



ARQUITETURA DE TERRA :
o desenho para a durabilidade das construções

MARIA MANUEL CORREIA COSTA DA PONTE
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura
Sob a orientação do Professor Doutor Vítor Murtinho
Co-orientação de Arquiteto Eduardo Carvalho

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Arquitetura

Coimbra, Dezembro de 2012



ARQUITETURA DE TERRA:

o desenho para a durabilidade nas construções

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer ao Professor Vitor Murtinho, pela disponibilidade demonstrada na orientação do meu trabalho; ao Darq em geral e ao Professor João Cardielos, por acreditar em mim e nas minhas convicções enquanto futura arquiteta.

Um especial obrigado ao Arquiteto Eduardo Carvalho pela sua visão vanguardista e objetiva durante os meus típicos “devaneios da criação”; à Arquiteta Rute Eires pela partilha de ideias e de um conhecimento que continuará a desenvolver-se no futuro; ao Arquiteto Henrique Schreck pelo contacto real com o material e a arquitetura, sempre com as suas palavras de sabedoria e experiência.

Aos meus Professores da Sardenha, Arquiteta Maddalena Achenza e Engenheiro Ulrico Sanna pela disponibilidade, confiança e paixão pelos temas da terra e da química dos materiais, sem os quais não teria conseguido atingir o meu objetivo.

Aos meus pais, que sempre me proporcionaram as condições necessárias para que me tornasse bem sucedida durante o meu percurso, seja como pessoa ou como profissional.

Aos meus colegas em geral e, mais recentemente, aos meus companheiros da terra, com os quais partilhei bons momentos de aprendizagem e brincadeira.

Às minhas amigas e amigos que sempre me apoiaram e me ajudaram a ultrapassar o cansaço das diretas e a nunca desistir. Obrigada Fátima, Filipa, Mia, Sofia pelo apoio incondicional; um especial obrigada à minha mana, a Mi, que apesar de longe está sempre comigo no coração.

A sociedade encontra-se numa época de mudança. Existe uma consciência maior sobre os problemas resultantes do modelo de desenvolvimento atual. Ao nível da construção, estes aspetos traduzem-se na procura de métodos alternativos, que permitam uma arquitetura mais adaptada ao lugar e menos desperdiçadora de recursos. É neste contexto que a terra regressa como um material de construção: verifica-se uma aceitação mais generalizada da taipa, pelas suas potencialidades estéticas e ecológicas associada a processos mecanizados que permitam a sua inserção no mercado. Em Portugal, é no Alentejo que a técnica recomeça a ganhar mais expressão. No entanto, as exigências atuais aliadas às novas ambições arquitetónicas, fazem com que a terra seja vista como um material limitado; é no confronto com a água e grandes esforços mecânicos que as construções manifestam algumas fragilidades. Ao mesmo tempo, ao observar as construções ancestrais, não existem dúvidas da resistência no tempo, conseguida através dos poucos meios que o Homem tinha à disposição – os materiais naturais, o engenho e a arte. Assim, procura-se perceber de que forma pode a arquitetura intervir na durabilidade das construções, tendo em conta as particularidades do material e da técnica. É feita uma análise geral sobre as diferentes abordagens contemporâneas, baseada em exemplos internacionais e na realidade do Alentejo.

Palavras-chave: Arquitetura de Terra. Terra. Taipa. Taipa no Alentejo. Durabilidade.

ABSTRACT

Society is changing. There is a bigger awareness about the problems that have resulted from the current model of development. In terms of construction, these aspects are reflected in the search of alternative methods that permits architecture more adjusted and less waste of resources. In this context the earth returns as a building material: a more widespread acceptance of rammed earth for its aesthetic and ecological potentialities associated with mechanized processes that allow its integration in the market. In Alentejo, Portugal, the technique restarts to gain more expression. However, the current requirements combined with new architectural ambitions make the earth seen as a limited material; in confrontation with water and big mechanical efforts the construction with earth manifests some weaknesses. At the same time, observing the ancient constructions there is no doubt of the resistance in time, achieved by the few means that Man had available - natural materials, intelligence and art. It is made a research to understand how architecture can intervene in the durability of buildings, taking in accounts the particularities of the material and the technique. It is made an overview on contemporary approaches, based on international examples and the reality of Alentejo.

Keywords: Earth Architecture. Earth. Rammed earth. Rammed earth in Alentejo. Durability

La società si trova in un momento di cambiamento. È aumentata la consapevolezza nei confronti dei problemi derivati dal modello di sviluppo attuale. In termini di costruzione, questi aspetti si riflettono nella ricerca di metodi alternativi che permettono di ottenere un'architettura più adatta e che abbia un minore impatto ambientale. È in questo contesto che la terra ritorna come materiale da costruzione: vi è un'accettazione più generalizzata della tecnica del *pisè*, per i suoi potenziali estetici, ecologici e per la possibilità dell'utilizzo di processi meccanizzati che permettono una più facile integrazione nel mercato. In Alentejo, regione del Sud del Portogallo, questa tecnica sta guadagnando sempre più campo. Tuttavia, le esigenze attuali combinate con le nuove ambizioni architettoniche, fanno apparire la terra come un materiale limitato, soprattutto per quanto riguarda la sua reazione all'acqua e ai grandi sforzi meccanici. Allo stesso tempo, quando si osservano gli antichi edifici, non sorgono dubbi sulla resistenza nel tempo di questo tipo di architetture, ottenute con i pochi mezzi che l'uomo aveva a sua disposizione - materiali naturali, ingegno e arte. Partendo da questi presupposti, nell'analisi si cerca di comprendere come l'architettura può intervenire nella durevolezza degli edifici, tenendo conto delle peculiarità del materiale e della tecnica. La ricerca affronta i diversi approcci contemporanei sulle costruzioni in *pisè*, basandosi su edifici della realtà alentejana e internazionale.

Parole chiave: Architettura di Terra. Terra. Pisè. Pisè in Alentejo. Resistenza.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO
11	CAPÍTULO I
	O MATERIAL_a terra
61	CAPÍTULO II
	A TÉCNICA _a taipa
115	CAPITULO III
	A ARQUITETURA_o desenho na durabilidade
217	CONSIDERAÇÕES FINAIS
225	CONCLUSÃO
233	ANEXOS
269	BIBLIOGRAFIA
281	FONTES DE IMAGENS
295	ÍNDICE GERAL

1. Enquadramento e objetivos

A sociedade encontra-se numa época de mudança. A consciência dos problemas resultantes do modelo de desenvolvimento atual é quase generalizada; no entanto, a mudança é lenta. Ao nível da construção, estes aspetos traduzem-se na procura de métodos alternativos, que permitam uma arquitetura mais adaptada ao lugar e menos desperdiçadora de recursos; ao mesmo tempo, que consiga satisfazer as necessidades de conforto, de segurança mas também de rapidez de construção. É neste contexto que a terra volta à arquitetura, como um material capaz de responder às necessidades contemporâneas.

Ao nível internacional, a terra aparece associada a grandes desenvolvimentos tecnológicos. Em Portugal, os métodos refletem ainda um sistema em transição, aliando o artesanal e o moderno. É no Alentejo que estas formas têm vindo a ganhar maior expressão: é através da taipa, a técnica tradicional alentejana, que a arquitetura de terra recomeça a manifestar-se, aliando a ecologia e o conforto, em formas que fogem cada vez mais à tradição. Contudo, independentemente do local e dos processos, as construções apresentam-se frágeis e limitadas na sua durabilidade, principalmente perante a água e grandes esforços mecânicos. Estas preocupações refletem-se na introdução de outros materiais ou de metodologias complexas e que, muitas vezes, se mostram inadaptados à sua natureza. Por outro lado, a sua resistência é comprovada por vários edifícios ancestrais, sobreviventes às várias vicissitudes do tempo; o Homem era capaz de se adaptar às condições do local, recorrendo apenas aos únicos meios que tinha à disposição – os materiais naturais, o engenho e a arte. Reconhecem-se formas arquitetónicas vernaculares capazes de tornar a terra mais resistente e durável; manifestações de um conhecimento que começa a inspirar muitos arquitetos. Assim, este trabalho procura perceber como pode o arquiteto lidar com este novo desafio: através de um material – a terra – materializado com uma técnica – a taipa – de que forma pode a arquitetura, num contexto contemporâneo, atingir a durabilidade nas construções?

2. Estado da arte e limitações

A arquitetura de terra encontra-se numa fase de desenvolvimento, um aspeto que se reflete no tipo de documentação disponível. Existem várias monografias publicadas, muitas escritas no século XXI, referentes às particularidades do material e das diferentes técnicas. Estes documentos representam quase manuais de construção, incluindo normas internacionais e experiência de campo. Entre os diversos trabalhos salientem-se o manual escrito por Hugo Houben e Hubert Guillaud dos laboratórios CRATerre (Center of Research and Application of Earth)¹ em França, e o manual do Eng. Gernot Minke dos laboratórios FEB (Forschungslabor fur experimentelles Bauen)² na Alemanha. Em Portugal, a publicação do livro “Arquitetura de Terra em Portugal” em 2005 constituiu um grande marco para a divulgação das obras contemporâneas no país, assim como da situação portuguesa ao nível de investigação e desenvolvimento. Relativamente à taipa, dado o crescente reinteresse pela técnica a nível mundial, existem vários livros que se focam apenas nas suas possibilidades estéticas e concetuais aliadas a uma indústria da construção em desenvolvimento. Entre estes, evidenciam-se os manuais escritos por David Easton na Califórnia, Peter Walker no Reino Unido e Martin Rauch na Áustria. No que diz respeito à durabilidade das construções, existem vários artigos nacionais e internacionais publicados sobre o assunto, grande parte deles baseados no recurso a metodologias ancestrais como a adição de produtos ou de reforços. Destaquem-se os trabalhos realizados por Rute Eires, pela ação da água, Daniel Parreira e Maria Gomes, pela ação sísmica, assim como as atas resultantes dos Seminários de Arquitetura de Terra em Portugal entre outros artigos de universidades estrangeiras. Neste aspeto é também importante o trabalho desenvolvido por Ulrico Sanna na compreensão da química dos materiais. Por outro lado, encontram-se algumas limitações no que diz respeito ao estudo da durabilidade e do seu confronto com a arquitetura contemporânea, seja em relação à taipa ou a outra técnica de construção em terra. Este aspeto deve-se com certeza, ao facto da terra ter regressado à relativamente poucos anos como um material viável na construção. Assim, não foram encontradas muitas referências sobre os mecanismos utilizados pela arquitetura atual no sentido de incrementar a resistência dos edifícios perante os agentes de degradação. Ronald Rael no seu livro “Earth Architecture” refere alguns destes aspetos, contudo, insuficientes para analisar

1 Centro de Investigação e aplicação da Terra. O manual de 2005 que consta na bibliografia – “CRATerre, Traite de Construction en Terre” - consiste numa edição mais atualizada do manual original de 1989.

2 Laboratório de Investigação de Construção Experimental. O manual intitula-se “Manual de Construcción en Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual”.

aprofundadamente os estudos. No que diz respeito a Portugal, as referências são praticamente inexistentes. Além da falta de informação sobre o tipo de proteção utilizada, não foram encontradas conclusões sobre a eficácia das metodologias apontadas pelos manuais, nomeadamente nas obras em taipa atual.

3. Metodologia

Para a realização deste trabalho foi necessário aliar o material teórico disponível a uma componente prática muito forte. A necessidade de uma maior aproximação ao material resulta da sua própria natureza que requer algum tipo de experiência perante as suas particularidades. Por outro lado, a falta de informação relativa às obras contemporâneas, nomeadamente as do Alentejo, e a sua relação com a durabilidade, conduziram a uma procura mais profunda junto dos profissionais experientes. Assim, seguiram-se quatro etapas fundamentais:

- a recolha, leitura e análise de bibliografia especializada, que permitisse adquirir as bases teóricas para o trabalho, para a análise das obras ao nível nacional e internacional, mas também para as sucessivas experiências práticas;
- os trabalhos práticos permitiram obter um maior conhecimento sobre o material e algumas das técnicas mais utilizadas, salientando-se as experiências mais relevantes: a participação no “Terra em Seminário 2010: 6º Seminário de Arquitectura De Terra em Portugal e 9º Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção Em Terra”, de componente teórica e prática, permitiu uma primeira aproximação ao material; a construção de um edifício real em cúpula de adobes com a Cooperativa “O Sitio”, permitiu perceber o tipo de trabalho que envolve uma construção com este material; a realização do curso “Culture Costrutive dell’architettura in terra” com a Prof. Maddalena Achenza, constituído por aulas práticas e teóricas, permitiu um contacto mais contínuo com a terra e a clarificação de algumas questões de ordem teórica; a participação no workshop de uma semana “Costruire con la Terra Cruda e il Bambù” com vários profissionais, permitiu experimentar outro tipo de aplicação como os rebocos em terra, as cúpulas de bamboo e finalizar um muro em taipa.
- a realização de uma experiência ERASMUS na Sardenha, uma zona com grande tradição de construção em terra, permitiu aprender junto de profissionais experientes, nomeadamente Professora Maddalena Achenza, Doutorada na CRATerre, e que em muito tem contribuído para a revalorização da construção em terra e defesa do património construído, nomeadamente em Itália. A esta experi-

ência juntou-se o conhecimento adquirido nas aulas de Tecnologia dos materiais com o Prof. Ulrico Sanna, onde foram aprendidos conceitos de química e de interação entre os elementos, desde os materiais naturais, como a terra e a cal, aos mais industriais, como o betão e os polímeros. Parte das experiências práticas foram realizadas neste país.

- foram feitas duas viagens ao Alentejo, com o objetivo de recolher informação para a análise posterior dos edifícios. Assim, foram visitadas algumas ruínas, reconstruções e algumas obras contemporâneas, em parte divulgadas na obra “Arquitetura de Terra em Portugal”. Para além do importante contacto com os habitantes ou utilizadores destes espaços, foram contactados vários arquitetos que se disponibilizaram para ajudar no esclarecimento de algumas dúvidas. Entre os vários profissionais, saliente-se o Arq. Henrique Schreck, que desde logo se prontificou a acompanhar o desenvolvimento do trabalho; o Arq. Miguel Peixinho, Alexandre Bastos, Bartolomeu Costa Cabral.

4. Organização do texto

O seguinte trabalho estrutura-se em três capítulos, cada um deles orientado para um assunto específico, permitindo uma aproximação mais lenta e detalhada ao tema e às suas particularidades.

No primeiro capítulo – O MATERIAL – é feita uma primeira abordagem à terra enquanto material de construção. Para além de um enquadramento geral, são descritas as suas principais particularidades, essenciais para a sua compreensão e futura manipulação.

O segundo capítulo – A TÉCNICA – dedica-se à compreensão da taipa e das suas características intrínsecas, principalmente no que diz respeito às formas contemporâneas de atuar. É feita uma primeira aproximação à construção contemporânea em taipa no Alentejo.

No terceiro capítulo – A ARQUITETURA – é lançado o desafio do trabalho. Procura-se perceber de que forma a arquitetura pode intervir na durabilidade das estruturas, tendo em conta as particularidades do material e da técnica. São analisados vários exemplos atuais de arquitetura de terra, nacionais e estrangeiros, tendo em conta a sua resposta perante os desafios da durabilidade.

*“Qu’importe! J’ai appris la terre
Comme on apprend à lire et à écrire...
Et je ne sais pas grand-chose. »*

Tahar Ben Jelloun in «Leus yeux baissés»

CAPITULO I O MATERIAL



1.Çatal Huyuk, Turquia



2. Muralha da China

1. A Terra

“Desde que o Homem, abandonando o caos dos caminhos da migração, começou a fixar-se nos melhores locais, alinhando as primeiras cercas e erguendo os primeiros abrigos, foi certamente a terra, a terra mãe que fazia germinar as sementes do pão, um dos primeiros materiais que também aprendeu a amassar e moldar para construir.”¹

A Terra é o material de construção mais antigo da humanidade. A sua utilização remonta para milhares de anos antes de Cristo, quando os únicos materiais disponíveis eram os recolhidos da Natureza. De facto, foi a partir do momento em que o Homem descobriu a agricultura e se sedentarizou², que sentiu a necessidade de construir um abrigo e de definir o seu espaço. É com a terra que constrói a sua casa, cria o seu alimento, delimita o seu terreno. Dá-se início à civilização.³

1.1 A Terra na História

É no Médio Oriente que nascem as primeiras civilizações arquitetónicas erguidas com o próprio solo do local, espalhando-se posteriormente para outras zonas do globo. Existem evidências arqueológicas com aproximadamente 10 mil anos, de cidades inteiras construídas em terra, algumas delas sobreviventes até aos dias de hoje: a cidade de Jericó na Cisjordânia com cerca de 8.000 anos a.C., totalmente construída com adobe; Çatal Huyuk datada de 8.000 a.C na Turquia também em tijolos secos ao sol (fig. 1), tal como Zigurates na Mesopotâmia com 6.000 a.C.; A muralha da China com mais de 5.000 anos apresenta bastantes troços construídos em terra compactada (fig. 2), alguns dele posteriormente revestidos a pedra; Templo de Ramsés em Gourná no Egipto datado de 3000 a.C.; o Templo de Horyuji no Japão construído há 1300 anos atrás. Estes constituem apenas uma ínfima parte do património histórico erguido com terra. Todas as grandes civilizações do Médio Oriente usaram as técnicas do adobe e da taipa,⁴ não só para construir habitações rurais e urbanas, mas também nos edifícios mais significativos como fortalezas e obras religiosas.⁵

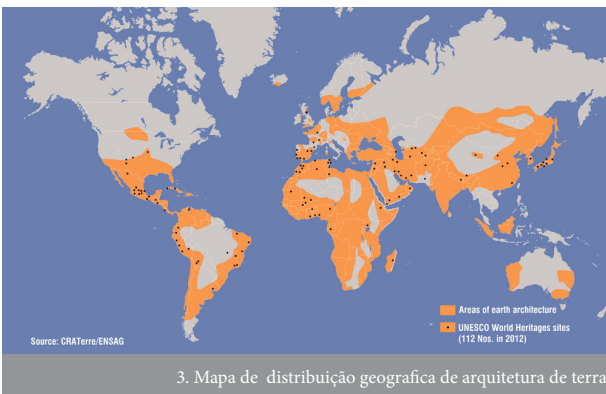
1 TORRES, Cláudio - A Memória da Terra. In "Arquitectura de Terra em Portugal". P.12

2 As primeiras sociedades agrícolas surgem entre 12.000 e 7.000 anos a.C.

3 TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P.10;

4 Técnicas explicadas neste capítulo, no ponto 3.

5 TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P. 10-13; EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 4; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 13; FERNANDES, Maria – A taipa no mundo. P. 1



3. Mapa de distribuição geográfica de arquitetura de terra

Na Península Ibérica, a introdução destas técnicas relaciona-se com a entrada dos Fenícios, Cartagineses, Romanos ou Muçulmanos, sendo este último povo, o que mais contribuiu para a sua difusão e aperfeiçoamento.⁶ Em Portugal, foi a entrada dos Fenícios que levou a um maior desenvolvimento da utilização da terra na construção.⁷ É a partir do séc. VIII a.C. que a elevação das paredes em taipa, adobe ou tabique, passa a ser generalizada. A predominância da taipa no território Português pode ser sentida até aos dias de hoje, tanto pelo património edificado, como pela sua influência nas construções contemporâneas.

Na atualidade, mais de um terço da população mundial vive em edifícios construídos em terra e em países em vias de desenvolvimento, este valor representa mais da metade.⁸ A sua versatilidade, qualidade e durabilidade são comprovadas pelos inúmeros exemplares resistentes ao longo das gerações, marcando quase todos os continentes - independentemente do clima a que estão sujeitos, a terra é quase sempre o material predominante (fig. 3). O cruzamento feito, por diversos autores, entre os mapas de localização das zonas de maior densidade de construção em terra, com outros indicadores de zonas de maior pluviosidade, temperatura ou risco sísmico, concluem não existir qualquer relação inversa⁹ - o Homem tem mostrado a capacidade de se adaptar a cada situação geográfica, encontrando soluções que adaptem o material às condições locais.¹⁰ Hoje em dia, a terra regressa à construção, independentemente do local, e com metodologias particulares características da própria evolução da sociedade.

1.2 Um Futuro

“Pensamos que o mais interessante em arquitectura não é resolver problemas, é resolver problemas criticamente. De uma forma que questione as práticas correntes da construção e, se é permitida esta ambição, da sociedade em que vivemos.”¹¹

“Nesse sentido, ainda que o uso da terra na construção não represente uma substituição dos materiais correntes, pode contribuir para o debate sobre alguns dos assuntos fundamentais da

⁶TORGAL, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. – A Construção em Terra. P. 15; CORREIA, Mariana - A Taipa no Alentejo. P.33

⁷ Segundo ABRAUL (2010), anteriormente à entrada deste povo a terra era maioritariamente utilizada como argamassa de revestimento. ABRAÚL, F. - Arquitectura de Terra em Portugal. P. 19

⁸ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra . P. 13; HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert - CRATerre, Traite de Construction en Terre. P. 16. No entanto, alguns autores como Eires (2009) ou FONTAINE (2009) consideram uma percentagem de 50%. Rael (2009) ainda o facto destes números se dirigirem também a edifícios não habitacionais, como em zonas rurais como edifícios agrícolas, muros, mas também edifícios de trabalho, etc.

⁹ TORGAL, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. – A Construção em Terra Rute. P. 18; GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 13.

¹⁰ Apesar de distantes e sem qualquer contacto, as técnicas de construção em terra foram sendo desenvolvidas contemporaneamente pelos povos ao longo dos anos. Assim, levanta-se a questão sobre a origem deste conhecimento – será que resulta do instinto ou é o resultado da passagem do conhecimento? Maddalena Achenza refere esta questão durante as aulas assistidas pela autora. Joaquim Brazinha considera-o um conhecimento inato - mesmo quando existe uma imitação de algo que já existe, esta pressupõe a nossa capacidade de adaptação à realidade, que nasce com o ser Humano. Apesar de poder ser transmitida geneticamente ou de ser-nos inata (tal como acontece com os animais), faz parte da nossa vontade de querer saber sempre mais. BRAZINHA, Joaquim - ...In “Da paixão..., da terra..., da arquitectura. P. 22-33.

¹¹COELHO, Joana Pinto – Casa em Arrudas dos Vinhos. P.1.

contemporaneidade: as desigualdades Norte-Sul, o desenvolvimento sustentável e a diversidade cultural. Talvez seja esse o maior benefício da terra: o de fazer reflectir (sobre) a contemporaneidade. ¹²

Segundo Eduardo Carvalho, agir de acordo com a contemporaneidade, significa procurar soluções que resolvam as necessidades do mundo atual. A procura de soluções mais ecológicas é uma constante muito forte nos trabalhos mais recentes, pela escolha de materiais naturais, reciclados, edifícios passivos, ou um conceito “eco” vazio, do qual o mercado procura tirar partido.¹³ De qualquer forma, existe uma consciência mais alargada sobre os problemas da sociedade atual, tanto ao nível ecológico, como económico e humano, que abrem novas perspetivas à aceitação da terra pelas suas vantagens.¹⁴

De uma maneira geral, sabe-se que a terra é um material ecológico, económico, resistente ao fogo e capaz de promover o conforto interior de um edifício, seja ao nível térmico¹⁵, como acústico e higroscópico.¹⁶ Talvez seja ainda a ecologia o motivo mais convincente para a sua pertinência:¹⁷ o facto de ser um material natural e abundante, encontrado no próprio local e infinitamente reciclável, evita gastos energéticos consideráveis¹⁸ - segundo Berge, a terra é, quando retirada do próprio local, o material de construção com menor impacto ambiental que existe.¹⁹ No entanto, a sua manipulação envolve muito para além de questões meramente ambientais, principalmente as zonas mais desfavorecidas: a revalorização das técnicas a nível global, faz com que estas deixem de ser desprezadas pelos povos, evitando a perda da diversidade cultural e do *Know how* de cada população; por outro lado, ao se basearem em métodos artesanais facilmente apropriáveis, a construção com terra pode se tornar uma forma de contornar alguns problemas de precariedade ou falta de habitação, em zonas em vias de desenvolvimento, onde a mão-de-obra é muito barata;²⁰ construir com materiais naturais, disponíveis e trabalhados localmente, leva ao desenvolvimento da produção local, em detrimento das indústrias de construção. Apesar do preconceito associado

12 CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luis - Arquitecturas de Terra. P. 2.

13 Esta não é uma questão explorada no trabalho, visto fazer parte do conceito de sustentabilidade muito alargado.

14 CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luis - Arquitectura em Terra: a idade do mercado. In *Arquitectura de Terra em Portugal*. P.151

15 De uma maneira geral, a terra é capaz de proporcionar um conforto térmico interior em climas quentes, devido à inercia térmica do material. Ver anexo 1.

16 Estas propriedades não são exploradas no seguinte trabalho, visto terem já sido alvo de grande descrição por parte de colegas em trabalhos de investigação.

17 CARVALHO, Eduardo; GAMA, Luis; FREIRE, Francisco - Arquitectura em Terra: a idade do mercado. In *Arquitectura de Terra em Portugal*. P.150; BASTOS, Alexandre - A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In *“Arquitectura de terra em Portugal”*. P. 160; MACEDO, Cália; CHANDIWALA, Smita - Thermal performance and environmental impact of contemporary earth architecture in Portugal. In *“Arquitectura de terra em Portugal”*. P. 233.

18 O sector da construção (e tudo o que este engloba, tal como a extração da matéria prima, o transporte, a produção, a utilização, a morte do edifício) tem contribuído para um gasto incontroado de energia e para a geração de resíduos tóxicos contaminantes. Atualmente, a indústria da construção representa cerca de 50% do consumo dos recursos naturais. TORRALBA, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. - A Construção em Terra. P. 154.

19 *Abud*: MACEDO, CELIA; CHANDIWALA, Smita - Thermal performance and environmental impact of contemporary earth architecture in Portugal. In *“Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010”*. P. 232

20 Esta questão é bastante mais complexa, devido aos preconceitos da população aos quais estas técnicas são bem familiares. Este aspeto será mais desenvolvido no ponto 3 deste capítulo.

às técnicas tradicionais, a autoconstrução assistida pode ajudar a melhorar em muito a vida das populações.²¹ O trabalho de Hassan Fathy,²² na construção da cidade de Nova Gourna no Egipto (1946), demonstra precisamente a capacidade de desenvolvimento de uma comunidade, através dos seus próprios recursos. Fathy procurou trazer de volta as técnicas construtivas tradicionais, trabalhando para e com a população, criando riqueza e autossuficiência, um projeto para uma inteira cidade construída em terra e totalmente adaptada às características do local.²³

No entanto, é antagónico pensar que estas mesmas vantagens resultam da simplicidade da matéria. O facto de ser um material débil, disponível, aliado a métodos cada vez mais mecanizados e inovadores, fazem da terra algo mais do que um simples material de construção.²⁴ Oferece uma oportunidade de refletir sobre os valores em que assenta esta mesma sociedade, consumista, industrial e extremamente poluidora. A construção em terra regressa como uma alternativa, numa união entre tradição e a modernidade.²⁵

Atualmente, o regresso destas técnicas tradicionais não se deve à carência de recursos económicos ou de materiais de construção, como em épocas passadas de crise²⁶ ou de pré industrialização: deve-se antes à carência de recursos naturais, de água, de ar, de solos, e de uma vida mais justa e equilibrada para todos. A terra é apenas um material que se enquadra na vontade de revolução na arquitetura e na construção, e capaz de acompanhar a modernidade e os desafios da arquitetura. É esta consciência de uma necessidade, a necessidade de mudança, que traz a terra de volta, e desta vez, com perspetivas para o futuro.²⁷

1.3 A realidade do presente

A falta de confiança na terra é bastante evidente. Relaciona-se principalmente com motivos culturais e com a falta de conhecimento na matéria,²⁸ gerando preconceitos. Apenas os que

21FORJAZ, José: Entre o Adobe e o Aço Inox.

22 Arquiteto moderno do Egipto (1900-1989).

23FATHY, Hassan - Arquitectura para os Pobres.

24 CARVALHO, Eduardo; GAMA, Luis; FREIRE, Francisco – Arquitectura em Terra: a idade do mercado. In *Arquitectura de Terra em Portugal*. P.153

25 *Ibidem*.

26 É principalmente nas alturas de crise que o tema da construção com terra volta a ser falado. Segundo Le Corbusier, a construção em terra seria uma alternativa lógica e económica, durante a Segunda Guerra Mundial, ou para populações rurais - uma perspetiva já defendida por François Coïnteraux. Este assunto será referido com maior profundidade no capítulo 2; A habitação em taipa foi também adotada pela Alemanha, para resolver os problemas da habitação após a Segunda Guerra Mundial. FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 4; Mas também durante a Grande depressão de 1930 nos EUA. EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 12 e 17). Mais recentemente, a partir dos anos 70, foi após a primeira crise do petróleo em 73 que a ideia de ecologia começa a surgir como um conceito em expansão, ligada à consciência que os recursos naturais não são infinitos. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 135.

27 Alexandre Bastos e Eduardo Carvalho reafirmam a existência de um mercado em busca de soluções mais ecológicas e naturais, por parte de um grupo de consumidores recetivos a métodos de construção alternativos. BASTOS, Alexandre – A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In *“Arquitectura de terra em Portugal”*. P.160; CARVALHO, Eduardo; GAMA, Luis; FREIRE, Francisco – Arquitectura em Terra: a idade do mercado. In *Arquitectura de Terra em Portugal*. P.152.

28 BASTOS, Alexandre – A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In *“Arquitectura de terra em Portugal”*. P. 156; TORGAL, Fernando; JALILI, Said – Ensaio de avaliação da durabilidade das construções em terra. P. 1



4. Cidade de Shibam, Iémen



5. Cidade de Ait Ben haddou, Marrocos



6. Casas Hakka Toulus, China

desenham, constroem ou utilizam, conseguem exprimir com segurança as suas diversas qualidades.²⁹ Aliado a este fator, a falta de investimento e leis que ajudem a regulamentação destas construções, dificultam a criação de um sentimento de segurança.

A terra é vista como um material frágil e pouco durável, através do qual se constroem edifícios toscos e de fraca qualidade. As questões de durabilidade serão discutidas no Capítulo 3, no entanto, estes preconceitos devem ser desde já questionados - sendo certo que a terra é um material pobre, e que não resiste às agressões da Natureza, como foi possível construir e manter até aos dias de hoje a cidade de Shibam no Yemen (fig. 4), as casas Hakka Toulus na China (fig. 5), a cidade Ait Benhaddou em Marrocos (fig. 6)? A sua durabilidade é comprovada pela passagem dos séculos – o saber empírico transmitido pelas gerações era tão forte que dotava o Homem de um conhecimento profundo na manipulação do material e na sua relação com o meio ambiente. A chuva, os ventos, os sismos, faziam parte do seu planeamento.

