Lt	97,22	78,36	49,18	27	19	8	8,8	2,53	SC areia argilosa
Matala	Mk	96,62	58,49	25,59	17	17	0	0,6	2,57	SM areia siltosa
Chibia	Cc	96,53	75,85	30,58	16	15	1	4,53	2,57	SM areia siltosa
Kaluquembe	Ks	99,30	95,43	59,90	34	19	15	5,19	2,60	CL argila magra arenosa
	Kc	99,82	90,02	58,39	38	26	12	8,93	2,59	CL argila magra arenosa
Quipungo	Qq	77,09	59,87	11,34	17	14	3	1,53	2,65	SP-SM areia mal graduada com silte e cascalho
Humpata	Hh	97,55	93,76	48,88	22	14	8	4,73	2,61	SC areia argilosa

Os valores da densidade das partículas dos solos estudados variam entre 2,53 a 2,65, o que está em consonância com as características litológicas da área de estudo (maioritariamente granitos), cujos

produtos de alteração resultaram em solos residuais graníticos. Com base na análise semi-quantitativa da composição mineralógica (Tabela 2), é notório a abundância relativa de quartzo em todas as amostras, em comparação com os outros minerais, corroborando com a sua baixa a média plasticidade, e expansibilidade moderada. Essas percentagens relativas de quartzo nas amostras também podem ser responsáveis pela considerável durabilidade verificada na maioria dos adobes e comprovada através dos resultados do teste Geelong (Tabela 3), que indicam que os adobes ensaiados possuem características aceitáveis para a construção em terra crua (profundidade do sulco inferior a 15 mm), de acordo com as indicações de [5], [6], [7]. Também é notória a presença do mineral argiloso caulinite em todos os solos analisados, com destaque para as amostras de Kaluquembe e de Lubango (Lh), a que corresponde os maiores valores para o índice de plasticidade e de expansibilidade.

Tabela 2. Composição mineralógica semi-quantitativa (%) dos solos utilizados na construção em terra crua na província da Huíla.

Amostras		Compostos cristalinos identificados (%)						
Local	Ref.	Quartzo	Feldspato potássico	Caulinite	Moscovite	Interestratificados-clorite esmectite	Hematite	Gibbsite
Lubango	Lh	44,49	13,46	37,23	4,82			
	Lt	96,94	2,19	0,73	0,14			
Matala	Mk	71,96	16,86	11,18				
Chibia	Cc	69,01	26,89	4,1				
Kaluquembe	Ks	59,59		27,29				13,12
	Kc	41,38		22,22		34,63	1,78	
Quipungo	Qq	78,06		21,94				
Humpata	Hh	80,25	4,21	3,88	2,45	9,21		

Tabela 3. Resultados do ensaio de erosão e durabilidade pelo método de Geelong nos adobes.

Adobe			Profundidade do sulco (mm)	Penetração da água (cm)
Amostra	Local	Ref.		
1	Hoque	Lh	6	1
2	Toco	Lt	7,5	6,5
3	Kamúkua	Mk	7	2,5
4	Chibia	Cc	10	6,5
5	Sandula	Ks	6	1,8
6	Cacomba	Kc	3	5,5
7	Quipungo	Qq	5	1,5
8	Humpata	Hh	5	1,3
Média			6,2	3,3

Segundo a “*New Zealand Standard*” [8], a retração em solos não estabilizados não deve ultrapassar os 3%, para a construção em terra. Os resultados obtidos por [2], para a retração dos solos são sintetizados na Tabela 4 e estão em concordância com a referida norma. No entanto, as amostras Lh, Ks e Kc possuem valores muito próximos a 3%, isto significa que a retração tende a aumentar com a natureza argilosa destes solos, ao contrário das restantes amostras de solos granulares, o que indica que estes solos tendem a ser pouco retrácteis (< 2,5%). Não obstante os resultados, segundo [9], deverão ser tidos cuidados na produção dos adobes para se limitar a retração e se protejam devidamente as paredes das construções para evitar a sua degradação.