A cidade de Shibam, construída maioritariamente no Séc.XVI, é totalmente erguida em tijolos secos ao sol e chega a atingir os 30m de altura, com 8 andares, constituindo as mais altas construções em terra do mundo. Considerada por muitos a “Manhatan do deserto”, é vista como o primeiro exemplo urbanístico baseado no princípio da construção vertical, num modelo de cidade densa e compacta que inspirou já arquitetos contemporâneos como Foster, para o seu projeto em Abu Dhabi.³⁰

As Casas Hakkas na China, são edifícios de base geométrica e totalmente construídas em terra através da técnica da terra compactada. As suas espessas paredes com poucas aberturas constituem altas estruturas defensivas, capazes de providenciar as condições de habitabilidade e sustento de toda a população que alberga (entre 400 a 800 pessoas) - um verdadeiro exemplo de sustentabilidade e de perfeita integração na paisagem. Apesar da sua ancestralidade – séc. XII ao séc. XX – estas propõem também temas muito atuais como o da densidade populacional, a autossuficiência e a ecologia.³¹

Apesar do preconceito, é nos países mais desenvolvidos como França, Alemanha, Austrália, que a construção com terra começa a ganhar um novo protagonismo. A terra regressa como um ma-

29 BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 112; De uma maneira geral, existe um preconceito associado à utilização da terra como material de construção, mesmo entre os profissionais ou alunos do setor. Em conversas informais com os arquitetos, percebeu-se a dificuldade de alterar a mente das pessoas perante essa opção. Apesar das inúmeras iniciativas de divulgação, existe ainda muita ignorância sobre as capacidades e características do material.

30FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 17. Rem Khoolas e Foster and Partners vêm nas cidades verticais do Iémen um modelo ecológico para as cidades do futuro.

31FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 85; LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 372;

terial alternativo e cheio de vantagens, capaz de colmatar alguns dos problemas do presente. Ao mesmo tempo, a sua aparência estratificada, texturada e plástica, atrai cada vez mais arquitetos que, com um desenho adequado, conseguem concretizar obras de grande qualidade.³² A ideia de um material pobre é assim desmistificada.

Por outro lado, este preconceito prevalece em zonas mais pobres e subdesenvolvidas, onde a falta de recursos económicos faz com que apenas a população mais endinheirada tenha acesso aos materiais industriais, deixando os recursos locais para os mais desfavorecidos. Os povos acabam por rejeitar a sua própria cultura e adotar modelos e produtos ocidentais, muitas vezes de fraca qualidade, e que em nada beneficiam a população local. Tal como refere José Forjaz, a rejeição cultural leva à criação de edifícios desadaptados à sua realidade.³³ *“A ideia é a de que a forma é mais fácil de adquirir do que o conteúdo, ou talvez de que através da forma se chegará ao conteúdo...”*³⁴ Estes fatores dão origem a problemas difíceis de resolver, principalmente em contextos de subdesenvolvimento.³⁵

As sociedades de consumo, apesar de responsáveis por grande parte dos problemas que enfrentamos hoje em dia, têm procurado encontrar soluções para esta rejeição. Cabe aos países desenvolvidos³⁶ mostrarem como as construções em terra podem ter uma imagem contemporânea e melhorar a qualidade de vida de quem as habita, promovendo a sua construção e investigação, para assim conseguirmos um mundo que respeite o Homem, o ambiente e a cultura que os une.³⁷ No entanto, para ser aceite enquanto material de construção, a terra deverá alcançar muitas outras vitórias.

“Na verdade, não existe nenhuma lei que impeça a execução de uma construção em terra mas há muitas omissões que dificultam o seu licenciamento [...] falta de divulgação e de um mercado que possa oferecer mão-de-obra barata [...] Há também uma deficiência de enquadramentos jurídicos e regulamentares a nível legal e na própria dinâmica de execução. É importante tornar esta técnica, uma rival das convencionais, que são apoiadas por gigantes a nível da produção

32 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 11

33 FORJAZ, José: Entre o Adobe e o Aço Inox . A terra é um material gratuito e de fácil apropriação, ideal em locais onde a mão-de-obra é muito barata dada a sua exigência de trabalho manual. No entanto, o prestígio social é valorizado em relação à cultura e identidade local; mesmo que implique gastos incontroláveis, os materiais industriais são eleitos como nobres. A utilização de produtos importados traz um grande impacto ambiental pela sua produção e transporte, favorece empresas grandes com mão-de-obra especializada, que em nada contribui para o desenvolvimento da comunidade local, deixando de parte a sua herança cultural. Além disso estes países não se encontram preparados para ultrapassar as consequências desta modernização forçada, trazendo impactos ambientais com os quais não sabem lidar.

34 FORJAZ, José: Entre o Adobe e o Aço Inox . P.65

35 Tais como o esgotamento de recursos, ao produção de lixo, etc. *Ibidem*.

36 Existem muitos arquitetos que se dedicam a esta renovação de tradições, em zonas em que estas são cada vez mais esquecidas em detrimento dos materiais industriais. Saliente-se o trabalho desenvolvido pelos estúdios b_r00tStudio no México, blaanc borderless architecture, Anna Heringuer e Martin Rauch nos países Africanos, entre muitos outros.

37 GONZÁLEZ, Filipe Duarte – Geometrias de arquitetura de terra.

*industrial de material para construção e que oferecem mão-de-obra barata e especializada, apresentando como argumento a ecologia, ética, estética, conceito. É importante modernizar esta técnica na execução e torná-la economicamente viável. Desta forma a sua divulgação será natural e inevitável.”*³⁸

Num contexto onde as técnicas de construção em terra são as mais simples e não incorporam senão a mão-de-obra e o solo local,³⁹ como se verifica em Portugal, não parece ocorrer a oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias, técnicas ou materiais de maior valor acrescentado. Na verdade, este fator constitui tanto uma vantagem como um fator de desvalorização, pois não abre portas a um investimento sério que se ocupe da sua divulgação e desenvolvimento das técnicas.⁴⁰ O facto de não ser comercialmente explorável torna estas técnicas pouco apelativas aos interesses económicos de grandes empresas: ao utilizar materiais existentes no local, evita a produção, a compra e o transporte, e muitas vezes a mão-de-obra (por potenciar a autoconstrução e a autossuficiência), logo a sua divulgação não é conveniente. Assim, concluiu-se que a terra é um material que se encontra desatualizado.⁴¹

A falta de Leis ou critérios standardizados que regulem os projetos ou as performances do material⁴², criam dificuldades jurídicas, como ao nível da aceitação pelos profissionais, entidades financiadoras ou pela própria população.⁴³ Por outro lado, a terra não é um material standard - a sua constituição e comportamento variam de local para local, assim como a forma de a trabalhar, que depende do *know how*⁴⁴ do construtor - logo é o conjunto de fatores que contribui para a qualidade final do produto.⁴⁵ No entanto, existem já alguns países que possuem regulamentação, sendo na maioria países com bastantes recursos económicos ou de grande tradição nas técnicas, e cuja necessidade ou consciência, conseguiu fazer da terra um material de construção como todos os outros. Salienta-se o trabalho desenvolvido pela França e Alemanha, em termos de desenvolvimento e divulgação das técnicas:

A Alemanha foi um dos primeiros países a estabelecer normas,⁴⁶ mas que apenas se tornaram

38 MENDES, Miguel – Obstáculos à construção em terra – o abandono de uma opção. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 177.

39 Nestes países não se encontra generalizado o uso de modelos de taipa mecanizada ou a venda de terra já preparada para a construção.

40 A situação seria diferente se houvesse um interesse por parte das empresas na aquisição de instrumentos necessários para a produção industrial e/ou mecânica. Existem empresas no estrangeiro, com grande sucesso no mercado, que se ocupam exclusivamente deste tipo de construção. Em Portugal, este mercado não se encontra ainda suficientemente desenvolvido para dar uma resposta eficaz, e se tornar competitivo em relação aos outros materiais.

41 Estas afirmações são apoiadas por Fernando Pinto e Miguel Mendes na obra “Arquitectura de terra em Portugal”, Maddalena Achenza durante as aulas teóricas, e Peter Walker na introdução ao seu livro.

42 Os ensaios de avaliação ou as misturas, não seguem uma norma reguladora, logo apresentam resultados que variam segundo a receita e as condições.

43 MENDES, Miguel – Obstáculos à construção em terra – o abandono de uma opção. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 177.

44 Conhecimento sobre determinado assunto.

45 DETHIER, Jean - Arquitecturas de terra: trunfos e potencialidades de um material de construção desconhecido. P. 36.

46 Desde 1944 que o Earth Building Code apresenta regras técnicas para a construção.

oficiais após a segunda guerra mundial, em 1951, com a escassez dos materiais de construção. Este país tem vindo a ser uma boa fonte de informação a nível mundial, dispondo de uma vasta bibliografia, com grande contribuição dada pelo Prof. Eng Minke da Universidade de Kassel, e as suas investigações nos Laboratórios Forschungslabor fur experimentelles Bauen (FEB).⁴⁷

França é também, desde muito cedo, uma referência importante a nível mundial. Depois da Segunda guerra mundial, três textos de carácter oficial foram publicados referindo métodos de construção com terra estabilizada e em estado natural.⁴⁸ Atualmente, o país possui algumas normas para a utilização da terra e, com uma grande contribuição da CRATerre,⁴⁹ criada em 1979, tem feito um trabalho exemplar para o desenvolvimento e divulgação mundial das potencialidades das técnicas.

Outros países como a Nova Zelândia, o Peru, a Austrália, e alguns países dos EUA, possuem já algumas normas ou regulamentos oficiais sobre este tipo de construção. Espanha, Marrocos, Zimbabwe apresentam também algumas especificações relativas à terra.⁵⁰

Apesar do esforço cada vez maior na revalorização deste material, existe ainda um longo processo que permita a utilização da terra, tal como outro material de construção. Em Portugal, por exemplo, a falta de regulamentação faz com que a terra seja considerada apenas como material de enchimento de uma estrutura.⁵¹ Talvez este processo comece pela divulgação, modernização e investimento económico nas técnicas e, com o aumento da procura, as regras apareçam forçosamente.⁵² Para além da definição de leis, é necessário formar especialistas capazes de construir, projetar, avaliar ou requalificar o património, para que a terra possa ser utilizada com todas as suas potencialidades.

2. O que é a terra?

“Alors, la terre retournera à la terre, et les grains retrouveront leur chemin dans l’histoire écologique de la planète: le petit cycle de la construction en terre, matière réutilisable pas excellence, inscrit dans un cycle géologique bien plus vaste.”⁵³

47 Laboratório de Investigação de Construção Experimental; TORRAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – Construção com terra. P. 24; HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert - CRATerre... P. 159.

48 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 158 A construção de Isle d’Abeau, um bairro social de carácter experimental, constituiu um ponto chave para a investigação e caracterização posterior deste material.

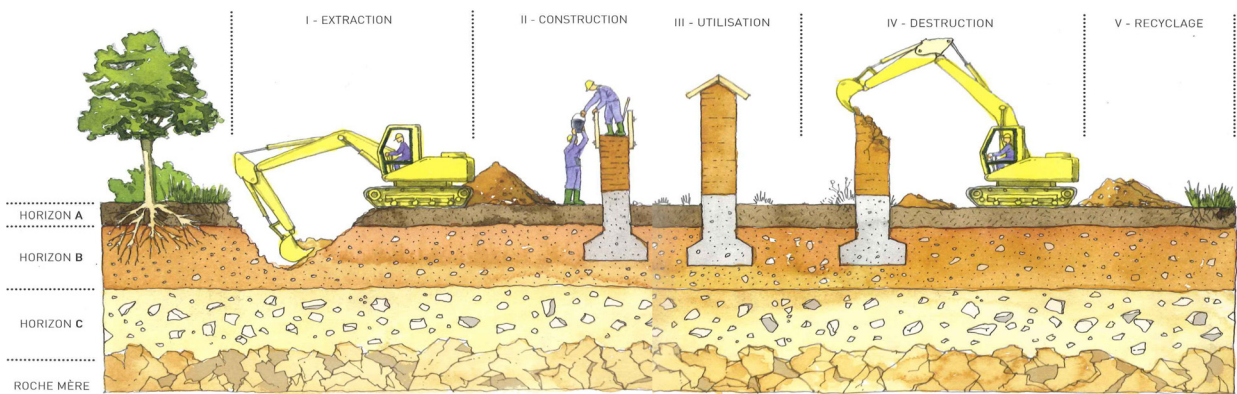
49 Uma fundação de pesquisa e formação que procura desenvolver e divulgar o tema da construção com terra..

50 TORRAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – Construção com terra. P. 19-20; HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 158-159.

51 TORRAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – Construção com terra. P. 24.

52 MENDES, Miguel – Obstáculos à construção em terra – o abandono de uma opção. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 176-177. Tal como no Estado do Novo México, nos EUA, onde as normas surgiram dado o aumento da construção ilegal em terra. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert - CRATerre...

53 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 13. “Então, a terra voltará à Terra, e os grãos encontrarão o seu caminho na história ecológica do planeta :



7. O ciclo natural da construção e os vários horizontes

A terra é uma das matérias-primas mais abundantes no nosso planeta. Apesar de constituir um recurso não renovável, os produtos secos ao sol podem ser naturalmente devolvidos à terra, num processo semelhante ao que lhe deu origem, completando um ciclo natural (fig. 7). Não existe apenas um tipo de terra, mas antes uma infinidade de materiais, com propriedades físico-mecânicas variadas e que definem uma grande gama de materiais - a cada terra, com diferentes granulometrias, corresponde um tipo de utilização, uma técnica específica, aparência ou propriedades diversas. A terra é o resultado de um conjunto de pequenos materiais.⁵⁴

2.1 Constituição da terra

A terra é constituída por elementos minerais cujas características dependem da composição química e mineralógica da sua rocha de origem. Estas rochas, expostas à ação física, química e biológica dos agentes naturais de degradação (chuva, vento, mar, presença animal e vegetal, etc.) formam pequenos detritos que nem sempre permanecem no seu ponto de formação, muitas vezes são transportados ao longo de cursos de água, gelo e vento, podendo sofrer alterações das suas propriedades químicas, mineralógicas e granulométricas, tanto ao longo deste percurso como na sua posterior bacia de sedimentação. Assim, a composição e as propriedades da terra, dependem do “passado” das partículas que a constituem.⁵⁵ A terra é também constituída por elementos gasosos, principalmente de ar, líquidos, na sua maioria água, e sólidos, a matéria mineral e orgânica.⁵⁶

2.1.1 Horizontes

Nem toda a matéria que constitui o solo é adaptada à construção. Ao cortar verticalmente o terreno, distinguem-se três camadas principais que correspondem aos horizontes do solo,⁵⁷ camadas relativamente fáceis de distinguir a olho nu, através da cor e da textura (fig. 7).⁵⁸

De uma maneira geral, o horizonte superior A, constituído por uma mistura entre matérias orgânicas (vivas, mortas, ou em decomposição) e minerais, não é adequada à construção, pelas suas propriedades.⁵⁹ É precisamente o extrato de terra ideal para cultivar devido à presença de

o pequeno ciclo da construção em terra, matéria reutilizável por excelência, inscreve-se num ciclo geológico bem mais vasto.” Tradução livre.

⁵⁴ *Ibidem*. P. 107.

⁵⁵ ACHENZA, Maddalena; SANNA, Ulrico – Il Manuale Tematico della Terra Cruda. P. 8; SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P. 32.

⁵⁶ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 30.

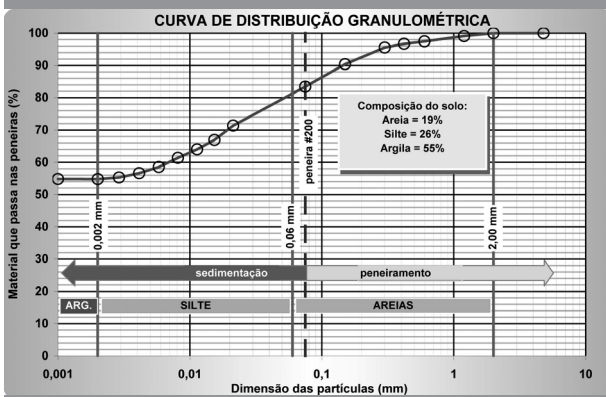
⁵⁷ Definição de horizontes: camadas horizontais sobrepostas e paralelas à superfície, com limites irregulares, dimensão e características diversas. ABRAÚL, Fabiana - Arquitectura de Terra em Portugal. P. 69.

⁵⁸ FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 101.

⁵⁹ As propriedades químicas e físicas do solo não permitem a construção de elementos suficientemente sólidos, mas antes frágeis e de fácil degradação. A presença de matéria orgânica e de um pH ácido é propenso à formação de fungos e bactérias.

Fração	Dimensão
Calhaus	200mm<20mm
Gravilhas	20mm<2mm
Areias grossas	2mm<0.2mm
Areias finas	0.2mm<0.06mm
Siltes	0.06mm<0.002mm
Siltes finos	0.002mm<0.0002mm
Argilas	0.0002-0mm

8. Frações granulométricas da terra



9. Curva de distribuição granulométrica

húmus, responsável pela criação de vida no solo. Apresenta uma cor escura, textura mórbida e odor peculiar, estendendo-se cerca de 50 cm abaixo do solo.⁶⁰ Abaixo desta camada encontra-se o horizonte B, constituído por diferentes minerais com características químicas e físicas diversos. Estes, por sua vez, por terem sido sujeitos a longos e complexos fenómenos de adaptação ao ambiente externo, são caracterizados por uma grande dureza e estabilidade. É precisamente aqui que se encontra a terra ideal para construir, o comumente chamado subsolo.⁶¹ O horizonte C, corresponde a zona de transição entre a rocha mãe e a terra, onde se encontram rochas em decomposição.⁶²

2.1.2 Granulometria

A terra resulta de uma mistura de partículas que podem ser agrupadas segundo as suas dimensões. De uma maneira geral, encontram-se divididos em cinco elementos - pedra, gravilha, areia, silte e argila - onde a areia e o silte são muitas vezes subdivididas ainda em dois tamanhos.⁶³ Assim, de acordo com a CRATerre e com grande parte dos laboratórios de referência, as partículas classificam-se de acordo com a classificação da tabela na figura 8.⁶⁴

A composição granulométrica é usualmente representada através de um gráfico, que ilustra a proporção de cada fração numa determinada terra. Estes valores são obtidos através do teste da peneira, para os elementos com dimensão superior a 0.06 mm, e como o teste da sedimentação para os siltes e as argilas⁶⁵ (fig. 9). Estes testes são explicados no ponto 3 deste capítulo.

Cada fração granulométrica apresenta as suas próprias características, logo, a variação da quantidade ou da qualidade de cada uma das frações dá origem a diferentes tipos de terra, com comportamentos diferentes. Assim, a cada tipo de terra corresponde determinada aplicação. Distinguem-se 5 principais tipos de material, cujas características principais estão diretamente relacionadas com a presença de um elemento em abundância: a terra orgânica, onde existe uma prevalência de materiais orgânicos; a terra gravilhosa, com predominância de gravilhas e britas e uma aparência rude de um betão pobre; a terra arenosa, com elevada presença de areia, assemelhando-se a uma argamassa; a terra siliciosa, com prevalência de limo, pouco coesiva e de aspeto delicado; a terra argilosa, muito coesiva e colante, facilmente trabalhável na presença

60 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 101 ; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 42.

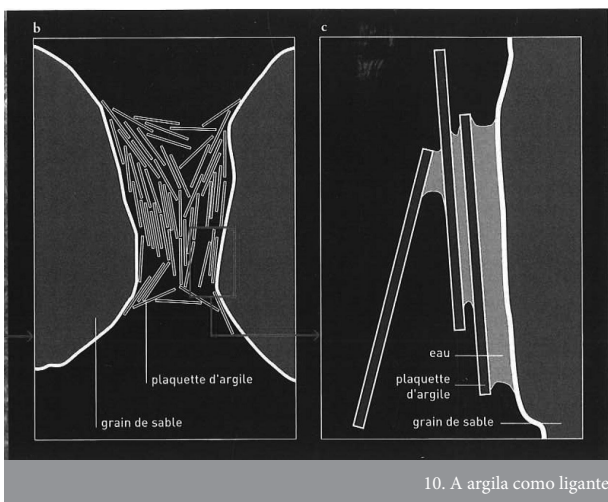
61 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 101.

62 *Ibidem*.

63 *Ibidem* P. 102.

64 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 42.

65 Já os diferentes tipos de argila são reconhecidos apenas com recurso ao microscópio.



10. A argila como ligante

de água.⁶⁶

2.2 Betão de argila

“La nature, en désagrégeant les roches, en transformant les fragments les plus fins en argile, nous a fait cadeau d’un trésor: inutile en effet de cuire ces argiles pour les transformer en «ciment». La terre est un véritable béton naturel prêt à l’emploi, dans lequel les autres grains sont agglomérés par l’argile.”⁶⁷ “La terre fait donc partie de la grande famille des matériaux granulaires, au même titre que son proche cousin le béton: c’est en effet un béton d’argile!”⁶⁸

O termo betão⁶⁹ é bastante genérico. Apesar de estar associado a um material bem específico, no fundo, a um betão corresponde qualquer tipo de material que seja composto por uma fração granular, aglomerado através da ação de um ligante. Assim, tal como o cimento é o ligante do betão, quando se trata de terra, é a argila que funciona como o elemento aglutinador das variadas frações.⁷⁰

As argilas resultam da desagregação de rochas⁷¹ ricas em silicatos (como o granito e o basalto)⁷² e de tamanho reduzido; estas partículas podem permanecer no local de origem constituindo as argilas mais puras (mais grossas, claras e pouco plásticas) ou serem arrastadas pelo vento e cursos de água, onde se mesclam com outros elementos químicos, dando origem a argilas com estrutura química e física diversa (mais finas, plásticas mas impuras).⁷³ A sua estrutura final resulta na sobreposição de várias lamelas que, combinadas de diversas formas, dão origem a uma estrutura lamelar, como páginas de um livro sobrepostas⁷⁴ (fig. 10) Existem vários tipos de argila⁷⁵ que, tal como referido anteriormente, dependem do percurso que a formou. Contudo, tal como qualquer betão, a terra não pode prescindir dos seus restantes elementos, os agregados. Estes são essencialmente compostos por fragmentos de rochas de forma e tamanho irregular, que ao longo dos tempos não sofreram muita ou mesmo nenhuma alteração química em relação à rocha

66 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 31.

67 Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 108.

68 Ibidem P. 99. “A natureza, desagregando as rochas, transformando os fragmentos mais finos em argila, ofereceu-nos um tesouro: é de facto inútil cozer estas argilas para as transformar em «cimento». A terra é um verdadeiro betão natural pronto a utilizar, no qual os outros grãos são aglomerados pela argila. A terra faz então parte da grande família de materiais granulares, assim como o seu primo próximo o betão: é de facto um betão de argila!” Tradução livre.

69 O betão é o resultado da mistura entre o cimento, agregados de variadas granulometrias (dependendo do objetivo), o gesso que regula a presa, e quando necessário, alguns aditivos que podem melhorar a sua prestação final. O cimento, por sua vez, é constituído por pedra calcária e argilosa submetida a altas temperaturas (cerca de 1450 graus). SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P. 73-74 e 88.

70 Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 99.

71 Resultam da desagregação de rochas primárias, logo são consideradas rochas secundárias.

72 Ou seja, são basicamente silicatos de alumínio hidratados. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P. 32.

73 No seu percurso, as moléculas podem-se associar ao ferro, magnésio, água ou outros sais como o sódio e o potássio. As argilas estão sujeitas a forças capilares muito mais elevadas do que outras partículas maiores e arredondadas. ACHENZA, Maddalena; SANNA, Ulrico – Il Manuale Tematico della Terra Cruda. P. P.11.

74 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P. 34.

75 Muito comumente a palavra argila é incorretamente confundida com terra; na verdade, a argila é apenas um dos componentes que engloba todo este sistema. Ao mesmo tempo, é redutor falar em argila pois, o facto de existir uma variedade muito grande de moléculas, com composições e estruturas mineralógicas diversas, torna mais correto falar de argilas - o nome apenas se refere uma fração granulométrica.



11. Terra em estado plástico, material de altas performances

mãe, ao contrário do que acontece com as argilas.⁷⁶ Os siltes não são nada mais do que pequenas frações de areia muito fina.⁷⁷

É a união da argila com a água que possibilita a utilização da terra na construção, e que lhe confere algumas das propriedades mais importantes como a coesão e a plasticidade.⁷⁸ Quando se humedece a terra, a argila presente vai absorver a água que, ao interpor-se entre as diversas lamelas da argila, provoca o aumento de volume. Quando a água evapora, a distância interlamelar diminui, as lâminas acomodam-se paralelamente devido às forças de atração elétricas, e o material contrai de volume.⁷⁹ É esta união que torna o sistema plástico e trabalhável, durante a manipulação, atribuindo rigidez e resistência no estado seco.⁸⁰ No entanto, a água nunca se evapora totalmente do material, mantendo as lamelas unidas entre si. Assim, um muro de terra nunca está completamente seco, dada a absorção característica das argilas, e a humidade presente relaciona-se com a humidade relativa do ar exterior.⁸¹

O betão convencional e o betão de argila diferem principalmente em questões de durabilidade,⁸² podendo, no entanto, ser analisados segundo a mesma lógica de pensamento, na procura de melhoria das suas características. Na verdade, tal como afirma Rondelet, o uso da taipa e a familiarização com estas técnicas de compactação dentro de uma cofragem, constituíram as condições ideais à invenção do betão armado.⁸³ No seguimento desta ideia, alguns investigadores procuram explorar as potencialidades da terra como se faz com o betão, agindo sobre as suas propriedades. Por exemplo, a Universidade de Mokpo na Coreia do Sul, levam-se a cabo experiências importantes sobre a utilização da terra em estado plástico, tal como com o betão de alta performance,⁸⁴ através de um perfeito planeamento da granulometria do material. Desta forma, a terra em estado plástico pode ser utilizada na conceção de outros elementos, tais como pavimentos autonivelantes, muros em cofragem, lajes, podendo também ser reforçada interiormente com ferro.⁸⁵ A figura 11, mostra um edifício construído com os mesmos métodos construtivos do betão, substituindo este material pela terra plástica (*terre coulée*), sem comprometer as propriedades finais – o resultado

76 Os minerais alterados são os coloidais, isto é, parcelas que quando são misturadas com água formam uma pasta colante. Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATERRE... P. 34-35; Os principais coloidais são as argilas, no entanto um estudo desenvolvido por Fontaine demonstra que a água também apresenta propriedades colantes. É a água, por exemplo, que permite a construção de castelos de areia. Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 140-142 e 146-148.

77 Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 103.

78 Sanna, Ulrico; Giorgio, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 34.

79 *Ibidem*. P. 14.

80 *Ibidem*. P. 34.

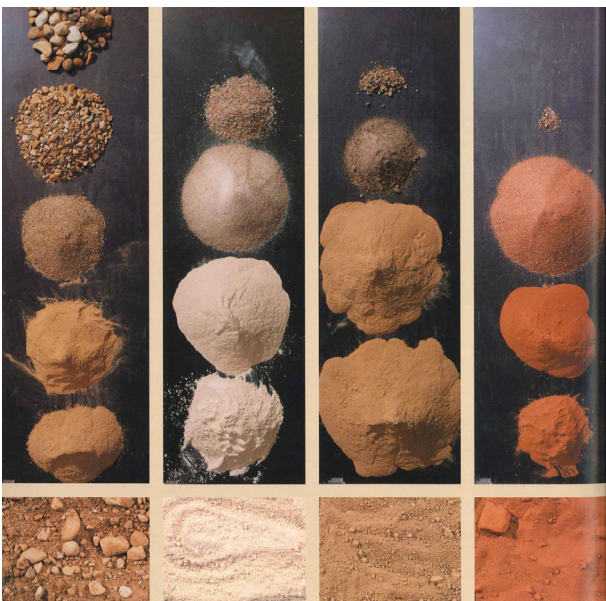
81 Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 152.

82 Eires, Rute – Construção em terra. P.9. Este tema é desenvolvido capítulo 3.

83 Bertagnin, Mauro - Il pisè e la regola. P. 21. Segundo o autor, o pisè constitui o antepassado do cimento armado, um facto já provado por vários investigadores.

84 Sanna, Ulrico; Giorgio, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 88.

85 Fontaine, Laetitia; Anger, Roman - Bâtir en terre. P. 184-185.



12. Texturas de diversos tipos de terra

é um edifício com as mesmas performances do betão de cimento.⁸⁶

2.3 As propriedades

A terra é um material complexo, cujo comportamento é determinado por um conjunto de fatores que determinam a sua prestação final. A ação mecânica exercida aliada à interação entre os diversos elementos, em quantidades e qualidades diversas, dão origem às propriedades essenciais, do material, determinantes para a sua qualidade final. Só através deste conhecimento é possível clarificar ou prever o comportamento de um determinado betão, seja ele de terra ou de cimento, tal como no exemplo anterior.

2.3.1 Textura

A textura está diretamente relacionada com a granulometria. Corresponde à quantidade centesimal em pedra, gravilha, areia, silte ou argila presente em cada um dos solos e é registada em gráficos através da realização de testes.⁸⁷ A textura é um fator decisivo pois está diretamente relacionada com as futuras performances mecânicas do material – pela porosidade, densidade, retração e compactação – assim como no seu aspeto final, conferindo uma aparência mais rude e granular, ou mais limpa e polida. A figura 12 ilustra diferentes tipos de texturas.

2.3.2 Plasticidade

A plasticidade é a capacidade que o material tem de se tornar moldável, estando intimamente relacionada com a água e argila presentes. A terra pode apresentar quatro estados de consistência - estado líquido, plástico, semissólido e sólido. Estes são fáceis de perceber pelo aspeto e consistência, no entanto, o cientista sueco Atterberg, definiu-os com precisão através de um instrumento (chamado Casagrande) que determina os limites entre cada tipo de estado.⁸⁸

Os limites de plasticidade e de liquidez são dois valores importantes pois permitem obter outro valor, o índice de plasticidade, que caracteriza a terra disponível. Ambos são determinados através de ensaios de laboratório:⁸⁹ limite de liquidez (LL) é a percentagem de água presente no limite entre o estado líquido e o estado plástico; o limite de plasticidade (LP), corresponde à percentagem de água no limite entre o estado plástico e o semi-sólido, determinado através de

⁸⁶ FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 185.

⁸⁷ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 31.

⁸⁸ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 30.

⁸⁹ NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 6-8.

um ensaio manual. A diferença entre o limite de liquidez e de plasticidade determina o índice de plasticidade ($IP = LL - LP$).⁹⁰

Como acontece com todos os ligantes, a presença de água em excesso pode penalizar o sistema. A quantidade ótima para trabalhar a terra é variável em função da composição do material e da Natureza da fração argilosa, tendo também em conta que a cada aplicação serve um estado de consistência.⁹¹

2.3.3 Coesão

A coesão de uma terra exprime a capacidade das suas partículas se manterem unidas quando aplicada uma força de tração. Esta depende da quantidade e da qualidade de argila, assim como da quantidade de água. A coesividade entre dois materiais só pode ser comparada se estes apresentarem índices de plasticidade iguais.⁹²

2.3.4 Retração e expansão

A terra varia naturalmente de volume. No entanto, os processos de retração e expansão, podem contribuir negativamente para qualidade final do material. Como já referido, é a presença da água e da argila que provoca a variação de volume, e esta ação é contínua durante toda a vida do edifício. Quando se dá a evaporação, a terra contrai de volume e os muros sofrem fissuração. Estas lesões internas ou superficiais permitem a entrada de água⁹³ e dão origem a certas patologias que contribuem para a degradação e perda de resistência do material.⁹⁴

De uma maneira geral, a terra apresenta grandes fissurações quando contém uma argila muito ativa, perante a adição de uma grande quantidade de água ou então, após grandes e repentinas variações de temperatura. A absorção da humidade do ar não conduz à variação de volume.

O limite de retração (LR) é a quantidade de humidade a partir do qual o material passa do estado sólido com retração, para o estado sólido sem retração. A retração de um material pode também ser prevista através de testes de laboratório ou de campo.⁹⁵

2.3.5 Compactação

A terra tem a capacidade de reduzir de volume, depois de sujeita a uma energia de compac-

90 NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 8.

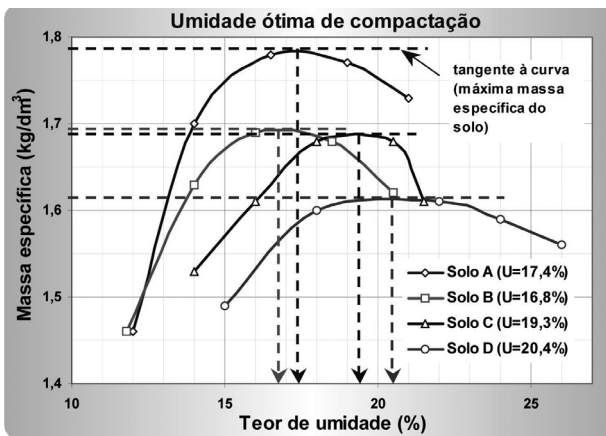
91 O mesmo acontece com o betão, onde a relação água cimento é um dos principais aspetos a ter em conta, adicionando muitas vezes aditivo que permitam a diminuição da percentagem de água no sistema, para o mesmo nível de trabalhabilidade. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna.

92 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 70.

93 NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 8.

94 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 242.

95 NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 8.



13. Humidade ótima de compactação

tação.⁹⁶ Esta consiste na aplicação de uma força mecânica, que age diretamente sobre a sua porosidade e densidade, aumentando a performance mecânica final.⁹⁷ Nem todas as técnicas de construção em terra recorrem a esta força, sendo a taipa a técnica de terra compactada mais utilizada atualmente.

Para conseguir obter a compactação máxima, dependendo do solo, existe uma quantidade ótima de água que permite levar as partículas a um estado mais denso, ou seja, maior massa específica seca. A humidade ótima de compactação pode ser determinada em laboratório, através do ensaio de Proctor, comparando diferentes provetes de terra compactada com variados níveis de humidade.⁹⁸ Na figura 13, através de uma tangente à curva é possível perceber qual a densidade maior obtida para determinada terra e, na sua perpendicular, a humidade necessária para a obter, ou seja, a humidade ótima de compactação.

2.3.6 Densidade

A densidade é por definição a relação entre a massa seca do objeto e o seu volume total incluindo os poros. Um solo recentemente escavado tem uma densidade de 1200 a 1500kg/m². Se este solo é compactado, como acontece na técnica da taipa, a densidade aumenta consideravelmente até 1700/2200 kg/m², podendo mesmo ultrapassar se a terra contiver muitos agregados grossos.⁹⁹ Como referido anteriormente, o aumento da densidade promove a durabilidade e a resistência mas, ao mesmo tempo, leva à diminuição da capacidade de retenção do calor, pela redução dos espaços vazios - quanto mais ligeiro é o material, maior é a sua capacidade isolante e quanto mais húmido, menor é o seu efeito isolante.

2.3.7 Porosidade

A presença de ar na terra dota o material de características positivas e negativas. Os poros permitem o transporte de humidade entre o interior e o exterior do edifício, promovendo o aumento do conforto ambiental interno (temperatura, humidade relativa, etc.).¹⁰⁰ Por outro lado, a porosidade representa uma desvantagem: permite a entrada da água e de outras partículas no sistema,¹⁰¹

⁹⁶ Existem dois tipos de compactação: a compactação estática e a dinâmica. A diferença é que na compactação estática se aplica uma força à compressão, enquanto a dinâmica é feita por vibração.

⁹⁷ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 25.

⁹⁸ *Ibidem*.

⁹⁹ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 25.

¹⁰⁰ Mais importante que o volume total, é o tamanho de cada poro pois este define a velocidade com que se atinge o equilíbrio da humidade relativa com o exterior, um fator a considerar no melhoramento do ambiente interior. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 36. O tamanho dos poros relaciona-se também com a sua capacidade de resistir aos ciclos de gelo-degelo, um fenómeno explicado no capítulo 3.

¹⁰¹ Como por exemplo, saís que a água possa transportar.

além de diminuir a resistência mecânica do material.

Os poros constituem os defeitos do material e como tal, podem ser diminuídos através da presença de variadas granulometrias. Assim, os espaços vazios criados entre as frações maiores, acabam por ser preenchidos pelas partículas de menor dimensão, formando um sistema mais compacto, e logo com maior resistência mecânica e às agressões externas. Esta é precisamente a mesma lógica do cimento, onde os agregados utilizados são racionados de forma rigorosa, de forma a obter melhor prestação do material.¹⁰² Se não houver porosidade, não haverá espaço para retração, através de vários ensaios, pode-se perceber qual a quantidade ótima de cada fração para obter o máximo de densidade. Assim, é possível chegar a um material tão denso, que mesmo em estado líquido não sofra retração ao secar.¹⁰³

3. Materialização

“La fabbricazione colla sola Terra senz’altri material, nè altro cemento, vale a dire senza pietre, e calcina consiste unicamente nella mano di ópera, ed è presso a poco una imitazione perfetta della natura.”¹⁰⁴

Construir com a terra é um ato de reprodução da própria Natureza. É talvez, como afirma Joaquim Brazinha, um conhecimento inato ¹⁰⁵ e talvez por isso, de rápida compreensão. As técnicas são facilmente apropriáveis e a percepção sobre o material é quase intuitiva. A união entre a plasticidade e a imaginação, têm dado origem às mais variadas formas. No entanto, apesar de envolver conceitos básicos, os resultados finais podem ser complexos, pela quantidade de intervenientes no sistema – terras, água, ar – e os agentes externos – ação humana, clima, etc. É na relação próxima entre o Homem e o material, e na compreensão das suas propriedades, que se encontram as respostas para a obtenção de um produto final de qualidade.

3.1 Os Testes

A cada técnica de construção corresponde um conjunto de características mais ou menos ideais. Por exemplo, a técnica do adobe envolve uma granulometria mais fina e argilosa, onde a terra é

102 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 114-115.

103 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 114-115.

104 BERTAGNIN, Mauro – Il pisè e la regola. P. 43. “Trabalhar só com a terra sem outro material, nem outro cimento, nem sequer pedra e cal recorrendo apenas à mão-de-obra, é quase uma perfeita imitação da natureza.” Tradução livre.

105 ALEGRIA, José - Da paixão...da terra...da arquitetura. P. 22-33.

manipulada em estado plástico, adicionando muitas vezes fibras que controlem a retração.¹⁰⁶ Estes são apenas alguns dos fatores intervenientes. Assim, para saber se determinada terra é adaptada à construção, recorre-se a testes expeditos ou de laboratório, que definem as propriedades do material disponível. Só depois é possível prosseguir com os trabalhos.¹⁰⁷

3.1.1 Testes de campo

“Independente da qualificação do solo através de ensaios em laboratório, o conhecimento popular na arte de construir com terra pode indicar decisões, mesmo empíricas, tão eficientes quanto a quantificação resultante de ensaios normalizados, executados em laboratórios. Os testes de campo, que resultam de uma saudável combinação entre o saber popular e o conhecimento do meio técnico, são, muitas vezes, as únicas provas que se podem fazer para selecionar a terra e construir.”¹⁰⁸

Designam-se testes de campo ou empíricos, às provas que se fazem no local da extração da terra, utilizando apenas os sentidos – visão, tato e olfato – ou recorrendo a instrumentos muito primários. A avaliação é feita através de premissas simples que se lidam no dia-a-dia. Na primeira visita ao terreno de extração, é já possível perceber que tipo de textura se irá trabalhar, reconhecendo a predominância de finos ou agregados maiores - as partículas visíveis a olho nu correspondem ao pedregulho, gravilha e a areia, sendo as menores e indistinguíveis a argila e o silte.¹⁰⁹ Outros sinais podem confirmar a presença de argila: se o terreno apresenta taludes sem qualquer tipo de sustentação, em princípio, será a argila que segura os elementos; se existem de torrões de terra ou lamas depois de períodos de chuva; se o local se situa perto de um rio, onde a argila é transportada até às margens, etc.¹¹⁰

Após esta primeira análise, fazem-se os testes de campo que se considerem necessários para a avaliação das características da terra. Primeiro deve-se recolher uma amostra significativa, que consiga dar uma ideia geral da qualidade e do tipo de terra local.¹¹¹ Para perceber a quantidade de cada fração granulométrica, recorrer-se a dois tipos de teste:

a) Peneiramento: através de peneiras manuais é possível separar os grãos de diferentes

106 TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P. 43.

107 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 52.

108 NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 12.

109 *Ibidem*. P. 13.

110 BERTAGNIN, Mauro – Il pisè e la regola. P. 45.

111 O mínimo de terra a extrair são 30kg. A amostra pequena a analisar deve ser separada segundo uma metodologia. NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 13.



14. Teste da sedimentação - terra não sedimentada, Sardenha



15. Teste da sedimentação-terra sedimentada, Portugal

dimensões¹¹² (fig. 15)

b) Sedimentação: este teste é baseado na diferença de peso dos diferentes constituintes. A um frasco de vidro cilíndrico de fundo plano (ou numa garrafa, mais acessível), adiciona-se terra seca a 1/3 da sua altura e cobre-se com água a 2/3. Depois de fechado e energeticamente misturado, as partículas maiores, por serem mais pesadas, são as primeiras a depositar no fundo da garrafa, e as mais finas posteriormente em cima. Este processo é bastante lento, e deve repousar numa superfície horizontal. Através da medida de cada extrato, pode-se dizer aproximadamente a quantidade de cada fração na terra¹¹³ (fig. 14 e 15).

Depois de perceber que tipo de terra se irá trabalhar (terra arenosa, siltosa, argilosa ou orgânica), prossegue-se com a análise sobre qualidade dos finos e do seu comportamento futuro. Dada a enorme quantidade de ensaios disponíveis, no presente texto são apenas descritos os mais frequentemente utilizados.¹¹⁴

c) Teste do odor – deve-se sentir o cheiro da terra, no estado seco e húmido. Se cheirar a mofo, característica da presença de húmus, a terra não está adequada à construção.

d) Teste do toque – fricciona-se uma amostra pequena de terra entre a palma da mão e os dedos. Se as partículas se sentem claramente, é porque a sua fração gravilhosa e arenosa é maior. Por outro lado, se a amostra é macia e pegajosa é possível estarmos perante dois tipos de terra, que se podem distinguir apenas ao limpar as mãos.

e) Teste da lavagem - se ao lavar as mãos a terra sair facilmente, estamos perante uma amostra rica em limo, mas se uma película de terra permanecer agarrada, é porque estamos perante amostra argilosa.

f) Caída da bola – faz-se uma bola com cerca de 4cm de diâmetro com uma humidade suficiente apenas para poder aglutinar a amostra. Deixa-se cair a bola de uma altura de cerca de 1.5 m sobre uma superfície plana e analisa-se o resultado - se a bola se aplanar e mostrar poucas ou nenhuma fissura, então a terra é muito argilosa e propensa à retração devendo-se adicionar areia, se a amostra se desfaz totalmente no chão é porque esta não contém fração aglutinante

¹¹² Em laboratório, existem peneiras elétricas constituídas por vários elementos sobrepostos entre si, e que separam todas as granulometrias. Em exames rigorosos as partículas são lavadas antes.

¹¹³ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 56; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 26; NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 16; A veracidade do teste da garrafa é muitas vezes posta em causa, principalmente na fronteira dos finos dada a dificuldade de distinção entre as argilas e os siltes. Assim, os resultados devem ser sempre cruzados com os restantes testes de campo. Nos ensaios realizados durante as aulas práticas na Sardenha foram testados cinco tipos de terra: numa delas a terra sedimentou-se subitamente verificando-se a inexistência de argila; este aspeto foi posteriormente comprovado com o teste da lavagem, em que as mãos saíam limpas depois de lavar.

¹¹⁴ São considerados mais importantes os testes a que a autora recorreu durante os trabalhos práticos.



16. Teste da resistência a seco, Sardenha



17. Teste do rolo, Sardenha



18. Teste da relação entre a água, a ação mecânica e a argila em cada tipo de terra, Sardenha

suficiente e logo não é apropriada para a construção.¹¹⁵ É também realizado um teste muito semelhante a este, na verificação da humidade ótima de compactação na técnica da taipa onde, neste caso, a terra deve ter humidade suficiente para formar um bolo na mão, mas desfazer-se (não totalmente) ao cair de uma altura de cerca de 1m.¹¹⁶

g) Teste de resistência a seco – recorrendo às terras mais finas, fazem-se pastilhas com cerca de 1cm de espessura e 2 a 3 cm de diâmetro. Depois de estas terem secado, tentar esmagar a pastilha com as mãos. A dificuldade ou facilidade de a desfazer deve-se à presença ou ausência de argila e à própria qualidade desta (fig. 16).

h) Teste do rolo – neste verifica-se a quantidade de argila. Com as frações mais fina, faz-se um rolo com cerca de 20cm de comprimento e 2,5cm de diâmetro. Desliza-se o cordão na borda de uma superfície plana, de forma a que este fique em balanço e até ocorrer a sua rutura (fig 17). O tamanho do segmento que se quebrou é o fator indicativo da quantidade de argila.¹¹⁷ Segundo Obede Faria, este teste é muitas vezes usado para a construção em taipa: se o segmento que quebra tem menos de 8cm não há argila suficiente; se estiver entre os 8cm e os 12cm a quantidade é ideal; se romper depois dos 12cm, tem argila em excesso.¹¹⁸

Outra experiência interessante consiste na elaboração de pequenos provetes em terra, utilizando moldes quadrangulares de madeira pré-feitos; diferentes tipos de terra são associados a diferentes ações mecânicas e quantidades de água; com os resultados finais é possível tirar algumas conclusões sobre a ação dos três fatores iniciais – a humidade (líquida, plástica ou seca), a ação mecânica (solta, comprimida manualmente, compactada mecanicamente) e a qualidade da argila presente – em cada tipo de terra disponível¹¹⁹ (fig. 18).

Dada a complexidade do material, é também aconselhável testar a resistência de uma forma mais aproximada à realidade. Peter Walker recomenda a construção de um pequeno troço de parede, um “painel de teste”, onde se possa discutir sobre a aparência, proteção e resistência do material, assim como a introdução de outros elementos.¹²⁰ Em algumas das obras visitadas, verificou-se a existência deste tipo de experiência. É o caso do Arq. Henrique Schreck que constrói sempre estes

115 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 27;

116 NEVES, Célia M. M. *et al* – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 27. Célia Neves *et al*. Faz referência a outro teste onde, em vez de deixar cair a bola, esta se deve partir em dois quando se aplica uma força deformadora. Se por outro lado, se deformar sem partir, é porque a terra tem água em excesso.

117 Segundo a Prof. Maddalena, neste teste é também importante a forma como se trabalha a pasta de terra. Durante as aulas, verificou-se que, quando a terra era mal misturada, os rolos apresentavam se toscos e menos resistentes do que um rolo bem amassado. Isto deve-se à presença e ativação da argila.

118 Informação sobre os testes resulta de uma reunião de bibliografia: NEVES, Célia M. M. *et al* – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra. P. 13-25; HOBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 56-60; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 26-27; e os trabalhos práticos realizados pela autora.

119 Este é um tipo de experiência muito recorrente em workshops.

120 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 45.



19 e 20. Taipais de prova: Propriedades Horizontais e Adega de Cuba



21. Provetes de terra compactada para muro de taipa, Sardenha

blocos e, de forma empírica, consegue perceber qual a terra mais adequada¹²¹ (fig. 19) Na visita à Adegas de Cuba, verificou-se também a presença de blocos de prova, onde foi também testada a introdução de tijolos de argila cozida (fig. 20) Também com um molde de madeira, é possível realizar um provete em taipa, que após a secagem, pode fornecer alguma informação quanto à resistência à erosão e ao embate¹²² (fig. 21) O Arq. Alexandre Bastos, antes da concretização do seu estúdio de escultura, realizou várias pequenas provas para testar a melhor mistura para a construção: o provete estabilizado com pó de arroz, tal como a muralha da China, mostrou-se ser o mais resistente às intempéries. Passados 10 anos da construção, estes apresentavam-se em muito bom estado de conservação.¹²³ Os provetes são também úteis para testar a ação do estabilizante¹²⁴ que se pretende adicionar.

3.1.2 Testes de laboratório

Os testes de laboratório são importantes pois encontram-se definidos pelas normas internacionais, e através destes, conseguem-se obter resultados quantitativos e qualitativos, logo comparáveis. São exemplos o Teste de Peneiração, Sedimentação, Humidade Ótima de Compactação, e Limites de Liquidez, Plasticidade e Retração.¹²⁵ Na presente dissertação não será desenvolvido este tema, por não fazer parte do trabalho do profissional da construção - este apenas deve saber interpretar os resultados. No entanto, no anexo 2 é apresentada uma tabela desenvolvida por Fabiana Abraúl, onde é estabelecida uma relação entre os objetivos dos dois tipos de análise.

A necessidade de realização dos testes de laboratório não é unânime entre os profissionais. Muitos arquitetos ou construtores, por opção ou falta de meios, recorrem apenas aos testes de campo para viabilizar o material, enquanto outros realçam a necessidade dos testes de laboratório. No entanto, é de opinião comum que todos devem saber reconhecer as características base do solo, recorrendo aos testes empíricos, podendo posteriormente recorrer ou não a outras ciências mais exatas.¹²⁶ O papel do profissional é de poder transmitir o conhecimento, promovendo a autossuficiência dos trabalhadores ou do auto-construtor. Nem sempre há a possibilidade de fazer testes

121 Informação retirada de conversas informais com o Arquiteto e da visita à obra em questão.

122 Informação retirada de trabalhos práticos. No caso do adobe, realizam-se vários tijolos secos ao sol recorrendo a terras e misturas variadas, que depois de secos podem também ser testados ao nível da erosão, queda, resistência à água, etc.

123 Informação retirada de conversas informais com o Arquiteto.

124 Produto natural ou químico adicionado ao material, que procura melhorar as suas prestações. Este tema é desenvolvido no capítulo 3.

125 ABRAÚL, Fabiana - Arquitectura de Terra em Portugal. P. 100.

126 Como em zonas de grande carência, países do Terceiro Mundo, após desastres naturais, etc. Alguns arquitetos, tal como Henrique Schreck, acreditam ser suficiente a informação dada pelos testes de campo, desde que haja um bom conhecimento e interpretação dos resultados. Já Minke reafirma a sua utilidade, pelo facto de serem simples, rápidos, e por vezes suficientemente exatos para estimar a composição da terra e determinar se a mistura é aceitável para uma aplicação específica. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 26; A Craterre acredita que através dos testes de campo é possível perceber se existe ou não a necessidade de fazer testes de laboratório, que são sofisticados, demorosos e sobretudo custosos. Para trabalhos importantes, a identificação das características da terra, permite uma seleção apropriada de testes de laboratório, poupando tempo e evitando desperdício económico. Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 54.



22. ADOBE - Box Box House no Texas



23. COB - Friend House (eco-hotel) na Ucrânia, 2008

de laboratório, principalmente em contextos de poucos recursos.

3.2 Técnicas de construção

Um edifício em terra pode ser concebido através de diversas técnicas. Principalmente nos últimos 30 anos, estas técnicas têm vindo a sofrer bastante evolução, seja ao nível de conhecimento como ao nível da racionalização de processos, procurando adaptá-las ao mundo moderno. Segundo a CRATerre, existem doze técnicas que se subdividem em três famílias principais, de acordo com o seu processo construtivo¹²⁷ (ver anexo 3). Dada a natureza do material, estas podem ser propositadamente misturadas, originando estruturas de grande complexidade visual e espacial. As técnicas mais conhecidas são o adobe, os blocos de terra comprimidos, ou a taipa¹²⁸ (a técnica aprofundada no capítulo 2 deste trabalho).

A. Monolítico

No sistema monolítico, a terra é utilizada como um material portante e pode ser executada de diversas formas: terra escavada; terra plástica; terra empilhada; terra modelada; terra prensada, utilizada para construir edifícios em taipa.¹²⁹

Os adobes são blocos secos ao sol, produzidos através do preenchimento de moldes com terra em estado plástico, constituem uma das técnicas da terra empilhada. Esta é uma das primeiras formas da manipulação da terra na construção de um abrigo.¹³⁰ O adobe é ainda uma técnica tradicional em Portugal. A figura 22 ilustra uma casa em adobe portante.

A terra plástica, consiste no enchimento de uma forma semelhante a um taipal (cofragem de madeira utilizada na taipa), mas com a terra em estado plástico e sem recorrer à compactação. O cob consiste no empilhamento de pães feitos de terra e palha, sendo a terra posteriormente alisada à superfície. Ao ser unicamente trabalhada à mão, os edifícios adquirem um carácter bastante mais escultório, e de grande flexibilidade relativamente a outras técnicas¹³¹ (fig. 23) Há que referir ainda a existência de construções em terra, mas trabalhadas através da escavação de solos argilosos. Esta constitui uma das primeiras formas de habitar.¹³²

127 O grupo Auroville Earth Institute, classifica as técnicas de construção de acordo com o estado em que a terra é utilizada - estado sólido, húmido, plástico ou líquido - dando assim origem a quatro grandes famílias. GONZÁLEZ, Filipe Duarte – Geometrias de arquitectura de terra. P. 70

128 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 161.

129 ABRAÚL, Fabiana - Arquitectura de Terra em Portugal. P. 122.

130 GONZÁLEZ, Filipe Duarte – Geometrias de arquitectura de terra. P. 103.

131 SNELL, Clark; CALLAHAN, Tim - Building Green. P. 219

132 GONZÁLEZ, Filipe Duarte – Geometrias de arquitectura de terra. P. 86.



24. ADOBE - Bodega no Chile, 2002



25. BTC - Residência no Japão, 2008



26. TORQUIS - Penalolén House no Chile, 2005

B. Alvenaria

Na alvenaria os muros não são feitos in situ como no sistema monolítico. Existe uma produção anterior, preferencialmente perto da zona de produção, onde os blocos são secos ao sol e posteriormente transportados: blocos apilados; blocos prensados; blocos cortados; torrões de terra; terra extrudida; adobe mecânico; adobe manual; adobe moldado.¹³³

O adobe, pode também ser utilizado para preencher uma estrutura portante, em vez de formar paredes de suporte (fig. 24).

O BTC identifica-se com um processo bem mais industrial, pois a terra em estado húmido é prensada através de um sistema mecânico ou hidráulico. Esta técnica é relativamente recente e encontra-se em desenvolvimento dado o seu carácter mais industrial e aparência bastante regular¹³⁴ (fig. 25).

Os blocos cortados correspondem à técnica da laterite, uma forma muito antiga de construção e utilizada tradicionalmente na Índia. Consiste no simples retalho de solos muito argilosos, formados naturalmente por uma alteração química.¹³⁵

C. Enchimento de uma estrutura de suporte

Na utilização da terra como enchimento recorre-se sempre a outros elementos de apoio, que sirvam de estrutura ou de suporte, e cuja união deve ser pensada de forma a não surgirem incompatibilidades (ao nível da expansão térmica, por exemplo). Dentro destas existe: terra de recobrimento; terra sobre agregado; terra palha; terra de enchimento; terra de cobertura. Destacam-se o tabique, o torquis, e a terra-palha, uma técnica atualmente muito utilizada pelas suas capacidades isolantes.

No primeiro caso, a terra é colocada em estado plástico sob uma estrutura auxiliar de madeira, cana ou vime, tendo sido tradicionalmente utilizada em Portugal. No torquis, a terra (em estado plástico) é associada à palha, criando umas espécies de rolos, que permitem agregar-se à estrutura de madeira, formando painéis resistentes¹³⁶. A figura 26 ilustra um método atual de torchis - a *quincha metálica* - onde a madeira é substituída pelo aço.¹³⁷

Na terra-palha o material é vertido para o interior de uma cofragem, numa mistura de palha en-

¹³³ ABRAÚL, Fabiana - *Arquitectura de Terra em Portugal*. P. 122.

¹³⁴ QUINTINHO, Guilherme – Blocos de terra compactada (BTC). In *“Arquitectura de terra em Portugal.”* P. 53.

¹³⁵ SILVEIRA, Ângelo da Costa – A laterite como material de construção na Índia. In *“Arquitectura de terra em Portugal.”* P. 81.

¹³⁶ *Trabalhos práticos*. ABRAÚL, Fabiana - *Arquitectura de Terra em Portugal*. P. 145..

¹³⁷ RAEL, Ronald – *Earth Architecture*. P. 196.

volvida em terra argilosa (em estado líquido), obtendo um muro de pouca densidade e grande isolamento térmico.¹³⁸

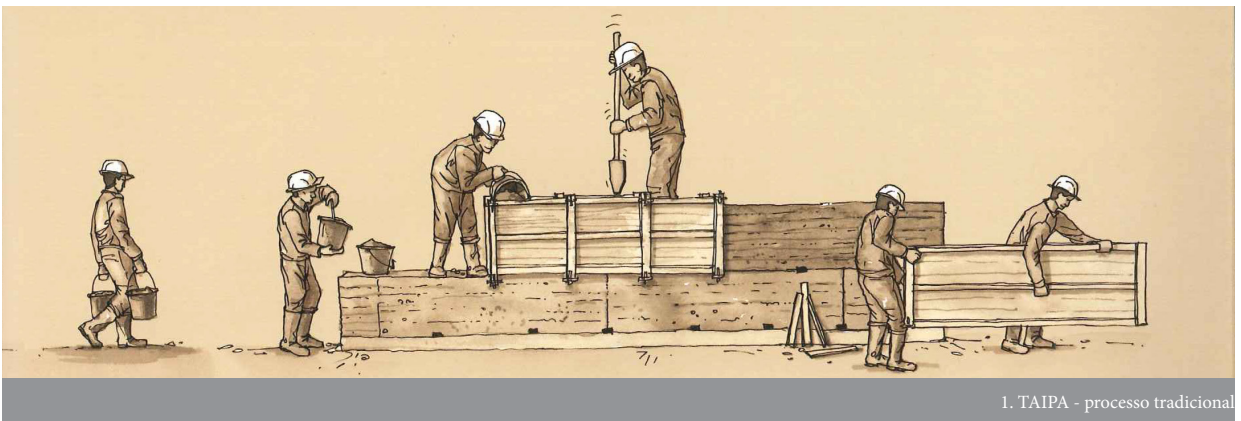
Para além destas técnicas de construção, a terra tem vindo a ser tradicionalmente empregue no preenchimento de coberturas, do chão e nos acabamentos, tais como rebocos e pavimentos. Hoje em dia, o desenvolvimento dos processos permitiu que a terra voltasse a fazer parte destes elementos. Por exemplo, Martin Rauch na sua casa em Schlins, recorre muito aos pavimentos em terra batida, tratados posteriormente com produtos naturais, permitindo uma nova estética e durabilidade.¹³⁹ Também o Arq. Henrique Schreck, recorre a revestimentos tradicionais à base de cal e terra, estabilizando-os com outros produtos da mesma natureza, que lhe permitem propriedades mais vantajosas, mantendo a materialidade própria da terra. É neste sentido, na união entre os saberes tradicionais e a evolução dos métodos, que se encontra uma oportunidade para o regresso da terra na construção.¹⁴⁰

138 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 57.

139 Ver obra: BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch.

140 Informação retirada de conversas informais com o Arq. Henrique Schreck e das visitas às obras.

CAPITULO II A TÉCNICA



1. TAIPA - processo tradicional

1. A taipa

A Taipa é uma técnica de construção em terra crua, através da qual se constroem paredes monolíticas, resistentes e duradouras.¹ Consiste na compactação *in situ* de terra previamente humedecida, numa cofragem constituída por elementos verticais e paralelos entre si, a uma distância igual à espessura da parede e ao comprimento do bloco pretendido. A terra é vertida para o interior da cofragem, em estratos de 10 a 15 cm, e com recurso a um compactador, também este metálico ou de madeira, o material é compactado até atingir um nível de densidade adequado, incrementando a sua resistência. A repetição sucessiva desta ação permite a progressão dos muros e a conseqüente elevação das paredes, que ficam prontas após a retirada do molde² (fig. 1). A vantagem em relação a outras técnicas de construção é o facto de não necessitar de muita água ou madeira na sua produção, e de permitir a utilização de terras com uma percentagem reduzida de argila. Foi precisamente a economia de recursos, um dos principais fatores para a difusão da técnica. A espessura das paredes e o processo de compactação, conferem aos edifícios em taipa uma estabilidade superior relativamente a outras técnicas de construção com o mesmo material.³

1.1 A taipa na História

A Taipa é considerada uma técnica relativamente recente. Pensa-se ter aparecido pela primeira vez em Carthage, uma cidade fenícia situada na Tunísia e fundada em 814 a.C. Do Médio Oriente acaba por entrar na bacia Mediterrânea a partir de Magreb, em Espanha, seguindo com a expansão islâmica no séc. VII para a Europa, nomeadamente França.⁴

Na Península Ibérica, a taipa começou a ser utilizada na construção a partir do séc. X. Aqui, são várias as marcas deixadas pela expansão dos árabes, com uma expressão ainda hoje visível principalmente ao nível de fortificações militares. Em Espanha, após mil anos da sua construção, Alhambra em Granada é uma das mais prestigiadas marcas da presença muçulmana no país, com uma torre de 45m de altura, uma das construções mais elevadas do mundo feitas em terra crua.⁵ O Castelo Forte de Banos de La Encina em Andalusia, construído há mais de 10 séculos,

¹ Existem vários tipos de taipa, nomeadamente a taipa de mão, com características bastante diversas. O texto refere-se à taipa de pilão, onde a terra é compactada dentro dos taipais, as cofragens, com o auxílio de um pilão, o compactador. ROCHA, Miguel – Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva. In "Arquitecturas de terra em Portugal". P. 23-24.

² A definição da técnica da taipa é descrita por vários autores. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 60; WALKER, Peter. Rammed Earth. P. 2; WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P.13

⁴ FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.31; SCUDDO, G.; NARCI, B.; TALAMO, C. - Costruire con la Terra. P. 21.

⁵ Fortaleza de Património Mundial.



2. Castelo de Alhambra em Granada, Espanha



3. Castelo Forte de La Encina em Andalusia, Espanha



4. Castelo de Paderne no Algarve, Portugal

apresenta-se também em bom estado de conservação⁶ (fig. 2 e 3).

Em Portugal existem vários exemplares que comprovam a presença árabe no território e a aplicação das suas técnicas. São exemplos o Castelo de Paderne, o Palácio da Almóada da Alcáçova de Silves⁷, o Castelo de Alcácer do Sal, de Juromenha e de Moura.⁸ O Castelo de Paderne (fig. 4), construído também no Período de Almóada, foi recentemente recuperado dado o seu mau estado de conservação.⁹ Saliente-se que a taipa utilizada nestas construções era a taipa militar¹⁰, uma técnica diferente da taipa civil, ao nível das argamassas e das métricas utilizadas, que lhe conferia uma maior dureza e resistência.¹¹

Na Europa, principalmente em França e na Alemanha, a taipa é ainda uma técnica muito presente, devido ao trabalho desenvolvido por François Cointeraux,¹² o primeiro arquiteto dos tempos modernos a desenvolver as suas potencialidades. Em França, na região de Rhônes-Alpes, a construção em *pisè* (nome francês para taipa) chega a atingir cerca de 40% do património edificado, estando ainda muito presente em Lyon, na zona de Croix-Rousse. Na zona Norte de Isère, a aplicação da técnica chega aos 90%, sob a forma de habitação, igrejas ou imóveis públicos.¹³ Na Alemanha destaca-se a sua utilização como forma de resolver os problemas de falta de habitação decorrentes da Segunda Guerra Mundial – a partir do séc. XVII, impulsionado pelos manuais franceses de François Cointeraux, foram construídos edifícios em taipa recorrendo aos poucos recursos existentes. A utilização de cofragens contínuas facilitou o processo e permitiu a rapidez da construção.¹⁴ Tal como na Alemanha, em países como a Polónia, Dinamarca, Suécia, Hungria e Reino Unido,¹⁵ a taipa só apareceu após a divulgação do trabalho de Cointeraux.