Tabela 4. Valores do teste de retração dos solos utilizados na produção de adobes, obtidos por [2]

Solo			Retracção (mm)	Retracção (%)
Local		Ref.		
Lubango	Hoque	Lh	1,4	2,8
	Toco	Lt	0,6	1,2
Chibia	Chibia	Cc	0,9	1,8
Humpata	Humpata NE	Hh	1,2	2,4
Quipungo	Quipungo	Qq	0,7	1,4
Matala	Kamúkua	Mk	0,6	1,2
Kaluquembe	Sandula	Ks	1,4	2,8
	Cacomba	Kc	1,3	2,6
Média			1,0	2,0

### 3. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, salienta-se que as características mineralógicas, físicas e geotécnicas são parâmetros importantes a ter em conta nos métodos de construção em terra, comprovando-se, pelos valores determinados, a sua adequabilidade para a produção de adobes. No sentido de melhorar o comportamento físico e mecânico dos solos ensaiados, assim como, o seu desempenho em obra, sugere-se a adição, em proporções adequadas, de areia aos solos mais argilosos e de material fino aos solos mais arenosos, parecendo ser a solução mais viável, numa primeira abordagem, uma vez que solos granulares tendem a ser pouco retrácteis e, além disso, estes aditivos são de fácil aquisição, possuindo ainda a vantagem de serem materiais harmonizáveis com a tipologia construtiva utilizada. A estabilização destes solos pode incluir também, as fibras vegetais naturais ou a utilização de solos trabalhados pela formiga salalé (formigueiros), ajustando-se às tradições locais. Quanto às técnicas construtivas, os adobes deverão ser melhor compactados, permitindo reduzir ainda mais o índice de vazios e, desta forma, maximizar a resistência mecânica e a durabilidade destes geomateriais.

Esta investigação pretende contribuir para a caracterização dos geomateriais utilizados na produção de adobes na Província da Huíla, e faz parte de um projeto mais abrangente que visa promover o desenvolvimento de soluções construtivas sustentáveis (Eco Construção), com características melhoradas de conforto, segurança e durabilidade das habitações.

Nos futuros trabalhos procurar-se-á relacionar com maior profundidade as características geotécnicas com a composição mineralógica e química destes solos, de forma a identificar as suas potencialidades e limitações como material de construção em terra crua nesta região, visando a otimização destes geomateriais e dos processos construtivos.

## REFERÊNCIAS

- [1] Guedes M. C., 2009. “Arquitetura sustentável em Angola”, Manual de Boas Práticas, Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal.
- [2] Wachilala, P. M.; Duarte I. M.; Pinho, A. B., 2016. “Methods of Earth Building in the Huíla Province, Angola”, Proceedings 35<sup>th</sup> International Geological Congress, from 27 August to 2 September 2016, Cape Town, South Africa.
- [3] Duarte, I. M. R.; Pedro, E. D. C.; Varum, H.; Mirão, J.; Pinho, A., 2017. “Soil mineralogical composition effects on the durability of adobe blocks from the Huambo region, Angola”. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 76, 125 – 132, Springer.
- [4] Wachilala, P. M., Duarte I. M. e Pinho, A. B., 2017. “Ensaaios *in-situ* e de laboratório para a caracterização dos solos utilizados na produção de adobes na província da Huíla, Angola.” Simpósio 06, Recursos geológicos: Caracterização, Avaliação, Exploração e Aplicação, Atas do 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique.
- [5] NZS 4298, 1998. “New Zealand Standard: Materials and workmanship for earth buildings”, Standards New Zealand.
- [6] Walker, P., 2000. “Review and experimental comparison of erosion tests for earth blocks”, In: *Terra 2000*, 8th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture, ICOMOS, 2000, 176 – 181, May 2000, Torquay, Devon, UK.
- [7] Torgal, F. P.; Eires, R. M. G.; Jalali, S., 2009. “Construções em terra”. Universidade do Minho, ed. TecMinho, Gráfica Vilaverdense - Artes Gráficas Lda., 110 – 112.
- [8] NZS 4297, 1998. “New Zealand Standard: Engineering design of earth buildings”, Standards New Zealand.
- [9] Varum, H.; Costa, A.; Silveira, D.; Carvalho, G.; Silva, L., 2007. “Caracterização dos solos e adobes usados na construção em Camabatela, Angola”, Atas do V Seminário de Arquitectura de Terra em Portugal, 2007, 10 a 13 de Outubro, Aveiro, Portugal.