No Oriente existem exemplares ainda hoje habitados e em bom estado de conservação, principalmente na Índia e na China. Neste último país, a taipa acabou por se generalizar em todo o tipo de construção, permitindo grandiosas obras como parte da muralha da China (V-III a.C. e XV-XV-XVII d.C.) ou as habitações coletivas de Hakka Tulou na província de Fujian.¹⁶

6 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.40-41..

7 GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P.14..

8 FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 1.

9 BEIRÃO, Teresa – Projecto do Castelo de Paderne. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 213.

10 A Taipa militar consiste no enchimento de uma cofragem de madeira com uma argamassa líquida, constituída por uma parte de cal e duas de terra, cascalho e pedrisco, sendo descobrada apenas passado alguns dias depois de secar. TORRES, Cláudio – A memória da terra. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. Introdução. Este modelo foi introduzido na Península Ibérica por volta do Séc. X (Período de Almodôvar séc. X a XII) e bastante utilizado na construção de estruturas defensivas durante o domínio Muçulmano. No entanto, a taipa é já referenciada em textos árabes do séc. VIII, aplicadas com propósitos defensivos. Muito provavelmente por influência das técnicas populares africanas, a argamassa passa a ser feita com menor quantidade de cal e em estado húmido, sendo depois prensada mecanicamente com um pilão, tornando a menos forte mas com a possibilidade de aumentar a rapidez de construção. FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 1.

11 BRUNO, Patrícia – Taipa militar. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 39-40.

12Arquiteto Francês (1740-1830) que se dedicou ao estudo e desenvolvimento das técnicas.

13 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.23.

14 FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 4 e 5.

15FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 11.

16 A China foi o país oriental onde a taipa teve maior protagonismo, quer pela diversidade, quer pela escala da construções. FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 2

Em África, no Médio Oriente, na América do Sul e no Brasil, a taipa é um método tradicional ainda muito utilizado, principalmente em zonas onde prevalecem os processos artesanais. Marrocos e Peru, são países que têm continuado a tradição, no entanto, como o intuito de a transportar para a atualidade. Este aspeto é bastante visível em Marrocos, com um grande património construído, onde a construção em taipa continua a ser realizada em grande escala. A sua cidade fortificada Ksar Ait Benhaddou, é hoje Património da Humanidade.¹⁷

Na América do Norte encontram-se construções em terra compactada após a entrada dos espanhóis nas colónias da Califórnia. Na Austrália a técnica é dada a conhecer após a tradução dos manuais de Cointeraux.¹⁸

1.2 O regresso da técnica

A construção em taipa tem sofrido altos e baixos ao longo da história. Na verdade, o atual interesse constitui apenas umas das tantas ondas de popularidade – segundo David Easton, a revalorização da técnica tem surgido sempre ligada a uma época de crise, quando a falta de recursos económicos ou materiais se tornaram fatores preponderantes.¹⁹ No entanto, tal como referido anteriormente, os motivos atuais não se baseiam apenas na falta de recursos materiais, mas mais precisamente das necessidades imateriais da era industrial.

É no final do séc. XVIII, após a Primeira Revolução Industrial, que as técnicas de construção em terra crua começam progressivamente a ser substituídas pelas industriais. Foi nesta altura que Cointeraux viu nas construções em taipa de Lyon, na altura ainda em voga, uma forma vantajosa de construir – a ideia de terra grátis e de trabalho digno, eram ideias consistentes com as da Revolução Francesa da altura.

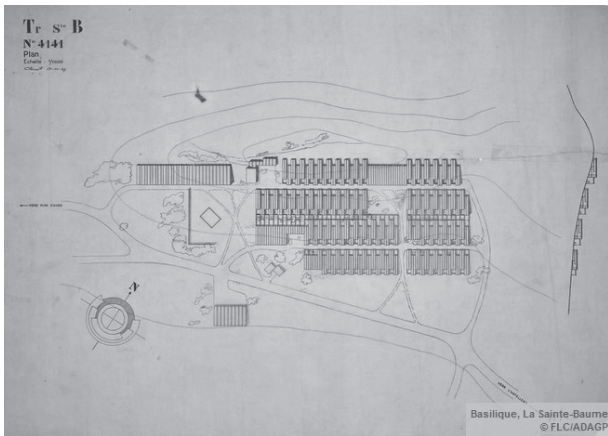
“a gift of Providence...a present which God has made to all people. If agriculture is the basis for all science, pisé is also the first of all the arts...Factories will multiply with pisé and commerce will flourish...One should employ this kind of building throughout the realm, for the decency of villages and the honor of the nation, to save wood, which is used in such great abundance in constructions, to avoid fires, to protect laborers from the cold or excessive heat, at the same time to conserve and protect their health, and for so many other objectives, too long to list.”²⁰

¹⁷FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 3; FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 29.

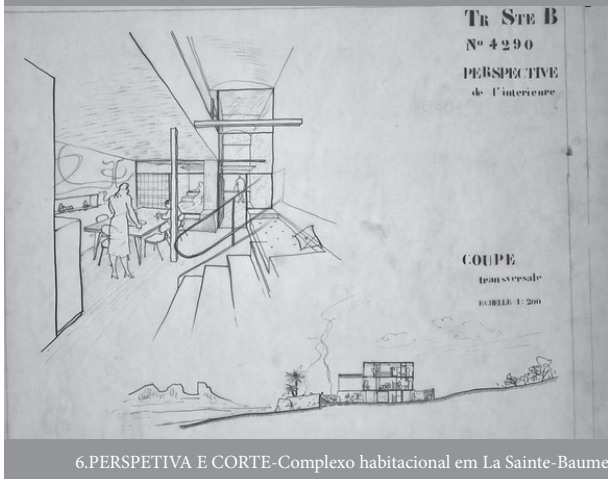
¹⁸ FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 5-7.

¹⁹ EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 12.

²⁰ EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 12. “Um dom divino ... um presente que Deus fez para todas as pessoas. Se a agricultura é a base de toda a ciência,



5. PLANTA-complexo habitacional em La Sainte-Baume



6. PERSPETIVA E CORTE-Complexo habitacional em La Sainte-Baume

A partir deste momento, começou a fazer a sua própria investigação e da divulgação o seu objetivo. Com a ajuda da Sociedade de Agricultura Rural, em 1788 funda a escola de Arquitetura Rural com o principal intuito de estudar, desenvolver e promover o uso do *pisè de terre*.²¹ Acreditava na união da Arquitetura com a Agricultura – Agritecture - como forma de melhorar as condições de vida do Homem comum.²² Em 1793, publica os Cahiers d'École d'Architecture Rurale cuja tradução em diversas línguas levou à difusão da técnica pela Europa, Estados Unidos, Reino Unido e Austrália.²³

O trabalho de François Cointeraux foi de extrema importância. A construção em taipa, tradicional, precária e limitada geograficamente, foi desenvolvida e generalizada por todo o território e para qualquer estrato social. Esta técnica era agora mais organizada e sistematizada, ultrapassando os limites rurais para a construção de edifícios públicos e religiosos. O seu *nouveaux pisé*, modificou o panorama arquitetónico francês e teve grandes repercussões a nível mundial e que se vêm ainda hoje.²⁴

Em meados do Séc. XIX, a diminuição do custo de energia e o fácil acesso aos materiais de construção industriais, levou à progressiva substituição da terra pelo tijolo cozido, pelo aço e o betão. No entanto, volta a surgir durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), como uma forma alternativa para colmatar os problemas de escassez de recursos económicos, materiais e a falta de habitação. Le Corbusier, preocupado com as consequências da guerra, desenvolve vários projetos em terra para os imigrantes refugiados. Em 1942, escreve um pequeno manual intitulado “Les Constructions Mourondins”, onde referencia vários métodos e técnicas para construir habitações e edifícios públicos ou agrícolas, recorrendo às técnicas da taipa e ao BTC. No entanto, o seu interesse pela terra prolonga-se após o fim da guerra. Entre muitos projetos desenvolvidos, em 1947-48, propõe a construção de um complexo habitacional em terra compactada, localizado em La Sainte-Baume, num design muito próximo à sua Unidade Habitacional de Marselha. No entanto, este edifício nunca chegou a ser construído²⁵ (fig. 5 e 6).

Nos Estados Unidos da América, o trabalho de Cointeraux foi continuado no Séc. XIX por John

a taipa é também a primeira de todas as artes ... Fábricas se multiplicarão com a taipa e comércio vai florescer ... deve-se empregar este tipo de construção em todo o reino, para a decência de aldeias e honra do nação, para poupar madeira, que é usada com tanta abundância em construções, para evitar incêndios, para proteger os trabalhadores do calor excessivo ou do frio, ao mesmo tempo, para conservar e proteger a sua saúde, para muitos outros objectivos, demasiados para listar.” Tradução livre.

²¹ *Ibidem*.

²² BERTAGNIN, Mauro – Il Pisè e la Regola. P.22

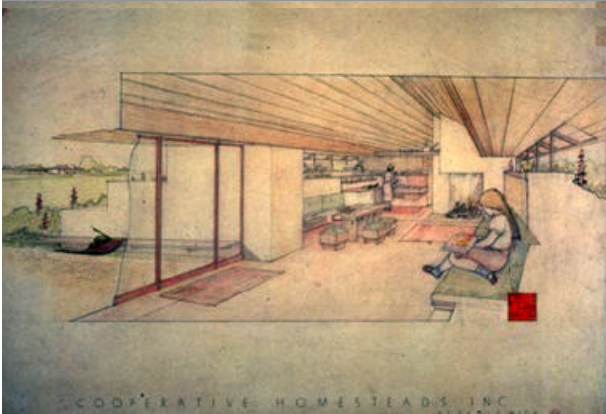
²³ EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 13; FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 4; WALKER, Peter. Rammed Earth. P. 4-5.

²⁴ FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P.4.

²⁵ RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 12.



7. PERSPETIVA-Cooperativa Homesteads



8. PERSPETIVA INTERIOR-Cooperativa Homesteads

Stuart Skinner²⁶ e posteriormente por Frank Lloyd Wrigth no séc. XX. Wrigth propôs a construção de várias habitações em Madison Heights no Michigan, para um grupo de autoconstrutores local, mas que nunca chegou a ser construído por motivos exteriores ao material. Estas casas seriam todas erguidas em taipa, criando uma comunidade com bastante espaço verde e ar livre, e com terra disponível para cultivar o seu sustento, a Cooperativa Homesteads²⁷ (fig. 7 e 8).

Apesar da técnica ter estado adormecida, nos últimos 30 anos tem-se verificado uma grande evolução, tanto ao nível dos métodos como da sua generalização no território. Tal como afirma Bertagnin, *“Il messaggio di Cointeraux pare dunque resistere nel tempo, proprio come il suo pisé, che egli assicurava essere “a prova di cannone”*²⁸ Mais recentemente, a taipa regressa com os conceitos ecologistas dos anos 70, voltando pela sua simplicidade e ecologia de meios, capaz de reduzir o impacto ambiental do setor da construção.²⁹ Entre estes personagens, destacam-se Peter Walker, Patrice Doat, Hugo Houben, Tom Schmidt, Quentin Branch e Giles Hohnen.³⁰

Neste contexto, em 1979 Hugo Houben, Patrice Doat and Hubert Guillard criaram o grupo CRATerre (Centre de recherche et d’Application Terre), uma fundação de pesquisa e formação que procura desenvolver e divulgar o tema da construção com terra, e que demonstra a importância do trabalho desenvolvido por Cointeraux. A CRATerre apresenta um programa académico de Mestrado de especialização, sendo atualmente a escola mais distinguida na área a nível mundial. Em 1989, a publicação do *Traité de Construction en Terre* demonstra o desenvolvimento do conhecimento alcançado, e continua a ser até hoje o manual mais completo sobre o tema.³¹

Em 1980, a CRATerre-ENSAG em conjunto com Jean Dethier,³² criou um concurso de design e habitação *low cost*, que procurava comprovar a viabilidade da terra na construção de edifícios económicos, modernos e duradouros. Do concurso resultou a construção do bairro Domain de La Terre em Isle d’Abeau, perto de Lyon, constituído por vários edifícios em técnicas variadas, entre elas a taipa, e que é habitado até aos dias de hoje.³³ Na sua conceção, foi explorada uma grande variedade de conceitos formais e espaciais mas também de métodos, trazendo a taipa para a modernidade. No centro, foi construída uma torre com 14m e 5 andares, que procurava

26 EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 13-14. Por sua vez, através da traduções e do trabalho continuado por Henry Holland no Reino Unido, que se baseava nos manuais de Cointeraux.

27 EASTON, David – The Rammed Earth House. P.18; RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 12.

28 BERTAGNIN, Mauro – Il Pisé e la Regola. P.24. “A mensagem de Cointeraux parece resistir no tempo, tal como a sua taipa que ele assegurava ser à prova de canhão.” Tradução livre.

29 EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 22.

30 *Ibidem*. 22.

31 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 7; EASTON, David – The Rammed Earth House. P.28

32 Jean Dethier foi um Arquiteto e Urbanista Belga que, depois de viver e trabalhar vários anos no Norte de Africa, começa a interessar-se pelo tema. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 11.

33 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 38; LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 31.



8. Domain de La Terre em Isle d'Abeau

precisamente afirmar as possibilidades do pisé. O bairro experimental não teve repercussões imediatas mas inspirou inúmeros países industrializados³⁴ (fig. 9). Constitui o exemplo mais significativo das potencialidades da arquitetura de terra na atualidade, e apesar da passagem das décadas (construído em 1985), apresenta-se em bom estado de conservação, tendo em conta o vandalismo e a inexistência de manutenção, visto tratar-se de habitação social.³⁵

Atualmente, a procura de soluções mais ecológicas tem levado à adoção da taipa por parte de zonas sem qualquer tradição construtiva na técnica.³⁶ Países como a Austrália, a Suíça, a Áustria, Reino Unido, a Nova Zelândia e Estados Unidos³⁷, demonstram uma grande evolução nos métodos de construção tradicionais, alcançando novos desafios.³⁸

Rammed earth é a expressão mais conhecida para descrever este material, no entanto o seu nome varia entre cada país ou mesmo região – Taipa em Portugal, Tapia em Espanha, Pisé em França, Rammed Earth em Inglês, Stampflembau em Alemão – assim como os seus utensílios e o próprio modo de fazer, que dependem da tradição e da cultura local.³⁹

1.3 Uma nova materialidade

Atualmente, é comum reconhecer-se uma parede em taipa pelo seu aspeto colorido, estratificado e de textura granular, que lhe confere uma presença muito forte. A formação das paredes, apesar de resultar de uma ação humana, representa o próprio ciclo natural da terra, um conceito ecológico bastante atrativo na atualidade.⁴⁰ O grande estímulo para o desenvolvimento da técnica é, sem dúvida, a procura de métodos de construção menos agressivos para o meio ambiente e mais sustentáveis ao nível económico, ecológico e social. No entanto, o atual interesse transcende os motivos que inicialmente o geraram.

“...la technique du pisé semble la plus appréciée des architectes soucieux de développer un style contemporain de construction en terre. Les lignes parallèles et horizontales des murs en pisé accentuent le caractère minéral et naturel de ce «béton d’argile». Elles rappellent les strates sédimentaires et symbolisent le cycle géologique de la matière minérale.”⁴¹

34 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.38 e EASTON, David – The Rammed Earth House. P.28

35 No entanto, verifica-se alguma fendilhação nas paredes de taipa devido à ação da água. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 31

36 FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 1.

37 Salientando-se a Colômbia Inglesa, a Califórnia, o Arizona e o Canadá.

38 EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 28-30.

39 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P.60.

40 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 57.

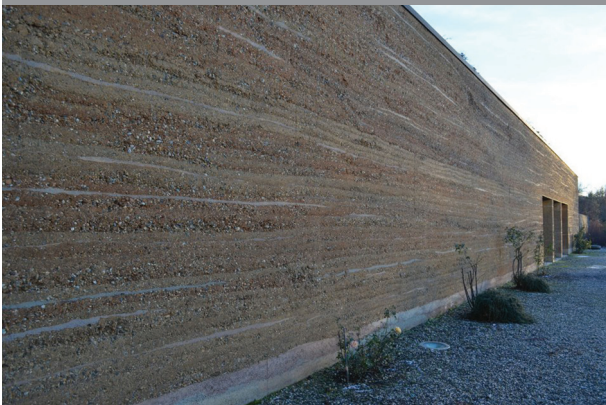
41 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.54. “A técnica da taipa parece ser a mais apreciada pelos arquitetos preocupados em desenvolver um estilo contemporâneo de construção em terra. As linhas paralelas e horizontais dos muros em taipa acentuam o carácter mineral e natural deste «betão de argila». Estas fazem lembrar os estratos sedimentares e simbolizam o ciclo geológico da matéria mineral.” Tradução livre.



9. Casa Schlins na Áustria, 2008



10. Hospital de Hospital de Feldkirch na Áustria, 1993



11. Adegas La Raia em Itália

Na verdade, a horizontalidade provocada pelos diversos estratos são o resultado do seu método construtivo. Tal como refere Laetitia Fontaine, esta é uma das principais características apreciadas pelos arquitetos contemporâneos. Para este efeito contribuem as cofragens utilizadas e os elementos granulares que formam a terra; recorre-se muitas vezes a pigmentos naturais⁴² que permitem obter uma diversa gama de cores ao longo das paredes, reforçando o efeito das camadas; a textura pode ser mais ou menos rude, dependendo da granulometria da terra; a introdução de outros materiais, tais como pedra ou argila cozida, podem acentuar ainda mais o vetor horizontal.

Martin Rauch é um dos personagens que mais contribui para a experimentação artística das linhas da taipa e a sua conseqüente visibilidade para um mundo exterior. Desde 1990 que tem vindo a colaborar como construtor na conceção de todo o tipo de obras, desde habitações privadas até a equipamentos públicos, principalmente na Áustria e na Suíça.⁴³ A sua formação em cerâmica, aliada ao contacto mantido em África com formas primitivas de construção, por sua vez em terra, foram certamente acontecimentos marcantes para a sua arte. Rauch consegue conciliar a vontade estética ao serviço da sua própria proteção, para além dos motivos ecológicos e sociais inerentes.⁴⁴ As paredes que eleva têm um carácter muito artístico, sendo muitas vezes sujeitas a tratamentos manuais posteriores, realçando cores e texturas.⁴⁵ Neste âmbito, entre as suas obras destacam-se a casa Schlins (fig. 9) e o Hospital de Feldkirch (fig. 10), ambos na Áustria, e a ampliação da Adega La Raia em Itália (fig. 11).⁴⁶

O arquiteto americano Rick Joy cria uma estética bastante mais sóbria, onde os muros em taipa adquirem um aspeto monolítico e mineral, associado a uma exigência técnica – a proteção contra o calor. Considerado o “arquiteto do deserto”, Joy procura renovar as tradições da construção em terra em zonas áridas, criando uma arquitetura totalmente adaptada ao local e, ao mesmo tempo, num estilo tipicamente contemporâneo. A densidade dos volumes é incrementada pelas espessas paredes em taipa e a introdução de poucas aberturas, uma característica das construções do deserto. A textura das paredes é ainda acentuada pela impressão deixada pelas cofragens, formando uma métrica particular.⁴⁷ Entre os seus trabalhos destaca-se a Palmer Rose House

42 Os pigmentos correspondem a elementos que se associaram quimicamente às argilas, durante o seu percurso. É por este motivo que existem argilas das ais variadas cores: a presença de óxido de ferro hidratado e outros derivados atribuem-lhe a cor característica amarelo ou vermelho; o manganês dá uma cor castanha; a cal e o magnésio dão uma cor castanho escuro ou negro. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 23;

43 FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. P. 1.

44 BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 60.

45 SCUDO, G.; NARICI, B.; Talamo, C. – Costruire con la terra. P. 22.

46 Informação sobre as obras no site: <http://www.lehmtonerde.at/en/martin-rauch/>.

47 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 24.



12. Palmer Rose House no Arizona, 1998



13. Palmer Rose House - interior

(fig. 12), bastante demonstrativa destas particularidades, onde os densos volumes se associam às cores naturais da terra, confundindo-se com o próprio terreno. No interior, os jogos de luz e de sombra, realçam ainda mais a expressão das paredes de terra e a sua organicidade (fig. 13). O efeito obtido apresenta uma aparência parecida ao betão, mas mais subtil, com as cores da paisagem.⁴⁸

Os trabalhos desenvolvidos nos últimos anos, principalmente por alguns personagens contemporâneos - Martin Rauch e Rick Joy - trouxeram um reconhecimento das qualidades estéticas e conceptuais da taipa, elevando as paredes quase ao nível de uma obra de arte, fatores essenciais para a sua divulgação.

2. As inovações da taipa

A taipa ou mais conhecida como “Rammed Earth”, é hoje aceite pelos países industrializados como uma forma alternativa de construir e capaz de responder às necessidades contemporâneas, vencendo pela sua estética particular. Contudo, trazer a terra para a modernidade tem envolvido um grande trabalho de investigação e desenvolvimento. O seu carácter artesanal e aparentemente frágil, constituem barreiras para a sua viabilização num contexto contemporâneo. Os esforços começados por volta dos anos 50 têm contribuído para alterar esta visão, tornando o material mais durável e capaz de atingir grandes resistências.⁴⁹ A introdução de processos mecanizados e de produtos estabilizadores constituem hoje os métodos atuais mais comuns.

2.1 A mecanização dos métodos

A taipa mecanizada é hoje uma área em desenvolvimento. Existem países com empresas que se ocupam apenas deste tipo de construção, como por exemplo na Austrália ou nos Estados Unidos da América.⁵⁰ Tal como referido anteriormente, a adoção de meios mecanizados foi um fator decisivo para projeção da taipa para a atualidade, principalmente em contextos desenvolvidos, onde o elevado custo da mão-de-obra e a necessidade de rapidez na construção, são fatores que podem inviabilizar um material. Em processos altamente mecanizados todas as etapas passam a

48 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 24.

49 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 13.

50 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 9.



14. Misturadora de eixo horizontal, Sardenha



15. Trator de transporte da terra, Herdade do Rocim



16. Parede de taipa pré-fabricada, Austria

ser feitas com recurso a instrumentos mecânicos – extração, seleção, homogeneização, transporte e compactação – diminuindo e os custos associados à mão de obra. Hoje em dia, a terra pode já ser comprada pronta a utilizar; a seleção e homogeneização podem ser feitas através de maquinaria própria (fig. 14); o transporte deixa de ser manual (fig. 15) assim como a compactação; é possível pré-fabricar as paredes e transportá-las posteriormente⁵¹ (fig. 16). Os instrumentos de apoio são também substituídos por cofragens mais refinadas, onde a terra é compactada com recurso a compactadores elétricos. Tratores, misturadoras⁵² e trituradoras⁵³ são recursos banais para empresas especializadas em taipa altamente mecanizada.⁵⁴ A França, a Alemanha, a Áustria, Califórnia, Reino Unido, são apenas algumas das zonas que têm vindo a investir bastante na evolução dos métodos.⁵⁵ Na Austrália a taipa mecanizada representa um comércio em expansão.

2.1.1 Cofragens

A escolha das cofragens está diretamente relacionada com o efeito final pretendido. Existem cofragens feitas em madeira, na sua forma tradicional; em aço ou alumínio, com métodos mais arrojados; em plástico e fibra de vidro, menos comuns.⁵⁶ As cofragens podem ser fixas, movimentando-as sempre horizontalmente após a compactação de um bloco; móveis, onde a progressão é feita de forma vertical; ou fixas e a toda a altura. As dimensões são as mais variadas, desde o tradicional taipal português com 2m de comprimento com 0,50m de altura e largura,⁵⁷ até às cofragens inteiras, que criam blocos a todo o comprimento do muro. As cofragens podem ser feitas de variadas formas, como por exemplo as circulares ou angulares, de modo a se adaptarem à forma do edifício, sendo esta a única condicionante no seu desenho.⁵⁸

Quando a taipa é deixada à vista, a aparência final da parede está diretamente relacionada com a granulometria, mas também com o tipo de cofragem utilizada. Uma superfície mais rugosa, como a madeira, criará uma superfície mais texturizada do que uma superfície lisa como o aço. O tipo de progressão – vertical, horizontal ou inteira – reflete-se no tipo de junta entre os diversos blocos, caso exista, funcionando como juntas de retração.⁵⁹ Muitas vezes estas são posteriormen-

⁵¹ *Ibidem*. P. 19.

⁵² As misturadoras diferem das betoneiras utilizadas no cimento pois não basta misturar os elementos, a mistura deve ser homogeneizada. Existem atualmente duas máquinas mais comuns, uma de eixo horizontal e outra de eixo vertical. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 44; Estão são muitas vezes utilizadas mesmo em métodos mais artesanais.

⁵³ As trituradoras servem para eliminar as pedras maiores, evitando a seleção ou o desperdício de material inerte. Existe uma máquina, a *godet malaxeur*, que consegue separar as pedras maiores, misturar a terra, ajustar o nível da água e verter o material nas cofragens. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 31.

⁵⁴ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 68; HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre. P. 198-200; WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MARIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 51-54.

⁵⁵ EASTON, David – The Rammed Earth House. P.29-30.

⁵⁶ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre. P. 200.

⁵⁷ CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 28.

⁵⁸ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre. P. 202-203

⁵⁹ Mesmo com menores níveis de argila e de água (relativamente a outras técnicas de construção) a retração do material, principalmente em zonas quentes, será



17. Cofragem a tod o comprimento , muro em taipa na Sardenha



18. Cofragem de desenvolvimento vertical



19 e 20. Compactadores manuais de madeira ou metal



21. Compactadores pneumáticos

te disfarçadas, ou acentuadas com a introdução de outros materiais. As figuras 17 e 18 ilustram apenas dois tipos de cofragem disponível.

A retração dos blocos pode ser preocupante, principalmente quando a evolução é feita horizontalmente, criando juntas que podem constituir pontos de entrada de água prejudiciais à parede.⁶⁰ Por outro lado, as cofragens trepadoras criam blocos contínuos e verticais, evitando o aparecimento de fissuras horizontais, dada a reduzida dimensão de cada bloco (as pequenas juntas entre eles funcionam como pequenas juntas de retração pré desenhadas). Neste método, as juntas verticais são seladas após a secagem.⁶¹

2.1.2 Compactadores

Os compactadores eram tradicionalmente feitos em madeira ou metal, tal como ilustra a figura 19 e 20, com uma base plana, cónica ou em cunha. A forma, o material e o peso variavam de acordo com o local de construção, mas também com a sua função específica.⁶² A terra era compactada manualmente e de forma repetitiva, num trabalho bastante moroso. No entanto, a atualização da técnica fez com que este trabalho fosse substituído pela sua forma mecânica (fig 19). Já desde a segunda metade do século XX, a França, a Alemanha e a Austrália usam compactadores pneumáticos. Estes são muito eficazes na diminuição do tempo de obra, entre 500⁶³ e cerca de 700 batidas por minuto.⁶⁴ Existe também um compactador elétrico por vibração que se move sozinho durante o processo de compactação, com 1000 a 1200 ciclos por minuto, em espessuras de terra de cerca de 7cm.⁶⁵

2.2 Estabilização

A estabilização da terra é um processo cada vez mais comum e está muito relacionada com o aumento da durabilidade das paredes, quer ao nível da erosão ou das resistências mecânicas. Estabilizar a terra significa alterar um sistema terra-água-ar, procurando melhorar as suas propriedades finais, principalmente ao nível das resistências, ou adequá-las a um determinado objetivo, tais como uma técnica específica.⁶⁶ A alteração das características naturais, seja por meio

um ponto a considerar.

⁶⁰ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 65.

⁶¹ *Ibidem*. P. 66-67

⁶² Por exemplo, na tradição do Equador existe um compactador de duas cabeças, uma arredondada e outra em esquina, que se adapta às diversas zonas da cofragem. Os instrumentos de base menor, permitem a aplicação de maior força num determinado ponto e a compactação adequada das esquinas. Já os de base plana permitem trabalhar a zona inferior das agulhas. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 64 e 65; Realização de trabalhos práticos na Sardenha.

⁶³ *Ibidem*. P.65.

⁶⁴ FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 30.

⁶⁵ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 65.

⁶⁶ Uma das grandes vantagens da construção em terra é a possibilidade de utilizar um material abundantemente disponível em qualquer local e evitar o seu transporte. No entanto, é o profissional que decide o tipo de abordagem a adotar. Se por um lado é possível adaptar o projeto à terra disponível (desde que esta ofereça

mecânico ou por adição de produtos naturais, permite, de forma pouco agressiva, melhorar a qualidade do material. A estabilização é feita agindo na textura e na estrutura da própria terra, e pode ocorrer através de três processos:

a) estabilização mecânica, onde é aplicada uma força de compressão sobre o material, fazendo com que ganhe maior densidade e diminua o nível de porosidade. A aplicação de uma força mecânica é mais vulgarmente utilizada na técnica da Taipa, conferindo-lhe propriedades diversas das iniciais.

b) estabilização física, que corresponde à correção granulométrica da terra, onde se altera a textura do material, adicionando uma quantidade de solo que contrarie as propriedades iniciais. Basicamente adiciona-se a fração que falta ou procura-se eliminar a predominância de certo elemento.

c) estabilização química, onde os materiais adicionados vão estabelecer reações físicas ou químicas que modificam as propriedades da terra. Estes formam uma matriz que liga ou engloba as partículas reagindo com os minerais que a constituem, sendo a argila um dos principais agentes.⁶⁷

A estabilização não é uma prática atual: na Alemanha, os pisos em terra eram tradicionalmente tratados com sangue de touro, tornando-os resistentes à abrasão⁶⁸; o óleo de *karité* era utilizado no oeste africano como impermeabilizante⁶⁹; no Nepal, era adicionada uma pasta de sebo e cal à pintura exterior conferindo-lhe uma aparência texturada e resistente à água;⁷⁰ na Sardenha, a palha é tradicionalmente utilizada no controle da retração dos adobes. Os produtos adicionados funcionam principalmente como consolidantes e/ou hidrofugantes, aliados às fibras e aos minerais (alteração física e química). Mais recentemente, a cal e o cimento, tornaram-se os principais agentes da estabilização, principalmente em países industrializados.⁷¹ A difusão desta prática deu o nome a um material – o *stabilized rammed earth* - que, dependendo da quantidade adicionada, apresenta características totalmente diferentes do inicial. Este tipo de construção ocorre principalmente em zonas como os EUA mas principalmente a Austrália, onde as quantidades exigidas pelas normas nacionais excedem em muito as recomendações feitas pela CRATerre ou

o mínimo de condições para o fazer), por outro, a terra pode fazer grandes viagens até ao local de construção, mas ser mais adequada às solicitações do projeto. É também possível modificar as características da terra local para que esta se adapte melhor ao projeto. Esta abordagem é a que traz a necessidade de estabilização da terra. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre. P. 80.

⁶⁷ *Ibidem*.

⁶⁸ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 49.

⁶⁹ MEDITERRA 2009 - 1st Mediterranean Conference on Earthen Architecture. P. 478.

⁷⁰ MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 119.

⁷¹ Principalmente a partir de 1940. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre...P.79.

pelos laboratórios FEB, criando no entanto resistências semelhantes ao betão.⁷² Apesar de menos eficazes, a adoção de materiais menos agressivos como a cal, as fibras e as resinas naturais, vão incrementando isoladamente a performance de cada elemento, contribuindo positivamente no sistema, e respeitando a sua natureza. A sua utilização implica algum nível de conhecimento sobre a ação estabilizadora. Por exemplo, o incremento de propriedades dado pelo cimento, deve-se a determinadas reações que podem ser substituídas por reações semelhantes mas obtidas através de diferentes materiais.

Existe uma enorme gama de produtos, sejam eles naturais ou artificiais. Contudo, no seguinte texto serão apenas descritos os produtos mais utilizados na construção em taipa contemporânea.

a) Cal

A cal resulta da decomposição térmica da pedra calcária e, dependendo do tipo de tratamento e da qualidade da rocha, pode dar origem a dois⁷³ tipos de produtos – a cal aérea (950º) e a cal hidráulica (1200º). A cal aérea é um dos produtos mais utilizados na estabilização da terra compactada, principalmente em solos de fração mais fina e argilosa, sendo particularmente bem adaptada à estabilização mecânica posterior.⁷⁴ A sua ação principal é a de interagir com os minerais de argila, diminuindo a interposição da água entre os diversos estratos. Assim, dependendo da ação que se pretende, esta deve ser aplicada em quantidades entre 6 e 12% para tornar o sistema mais impermeável, ou apenas 2 a 3%, melhorando a trabalhabilidade.⁷⁵ Relativamente à capacidade de alterar a performance mecânica final, existem opiniões variadas, contudo, é necessário testar a sua ação em diferentes dosagens para cada terra específica.⁷⁶ A grande vantagem da cal em relação a outros materiais industriais, é o facto permitir a respiração natural da terra, sendo assim bastante compatível. Por este motivo a cal é o material primordial na elaboração de rebocos protetivos. Contudo, a sua aplicação deve ser feita tendo em consideração o seu ciclo natural,⁷⁷ permitindo que esta entre em contacto com o dióxido de carbono presente no oxigénio, para

72 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 9 e 135.

73 Na verdade pode dar origem a três produtos diferentes, sendo o terceiro outro submetido a um maior tempo de cura, logo mais caro mas também mais resistente.

74 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 95.

75 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 94. Nas experiências realizadas pela autora, foi sempre aplicada numa relação de 10%, para taipa exposta às condições atmosféricas, tornando-a mais resistente à erosão.

76 TORRALBA, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P. 74; A CRATerre aconselha a testar a percentagem adicionada, estando esta relacionada com a quantidade e qualidade das argilas. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 95; Segundo Minke a cal interfere com os minerais de argila, logo a quantidade adicionar é diretamente proporcional a esta fração. Uma quantidade inferior a 5% pode diminuir a resistência, sendo no entanto, necessário testar a sua aplicação. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 53; David Easton acredita não contribuir significativamente para a resistência final do material. EASTON, David – The Rammed Earth House. P.109.

77 É importante perceber o ciclo da cal: a pedra calcária submetida a altas temperaturas (de 850 a 950ºC), liberta a água e transforma-se na chamada cal viva. A esta, extremamente reativa, adiciona-se água transformando-se em hidróxido de cálcio que, ao libertar calor, se transforma em cal apagada. Por sua vez, a cal apagada, quando exposta ao dióxido de carbono presente na atmosfera, endurece e forma uma matéria sólida com as características semelhantes à da pedra original, dando-se o processo da carbonatação. A pedra final é quimicamente igual, mas bastante mais porosa. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 60-61.

poder solidificar.

A cal hidráulica é um produto com propriedades superiores a cal aérea, em termos de durabilidade e resistência, mas tem também um custo superior.⁷⁸ Este ligante endurece mesmo em contacto com a água e é praticamente insolúvel, logo capaz de tornar o sistema estável hidraulicamente e mais duradouro.⁷⁹ Segundo a CRATerre, as suas características são muito próximas às do cimento, precisamente pela sua origem pozolânica.⁸⁰

b) Cimento

O cimento é um dos materiais mais banais da construção moderna. Resulta de uma série de reações químicas entre a pedra calcária e a argila, tratadas simultaneamente a altíssimas temperaturas (1450°C). No betão, o produto da queima é posteriormente misturado com gesso, que age como o regulador da presa, e a areia ou gravilha, os agregados do sistema. O produto da queima é também considerado um ligante hidráulico⁸¹, mas apresenta características e custos bastante superiores.⁸² Quando adicionado à terra, o cimento liga-se às partículas de argila, tal como a cal, mas também à fração arenosa da terra. Segundo a CRATerre, as melhores resistências à compressão são obtidas com terras húmidas e ricas em areia e gravilha, obtendo resultados menos positivos em materiais ricos em argila.⁸³ Em geral, a adição de cerca de 6% a 12% de cimento pode trazer resultados satisfatórios, enquanto certas terras não exigem mais do que 3%.⁸⁴ Tal como na adição de cal, é necessário fazer os testes para perceber qual a percentagem de cimento ideal,⁸⁵ tendo em conta o tempo de cura do cimento – mínimo sete dias, até aos 28.⁸⁶ Ao contrário da cal, este não é permeável ao vapor, nem facilmente degradável na sua devolução à Natureza.

c) Fibras naturais

As fibras constituem um dos aditivos mais comuns, principalmente no controlo da fissuração, logo principalmente aplicadas em terras e técnicas que envolvem uma grande quantidade de argila, como o adobe ou nos rebocos. Estas controlam a retração, distribuindo as forças por toda a

78 Deriva da cozedura da pedra calcária com substâncias argilosas, sendo a união dos seus componentes uma reação pozolânica.

79 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 72.

80 Neste caso, a reação pozolânica resulta da reação entre a sílice com a cal. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 94; SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 65.

81 Um material hidráulico é constituído por materiais inorgânicos finamente triturados que depois de adicionada água, formam uma pasta e endurecem, e uma vez sólidos mantem a sua resistência até de baixo de água.

82 O cimento mais utilizado nos dias de hoje é o cimento Portland, criado pela primeira vez em 1750 por John Smeaton. A ideia era criar um ligante extremamente resistente, através da cozedura de calcário com 10% de argila, a altas temperaturas. É em 1824 que Aspdin dá o nome ao cimento Portland, tendo este já sofrido algumas alterações como o aumento da quantidade de argila. Assim, o cimento como ligante é basicamente calcário e argila, a diferença é que ao chegar aos 1450C produz se o clinker, uma substancia líquida resultante da fusão e que lhe confere as propriedades. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 73-74.

83 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 90; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 53.

84 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 91

85 *Ibidem*.

86 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 49

massa, formando pequenas fissuras (microfissuração) em vez de concentrar as forças em apenas alguns pontos, formando grandes defeitos. As fibras de maior dimensão contribuem para um aumento à tração e ao corte, por constituírem forças opostas, mas também da coesão entre as partículas.⁸⁷ Por serem interiormente preenchidas de ar, a sua adição provoca uma diminuição da densidade e um aumento do isolamento térmico. Técnicas como a taipa, com baixo nível de retração (baixo teor de água e de argila), as fibras não tem vindo a ser tradicionalmente empregues. Além disso, a sua adição dificulta a compactação⁸⁸ e diminui a densidade, uma característica importante para a estabilidade dos muros. No entanto, são muito úteis nos rebocos como controle da fissuração, além de conseguirem um efeito estético interessante.⁸⁹ Desde que não sejam sujeitas a longos períodos de humidade, a sua integridade é mantida por se encontrarem no interior dos elementos.⁹⁰

d) Resinas e os óleos naturais

Os óleos naturais e as ceras, são normalmente utilizados no acabamento de superfícies, conferindo ao material resistência superior e, dependendo do produto, uma aparência diversa. Estes secam em contacto com o ar e são insolúveis à água, sem no entanto impedir a respiração da terra.⁹¹ A sua aplicação é também vantajosa em superfícies que apresentem alguma microfissuração, pois vão preencher os espaços vazios que existem. Entre a diversa gama de produtos sobressaem o óleo de linhaça, de karitè e a cera de abelha. A caseína proteica, um derivado da proteína do leite, é também bastante utilizada pela ação impermeabilizante das superfícies. A produção artesanal dos óleos e ceras, faz com que a sua utilização seja mais limitada pelo preço e também pelo facto de serem utilizados na indústria alimentar, sendo muitas vezes substituídos por produtos artificiais.⁹²

e) Produtos sintéticos

São muitas vezes utilizados materiais sintéticos, que atuam como impermeabilizantes ou consolidantes, evitando a erosão das superfícies. A aplicação de produtos em spray é cada vez mais comum, principalmente na taipa atual onde é tão valorizado o efeito estético dos layers resul-

⁸⁷ Testes realizados por Minke confirmam a maior eficiência da palha no controle da retração. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 48

⁸⁸ As fibras acabam por ser destruídas pela compactação e dificultam a ligação dos elementos.

⁸⁹ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 86; WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 34.

⁹⁰ Ou seja, as paredes resistem à alternância de ciclos naturais, desde que a secagem posterior seja assegurada no Verão. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 87.

⁹¹ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 105.

⁹² HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 104.

tantes da compactação. De uma forma geral, procuram fixar as partículas mais finas e aumentar a resistência à erosão provocada pela chuva e pelo vento. Dentro deste tipo de produtos, devem ser privilegiados os permeáveis ao vapor da água, que permitam a parede manter a sua respiração natural.⁹³ Destacam-se o silicato de sódio pela sua ação impermeabilizante, principalmente em terras pouco argilosas.⁹⁴ O silicato de etile, por exemplo, é um produto bastante aconselhado dado a compatibilidade com o suporte, sendo muito aplicado num contexto de restauro.⁹⁵ A utilização de produtos impermeáveis deve ser bem planeada, evitando futuros problemas de condensação. É necessário ter em conta a sua possível degradação pelo efeito dos raios violeta ou da água. A sua decomposição na morte do edifício é também discutível.⁹⁶

f) Pozolana

A pozolana é uma rocha piroclástica que⁹⁷, misturada com água e cal, é capaz de endurecer a temperatura ambiente dando origem a produtos semelhantes aos que se obtém a partir da cal hidráulica, logo insolúvel na água e resistentes à sua ação.⁹⁸ Na verdade, constitui um dos primeiros ligantes hidráulicos conhecidos na história, tendo sido já utilizados pelos Romanos para a construção obras importantes e de grande envergadura.⁹⁹ As suas prestações são muitas vezes comparadas às do cimento¹⁰⁰, sendo no entanto, um material perfeitamente compatível com a terra pois permite alguma elasticidade e uma boa permeabilidade ao vapor. Têm vindo a ser feitas experiências aliando este produto ou outros reagentes semelhantes na terra,¹⁰¹ buscando uma alternativa mais natural do que o cimento – de facto, parte das suas capacidades devem-se à reação pozolânica que ocorre entre a argila e a cal.¹⁰² Martin Rauch, por conhecer profundamente as propriedades dos materiais, utiliza a pozolana como substituto do cimento, em todos os elementos que são sujeitos a esforços particulares, tais como vigas, telhados, escadas, fundações, entre outros.¹⁰³ O Arq. Schreck exprime também a sua preferência pela pozolana em relação aos outros ligantes hidráulicos, no entanto, o seu elevado custo não permite uma utilização comum.

93 Os produtos impermeáveis devem ser evitados ou bem planeados (casa de banho, por exemplo) pois podem levar ao aparecimento de condensações prejudiciais.
94 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATERre... P. 106. O silicato de sódio é uma substância bastante disponível na natureza. A sua adição pode diminuir a quantidade de água necessária para o mesmo índice de plasticidade. Utiliza-se numa percentagem de 5%, em terras arenosas, argilosas ou silteosas, areias ricas em limonites, ou terras com falta de coesão.

95 É um polímero que funciona tanto como consolidante ou hidrofugante, capaz de reduzir a porosidade e logo aumentar a resistência mecânica e a durabilidade. Tem a vantagem de ser uma substância que se degrada com a água, logo a sua aplicação é reversível. Este produto foi utilizado no restauro da cidade de Jerico.

96 Minke, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 120.

97 Que deriva de erupções vulcânicas.

98 Boltshauser, Roger; Kamm, Thomas; Rauch, Martin – Haus Rauch. P. 68-69.

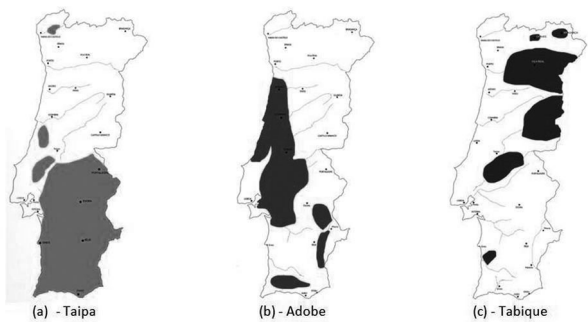
99 Tais como aquedutos, termas, coliseus e o próprio Panteão. Boltshauser, Roger; Kamm, Thomas; Rauch, Martin – Haus Rauch. P. 125; Sanna, Ulrico; Giorgio, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 64.

100 Boltshauser, Roger; Kamm, Thomas; Rauch, Martin – Haus Rauch. P. 68-69; Sanna, Ulrico; Giorgio, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 64.

101 Tais como resíduos industriais.

102 MEDITERRA 2009 - 1st Mediterranean Conference on Earthen Architecture. P. 463.

103 Boltshauser, Roger; Kamm, Thomas; Rauch, Martin – Haus Rauch. P.69.



22. Distribuição geográfica das técnicas em Portugal

Apesar dos esforços na procura de tornar a terra um material mais resistente, na verdade, a estabilização não é obrigatória. É perfeitamente possível construir sem incorporar qualquer tipo de produto para além da terra. Segundo a CRATerre, há uma certa tendência atual da estabilização sistemática, muitas vezes feita de forma descontrolada. A aplicação de outras substâncias pode-se tornar muito sedutora mas de facto, se não for feito de modo racional, pode ser penalizado um sistema de forma irreversível. Esta ocorre muitas vezes devido a uma má compreensão das características iniciais de um solo. Por outro lado, por mais estabilizado que esteja o material, se não forem tomadas as medidas adequadas de desenho ou de construção, a adição de produtos não consegue ser eficaz. Assim, a arquitetura e a construção têm um papel fundamental na durabilidade das estruturas.¹⁰⁴

3. A taipa em Portugal

Portugal é um dos países Europeus com maior tradição nas técnicas construtivas em terra. O grande desenvolvimento deve-se, principalmente, à influência de diferentes culturas e tradições trazidas pelas ocupações árabes, e pela passagem de povos de Este, que se serviam deste território como ponte de entrada na Europa.¹⁰⁵ As técnicas construtivas utilizadas dependiam dos recursos disponíveis em cada local, assim como do seu aperfeiçoamento ao longo das gerações. Em Portugal são historicamente utilizados a taipa, o adobe e o tabique, tendo sido mais recentemente adotado o BTC,¹⁰⁶ pelas suas características mais industriais. Os mapas da figura 22 ilustram a distribuição de cada técnica no território. Atualmente, à semelhança do que acontece no estrangeiro, é a taipa que mais volta a ganhar expressão, principalmente na zona do Alentejo,¹⁰⁷ introduzindo novos modelos que aliam a tecnologia e a tradição.¹⁰⁸

3.1 A taipa tradicional

“Talvez não haja outra zona de Portugal como o Alentejo onde o homem mantenha uma relação tão íntima e fundamental com a terra. [...] Além da fonte que dava o pão, a terra foi sempre o material mais disponível. Com a terra construiu o alentejano o prato onde comia e a bilha de

¹⁰⁴ Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre. P. 80.

¹⁰⁵ Macedo, Célia; Chandiwala, Smita – Thermal performance and environmental impact of contemporary earth architecture in Portugal. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010”. P. 232.

¹⁰⁶ Técnica descoberta nos anos 50 por Raul Ramirez na Colômbia, mas com grande repercussão internacional. A sua entrada em Portugal dá-se nos anos 80. Correia, Mariana - Taipa no Alentejo. P. 31.

¹⁰⁷ Correia, Mariana - Taipa no Alentejo. P. Introdução.

¹⁰⁸ Lourenço, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 166-169.



23. Antigos taapeiros do Alentejo

*água que lhe matava a sede. Com terra levantou a casa onde vivia.[...] A ausência de pedra e de madeira, a inclemência dos estios, a brevidade das chuvas, a abundância da terra apropriada, levou este homem meridional a especializar-se na sua arquitectura.*¹⁰⁹

Aproximadamente até aos 50, a técnica mais utilizada no Sul de Portugal era a taipa.¹¹⁰ Segundo o Inquérito à Arquitectura Popular dos anos 60, na zona do Algarve e Baixo Alentejo (classificada como Zona 6), o recurso a esta técnica era generalizada, tendo sido encontrada em todos os locais.¹¹¹ O clima quente, seco e fraca precipitação, o solo,¹¹² a falta de recursos (água e madeira),¹¹³ constituíam os motores principais para a continuação da tradição, que era passada de geração em geração.¹¹⁴ No entanto, não havia apenas uma técnica, mas uma variedade de tipologias que dependiam das condicionantes do local - o clima (temperatura, precipitação), os materiais disponíveis (terra, pedra, madeira, argila cozida), a geografia do terreno, e a experiência de cada Mestre Tapeiro – que variavam em cada local.¹¹⁵ Segundo Mariana Correia, verificam-se também variações dentro da mesma região, dando origem a diversas formas de construir.: o tapeiro tinha um papel fundamental; conhecia bem a terra e os restantes materiais e, de acordo com o seu saber, adaptava-se às condições físicas do lugar.¹¹⁶

O nome taipa é utilizado para descrever tanto o material como a técnica. Tradicionalmente, a terra é compactada nas cofragens de madeira, os taipais, com o auxílio do pilão, objeto de madeira utilizado para bater (fig. 23). Um bloco de taipa teria cerca de 2 metros de comprimento, 50 cm de altura e 40 a 55cm de espessura, de forma a garantir a resistência necessária.¹¹⁷ A constituição do taipal no Alentejo, varia de região para região, assim como a nomenclatura dos elementos que o constituem. No entanto, o método de trabalho era sempre o mesmo: dois homens batiam a terra enquanto outros dois a preparavam e transportavam. O taipal era fixo e os trabalhos progrediam horizontalmente, até completarem todo o perímetro.¹¹⁸ Entre cada bloco de taipa, antes de apoiar a cofragem e começar uma nova etapa, aplicava-se nas faces de apoio (lateral

109 ROCHA, Carlos Miguel; SANTOS, João Pereira – Casa Tradicional Alentejana. P.7.

110 A técnica foi sobretudo utilizada no Alentejo e no Algarve, mas algumas referências indicam a existência de algumas obras no interior, nomeadamente em Castelo Branco e Pombal. CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In “Arquitecturas de terra em Portugal”. P. 27.

111 ASSOCIAÇÃO DOS ARQUITECTOS PORTUGUESES – Arquitectura popular em Portugal.

112 Patrícia Lourenço analisa algumas amostras do solo da região do Alentejo e Algarve confirmando que, entre as 10 espécies analisadas, todas se apresentam aptas para a construção. De uma forma geral, distingue dois tipos fundamentais de solo: as terras muito ricas em argila (chegando a atingir os 75% de argila) e terras mais fracas em ligante, de origem xistosa (as terras galegas). Estas são as adequadas à construção e sem aptidão agrícola. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 165-166.

113 Havia falta de recursos económicos e materiais. Segundo a obra *Arquitetura Popular em Portugal*, a pedra e a madeira eram materiais escassos. Além disso, a falta de dinheiro da população, levava à escolha mais óbvia “porque naquele tempo a mão-de-obra era muito barata. Não havia as técnicas de tijolo que existem atualmente e porque a terra não custava dinheiro.” PEREIRA, Catarina – Mestres-tapeiros. P. 258.

114 *Ibidem*. P. 255

115 *Ibidem*. P. 255

116 CORREIA, Mariana - Taipa no Alentejo. P. 165.

117 CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In “Arquitecturas de terra em Portugal”. P. 27.

118 ROCHA, Miguel – Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva. In “Arquitetura de terra em Portugal”. P. 25.



24. Juntas de cal - ruina no Alentejo, 2012



25. Juntas de cal verticais e diagonais - ruina no Alentejo, 2012

e inferior) uma boa camada de argamassa de cal e areia, que funcionava como atrito e vedante entre as juntas dos blocos, assegurando a proteção contra os agentes de erosão (fig. 24). Esse efeito poderia também ser criado por outros materiais como formigão de cal, pedras ou tijoleira argamassada. Após finalizar a primeira camada prosseguia-se com a construção, apoiando a cofragem nos blocos inferiores, formando juntas sempre descontínuas para um correto travamento.¹¹⁹ As juntas verticais poderiam também ser inclinadas para um travamento mais eficaz (fig. 25).¹²⁰ Este método construtivo determinava a aparência das fachadas, quando, por motivos económicos,¹²¹ as paredes não eram rebocadas.

Tradicionalmente, as construções apresentavam uma planta simples e retangular, caracterizadas pelo seu desenvolvimento horizontal e despojado de ornamento.¹²² As aberturas eram evitadas pois representavam uma debilidade estrutural. Por outro lado, permitiam a entrada das altas temperaturas, típicas da região - a proteção proporcionada pela inércia térmica da taipa era um fator decisivo na sua utilização.¹²³ Tal como refere Miguel Rocha “(...) *era no Verão que mais se agradecia os seus favores. Quando a canícula apertava, recolhiam-se os que podiam ao seu amparo, aguardando que passasse a enormidade do calor, em semi obscuridade. Fechava-se a porta e o postigo para não deixar passar o ar em brasa, nem raios de luz cortantes como vidros.*”¹²⁴ O pavimento interior era normalmente em terra batida ou em tijoleira, materiais porosos que ao serem humedecidos, permitiam refrescar o ambiente pela evaporação. A cobertura, de pouca inclinação, era interiormente forrada a caniço, com algumas propriedades isolantes, onde era assente uma argamassa de cal que apoiava as telhas, numa estrutura de barrotes de madeira. As casas eram preferencialmente revestidas com um reboco interior e exterior de cal de forma a aumentar a durabilidade das construções e a inércia térmica.¹²⁵ No entanto, a falta de recursos levava à proteção apenas das paredes mais expostas ou viradas para a rua principal.¹²⁶ A sua resistência ao tempo, devia-se ainda à construção de uma alvernaria de pedra, sobre a qual se apoiam as paredes em terra, evitando o contacto da taipa com a água (fig 26).¹²⁷

119 ROCHA, Miguel – Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 25;

120 CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In “Arquitecturas de terra em Portugal”. P. 29.

121 A caiação era um sinal de riqueza. Segundo Mariana Correia, nem todas as fachadas eram rebocadas. As construções destinadas a equipamento rural ou constituídas por material com uma consistência extremamente boa não eram rebocadas. CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In “Arquitecturas de terra em Portugal”. P. 29.

122 Por vezes tinham uma faixa colorida, resultado de um pigmento natural aplicado depois da caiação: o cobalto para o azul; o enxofre para o amarelo; o “pó de sapato” para o cinzento.

123 Ver anexo 1.

124 ROCHA, Carlos Miguel; SANTOS, João Pereira – Casa Tradicional Alentejana. P.12 e 13.

125 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 166.

126 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 59

127 ASSOCIAÇÃO DOS ARQUITECTOS PORTUGUESES – Arquitectura Popular em Portugal. P. 630



26. Embasamento de pedra - ruina no Alentejo, 2012



27. Verga de pedra - ruina no Alentejo, 2012



28. Tirantes de ferro - ruina no Alentejo, 2011

Os principais materiais existentes eram o calcário, a argila,¹²⁸ e o xisto, como matéria-prima.¹²⁹ Estes, dependendo da necessidade, eram misturados na terra, funcionando como estabilizantes. Segundo Mariana Correia, era muito recorrente utilizar uma mistura de xisto e argila, formando um material de grande resistência. Para solos de fração mais arenosa, faziam-se muitas vezes duas camadas por taipal, entre as quais se introduziam pedaços de tijolo ou de telha, aumentando a resistência do conjunto. Muitas vezes, era também introduzida uma pedra de maiores dimensões, colocada sobre as juntas verticais ou nos buracos das agulhas e envolvidas numa argamassa, que procuravam evitar a fissuração vertical pela retração.¹³⁰

Ao nível construtivo, eram aplicados alguns reforços, principalmente em pontos de fragilidade como os ângulos ou limites das aberturas. Os primeiros eram normalmente feitos em terra, com taipais contrafiados e reforçados com tijolo de burro, pedras compridas (como xisto deitado) ou barrotes de madeira que se ligavam internamente.¹³¹ As aberturas eram reforçadas com vergas de madeira, pedra (fig. 27) ou tijolo de burro, por vezes aplicados também nas ombreiras, ou reforçada através de arcos quase horizontais em tijolo de burro.¹³² Como elementos de reforço eram também comuns os contrafortes ou gigantes e os tirantes metálicos (fig. 28), que contrariavam as forças laterais impostas pelas paredes pelo telhado ou por elementos como abóbadas.¹³³ A partir dos anos 50, as técnicas tradicionais foram progressivamente substituídas pelas novas formas de construção - a sociedade industrial fez com que o trabalho artesanal fosse progressivamente substituído por processos mecanizados, assim como toda a lógica de produção. O aumento do poder de compra e diminuição do custo da energia no Séc. XXI, fez com que grande parte das necessidades básicas, passassem a ser satisfeitas através de meios mecanizados e desperdiçadores de energia - no caso do Alentejo, onde o dia é bastante quente e a noite fria, a substituição da taipa (com boa inércia térmica) para o betão (bom condutor) obriga os edifícios a utilizar sistemas de aquecimento e arrefecimento, que para além de gastarem grandes quantidades de energia, produzem um ambiente seco e artificial. A necessidade de rapidez na construção aliada a exigências arquitetónicas alcançáveis apenas com os materiais industriais, por sua vez de fácil acesso, fez com que a terra passasse quase totalmente ao esquecimento.¹³⁴

128 Com o qual faziam o tijolo, a telha e a tijoleira. ROCHA, Miguel – Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 27.

129 ASSOCIAÇÃO DOS ARQUITECTOS PORTUGUESES – Arquitectura Popular em Portugal. P. 625.

130 CORREIA, Mariana – Taipa na arquitectura tradicional. In "Arquitecturas de terra em Portugal". P. 29.

131 ROCHA, Miguel – Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 25;

132 *ibidem*

133 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 73.

134 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 162; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 38.

3.2 Tradição e modernidade

“O que se passa neste momento no litoral alentejano e na nossa contemporaneidade é um movimento de arquitectura que não se baseia apenas em aspectos formais e na expressividade, transcende-os, nasce na ruralidade nos finais do séc. XX, princípios do séc. XXI, mas vem das cidades, das culturas ditas eruditas, ou mais esclarecidas, que vão preservar a memória do tempo, do anónimo, dos diferentes extractos sócio-económicos, etc., que preservam o ambiente, que são preocupadas, pouco consumistas, enfim, um movimento cívico, consciente a que me é indiferente se é por moda ou não. De qualquer modo contribui para o mesmo fim. Sem materiais estranhos à natureza preserva o ambiente. Não gasta energia inutilmente não se impõe, mas absorve a cultura local, respeita e muito lentamente cresce, quase sempre silenciosamente. É em suma, por tudo isto, uma arquitectura contra-corrente, Contemporânea de certeza, - a terra – feminina, cheia de inovação e perfume.”¹³⁵

Tal como refere o Arq. Alexandre Bastos, verifica-se uma mudança de mentalidades na sociedade e que abre horizontes para novas formas de expressão. A atualidade é marcada por uma maior consciência global, principalmente no que diz respeito aos problemas derivados de um modelo de desenvolvimento desmedido. Num contexto como o Alentejo, a taipa surge aliada ao desejo de uma vida mais saudável e menos impactante afirmando-se pelo romantismo da tradição.¹³⁶ Os trabalhos realizados pelos arquitetos portugueses, principalmente a partir dos anos 90,¹³⁷ têm vindo lentamente a desmanchar os motivos culturais que não permitiam a sua execução.¹³⁸ De facto, os clientes que procuram estes trabalhos, são pessoas mais informadas que, afastando-se dos preconceitos gerais, procuram as casas pelas suas propriedades.¹³⁹ Os arquitetos, por sua vez, encontram na terra uma nova forma de se relacionarem com o local, numa estética própria e que permite a renovação de uma tradição ancestral quase perdida. A terra pode também ser vista, simplesmente, como um material de construção.

Atualmente, tal como refere a Arq. Teresa Beirão, a maioria dos edifícios em taipa são construídos em ambiente rural, muito provavelmente devido às grandes espessuras das paredes, que difi-

¹³⁵ BASTOS, Alexandre – A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In “Arquitecturas de terra em Portugal!”. P. 160.

¹³⁶ MACEDO, Célia; CHANDIWALA, Smita – Thermal performance and environmental impact of contemporary earth architecture in Portugal. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010”. P. 233.

¹³⁷ Alexandre Bastos refere a execução de trabalhos pontuais em 1987 e 1988, mas só a partir dos anos 90 começou a ganhar maior expressão. BASTOS, Alexandre – A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In “Arquitecturas de terra em Portugal!”. P. 156.

¹³⁸ Segundo Torgal, os motivos para a rejeição das técnicas são apenas culturais. TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. Prefácio.

¹³⁹ Uma opinião partilhada pelo Arq. Miguel Peixinho e Alexandre Bastos na obra “Arquitectura de terra em Portugal”.

cultam a sua introdução em perímetros urbanos. A sua aplicação cinge-se às paredes exteriores, enquanto as interiores são executadas em alvenaria de tijolo, tal como uma casa convencional. Por outro lado, a taipa pode também ser utilizada como um elemento isolado, funcionando como um elemento decorativo que coexiste com outros processos construtivos.¹⁴⁰ Relativamente aos métodos utilizados, prevalecem ainda os métodos tradicionais. A terra continua a ser ainda extraída, na maior parte das vezes, do local da obra ou de um terreno vizinho. A experiência do taieiro é acompanhada pelo arquiteto, onde ambos examinam as análises de laboratório, para depois tomarem uma decisão quanto à necessidade de melhoramento do material.¹⁴¹ No que diz respeito à estabilização, grande parte dos edifícios é aditivada com uma pequena percentagem de cal (entre 6 a 8%) ou, com exceção de terrenos extraídos nas proximidades da costa (muito arenosos), com a introdução de um estabilizante que diminua a retração da argila. Esta correção pode também ser feita com pó de pedra ou gravilha de forma a obter uma distribuição granulométrica mais variada.¹⁴² As análises laboratoriais são feitas com provetes iguais aos realizados para o estudo do betão, mas com terras e quantidades de aditivos diferentes, de forma a testar o maior número de opções. Assim, quando realizados, podem também funcionar como provas para o comportamento à secagem ou ao aspeto exterior, em termos de textura e coloração.¹⁴³ Por vezes, por vontade do arquiteto ou por falta de possibilidades, estes testes não são feitos e a obra continua baseada em testes empíricos, feitos no próprio terreno. Isto apenas é possível, com profissionais muito experientes e de grande conhecimento no material. Dependendo também do arquiteto ou da construtora, a terra pode ser compactada manual ou mecanicamente, apesar da Arq. Teresa Beirão referenciar as vantagens da união entre as duas formas, já que quando são utilizados meios mecânicos ocorrem pontos onde a compactação não é eficaz, nomeadamente nos cantos junto à cofragem. Denota-se também algum desenvolvimento das técnicas, com a introdução de alguns processos mecanizados, com cofragens mais sofisticadas¹⁴⁴ e compactadores elétricos.¹⁴⁵ Como referido anteriormente, o método construtivo interfere diretamente com a aparência exterior, principalmente nos casos em que, por motivos estéticos, a taipa é deixada à vista sem qualquer reboco.

140 BEIRÃO, Teresa – Taipa na arquitectura contemporânea. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 35.

141 *Ibidem*.

142 *Ibidem*.

143 *Ibidem*. P. 36.

144 As cofragens utilizadas são, sobretudo, as que permitem a realização de uma parede em todo o seu comprimento ou um desenvolvimento vertical.

145 <http://www.betaotaipa.pt/>

3.3 Análise geral

O regresso da técnica a Portugal tem-se refletido no aumento da construção de edifícios contemporâneos, contudo, verifica-se uma lacuna ao nível da descrição bibliográfica, talvez por constituir ainda um fenómeno relativamente recente. Assim, a informação relativa às obras é relativamente escassa, encontrando-se apenas algumas referências na internet, através de sites especializados no assunto. Apesar de tudo, prevalece a grande obra “Arquitetura de Terra em Portugal” como um marco importante na divulgação dos trabalhos de alguns dos arquitetos portugueses mais significativos. As viagens realizadas pela autora ao Sul de Portugal, permitiram ter uma visão geral dos últimos trabalhos e da sua evolução, assim como um contacto direto com os autores e os proprietários, permitindo uma melhor perceção sobre o panorama da taipa atual. As obras mais significativas para o presente estudo são ilustradas em anexo.

Tal como refere a Arq. Teresa Beirão, grande parte das novas construções situam-se em zonas rurais, por vezes de difícil acesso. Constituem maioritariamente habitações privadas, mas também unidades de turismo rural¹⁴⁶ e, em bastante menor número, equipamentos públicos ou privados.¹⁴⁷ Algumas destas construções são feitas de raiz, no entanto, a maioria resulta da reconstrução de antigas ruínas, onde muitas vezes é utilizada a mesma terra que as formava para a elevação das novas estruturas.¹⁴⁸ Em contextos mais desenvolvidos, verifica-se um aumento da reconstrução de pequenas habitações, as típicas casas caiadas do Alentejo, “*construções medíocres com ar eterno e feliz*”¹⁴⁹ e que começam a albergar outras funções, tais como restaurantes¹⁵⁰ ou turismo rural.¹⁵¹ Outras permanecem ao abandono - a presença de ruínas é uma constante durante toda a paisagem, assim como a sua devolução à Natureza. Tal como refere o Arq. Henrique Schreck, “*(...) prosaicamente falando, as paredes depois de deitadas a baixo, voltarão a permitir o crescimento de vida vegetal.*”¹⁵²

Entre o discurso dos arquitetos e as obras realizadas, denota-se uma grande vontade em trazer a taipa para o contexto da arquitetura contemporânea. Seja através de uma linguagem mais moderna, ou de um romantismo mais ligado à tradição, os edifícios hoje construídos representam

146 São muitos os exemplos de habitações privadas ou para Turismo Rural construídos na zona da Costa Vicentina.

147 Adega de Cuba ou o Mercado de S. Luis.

148 Apesar do Arq. Schreck adicionar sempre um pouco de terra argilosa, dado a desativação da argila com o tempo.

149 BASTOS, Alexandre – A arquitetura contemporânea na Costa Alentejana. In “Arquiteturas de terra em Portugal”. P. 155.

150 Foi encontrada uma recuperação que albergava um restaurante no centro de S. Luis.

151 As Casas do Moinho em Odeceixe, por exemplo, uma recuperação do Arq. Miguel Peixinho.

152 SCHRECK, Henrique – Da planta livre à liberdade da planta. In “Arquitetura de Terra em Portugal”. P. 163.



29. Ciclo natural da terra - ruína no Alentejo, 2012



30. Casa Isabel Almeida, Odemira



31. Habitação em Salvada, Beja

*“(...) mais do que o “abrigo” proposto pela arquitectura tradicional.”*¹⁵³ Procuram antes responder às necessidades e vivências exigidas pela modernidade, tanto ao nível do conforto como da realização técnica e estética da arquitetura. De uma maneira geral, a construção contemporânea é marcada por novas linhas e novos materiais, que assumem e afirmam a diferença temporal. A análise seguinte, descreve de forma geral e bastante sucinta, alguns dos pontos comuns mais evidentes entre as obras visitadas, tendo em conta o material em questão e a tradição construtiva.

As típicas casas do Alentejo, horizontais e fechadas para o interior, apresentam uma evolução ao nível da forma e da relação com a paisagem: os volumes rígidos e compactos, são cortados ou interrompidos, criando volumetrias mais complexas, assim como a vivência dos seus espaços, procurando uma maior relação entre o interior e o exterior.

- A Casa Isabel Almeida (fig. 30), desenhada pelo Arq. Alexandre Bastos, procura relacionar os diferentes espaços, que não devem ser fechados sobre si. O segundo volume, com um pé direito ligeiramente mais elevado, permite um contacto direto entre a sala, cozinha e mesanino, mas também com o edifício antigo, através de vários desníveis ligados fisicamente. A sala, por sua vez, estabelece uma relação com um pátio ao ar livre, através de aberturas e elementos definidores de espaço, os mesmos que suportam a mesanino interior (anexo 5).

- A Habitação em Salvada do Arq. Bartolomeu Costa Cabral (fig. 31), apresenta um vetor horizontal muito forte que é desconstruído pelo retalhado de diversos volumes, que se abrem ou fecham à paisagem, criando espaços de diversas vivências. Exteriormente, a casa resulta num edifício com alguma complexidade formal, de volumes que avançam e recuam. A continuidade está na vivência do espaço interior, uma sensação conseguida através de longos eixos visuais que atravessam a casa, e que, ao mesmo tempo, jogam com as dimensões dos diferentes espaços comuns (anexo 9 e 13).

- O Arq. Henrique Schreck no Cerro da Borrega (anexo 9), procurou também criar uma maior relação entre o utilizador da casa e a Natureza que a envolve e domina. Para o Arquiteto, este é um elemento de grande força e deve ser respeitado para a casa funcionar. Assim, para além de abrir um pátio interior, que regula a temperatura e a humidade, avança as coberturas formando longos alpendres e que proporcionam espaços de convívio, espaços mais acolhedores e contidos na imensidão da paisagem. Este edifício, apesar de parecer muito compacto e uniforme, é

153 PEIXINHO, M. – Sinais de contemporaneidade rural. In “Arquitectura de Terra em Portugal”. P. 147.



32. Monte Novo do Espargal, Odemira



33 e 34. Monte da Vilarinha, Odemira



35. Pica Noz, Odemira

geometricamente retalhado pelas várias cotas, o resultado da própria adaptação ao terreno (ver as plantas no anexo 12).

As aberturas são também pontos muito importantes nas relações entre o ambiente interno e externo. Apesar de representarem pontos de entrada de calor e de fragilidade na estrutura, tanto a Casa Isabel Almeida como a Habitação em Beja, por exemplo, apresentam vãos de alguma dimensão, principalmente no último caso. As janelas deixam ser tão contidas, abrindo-se vãos de grandes dimensões, ou em grande número.

- O Arq. Miguel Peixinho, na sua obra do Monte Novo do Espargal (fig. 32 e anexo 7), aborda a questão de outra forma. Com os grandes panos de vidro, estende os espaços até ao exterior, estabelecendo uma relação visual, mas também física, no prolongamento das paredes em taipa, dos contrafortes, ou da cobertura. Assim, dá-se uma união entre o espaço interior, mais privado, com o alpendre exterior, um espaço contido na imensidão da paisagem.

A utilização atual da terra como um motivo estético e conceptual é, tal como no contexto geral da taipa contemporânea, um dos aspetos mais generalizados em todas as construções. Apesar de estar tradicionalmente associada à falta de recursos económicos, hoje em dia, a ausência de reboco quase que representa precisamente o oposto. Grande parte dos muros é deixada à vista, ou propositadamente rebocado, criando um efeito que evidencia a terra e o próprio sistema construtivo, num “elogio” à sua materialidade. A terra eleva-se ao ornamento.

- No Monte da Vilarinha (fig. 33, 34) do Arq. Miguel Peixinho, ou no Pica Noz do Arq. Henrique Schreck (fig. 35 e anexo 8), a presença ou ausência de cal em determinados pontos, criam desenhos e jogos de cores e texturas, que enfatizam a própria natureza granular do material – a cal branca e lisa, contrasta com a rudez das terras xistosas, uma expressão forte e que permanece eternizada pela compactação. É muito comum encontrar parcelas de parede expostas e emolduradas em patine branca, quase que como de um quadro se tratasse. No entanto, apesar de aparentemente estético, a presença da cal relaciona-se também com a proteção de alguns dos pontos mais frágeis do edifício, tal como manda a tradição. O mesmo jogo acontece na Casa Isabel Almeida, principalmente ao nível interior, onde se trabalham diferentes tipos de reboco. O Arq. demonstra uma atitude bem mais arriscada quando opta por deixar grandes áreas de taipa expostas, tal como na Casa da Caldeirinha (fig. 36), integrando totalmente o edifício na paisagem



36. Caldeirinha, Odemira



37. E.T.A.R., Évora



38. Pica Noz, Odemira



39. Cerro da Borrega, Odemira

pela expressão do material. O único reboco aplicado acaba por definir as linhas do lintel e do embasamento, evidenciando a horizontalidade da própria construção.

Ao nível construtivo, existe uma tendência cada vez maior pela introdução de materiais industriais nas construções,¹⁵⁴ aliando as vantagens de um material natural a um conceito de modernidade. Os novos materiais vêm principalmente substituir elementos construtivos chave, tais como vergas e lintéis, antigamente feitos em madeira ou pedra. A substituição dos materiais tradicionais pelo aço ou betão, deve-se também à sua facilidade de aquisição.¹⁵⁵ O efeito criado gera uma certa ambiguidade, entre o artesanato e a indústria, principalmente quando estes novos materiais se conjugam com grandes superfícies de taipa expostas.

- A ETAR de Évora, desenhada pelo Arq. João Alberto Correia, é um dos exemplos mais demonstrativos desta união. As paredes funcionam como elementos ortogonais isolados mas agarrados entre si pela estrutura metálica da cobertura, conferindo uma linguagem monolítica ao volume (fig. 37). Os grandes planos de vidro são protegidos exteriormente por elementos horizontais, também metálicos, e que permitem manter a transparência do vidro. As espessas paredes de terra parecem comportar todo o peso da cobertura metálica, um aspeto interessante e ambíguo, visto ser a taipa o material frágil da união (anexo 6).

- O Arq. Henrique Schreck, apresenta uma abordagem bastante diferente. Não rejeita os materiais industriais, utilizando-os apenas pontualmente, mas não como um motivo de projeto. A sua abordagem perante a terra baseia-se num conhecimento profundo sobre as técnicas e os materiais tradicionais, o resultado de anos de experiência. Assim, a sua arquitetura resulta de um misto de texturas e de soluções. No Pica Noz (fig. 38), por exemplo, uma ampla cobertura foi resolvida por várias asnas apoiadas em pilares de betão. Também no hall de entrada do Cerro da Borrega (fig. 39), foram utilizados elementos tradicionais: uma grande abóbada de tijolo de burro, apoiada em grandes contrafortes exteriores de xisto que, no entanto, se refletem na parede interior, marcando uma textura diversa. É também comum o emprego de betão armado nos lintéis, vergas e pilares, caso a necessidade ou vontade o imponham. A utilização das técnicas tradicionais é perfeitamente articulável com acabamentos ou com sistemas de construção contemporânea.

- O mesmo acontece na arquitetura de Alexandre Bastos, como por exemplo, na Caldeirinha, onde

¹⁵⁴ As paredes interiores são na sua maioria, constituídas por tijolo furado cozido, um aspeto geral em todas as construções.

¹⁵⁵ Apesar da madeira se ter mostrado um elemento desvantajoso quando apoiado diretamente na terra.



40 e 41. Habitação em Salvada, Beja



42. Herdade do Rocim, Évora



43. Herdade da Matinha, Odemira

o betão é aliado a um sistema construtivo muito antigo, os tirantes metálicos, como forma de contrariar as forças laterais impostas nas paredes (ver fig. 36 na página anterior). Estes sistemas coabitam com um telhado em estrutura metálica, que abre no Verão para refrescar a casa.

A união da tradição com a modernidade, é uma constante ao longo dos projetos, no entanto, esta depende da forma como o arquiteto se relaciona com o material e resolve o desafio. Verifica-se mais recentemente, a utilização de estruturas auxiliares, que permitam aos edifícios resistências superiores. Assim, a taipa passa a funcionar como um material de enchimento, que é escolhido pelas suas restantes propriedades.

- Na habitação em Salvada do Arq. Bartolomeu Costa Cabral, foi utilizada uma estrutura reticulada em betão armado (fig. 40). Neste caso, a taipa foi utilizada como outro material qualquer, tirando partido das suas qualidades ecológicas, térmicas e estéticas. A presença de materiais modernos como o aço, o betão, aliam-se à tijoleira, à madeira e à terra, para criar um edifício de linhas tipicamente modernas. O muro solto em taipa, é um símbolo da união entre dois materiais temporalmente tão diferentes, onde a subtileza de um fino lintel de aço permite a criação de uma abertura numa parede em terra crua despojada de proteção (fig. 41).

- O edifício da Adega de Cuba do Arq. Carlos Vitorino, é um exemplo muito marcante da utilização da taipa pelos seus motivos estéticos e tradicionais. Foram construídas paredes de cerca de 10m de altura e com 0,60m de espessura, que revestem na totalidade as grandes paredes de betão armado (fig. 42). Segundo a empresa encarregada, a terra foi também utilizada por proporcionar um ambiente adequado à produção de vinho (anexo 7).

- Na Herdade da Matinha, uma reconstrução feita pelo Arq. Alexandre Bastos e Teresa Beirão, foi introduzida uma estrutura auxiliar metálica que suporta um segundo piso e a cobertura, e que se prolonga para fora da linha da fachada (fig. 43 e anexo 6). A sua estrutura, também metálica, apoia-se em finos pilares de madeira, assumindo a diferença temporal. Esta afirmação é também clara na Herdade do Reguenguinho, uma reconstrução da Arq. Teresa Beirão e Alexandre Bastos, onde os muros exteriores assumem uma linha mais moderna (anexo 6). Por outro lado, dentro do próprio edifício foi deixada uma parede antiga totalmente exposta como uma expressão artística e temporal.

A taipa é uma técnica presente no Alentejo há centenas de anos, e como tal, a sua ancestralidade

não pode ser negada. Apesar da inovação dos métodos e dos materiais, a arquitetura contemporânea em taipa demonstra ter ainda bem incorporado o saber antigo, pelo menos o que se mostrou eficiente na resolução de alguns problemas. Ao nível do desenho, se por um lado se denota a “(...) *a coexistência de atitudes contemporâneas em composições clássicas.*”¹⁵⁶, por outro, existe uma procura cada vez maior do desenho moderno, tratando a terra como outro material de construção convencional. Independentemente da visão do arquiteto, devem ser feitas escolhas que não desrespeitem o material. Mesmo que se utilizem materiais modernos, quer seja em elementos estruturais como nos acabamentos, a natureza da terra deve sempre ser respeitada, a sua respiração deve ser mantida pelo menos em um dos lados da fachada. A arquitetura contemporânea em taipa, representa uma continuação da tradição aliada à modernidade.

156 PEIXINHO, M. – Sinais de contemporaneidade rural. In “Arquitectura de Terra em Portugal”. P. 147.

CAPITULO III A ARQUITETURA

Introdução ao desafio

A arquitetura é, por excelência, a arte da de concepção do espaço.¹ Segundo Bruno Zevi “[...] *a bela architectura será a architectura que tem um espaço interior que nos atrai, nos eleva, nos subjugam espiritualmente [...]*”; não obstante, o conceito de espaço engloba tanto o interior de um edifício, definido por seis planos, como todo o espaço exterior, limitado por planos verticais e um horizontal (praças ou pátios).² Estes planos exteriores são efetivamente as fachadas e proporcionam, em conjunto com os restantes elementos urbanos, uma experiência arquitetónica.³ Ora, na arquitetura de terra, a definição do espaço é conseguida por planos feitos de terra, sejam eles verticais ou horizontais (pavimentos, paredes, acabamentos), interiores ou exteriores. Recorrendo à técnica da taipa, estes planos acabam por não se cingir apenas à delimitação do espaço; funcionam também como própria estrutura do edifício e de contacto com o exterior.⁴ As fachadas providenciam o abrigo e, como tal, devem cumprir a sua função protetiva contra as potenciais agressões exteriores - a água, os ventos, os desastres naturais.

A concepção de um edifício englobará, com certeza, estas duas preocupações – a expressão arquitetónica e a durabilidade das estruturas. Num contexto contemporâneo, estes representam dois fatores decisivos para viabilidade do material mas, por sua vez, também os mais polémicos. Verifica-se uma resposta inadequada das paredes em terra, principalmente perante os agentes atmosféricos ou grandes esforços mecânicos; a ação da água e as movimentações do solo, constituem as maiores causas de degradação, podendo mesmo levar à sua ruína; por outro lado, as formas tradicionais e eficientes de proteção representam uma limitação ao nível formal,⁵ sendo rapidamente abandonadas. Estas fragilidades fazem da terra um material particularmente adaptado a utilizações internas, como paredes divisórias ou no preenchimento de uma estrutura auxiliar.⁶ Estas opções permitem aproveitar apenas algumas das vantagens do material (estética, barreiras acústicas, etc.) sem no entanto, tirar partido das suas máximas potencialidades (regulação da humidade, da temperatura, etc.). Assim, a terra apresenta-se como um material limitado.

1 SCHRECK, Henrique – Da planta livre à liberdade da planta. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 161; ZEVI, Bruno - Saber ver a arquitectura. P. 24.

2 ZEVI, Bruno - Saber ver a arquitectura. P. 25.

3 *Ibidem*.

4 Na construção com terra a diferença entre estes dois ambientes é fundamental, tal como será explicado mais à frente neste capítulo.

5 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 13.

6 *Ibidem*. P. 14.

“O uso de qualquer material será sempre condicionado pelas suas características e limitações físicas. A sublimação dessas condicionantes, no caso das construções em terra tradicionais, foi conseguida através do aperfeiçoamento de técnicas, mas sobretudo pela adequação das formas, dos remates e dos revestimentos [...] é, na comparação com os materiais actuais, um mau material de construção. [...] no entanto, as potencialidades da terra parecem grandes quando observamos os fantásticos edifícios em altura no Yémen ou Marrocos, os palácios da Europa, [...] as aldeias na América do Sul, no Mali ou no Médio Oriente. [...] O material que procuramos usar hoje é o mesmo que realizou todos esses edifícios e conjuntos urbanos. Transformar a terra numa outra coisa, “melhor” e mais resistente, não deve portanto ser condição imprescindível para a sua utilização no presente (...)”⁷

Na verdade, são os mais de 10 mil anos de história que comprovam as potencialidades do material. Tal como refere Eduardo Carvalho, as antigas e grandiosas estruturas parecem não ter padecido das mesmas preocupações, mostrando-se sobreviventes ao longo dos séculos. Por sua vez, as novas construções têm vindo a demonstrar as suas fragilidades, manifestando patologias nos primeiros anos de vida. De facto, talvez o problema não esteja na terra. A perda do saber tem-se mostrado decisivo na qualidade das construções; a casa também já não representa um simples abrigo e outras questões de elevam na sua conceção. Assim, a fragilidade do material apresenta-se como um possível condicionador da sua aplicação. Resta saber de que forma pode a arquitetura responder a este novo desafio.

1. O conceito de durabilidade

Um material de construção é considerado durável se, ao longo da sua vida útil, apresentar capacidade de resistência às forças mecânicas, físicas e químicas que agem sobre ele, mantendo a sua integridade estrutural.⁸ Como já referido, é a ação da água e dos sismos que mais tem contribuído para a degradação das estruturas, limitando a sua utilização. Sobre a sua durabilidade, sabe-se da existência de edifícios históricos que parecem perdurar no tempo; por outro lado, conhecem-se os resultados obtidos através de ensaios experimentais, que procuram perceber a resposta da terra perante os agentes de degradação.⁹

⁷ CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luis – *Arquitecturas de Terra*. P. 2; Neste artigo, os autores referem também o facto da terra não oferecer proteção térmica suficiente, principalmente em zonas frias. Este tema é desenvolvido no anexo 1, por não fazer parte do tema da durabilidade.

⁸ TORRALBA, F. Pacheco; EIRE, Rute M. G.; JALILI, Said – *A Construção em Terra*. P. 106

⁹ TORRALBA, Fernando; JALILI, Said – *Ensaio de avaliação da durabilidade das construções em terra*. P. 2

1.1 Porque é a terra menos resistente?

Na verdade, a maior vantagem do material é também responsável pela sua maior vulnerabilidade. A terra só por si, não é um material coeso: tal como referido anteriormente, é a evaporação da água que provoca o avizinhamiento das partículas de argila, permitindo a coesão de todos os seus constituintes. Assim, as ligações resultam apenas do contacto físico entre os minerais, tornando-se infinitamente reversíveis mas também mais “fáceis” de quebrar. Este aspeto é positivo na demolição do edifício, onde a terra é facilmente devolvida ao seu estado natural; no entanto, faz com que apresente menores resistências relativamente a outros materiais de construção.¹⁰ Por exemplo, a cerâmica, apesar de ser também constituída por argilas, apresenta uma resistência cerca de dez vezes superior¹¹ devido ao seu processo de cozedura (entre os 800 e os 1000 graus).¹² O mesmo acontece com o cimento, onde as reações químicas entre a argila e a cal derivam das elevadas temperaturas (cerca de 1450 graus). A cozedura provoca reações químicas entre as diversas partículas, tornando-as mais “difíceis” de quebrar.¹³ Os produtos finais são mais fortes, contudo, ambos os processos irreversíveis.¹⁴

1.1.1 A durabilidade no tempo

Fazendo a analogia entre o betão de cimento e o betão de argila, do ponto de vista das resistências, o primeiro é sem dúvida um material com performances superiores. Contudo, è também pertinente pensar na sua durabilidade ao longo do tempo e neste aspeto o comportamento da terra é particular:¹⁵ ao passo que o betão de cimento atinge quase a totalidade das suas resistências aos 28 dias, melhorando um pouco com o tempo, a terra vai se consolidando com o passar dos anos,¹⁶ aproximando-se cada vez mais da pedra que lhe deu origem.¹⁷ Além disso, as suas partículas, por terem já sido sujeitas a longos e complexos fenómenos de adaptação ao ambiente externo, são caracterizadas de uma estabilidade notável.¹⁸ Esta espécie de “cura” do material, deve-se à perda de humidade do solo, mas também a muitos outros fenómenos que, segundo Rute Eires,

10 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia - *Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna*. P. 34-35

11 *Ibidem*. P. 7

12 *Ibidem*. P. 53

13 ACHENZA, Maddalena; SANNA, Ulrico – *Il Manuale Tematico della Terra Cruda*. P.13; SANNA, Ulrico - *I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna*. P. 34-35

14 *I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna* p.73

15 Quando se fala de terra ou betão armado, a terra vence pela sua durabilidade. A armadura introduzida no betão, está sujeita a vários tipos de degradação devido à água ou a partículas presentes na atmosfera (poluição, sais marinhos, os próprios sais presentes no cimento, etc.) que corroem a armadura, perdendo a sua função estrutural. Não foram encontrados estudos sobre a degradação da armadura no interior da terra, em sistemas de construção mais complexos.

16 EIRES, Rute – *Construção em terra*. P. 10

17 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - *Rammed Earth*. P. 95

18 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia - *Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna*. P. 35

ainda não foram muito bem explicados (entre eles está a atração elétrica entre as partículas de argila e a cimentação)¹⁹. A verdade é que, tal como afirma o Arq. Henrique Schreck, “(...) é quase um dos únicos materiais construtivos que com o tempo, não só menos se degrada, como se consolida; a passagem do tempo faz com que a taipa se torna mais forte e resistente, em vez de se desagregar”.²⁰

1.1.2 Os ensaios de durabilidade

O contexto atual obriga à quantificação das características do material, que permitam obter um grau de maior confiança entre os organismos de decisão. Assim, têm vindo a ser desenvolvidos inúmeros testes que procuram perceber a vulnerabilidade da terra principalmente perante as suas maiores fragilidades – a água e os sismos. O problema reside na sua inadequação a situações reais: desenvolvem-se muitas vezes em ambientes isolados, ou acelerados - os chamados testes de aceleração²¹ - que diminuem o tempo de espera dos resultados mas que negligenciam as condições normais de utilização.²² Mais recentemente, tem vindo a ser elaboradas experiências que permitem monitorizar o comportamento dos edifícios perante as condições climáticas reais, ou no caso da sísmica, simulando os seus efeitos.²³ Este tipo de ensaios permite uma visão mais real das consequências dos agentes.²⁴ No entanto, a observação deve ser feita baseada em casos reais.

1.2 A durabilidade na taipa

A taipa oferece uma maior resistência e dureza final quando comparada com outras técnicas de construção em terra, tal como o adobe ou o cob.²⁵ As suas propriedades devem-se aos fatores inerentes ao próprio processo construtivo e que dotam as paredes de uma maior durabilidade:

19 A cimentação constitui um mecanismo muito importante no aumento das resistências ao longo do tempo: tal como referido anteriormente, após a secagem da terra, existe sempre uma humidade mínima que permanece entre as partículas (controlada pela humidade relativa do ar no ambiente). Por outro lado, a capilaridade permite a entrada de água no sistema, criando pontes de ligação entre os diversos elementos, permitindo uma maior coesão após os ciclos de secagem. Assim, a atração das partículas, a chamada cimentação ou sucção, está relacionada com a maior ou menor quantidade de humidade no sistema, obtendo um máximo de coesão na presença de um mínimo de água que permita manter as partículas o mais próximo possível. A sucção varia também de acordo com a presença de humidade nos poros, absorvendo de acordo com a necessidade de manter o manter coeso. EIRES, Rute – Construção em terra. P. 11

20 SCHRECK, Henrique – Da planta livre à liberdade da planta. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 163; Laetitia Fontaine partilha da mesma opinião: “*Le métal rouille, le bois pourrit, la pierre et le ciment sont attaqués chimiquement: tous les matériaux de construction s’altèrent dans le temps. La terre est différent puisqu’il s’agit d’un matériau déjà altéré et qu’elle ne peut pas «pourrir» davantage.*” FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 101.

21 Constituem ensaios de envelhecimento acelerado, que simulam as piores condições atmosféricas, num ambiente fechado e durante um curto espaço de tempo. 22 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 147; TORRAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P. 108

23 DÁVILA, T. Daniel; RAMÍREZ, S. Patricia; NEUMANN, V. Julio; MUNIZ, S. Mario – Las geomallas como refuerzo sísmico de viviendas de tierra. P. 180; Saliente-se o trabalho desenvolvido pelo Prof. Marcel Blondet na Pontificia Universidade Católica do Peru, na procura de métodos anti-sísmicos para a construção tradicional em adobe. Desenvolveu um método de reforço com uma rede plástica que, em conjunto com o lintel de bordadura e a fundação, permite evitar a destruição do edifício e as consequentes perdas de vidas humanas. Os seus ensaios baseiam-se no teste de materiais e estruturas, recorrendo a experiências simuladoras das ações de um sismo. <http://eartharchitecture.org/index.php?/archives/1041-Earthquake-Proofing-Traditional-Peruvian-Houses.html>; <http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/8201971.stm> 24 TORRAL, T.; JALILI, S. - Ensaio de avaliação da durabilidade das construções em terra. In “Seminário Ibéro-Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010..”. P. 138; Vários autores comprovam a negligência dos resultados obtidos em laboratório e que, em parte, são responsáveis pela baixa classificação do material: em 1974, o E.L.E.R. no Burkina Faso conclui que, num teste à água num bloco de terra estabilizada e seca ao sol, apresenta um dano muito maior do que a erosão verificada num edifício após 3 anos de exposição; a CRATerre salienta também o facto de, apesar dos tijolos de adobe se apresentarem pouco resistentes mecanicamente e solúveis em água, logo considerados inutilizáveis na construção, são estes mesmos tijolos que permitiram a construção da extraordinária cidade de Shibam. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 147;

25 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 13

²⁶ os baixos níveis de humidade e menor quantidade de argila, aliada a uma força de compactação, dotam as paredes de uma maior resistência no tempo e com uma dureza semelhante à da pedra. Esta qualidade tem vindo a ser reconhecida ao longo dos séculos:

Rondelet refere *“Quandi i muri in pisé sono ben fatti, essi non formano che un solo pezzo, e quando vengono esternamente protetti da un buon intonaco, essi possono durare per secoli. Nel 1764, fui incaricato di restaurare un antico castello [...] costruito in pisé 150 anni addietro. I muri avevano acquisito una durezza e una consistenza uguale alle pietre di media durabilità, [...] Fummo obbligati, per allargare le aperture e per fare nuovi fori, a servirci di martelli a punta tagliente come quelli usati per tagliare la pietra”*;²⁷

Mais recentemente, Peter Walker afirma *“Rammed earth construction is very much like the natural creation of sedimentary rock. Layer by layer, particles of varying size are deposited on top of one another and through pressure reconsolidated into solid mass. The difference between sedimentary rock and rammed earth is time”*.²⁸

Tal como refere o autor, o fator tempo tem um papel fundamental na resistência final da taipa. Na verdade, as paredes de terra apresentam maior fragilidade durante os primeiros anos de vida, enquanto não adquirem um endurecimento suficiente, principalmente no que diz respeito à sua relação com os agentes climáticos.²⁹ Para a durabilidade das construções são também importantes o desenho, a construção e a manutenção.³⁰ No que diz respeito à seleção do material e aos processos inerentes à técnica, apesar de não existirem “receitas”,³¹ a conjugação dos elementos – granulometria, água, força mecânica, estabilizante (quando utilizado) – deve ser feita de modo a obter um limite mais ou menos ideal para atingir determinados níveis de qualidade, agindo na textura, plasticidade, retração, compressibilidade, coesão.³² Estes fatores não serão desenvolvidos no trabalho, contudo, salientem-se alguns dos aspetos mais importantes e que intervêm também no aspeto final das construções³³:

26 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 43

27 BERTAGNIN, Mauro - Il pisé e la regola. P. 19. “Quando os muros em taipa são bem feitos, formando apenas uma peça, e externamente protegidos de um bom reboco, eles podem durar séculos. Em 1764 fui encarregado de restaurar um antigo castelo [...] constituído de taipa com cerca de 150 anos. Os muros tinham adquirido uma dureza e uma consistência igual à pedra de meia durabilidade, [...] fomos obrigados, para alargar a abertura e fazer novos furos, a usar martelos de ponta cortante como aqueles usados para cortar a pedra.” Tradução livre..

28 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 95. “A construção em taipa é muito semelhante à criação natural das rochas sedimentares. Camada por camada, as partículas de diversos tamanhos são depositadas umas em cima das outras e através da pressão são reconsolidadas numa massa. A diferença entre as rochas sedimentares a taipa é o tempo.” Tradução livre.

29 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 11; WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 13;

30 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 13;

31 Termo genericamente utilizado por diversos autores.

32 Vários autores referem as propriedades ideais para a manipulação da terra na taipa, nomeadamente Houben (2006), Walker (2005), Easton (2007).

33 A importância da granulometria nas opções de projeto será explicada no desenvolvimento deste capítulo.

a) Textura

A granulometria da terra é importante pois refere-se à quantidade de cada fração granulométrica. É importante dispor de uma granulometria variada, para que os espaços vazios, criados pelos calhaus e as areias, sejam preenchidos pelos elementos de menor dimensão, como os siltes ou as argilas. Tal como já referido, um material de baixa porosidade será mais resistente mecanicamente e aos agentes exteriores de degradação, visto que os poros são os defeitos do material. O ligante que permite a coesão³⁴ - a argila - deve estar presente apenas em quantidade para ligar as diversas partículas, evitando a fissuração posterior (expansão - retração);³⁵ por outro lado, a areia controla a retração e a gravilha contribui para o aumento da resistência mecânica da mistura.³⁶ Segundo Peter Walker, a percentagem ideal de cada fração por massa, situa-se entre os seguintes valores: areia e gravilha – 45 a 80%; silte – 10 a 30%; argila – 5 a 20%;³⁷ as partículas de maior dimensão não deverão exceder os 20mm, pois podem, eventualmente, criar defeitos à superfície ou diminuir a resistência mecânica final. No entanto, conhecem-se exemplos da utilização de partículas de maior dimensão, de 50 a 100mm,³⁸ sem qualquer problema.³⁹ Muito importante também é a textura à superfície, pois a uma superfície regular corresponde uma maior resistência à erosão do vento e da chuva.⁴⁰

b) Humidade

A quantidade de água é extremamente importante para a qualidade final. Na taipa, deve haver apenas cerca de 10 a 15% de humidade na terra,⁴¹ de forma a não dificultar a compactação ou provocar a fissuração posterior:⁴² tal como todos os ligantes, a argila é bastante sensível à presença da água respondendo, de uma forma geral, com grandes níveis de retração; por outro lado, a ação mecânica obriga a que seja introduzida apenas uma quantidade ótima de água, que permita uma compactação eficiente.⁴³ Desta forma, o material adquire densidade e não sofre grande retração, contribuindo para o aumento das resistências e da permeabilidade.⁴⁴ Por outro lado, durante a construção é necessário manter sempre certos níveis de humidade perante as diversas camadas

34 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 64

35 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 37

36 VARGAS, J. – Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings. P. 141

37 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 37

38 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 37; EASTON, David – The Rammed Earth House P. 108; Por exemplo, o *pisè* no Norte de Isère contém pedras grandes (que atingem os 10cm) e argilas muito pequenas. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 116

39 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 37; o mesmo se verifica nos edifícios construídos em taipa pelo Arq. Henrique Schreck.

40 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 44

41 VARGAS, J. – Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings. P. 142.

42 *Ibidem*.

43 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 25.

44 *Abud*: EIRES, Rute – Construção em terra. P. 43;



1. Provetes para a taipa, Sardenha.



2. Descontrole nos níveis de humidade, Sardenha.

de material (seja na taipa ou na aplicação de rebocos de terra, por exemplo), nomeadamente entre as diversas camadas de terra, para que as paredes se mantenham coesas.⁴⁵ Este facto foi confirmado na produção de provetes de taipa na Sardenha: a interrupção de trabalhos provocou a secagem da camada inferior num dos provetes (fig. 1), que acabou por se separar totalmente em dois; por outro lado, na construção do muro em taipa, a introdução de água em excesso pelos alunos, aliada à preocupação de manter as juntas húmidas, fez com que esta muro tivesse maior retração, criando grandes fissuras verticais (fig. 2). Ou seja, deve-se humidificar os estratos, controlando sempre o excesso.

c) Compactação

A compactação tem um efeito fundamental no sistema. Quando o pilão cai sobre a terra, este forma ondas de vibração nas partículas e movimentos que, na presença de uma quantidade ótima de água, torna possível à argila formar uma estrutura mais ordenada conduzindo a uma maior coesão e resistência à compressão;⁴⁶ no fundo, o processo de compactação ajuda na ativação das argilas. O tipo de compactação utilizada, manual ou mecânica, dinâmica⁴⁷ ou estática, interfere bastante na diminuição da porosidade do material e conseqüentemente na sua durabilidade.⁴⁸ É também importante referir a importância do controle da quantidade de água durante o processo de compactação da parede: a terra que está preparada para ser utilizada vai evaporando, tornando necessária a sua humificação antes de entrar na cofragem; para testar os níveis de humidade deve ser feito o “teste da bola”. No entanto, num contexto de aprendizagem as quantidades de água acabam por ser desmedidas. Assim, o excesso de água é facilmente percebido durante a compactação, onde a terra acaba por se colar no compactador, dificultando o processo.

d) Estabilização

A utilização da taipa atual está muito relacionada com a estabilização, recorrendo-se muitas vezes à cal e ao cimento misturados na própria terra, ou a películas protetivas, naturais ou artificiais, que aumentam a impermeabilização das superfícies. O tipo de estabilizante a utilizar, depende da matéria-prima à disposição, por exemplo, a uma terra argilosa corresponde a adição de cal, enquanto numa terra arenosa é mais vantajosa a adição de uma pequena quantidade de cimento.⁴⁹

45 VARGAS, J. – Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings. P. 142-143

46 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 52; EASTON, David – The Rammed Earth House P. 108.

47 Dada a ativação das argilas pela vibração causada durante a compactação, segundo Minke a compactação dinâmica é mais eficaz do que a estática.

48 *Abud*: EIRES, Rute – Construção em terra. P. 43.

49 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 44.



3. Banco de jardim estabilizado com 10% de cal aérea, Sardegna.



4. Muro estabilizado com 10% de cal aérea, Sardegna.

No entanto, é perfeitamente possível utilizar a terra sem qualquer adição de produtos artificiais, desde que a terra tenha uma distribuição granulométrica adequada, com a quantidade de argilas e inertes suficientes. Segundo Rute Eires, uma terra bem selecionada permite a construção de paredes de taipa à vista sem qualquer problema, desde que sejam protegidas da chuva, isto é, rebocadas ou interiores. Existem vários exemplos de paredes exteriores desprotegidas que, recorrendo apenas às formas e aos materiais naturais, conseguem atingir a durabilidade pretendida.⁵⁰ Nos trabalhos realizados pela autora, recorreu-se sempre à estabilização da taipa com cal em quantidades variáveis de 5 a 10%. Este fator relaciona-se com a exposição dos elementos ao ambiente externo e sem proteção superior (figura 3 e 4).

1.3 Quando a história dá o exemplo

A História tem vindo a demonstrar as potencialidades da terra, seja pelas inúmeras e grandiosas obras, ou pela sua condição ancestral que as tornou capazes de resistir às condições mais adversas. O Homem antigo era dotado de um conhecimento baseado em milhares de anos de experiência; um saber que lhe permitia uma perfeita adaptação à Natureza e às suas manifestações, recorrendo apenas aos materiais disponíveis. Hoje em dia, perante os problemas da sociedade contemporânea, procuram-se respostas mais ajustadas à realidade, onde as soluções do passado voltam a fazer sentido. Em questões de durabilidade, verifica-se a sobrevivência de algumas das construções mais antigas, permanecendo quase intactas, enquanto outras mais recentes acabam por padecer. Se o problema não está na terra, estará com certeza, na forma de a trabalhar: tal como afirma Houben Guillaud, independentemente do material escolhido, a capacidade de sobrevivência a grandes catástrofes tais como os terremotos, deve-se a uma correta manipulação do material e da sua adaptação ao local.⁵¹ A resistência dos edifícios mais antigos tem sido alvo de investigação, na procura de soluções que se possam transportar para a modernidade.

1.3.1 Hakka Tulou Houses

As Hakka Tulou Houses localizam-se na província de Fujian na China. Estas gigantes habitações Património Mundial pela Unesco, constituem um exemplo de sobrevivência à grande atividade sísmica da região, durante milhares de anos. Datados do Séc. VIII até ao Séc. XX, são formadas

⁵⁰ Os exemplos serão dados mais à frente.

⁵¹ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre. P. 301



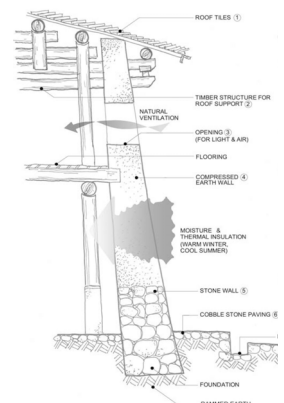
5. Conjunto de habitações Hakka Tulou em Fujian, China



6. Edifício circular Hakka Tulou



7. Estrutura de madeira interior de um edifício circular



8. ESTRUTURA-Corte vertical

por vários edifícios colossais de habitação coletiva, totalmente construídos em terra e materiais naturais como a madeira e o bambu, recorrendo à técnica da taipa (fig. 5).⁵² Estas estruturas colossais constituíam pontos de abrigo aos inimigos, pelo que, toda a sua forma revela uma função de proteção através das espessas e altas paredes de taipa com poucas aberturas (fig. 6). A sua geometria é circular ou quadrada, chegando a atingir os 50m de diâmetro e os 14m de altura, ente 2 a 5 pisos. Interiormente, uma estrutura independente de madeira suporta o peso das coberturas, pavimentos e paredes divisórias, também constituídas neste material.⁵³ No relatório apresentado por Ruifang Liang, as 5 construções estudadas apresentam-se ainda em boas condições, estando ainda pelo menos 3 em funcionamento.⁵⁴

Apesar da preocupação relativamente às construções em terra, as casas Hakka têm-se mostrado resistentes aos 7 sismos registados desde o séc. XII, com intensidades de 5 na escala de Richter, sem grandes consequências. No entanto, em 1693 após um terramoto de intensidade 7.0 na escala de Richter, ocorreu uma grande fissura num dos edifícios, o Huanji Tulou com cerca de 300 anos, no topo do lintel, enquanto os restantes mais antigos não registaram grandes alterações.⁵⁵ Contudo, apesar da fissuração se estender por toda a espessura da parede, esta não comprometeu a estabilidade estrutural do edifício.⁵⁶ Em 2009, os estudos realizados foram conclusivos:

- Técnica: a utilização da taipa na construção das paredes exteriores permitiu uma maior estabilidade pela massa e pela compactação; por outro lado, a forma das paredes, com uma base mais espessa (aprox. 1.8m) e mais fina no topo (aprox. 1.2m), permitiu uma maior estabilidade⁵⁷ (fig. 8);
- Forma: as formas compactas das estruturas garantiram uma maior resistência às forças horizontais, principalmente as geometrias circulares; ⁵⁸ a presença de poucas aberturas diminuiu os pontos de concentração de tensões;
- Estrutura geral: a estrutura de madeira e a de terra encontram-se separadas, fazendo com que a taipa não tenha que suportar os pesos destes elementos (fig. 7 e 8); este é um aspeto fundamental pois permite que cada uma vibre com a sua própria frequência – a massa contrasta com a flexibilidade;⁵⁹

52 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P.5.

53 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 372 e 377.

54 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P.1, 2, 15

55 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 16-18

56 *Ibidem*. P. 21-21

57 Proporção aproximada. LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 377

58 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 381; LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 21

59 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 383; LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 18



9. Reforços interiores



10. Estudo da fissuração

- Composição da mistura: as paredes em taipa são constituídas por uma mistura “Sanhetu” que inclui solo vermelho, cal e seixo; a cal, por sua vez, permitiu uma maior resistência mecânica das estruturas,⁶⁰ principalmente no edifício mais antigo, Fuxing Tulou, com mais de 1220 anos. Por outro lado, verifica-se uma maior fragilidade no edifício Wuyun Tulou, com 500 anos que, segundo Liang, se deve a uma granulometria menos cuidada aliada a uma constante exposição.⁶¹ Segundo um estudo realizado em 2004 por Stephen Lau *et al*, a qualidade da mesclagem é também um fator determinante;⁶²

- Reforços bamboo: na maioria das construções, a taipa foi reforçada internamente com bamboo e madeira, tal como mostra a figura 9, e num determinado espaçamento;⁶³ este reforço permite que as forças do sismo se mantenham afastadas dos pontos de maior concentração de esforços, tais como as aberturas;

- Fissura de Huanji Tulou: através de simulações feitas por computador, os estudos concluíram que a fissura se deveu à falta de reforços internos, tal como foi feito nos restantes edifícios (fig. 10);⁶⁴ por outro lado, a introdução de um lintel mais forte também poderia ter evitado tal degradação.⁶⁵ Entre os habitantes, havia uma crença sobre um processo de “auto cura” desta grande fenda, dada a sua diminuição com o passar dos anos; no entanto, verificou-se ser uma falsa afirmação.⁶⁶

As conclusões retiradas dos estudos sobre as Casas Hakkas Tulou refletem ainda hoje o grande conhecimento em engenharia destas populações que, recorrendo apenas aos materiais disponíveis, conseguiram construir abrigos realmente adaptados ao local.⁶⁷ De facto, tal como refere Stephen Lau *“When properly designed, rammed earth structures achieve the desired longevity and durability.”*⁶⁸ As construções modernas podem basear-se em exemplos como as Casas Tulou, e nos seus métodos construtivos, para criar alternativas viáveis e tornar a taipa uma opção viável para o futuro.⁶⁹

60 Alguns artigos referem também a presença de ligante de arroz e açúcar castanho são adicionadas em algumas das paredes, apesar dos habitantes discordarem.

61 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 4

62 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainable design in its simplest form. P. 381.

63 Densidade de reforço: 6.7% madeira e 1.8% bamboo. LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 6

64 Os investigadores admitem poder ter sido esta a razão para a sobrevivência das restantes estruturas.

65 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P. 18

66 Estes processos são conhecidos no betão, quando a introdução de água em pequenas ou microfissuras, acaba por dissolver algumas partículas de cal que carbonatam à superfície, selando-a. A questão é que este edifício não tinha cal.

67 LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka... P.1, 2, 15

68 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainable design in its simplest form. P. 381. Quando devidamente desenhadas, as paredes de taipa conseguem adquirir a longevidade e durabilidade desejadas. Tradução livre.

69 *Ibidem*.



11. Cidade de Shibam



12. Minarete Al Muhdhar em Tarim



13. Wadi Do'na construída numa encosta

1.3.2 As cidades do lémen

As cidades Oásis do lémen são bastante conhecidas pelas suas torres verticais totalmente construídas em adobe. As suas formas verticais serviam uma função defensiva contra as cheias e os inimigos mas, ao mesmo tempo, permitiam deixar espaço de cultivo para a agricultura. Na província de Hadhramaut, destaca-se a cidade de Shibam (figuras 11), Património da Humanidade pela Unesco, e a Nordeste, o Minarete Al Muhdhar com 53m de altura, a construção em terra mais elevada do mundo⁷⁰ (figuras 12). Nesta zona, a arquitetura vernacular baseia-se na construção de paredes autoportantes em adobe, com grandes fundações em pedra (até 1.5m); a estrutura interior é de madeira (palmeira cortada ou uma outra madeira dura), constituindo as vigas de suporte de coberturas e dos pavimentos de terra; os pilares do rés-do-chão são feitos em pedra e revestidos a argamassa de cal, enquanto os interiores são de madeira e ornamentados; as paredes são rebocadas com terra ou cal, assim como as suas longas fundações.

Em Outubro de 2008, a província de Hadhramaut foi vítima de uma enxurrada bastante inusual, visto em 40h ter alcançado os 50cm de altura, numa zona em que a precipitação anual alcança apenas 7.5cm. Este desastre provocou a destruição de cerca de 5000 edifícios, principalmente em Wadi Hadhramaut verificando-se que a maior parte constituía edificações recentes. Por outro lado, os edifícios mais antigos conseguiram sobreviver de forma bastante eficaz, particularmente os de Wadi Do'na, apesar da sua localização numa encosta⁷¹ (figuras 13). O estudo realizado por Pamela Jerome centrou-se na comparação entre as técnicas construtivas mais antigas e as praticadas mais recentemente, procurando formas de evitar novas catástrofes.⁷² O estudo levantou diversas questões:

- Local: não foram respeitadas as linhas naturais das águas, tendo sido feitas construções em locais desapropriados;⁷³ por outro lado, refere a importância de reconsiderar os tradicionais canais de água, agora entupidos com uma planta infestante, mas que conduziam eficazmente as águas, tal como em Wadi Do'na;
- Fundações: tradicionalmente, as fundações eram feitas com pedra a seco, e tinham 2m de profundidade por 1m à superfície; em Wadi Do'na, estas fundações ultrapassam 1.50m de altura,

70 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 17

71 JEROME, Pamela – After the flood: devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadhramaut Valley of Yemen; can mudbrick buildings be made more resistant to climate changes?. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 54. "

72 *Ibidem*. P. 53-54

73 *Ibidem*. P. 54



14. Produção de adobes em Wadi Do'na



15. Fundação de pedra a seco em Wadi Do'na

servem ainda para reter o vale e direcionar a água das chuvas durante as cheias. Já em Wadi Hadhramaut, as antigas fundações de pedra e pasta de cal hidráulica “ramad” (cal, cinza, areia), têm vindo a ser substituídas pelo cimento, como ligante da pedra ou na formação do betão ciclópico, e que permite a ascensão de sais muito danosos para a estrutura.⁷⁴ A figura 15 ilustra as fundações de uma casa feitas com pedra a seco em Wadi Do’na;

- Adobes: na zona mais devastada, os adobes são tradicionalmente mais finos e frágeis (ver fig. 14); ao mesmo tempo, com a recente onda de construção na zona, a autora refere a possibilidade das práticas cuidadosas da seleção da terra terem sido descuradas; a utilização da palha é um aspeto também muito importante para a qualidade dos adobes, no entanto, a mais resistente é também a mais dispendiosa.⁷⁵

- Reboco: nos métodos tradicionais, a palha é muito cortada e misturada com a terra argilosa, deixando-a repousar três dias antes de ser aplicada; atualmente a mistura não tem tanta palha e é aplicada após meia hora, acrescentando ainda a sua fraca qualidade; por outro lado, a aplicação em três layers é substituída por uma única e espessa aplicação, diminuindo consideravelmente a sua resistência – tal como refere a autora, *“As a result, it washes off with the first rain instead of lasting ten years.”*⁷⁶

- Construção: em Wad a argamassa de assentamento tem uma espessura menor do que os adobes e é misturada com uma erva bastante grossa, que aumenta a qualidade e o reforço, tal como manda a tradição; na zona mais antiga estes cuidados já não se verificam; os reforços interiores das paredes são negligentes ou inexistentes.

- Métodos: a autora refere a possibilidade do desrespeito pela época de construção; os edifícios devem ser construídos nos meses de inverno, de forma a evitar a retração, e só um piso de cada ano, dando ao tempo para curar a terra; antigamente o operário era pago ao dia, enquanto atualmente o salário é atribuído por trabalho, diminuindo a qualidade de cada um.⁷⁷ A mais recente presença de edifícios em cimento em torno dos tradicionais, faz com que a água, ao encontrar obstáculos, se volte contra os mais frágeis de terra.⁷⁸

Tal como refere a autora, percebe-se que as construções em adobe não possam sair totalmente

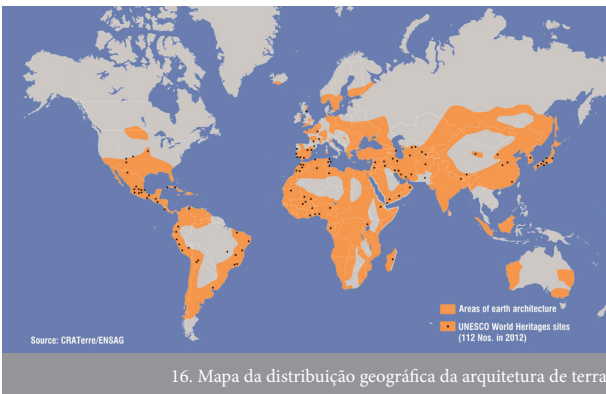
74 *Ibidem*. P. 54

75 *Ibidem*. P. 54

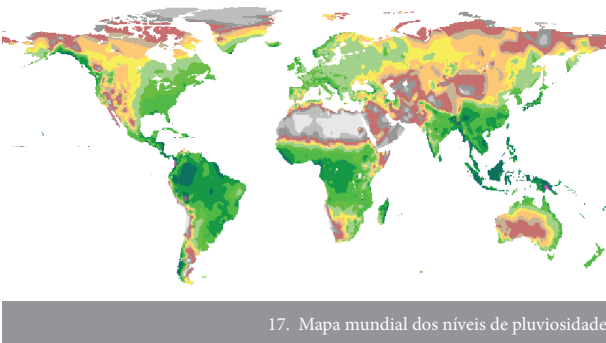
76 *Ibidem*. P. 55

77 JEROME, Pamela – After the flood: devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadhramaut Valley of Yemen; can mudbrick buildings be made more resistant to climate changes?. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 55. Como resultado, acaba por ser lavado nas primeiras chuvas em vez de durar dez anos”. Tradução livre.

78 *Ibidem*. P. 54.



16. Mapa da distribuição geográfica da arquitetura de terra



17. Mapa mundial dos níveis de pluviosidade

intactas de enchentes desta dimensão.⁷⁹ No entanto, sabe-se que houve uma diminuição na qualidade das novas construções, com fundações inapropriadas, adobes de fraca qualidade e sem reforços nas paredes, aspetos que não acontecem na zona mais antiga. Assim, o regresso ao *know how* será uma das premissas mais importantes para a construção das novas estruturas, evitando novas catástrofes.⁸⁰

As lições tiradas das Casas Hakka Tulou ou das habitações do Lémen podem ser muito úteis na procura de soluções que incrementem a durabilidade das estruturas, principalmente em contextos mais agressivos.⁸¹ A partir destes dois exemplos, percebe-se mais uma vez, a importância de todas as etapas da construção, desde a preparação do material até ao desenho das estruturas que se devem adaptar às condições específicas de cada local.⁸² O conhecimento sobre as propriedades e as características dos materiais, é essencial para poder projetar um edifício de qualidade e resistente às solicitações que lhe são impostas.⁸³ A união do conhecimento ancestral e do saber atual é uma necessidade contemporânea.

2. A água e a arquitetura

A construção em terra é sensível à presença da água. Esta propriedade confere às construções a capacidade de regulação da humidade do ar e da temperatura mas, ao mesmo tempo, pode intervir de forma negativa no sistema. A sua ação, seja no estado líquido, gasoso ou sólido, é capaz de criar erosão ou degradação a nível estrutural, podendo conduzir à ruína.⁸⁴ Na sociedade atual, os progressos e os novos materiais não deixam espaço para demonstrações de fragilidade - tal como refere Q. B. Bui, *“in order to comply with the standards applied to industrial materials, more stringent durability criteria are expected from rammed earth.”*⁸⁵ Assim, a utilização da terra é muitas vezes associada a restrições ou à aditivização e excessiva que altera a natureza do material.⁸⁶ Ao mesmo tempo, ao observar os mapas das figuras 16 e 17, não se identifica nenhuma relação entre os níveis de pluviosidade e a escolha da terra para a construção. De facto, o homem

⁷⁹ *Ibidem*.

⁸⁰ *Ibidem*. P. 55

⁸¹ CANCINO, Claudia (*et al*) – Damage assessment of historic earthen sites after the 2007 earthquake in Peru. In “Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010...”. P. 87

⁸² EIRES, Rute – Construção em terra. P. 43

⁸³ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 301; GALDIERI, Eugenio - Le meraviglie dell'architettura in terra cruda. P. 4;

⁸⁴ EIRES, Rute – Construção em terra. P.43 ; HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P.242; SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia... P.133-137;

⁸⁵ BUI, Q. B.; MOREL, J. C.; REDDY, B. V. V.; GHAYAD, W. – Durability of rammed... P. 1. “De maneira a cumprir os parâmetros aplicados aos materiais industriais, os critérios de durabilidade aplicados na taipa são também mais rigorosos.” Tradução livre.

⁸⁶ HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 80.

ancestral tinha a capacidade de se adaptar às condições locais, recorrendo apenas aos materiais disponíveis na Natureza - a devastação de 2008 no Lémen demonstra precisamente os problemas derivados da perda ou do descurar de um saber tão importante. Perante este problema, é necessário perceber os mecanismos de atuação da água e de que forma pode a arquitetura contribuir para a redução dos seus efeitos.

2.1 A ação da água

A água pode ter um efeito negativo na construção através de várias ações. Segundo Heathcote, a combinação da chuva com o vento é o principal responsável pelo desgaste das paredes exteriores dado o arrastamento das partículas de menor dimensão - quanto mais forte for a energia cinética do impacto das chuvas, maior será o estrago causado.⁸⁷ A ação das intempéries é ainda maior em paredes que apresentam alguma fragilidade, como fissuras ou uma erosão antecedente, por isso é tão importante uma boa seleção da terra e manutenção das estruturas:⁸⁸ a fissuração posterior pode ocorrer devido a grandes variações de temperatura (expansão, retração); particularmente importantes são os chamados fenómeno de gelo/degelo, que afetam todo o tipo de construções (tal como no betão).⁸⁹ A água é ainda um aspeto mais preocupante em zonas de grande pluviosidade, onde os longos períodos de chuva podem ser acompanhados por inundações ao nível dos solos, tal como no Lémen, ou de períodos de constante humidade.⁹⁰

A água e o vento podem ainda vir associados a partículas, tais como sais solúveis, sementes, areias, etc, criando outro tipo de riscos.⁹¹ Entre todos, salientam-se os sais pela sua invisibilidade e complexidade de ação: os sais presentes na terra⁹² ou no cimento⁹³ são diluídos pela água, e absorvidos pela terra, cristalizando-se ao evaporar; o processo manifesta-se através de manchas brancas à superfície, fáceis de lavar, tornando-se preocupante quando ocorrem no interior; dada a sua higroscopicidade, os sais passam por processos cíclicos de aumento e variação de volume, criando tensões no interior; estas forças provocam a perda de coesão do material envolvente

87 *Abud*: EIRES, Rute – Construção em terra. P. 45; Heathcote (1995) refere o fato das paredes orientadas a Sul apresentam uma maior erosão, pela junção da chuva com os típicos ventos horizontais. TORRAL, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. – A Construção em Terra. P. 107;

88 Para agir sobre a terra, é necessário que haja um contacto com a água, como por exemplo: durante a chuva ou qualquer atividade humana; perante uma abertura que lhe permita a infiltração, tais como janelas ou fissuras; auxiliada pela ação de uma força que ajude a erosão, assim como a pressão causada pelo vento; devido à gravidade e à sua própria capilaridade, etc. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P.242; TORRAL, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. – A Construção em Terra. P. 107

89 A água presente nos poros pode congelar e causar uma expansão que estes não estão preparados para receber, dando-se a fissuração das estruturas. MANIATIDIS, Vasilios; WALKER, Peter – A Review of Rammed Earth Construction. P. 29; RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua. P. 15; SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P.135.

90 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 45.

91 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P.242; SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia... P.133-137.

92 Nas rochas sedimentares como a argila, os sais solúveis podem-se agregar à sua constituição durante a "viagem" das argilas até à bacia de sedimentação, formando vários tipos de elementos e de constituição química diversa. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P.34.

93 Tais como embasamento, vergas, lajes, rebocos, etc. RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua. P. 15; Oficina de construção em terra crua - 6ªATP/9ª SIACOT. P. 5

contribuindo para a diminuição da resistência geral.⁹⁴

2.1.1 A humidade

A terra é também sensível à presença da humidade na atmosfera devido à sua higroscopicidade.⁹⁵ A terra é um material bastante poroso e como tal tem a capacidade de armazenar e transportar água ou o vapor, através dos seus vasos capilares.⁹⁶ Assim, a água move-se desde zonas mais húmidas até às zonas com menor humidade, proporcionando o seu equilíbrio e um ambiente mais saudável (cerca de 50 a 70% de humidade relativa).⁹⁷ Em zonas climáticas temperadas e frias, o vapor de água do ar interior procura naturalmente atravessar a parede para chegar ao exterior. Se o vapor de água arrefece na parede, ocorre uma condensação, que pode ser perigosa, se o muro não permitir a rápida passagem do vapor, levando à redução da capacidade de isolamento térmico, perda de resistência mecânica⁹⁸ e possível aparecimento de fungos. A humidade pode permanecer se encontrar uma barreira, como rebocos e tintas impermeabilizantes ou mesmo pela introdução de painéis isolantes.⁹⁹ Muitos outros motivos podem impedir a secagem dos elementos, tais como uma má exposição solar devido a uma má orientação no terreno ou outro motivo que mantenha a parede constantemente húmida.¹⁰⁰ Assim, a resistência à difusão do vapor¹⁰¹ deve ser maior no interior do que no exterior, evitando o perigo de condensações no seio do material.¹⁰² Por este motivo, é de extrema importância ponderar o tipo de reboco utilizado, tanto no interior como no exterior, relacionando ambos.¹⁰³

2.1.2 O clima em Portugal

Portugal é um país de grande tradição nas técnicas construtivas em terra crua, pelo que as suas

94 Os sais podem também estar presentes na terra por contaminação da mesma, como por exemplo, em terra com uma mistura de areia da costa mal lavada, que contem sais solúveis; terra com detritos de animais que contem nitritos, introdução de outros materiais de construção com sais inerentes, etc. Oficina de construção em terra crua - 6ºATP/9º SIACOT. P. 5.

95 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 45.

96 A capacidade de absorção da água designa-se capilaridade e o processo de transporte corresponde à ação capilar.

97 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 19-20. Minke afirma que uma humidade relativa entre 50 a 70% tem muitas influências positivas na qualidade de vida e saúde dos utilizadores dos edifícios. Uma humidade superior a 70% leva à criação de fungos prejudiciais, propícios a doenças e alergias. A capacidade de regulação da humidade é uma das maiores vantagens da terra.

98A degradação estrutural acontece quando a parede apresenta longos períodos de humidade, levando à perda de coesão.

99 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 36-37.

100 Outro aspeto a ter em conta é o tempo de aplicação do reboco: este deve ser apenas executado quando as paredes perderem grande parte da humidade; normalmente aconselha-se a aplicação da camada protetiva após um ano da construção; assim, a parede pode secar e as partículas mais finas podem sair, criando rugosidades que aumentam a sua aderência; se o telhado é colocado logo após a execução das paredes, os buracos deixados pelas agulhas devem ser deixados abertos, para proceder à circulação do ar e assim secar as paredes. BERTAGNIN, Mauro – Il Pisé e la Regola. P.58 e 64; O respeito pela secagem evita que a humidade empurre o reboco e este acabe por sair. Atualmente, com as exigências da construção, isto já não é possível, logo a parede deve ser deixada secar o máximo de tempo possível: segundo Peter Walker, este processo pode ser acelerado com desumidificadores; no entanto, isto obriga a que os rebocos devam ainda ser mais suscetíveis à movimentação da base (menor resistência mecânica que o suporte); se o reboco for diretamente aplicado, devem ser feitas juntas horizontais que permitam a secagem dos elementos. WALKER, Peter - Rammed Earth. P.71-73.

101 Medida que descreve a capacidade de um material para resistir à variação da pressão provocada pelas diferenças de humidade entre o interior e o exterior, e que se faz através da difusão das paredes

102 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P.37. As barreiras ao vapor podem ser perigosas especialmente na união de diferentes materiais, onde podem ocorrer condensações, e caso entre água no interior, ela permanece mais tempo lá.

103 A introdução de isolamentos nas paredes de terra, pode ser bastante prejudicial se constituírem uma barreira de vapor. Preferencialmente, os isolamentos são colocados pelo exterior, uma solução inadequada à natureza do material e a sua respiração. Assim, as soluções devem ser pensadas na sua globalidade, vendo o edifício como um todo, tendo em conta as particularidades do material.

manifestações se espalham de Norte a Sul. De uma maneira geral, o clima varia muito de região para região, de acordo com a sua localização no território e as suas particularidades.¹⁰⁴ Segundo Patrícia Lourenço, o Sul do país é perfeitamente compatível com estas técnicas de construção (em particular a faixa Nascente e o baixo Alentejo), dado o seu clima relativamente estável no que diz respeito à temperatura e à precipitação.¹⁰⁵ Como já referido, a maior parte das novas construções em taipa concentram-se na zona sul, nomeadamente no Alentejo, uma zona caracterizada por um clima mediterrâneo-continental, com relativamente baixos níveis de pluviosidade (entre 700 a 900mm por ano).¹⁰⁶ No entanto, a concentração das chuvas num número reduzido de dias, com chuvadas e tempestades fortes, pode ser um motivo de preocupação para as novas construções, limitando a utilização do material.¹⁰⁷ Patrícia Lourenço refere ainda a importância da utilização dos métodos de proteção tradicionais na durabilidade das estruturas.¹⁰⁸

2.2 A resposta da arquitetura

Construir um edifício que seja resistente aos efeitos negativos da água é um desafio intemporal da arquitetura;¹⁰⁹ no caso da construção em terra, o desafio torna-se ainda maior. Esta foi sempre uma questão central na construção vernacular, a grande diferença está no modo em como é encarado: antigamente, a erosão era aceite como uma parte integrante da vida, pois a cultura e os hábitos permitiam a manutenção periódica das estruturas; a chuva lavava as paredes e trazia à superfície as gravilhas, diminuindo a erosão com o tempo;¹¹⁰ no Alentejo, por exemplo, as casas eram anualmente rebocadas e caiadas, protegendo a parede das intempéries. No entanto, o contexto atual não permite a constante manutenção dos elementos. Além disso, as recomendadas¹¹¹ proteções são consideradas limitativas ao nível da forma e a solução dada pelos aditivos é inadequada ou insuficiente.¹¹² A presença de algumas patologias nas novas construções do Alentejo, levantam algumas questões sobre a adequação das práticas atuais que levaram à degradação precoce das estruturas. Assim, procuram-se novas soluções que permitam a viabilização da terra no contexto

104 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 163-164.

105 *Ibidem*. P. 164

106 ABRAÚL, Fabiana - Arquitectura de Terra em Portugal. P. 44; LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 164

107 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 165

108 *Ibidem*. P. 164

109 No entanto, este não é um desafio característico da terra. O betão de cimento, incluindo o que é armado, é também alvo de investigações que procuram diminuir a ação da água e dos seus elementos nas estruturas – agindo na porosidade, adicionando aditivos, alterando a granulometria, etc. Ver livro SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P.80- 90; No entanto, o cimento apresenta outras particularidades que facilitam a sua utilização: as ligações irreversíveis; é um material controlado e standard; etc.

110 WALKER, Peter - Rammed Earth. P.42

111 *Ibidem*.

112 Houben refere a estabilização excessiva e o facto desta, por si só, sere insuficiente. Ver capítulo 2.



18. Chaminés de Fées na Turquia, um exemplo de “bom-chapéu”



19. Habitação rural na zona de Rhônes em França, “boas botas e bom chapéu”

atual e que alterem o preconceito gerado em torno do material. Tal como afirma a CRATerre, *“La pathologie humide typique peut être évitée par une bonne démarche de conception et de réalisation du bâtiment en terre. Il s’agit en effet de “savoir bien construire en terre” [...] la bonne démarche consistant à rendre le “bâtiment” résistant à l’eau”*.¹¹³ Mas de que forma conseguirá a arquitetura, num contexto contemporâneo, tornar um edifício resistente à ação da água?

2.2.1 Atitude protetiva

Tradicionalmente, existem três princípios mais ou menos definidos e que constituem as bases do “savoir bien construire en terre”. Estes procuram proteger os elementos em terra da ação das chuvas e da humidade, principalmente da que ascende por contacto com o solo. *“Nas paredes de terra crua é fundamental a existência de barreiras que evitem e/ou limitem o contacto com a água e daí a atenção que deverá ser dada à sua base (boas botas), às coberturas (bom chapéu) e à sua manutenção. Os revestimentos aplicados (a sua pele) também merecem um cuidado particular, não só por serem um dos elementos que mais directamente deverão cumprir essa função mas também pelo facto de terem contacto directo com essas paredes (que lhes servem de suporte) e com elas poderem interagir*.¹¹⁴ Tal como Faria Rodrigues, muitos autores referem a importância de construir com estes métodos preventivos, os mesmos que se encontram na arquitetura vernacular. As chaminés de Fées na Turquia, são um exemplo natural desta proteção: constituem grandes colunas naturais em terra protegidas superiormente por uma grande rocha, que funciona como um elemento protetor à erosão das águas¹¹⁵ (fig. 18). Também na as casas construídas em *pisè* eram protegidas por um longo telhado e uma fundação de material mais resistente, tal como a pedra ou o tijolo cozido¹¹⁶ (fig. 19).

A. “O bom chapéu”

A construção de um telhado protetivo evita a ação direta da chuva nos muros, que vai levando consigo as partículas de menor dimensão, levando à diminuição da coesão do material e consequente desgaste.¹¹⁷ Além disso, a zona superior das paredes é um dos pontos mais sensíveis à erosão – a partir do momento em que se dá a danificação da cobertura (desabamento do telha-

113 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P.242. “A típica patologia da humidade pode ser evitada por um bom processo de concepção e de realização do batimento em terra. Trata-se de facto de «saber construir em terra» [...] o bom processo consistindo em «converter» o edifício resistente à água.” Tradução livre.

114 RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua. P. 14.

115 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.145

116 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P.145

117 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 243



20. Monte Novo do Espargal - cobertura e base em pedra



21. Casa Isabel Almeida - cobertura e embasamento



22. Cerro da Borrega - cobertura, embasamento e reboco

do, danificação de uma telha) desenvolve-se o processo de degradação.¹¹⁸ Segundo Rute Eires, em zonas de maior pluviosidade, deve ser desenhada uma cobertura inclinada que avance um pouco a linha da fachada.¹¹⁹ Segundo Peter Walker, em zonas de exposição normal, as paredes até 3 metros devem ser protegidas com um telhado que se prolonga pelo menos 40 cm depois da linha da fachada; em zonas de grande exposição, deve ser aplicada a máxima proteção, ou seja, a cobertura deve avançar para cerca de 1/3 da parede.¹²⁰

Este sistema tem vindo a ser aplicado na arquitetura tradicional do Alentejo¹²¹ com os típicos beirados protetivos, manifestando-se também nos exemplos atuais. Tal como no Monte Novo do Espargal (fig. 20) ou na Casa Isabel Almeida (fig. 21), são construídos grandes telhados protetivos, que se prolongam criando um alpendre. No entanto, neste último, a proteção relaciona-se mais com a entrada da habitação do que propriamente com as paredes em si; por outro lado, estas encontram-se rebocadas. A figura 22 ilustra o tipo de proteção utilizada no Cerro da Borrega, onde os beirados são também conjugados com telhados mais longos (ver os desenhos no anexo 12). Nestas zonas protegidas, a exposição da taipa sem qualquer estabilizante é já menos preocupante; no entanto, entre os desenhos menos tradicionais, não forem encontrados exemplos que assumissem esta opção. Verifica-se antes a substituição destes elementos por pormenores mais frágeis ao nível do topo das paredes: as coberturas são planas e, na maior parte das vezes, os muros de terra¹²² encontram-se protegidos por materiais mais resistentes, como o ferro, o betão ou a cal, formando elementos protetivos mais discretos, mas também menos eficientes. A Habitação em Beja demonstra uma abordagem totalmente contemporânea, onde ao muro em terra foi associada uma cobertura em madeira com proteção em zinco (figura 27); a partir da imagem 25, percebe-se que o muro exterior se encontra revestido superiormente a uma material mais resistentes, um aspeto comum a outros projetos. Por exemplo, na ETAR de Évora (fig. 23) ou da Herdade do Rocim, a proteção mínima das paredes é providenciada por elementos metálicos.

B. “As boas botas”

Constituídas por uma fundação e um embasamento impermeável, estes elementos procuram evitar que a parede absorva a água por capilaridade ao nível do subsolo (níveis freáticos) ou ao

118 TORGAL, F. Pacheco; E., Rute M. G.; JALILI, S. – A Construção em Terra. P. 133 A autora verificou que, mesmo sem telhado, as ruínas acabam por se manter durante muitos anos, uma prova visível da sua durabilidade.

119 Em zonas secas é muito comum a utilização de coberturas planas ou em arco. EIRES, Rute – Construção em terra. P. 60

120 WALKER, Peter. Rammed Earth. P. 69 Não foram encontradas regras para a dimensão do avanço do telhado, definidos pela Norma Alemã ou pela CRATere.

121 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 60

122 Fachadas e muros de definição de espaço exterior.



23. Caldeirinha - embasamento e proteção superior



24. E.T.A.R. de Évora - embasamento inexpressivo



25. Habitação em Salvada - proteção superior do muro de taipa

nível do chão (inundações, lavagens de pavimento exterior, etc). A presença da água na base dos muros leva à perda de resistência mecânica e facilita o aparecimento de fenómenos de eflorescências salinas.¹²³ O embasamento permite ainda proteger as paredes do respingar das gotas de água, que se projetam do chão para a parede, principalmente perante pavimentos exteriores impermeáveis;¹²⁴ assim, deve haver uma relação entre a dimensão do balanço do beirado e do embasamento.¹²⁵ Esta proteção impede também o impacto de outras forças como do choque de veículos.¹²⁶ A altura do embasamento deve ser definida de acordo com a necessidade, ou seja, com a quantidade de água que se deposita no solo e com a altura do piso interior, no entanto deve apresentar um mínimo de 0.30 a 0.60 de altura.¹²⁷

Na taipa tradicional Alentejana, os embasamentos eram normalmente constituídos por pedra e elevavam-se a cerca de 30 a 50cm acima do nível do solo.¹²⁸ Hoje em dia, os materiais tradicionais são substituídos pelo cimento, o betão ciclópico e o betão armado.¹²⁹ Na construção em taipa atual, de uma forma geral, este elemento protetivo é sempre utilizado. No entanto, as suas dimensões começam a ser cada vez menores, assim como a sua capacidade protetiva. Os pormenores do anexo 12, demonstram uma preocupação protetiva do Arq. Henrique Schreck no Cerro da Borrega (fig. 22), assim como em todas as suas obras; o mesmo método é utilizado pelo Arq. Alexandre Bastos, onde é introduzido um embasamento alto, rebocado posteriormente com argamassa de cal (fig. 23). Por outro lado, alguns arquitetos optam por deixar apenas uns curtos centímetros acima do nível do chão, de forma a não permitir apenas a entrada de água no espaço interior, aproveitando toda a expressão da taipa. São exemplos a ETAR de Évora (fig. 24) ou a Habitação em Salvada (ver anexo 9 e 13). A cal hidráulica pode constituir uma opção alternativa à utilização do cimento nas fundações.¹³⁰

Um outro pormenor importante a considerar, consiste na forma de resolver a junta de ligação entre a parede em terra e o embasamento.¹³¹ Esta deve ser pensada de modo a que a chuva,

123 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre. P. 243.

124 Para evitar os salpicos de água constantes, aconselha-se um solo mole e livre de vegetação (que obrigue à rega), associada a uma boa drenagem. Walker, Peter. Rammed Earth. P. 64 Por outro lado, a impermeabilização do pavimento exterior faz com que a humidade acumulada nas fundações não consiga secar, o que se torna ainda mais preocupante em edifícios antigos onde as fundações são muitas vezes feitas em terra. De facto, este é um dos grandes problemas da habitação popular em terra crua da Sardenha. Informação retirada das aulas práticas com a professora Maddalena Achenza.

125 Eires, Rute – Construção em terra. P. 57.

126 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 242-243 ;

127 Minke, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 124; Eires, Rute – Construção em terra. P. 57

128 Correia, Mariana – Taipa no Alentejo. P. 31-32; Eires, Rute – Construção em terra. P. 58.

129 Eires, Rute – Construção em terra. P. 58.

130 Kappinger, Otto; Simon, Axel – Haus Rauch. P. 125 ;

131 De forma a proteger a parede da humidade ascendente, é muitas vezes introduzido um material impermeabilizante entre a fundação e a parede. A impermeabilização evita também a ascensão de sais solúveis do embasamento para o muro de terra. Em todo o caso, deve ser resistente ao impacto da compactação, ou ser introduzido um material que se interponha no meio, tais como tijolos. Existem diversas opiniões sobre a introdução de um material impermeabilizante entre a parede



26. Construção vernacular no Burkina Faso

ao escorrer na parede, não encontre uma barreira e logo crie uma zona crítica e de provável infiltração. Na maioria das obras atuais opta-se por rebocar esta zona crítica, tal como faz o Arq. Henrique Schreck, eliminando diretamente o problema.

C. “A pele”

A parede exterior é tradicionalmente revestida por um material mais frágil, que se degrada antes da estrutura e pode ser facilmente substituída,¹³² funcionando como uma “superfície de sacrifício”.¹³³ Esta camada pode ser constituída por reboco protetivo, um impermeabilizante ou outro material qualquer, desde que a respiração natural da parede não seja comprometida.¹³⁴ A “pele” exterior tem vindo a ser historicamente utilizada como motivo decorativo, onde a ação protetiva é camuflada por pigmentos ou formas esculpidas (também em rebocos interiores) criando autênticas obras de arte.¹³⁵ Os habitats de Kassena no Burkina Faso, são conhecidos pela sua decoração particular, onde cada forma e cada cor têm a sua própria simbologia. Todos os anos, após a estação das chuvas, as mulheres da aldeia juntam-se para refazer as pinturas e ensinar as próximas gerações. São usadas essencialmente terra de cores diferentes e uma tanina que advém de um estrato de uma planta e que protege a pintura da erosão da chuva¹³⁶ (fig. 26). O tipo de superfície exterior é muito importante para a durabilidade das estruturas. Ao nível dos acabamentos, a consolidação das superfícies é uma das formas mais antigas de proteção¹³⁷ - O “Tadelakt”¹³⁸ e o “Quadad”,¹³⁹ constituem técnicas tradicionais de Marrocos e do Iémen, respetivamente, e voltam a ser hoje utilizadas, apesar de ainda muito restritamente dado o elevado custo de aplicação.¹⁴⁰ O polimento das superfícies é feito com talochas de metal ou pedras de polir, tal como na tradição hindu e africana, recorrendo também a outros produtos naturais que

de terra e o embasamento. De acordo com Henrique Schreck e Maddalena Achenza, estes podem ser pontos de acumulação de água, onde esta, depois de escorrer pela parede, encontra um ponto impermeável e do qual não consegue sair, acumulando-se. Em todo o caso é necessário analisar a situação específica e decidir de acordo com a situação; JEROME, Pamela – After the flood: devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadhramaut Valley of Yemen; can mudbrick buildings be made more resistant to climate changes?. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 54; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 12; WALKER, Peter. Rammed Earth. P.54; conversas informais com os arquitetos.

132 RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua. P. 14

133 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia... P. 66

134 A camada protetiva pode ser constituída por outros materiais ou pensada com uma função para além da protetiva. Segundo Minke, dado o elevado custo das cofragens, por vezes é utilizado um material de revestimento e que funciona como cofragem; a introdução de outros materiais permite também colmatar a necessidade de um maior isolamento térmico ou acústico, associando a parede de terra a elementos de madeira, tijolo, gesso, etc, com uma câmara-de-ar, que permita a sua transpiração e lhe dê uma expressividade diversa. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra Minke p.68-70 e 122 Este tema não será desenvolvido pois não é uma utilização comum na construção em taipa contemporânea, talvez por não permitir uma das grandes propriedades a terra - a respiração.

135 Os acabamentos em terra são uma das suas aplicações mais fáceis pois, para além de serem utilizados os mesmos utensílios que nos rebocos convencionais, a terra demora mais tempo a endurecer permitindo uma maior flexibilidade. Segundo Fontaine, um trabalhador inexperiente é capaz de se apropriar destas técnicas com o triplo da facilidade do que com os materiais industriais. A grande dificuldade está na escolha da matéria-prima. Em alguns países, como França, Alemanha, Itália por exemplo, é já possível comprar a terra apropriada para a aplicação, estando disponível numa enorme gama de cores. A expressão escultórica dos rebocos interiores é uma nova fonte de investimento por arte de algumas empresas. FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 91

136 FONTAINE, L.; ANGER, R. - Bâtir en terre. P. 62

137 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 117

138 Constituído por cal, areias finas, argila, pó de mármore, sabão à base de azeite.

139 Formado por cal, areias finas, seixos pequenos, cinzas vulcânicas (dando origem a uma reação pozolana, pela presença de sílice amorfa).

140 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 64



27. Habitação em Salvada - taipa estabilizada à superfície



28. Herdade do Rocim - taipa estabilizada com cimento branco



29. Piscina Municipal de Toro em Espanha, 2007



30. Escola de Artes Plásticas em Oxaca no Chile, 2008

umentem o brilho à superfície, permitindo grandes durabilidades e um aspeto polido.¹⁴¹

Os rebocos são tradicionalmente constituídos por argamassas de terra de fração mais fina (areias e uma quantidade de argila controlada), de cal ou de cal e terra, de acordo com a função e a estética pretendida.¹⁴² No Alentejo, por falta de recursos económicos, os rebocos de cal eram apenas aplicados nas fachadas principais ou em zonas mais expostas, como o embasamento e no contorno de vãos.¹⁴³ Hoje em dia, verifica-se uma grande diversidade de opções, desde a proteção inteira ou parcial, até à exposição total da taipa: ao nível exterior, verifica-se maioritariamente o recurso a argamassas de cal aérea, tal como no Cerro da Borrega ou na Habitação em Beja,¹⁴⁴ onde são adicionados pigmentos naturais; por outro lado, perante a última opção, muitas vezes são criadas superfícies hidrófugas (aditivadas à superfície), através de produtos como o óleo de linho ou o silicato de sódio, que permitem uma aplicação quase invisível,¹⁴⁵ tal como na ETAR de Évora¹⁴⁶ ou no muro exterior da Habitação em Salvada (fig. 27);¹⁴⁷ segundo Daniel Parreira, na Herdade do Rocim (fig. 28) recorreu-se à estabilização da terra com cimento branco,¹⁴⁸ o que permite uma maior resistência às intempéries, no entanto, a sua devolução direta à Natureza é comprometida.¹⁴⁹ A utilização da palha é também bastante comum e, para além de melhorar as prestações, dota as superfícies de uma textura diversa. Independentemente do material utilizado é importante que haja uma compatibilidade mecânica (sempre menor resistência do que o suporte), química (não causar alterações químicas no material) e física (como por exemplo, coeficiente de expansão térmica) entre as diversas camadas.¹⁵⁰

Num contexto internacional, verifica-se uma progressiva substituição dos métodos tradicionais de proteção, por outros de menor expressão. Tal como demonstram as imagens 29 e 30, recorre-se cada vez mais a fachadas desprovidas de reboco, embasamento baixos ou impercetíveis, tal como a sua proteção superior. A este tipo de desenho alia-se muitas vezes a estabilização da terra com cimento e películas impermeáveis cuja utilização é bastante discutível. Por outro lado, alguns arquitetos optam por modificar as tradicionais proteções, transformando o seu aspeto

141 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 117; EIRES, Rute – Construção em terra. P. 62-64

142 A um reboco de cal corresponde uma cor branca, a uma superfície de terra corresponde a sua cor natural, enquanto a terra misturada com cal daria um intermédio entre as duas. Experiência das aulas com a Prof. Maddalena Achenza na Sardegna.

143 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 59

144 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 12

145 WALKER, Peter. Rammed Earth. P.70

146 http://www.culture-terra-incognita.org/best_label/

147 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 12

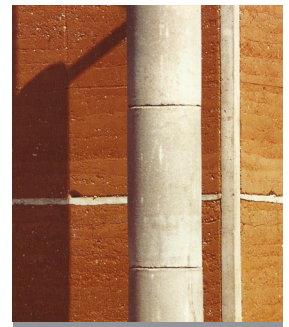
148 *Ibidem*. P. 11.

149 EIRES, Rute – Construção em terra. P. 11

150 Paredes em Terra Crua: revestimentos p.1-2; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra . P. 114;



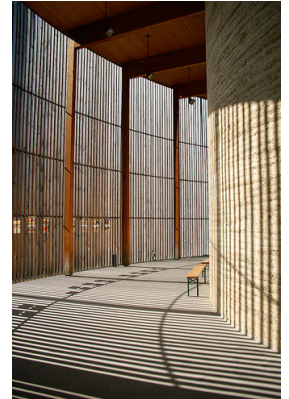
31. Habitações em Isle d'Abeau em França, 1984



32. Cobertura - estrutura auxiliar



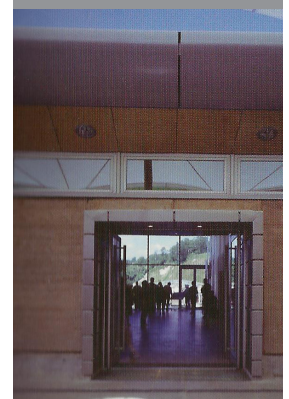
33. Capela da Reconciliação em Berlim, 2000



34. Pele - Vista do interior



35. Eden Project Visitor Center no Reino Unido, 2000



36. Grandes proteções

tradicional através do desenho. Assim, recorrendo às ferramentas da arquitetura, os métodos protetivos podem-se tornar um tema a explorar, criando as mais diversas expressões.

- Nas habitações criadas por Françoise Jourda e Gilles Perraudin no projeto de Isle-d'Abeau, foi construída uma leve cobertura em policarbonato e aço que protege as maciças paredes de taipa, e que contrasta com a sua própria expressão, tornando-se quase impercetível (fig. 31). A cobertura é ainda apoiada numa estrutura em betão exterior às paredes, enfatizando a sua fragilidade. A escolha dos materiais procura criar um contraste entre as técnicas tradicionais e modernas, uma característica de todo o projeto (fig. 32).¹⁵¹
- Na Capela da Reconciliação em Berlim (fig. 33), a proteção foi providenciada pela criação de um percurso interior entre a taipa e a pele exterior de madeira, protegendo a terra do contacto com os agentes de erosão. Como se pode ver na figura 34, a espessura e a estabilidade das paredes contrasta com a delicadeza das ripas de madeira, criando um espaço de transição entre o exterior—caos e o interior—oração. Na verdade, este corredor evoca uma característica comum nas antigas igrejas, o deambulatório, uma zona de transição em torno do altar-mor. As paredes de terra proporcionam ainda uma barreira acústica perante as caóticas ruas de Berlim.¹⁵²
- No edifício de entrada do Eden Project no Reino Unido, é desenhada uma grande cobertura em alumínio, que protege as paredes de taipa não estabilizada da ação da chuva¹⁵³ (fig. 35 e 36). A cobertura, por sua vez, é suportada por uma estrutura em aço que permite a abertura de grandes vãos. Aqui, mais uma vez a proteção é transformada num motivo de desenho, permitindo um contraste entre os materiais tradicionais e as possibilidades do aço.

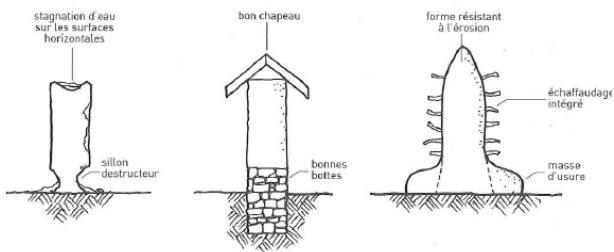
As três soluções acima descritas – cobertura, fundação e embasamento, reboco - fazem parte do que a autora considera uma abordagem protetiva na construção com terra. Representam as formas mais ancestrais de agir e, em conjunto com a respetiva manutenção, contribuem efetivamente para a durabilidade das construções.¹⁵⁴ No entanto, verifica-se uma vontade geral em alterar o aspeto tradicional das construções, através de métodos que nem sempre se mostram eficientes levando ao desenvolvimento de patologias. Entre os vários edifícios visitados foram encontradas algumas patologias pontuais, principalmente em pontos de total exposição da ter-

151 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 22

152 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 46; Conversas informais com Eduardo Carvalho. Ver anexo 16.

153 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 56; MANIATIDIS, Vasílios; WALKER, Peter – A Review of Rammed Earth Construction. P. 76.

154 A ligação entre materiais como os quadros das janelas, ausência de pingadeiras ou bloqueio das mesmas, os terraços, os pontos de ligação entre a estrutura do telhado e as paredes, etc. HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 243; Nas zonas de águas como cozinhas e banhos, deve ser aplicada uma boa impermeabilização, principalmente junto ao solo, dada a especial propensão para inundações (rutura de canalização, trabalho). MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P.124



37. Esquema “boas botas e bom chapéu”



38 e 39. As formas naturais da erosão assemelham-se às formas da Mesquita



40. Mesquita do Djenné no Mali

ra às intempéries. Pelo que a autora pôde verificar, estas devem-se à excessiva exposição, falta de proteção superior ou à concentração de água em algumas zonas (água da chuva/zonas de humidade constante) - a questão das patologias é bastante complexa e relaciona-se com muitos outros aspetos que fogem ao tema do trabalho. No entanto, a ausência dos sistemas de proteção não leva, necessariamente à ocorrência de patologias. As lições do passado têm vindo a ser um motivo de inspiração.

2.2.2 Desenhar com a erosão

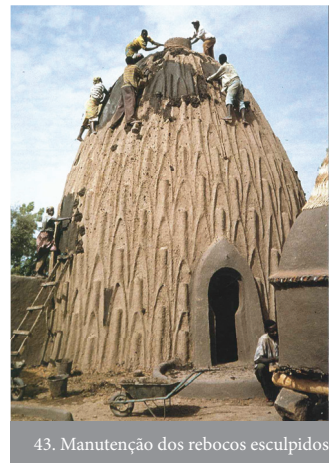
O Homem ancestral sabia que a durabilidade dos seus abrigos era garantida por uma proteção superior e inferior, aliada a uma manutenção anual. A erosão era aceite como um processo natural – de que serve lutar contra uma força tão grande como a da Natureza? No entanto, para construir umas “boas botas e um bom chapéu”, são necessários materiais resistentes, como a pedra ou a madeira; materiais indisponíveis nas zonas mais desérticas. Ora, se hoje estas regras são omitidas por uma opção estética e formal, como reagiam os povos perante a falta de recursos naturais? A arquitetura vernacular tem vindo a demonstrar a sua capacidade de resistência, independentemente da situação geográfica, recorrendo apenas aos meios locais, os únicos que tinham disponíveis. As Mesquitas do Mali ou do Burkina Faso são conhecidas pela sua aparência particular mas, na verdade, as suas formas escondem algo mais do que uma simples vontade estética.

A. Expressões vernaculares

A Mesquita do Djennè no Mali (fig. 39) construída em 1901, é particularmente impressionante pela sua dimensão social e arquitetónica. Considerada Património da Humanidade, a Mesquita é um dos maiores edifícios religiosos do mundo em terra, com cerca de 75m de comprimento por 20m de altura. A falta de recursos naturais, tais como a pedra e a madeira, impulsionou os povos na procura de novas soluções. O esquema da figura 37 estabelece uma relação entre a degradação característica das estruturas, as formas de defesa mais comuns (“boas botas e bom chapéu”) e a opção adotada na Mesquita: os nativos do Mali, conscientes da degradação típica das construções, optaram por criar formas que se adaptassem à própria erosão; assim, as fachadas da Mesquita são construídas com várias torres ogivais que evitam a estagnação de água nos topos e adequam-se à própria erosão natural dos solos; na verdade, estas formas particulares



42. Obus Houses



43. Manutenção dos rebocos esculpidos

assemelham-se muito às formas naturais da terra, quando moldada pela ação cíclica da água. As figuras 38 e 39 demonstram bem esta semelhança. Assim, na zona inferior, o embasamento e a fundação são substituídos por um reforço constituído por várias camadas de terra;¹⁵⁵ a sua forma orgânica e elevada do nível do chão, evita a estagnação de águas e permite aos habitantes proceder com a manutenção após a época das chuvas; as estacas de madeira fixas nas fachadas servem de andaimes, onde os homens sobem para aplicar os rebocos,¹⁵⁶ preparados pelas mulheres e crianças, uma ação onde toda a aldeia participa numa cerimónia coletiva. Este é um acontecimento de extrema importância, de dinamismo e transmissão de saber.¹⁵⁷

Verifica-se a adoção de sistemas semelhantes em vários tipos de estruturas, desde mesquitas a habitações, mas também noutros países. Apesar de não terem sido encontradas referências sobre a sua intenção formal/funcional, a semelhança das formas e a aproximação geográfica leva a concluir que estas geometrias derivam da mesma intenção. São exemplos a Porta Monumental da vila de Timimoun na Argélia (1980), a Mesquita de Kawarw em Côte-d'Ivoire, a Casa em Ségou no Mali ou a Mesquita de Bobo Dioulasso no Burkina Faso, entre outros. Nesta última é possível verificar a substituição parcial das “boas botas” em terra, por um elemento mais resistente.¹⁵⁸ Observando a arquitetura vernacular, encontram-se soluções simples e eficientes de proteção, aliando a função e a estética dos elementos – a adaptação ao local apenas depende da arte e do engenho de cada povo, assim como dos materiais à sua disposição.

- No Camarão, as casas Obus de Musgum, apresentam uma forma ogival e uma expressão esculpida ao nível do reboco, que parece ser estritamente decorativa (fig. 41). No entanto, tanto a forma como o trabalho exterior, são fruto de opções de desenho intencionalmente funcionais: a forma ogival permite uma maior estabilidade e conforto térmico interior e, à semelhança de Djennè, permite a diminuição do impacto da chuva nas paredes; os relevos exteriores, para além de servirem como andaimes para a manutenção após a época das chuvas, permitem desviar as gotas de água e diminuir a sua velocidade¹⁵⁹ (fig. 42). No fundo, o reboco exterior interage diretamente com a sua própria agressão.
- Na Stones village em Al Khalaf, na zona sudoeste da Arábia Saudita, a adaptação ao local é

155 Tal como todas as construções do Oeste de África, também aqui não são feitas fundações.

156 Segundo Eires, estes rebocos tem na sua constituição palha de arroz em fermentação, um aditivo com propriedades hidrófugas. EIRES, Rute – Construção em terra. P. 80.

157 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 72-73; EIRES, Rute – Construção em terra. P. 80; <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2011/11/mesquita-de-djennemali.html>.

158 DETHIER, Jean – Des Architectures de Terra. P. 47, 45, 53, 55

159 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P.64-65



43. Stones Village, Arábia Saudita



44. Efeito horizontal

conseguida de uma forma bastante particular: tal como ilustra a figura 43, nas paredes de terra são introduzidas fileiras de pedra salientes com uma pequena inclinação, formando linhas horizontais com intervalos regulares; estes elementos proporcionam a diminuição da velocidade da água das chuvas, que cai com grande intensidade na região¹⁶⁰ - esta é uma zona caracterizada por grandes picos de chuva (a mais alta do país) concentrados em dois meses.¹⁶¹ Ao nível de desenho, as fileiras de pedras criam um efeito horizontal e texturado muito forte, o que contrasta com a forma dos edifícios, na sua maioria vertical. Por vezes, este efeito visual é ainda intensificado com a introdução de cores diferentes entre os diversos estratos criados pelas fileiras, tal como mostra a figura 44.

A Arquitetura vernacular tem dado provas da sua durabilidade. Tanto no Mali, no Burkina Faso, na Arábia Saudita ou no Camarões, a erosão é aceite como um processo natural. O conjunto final consiste numa fusão entre a estética e a função, que trabalham em conjunto para atingir a durabilidade. As fachadas interagem com a erosão e aceitam-na como moldadora das suas formas. Assim, a terra acaba por tirar partido das suas próprias fraquezas, transformando uma característica negativa na própria expressão da arquitetura. Será possível transportar esta lógica para a atualidade? Na verdade, apesar de ainda pouco disseminada, a aceitação da erosão é de novo um motivo arquitetónico.

B. Expressões contemporâneas

*“Allowing for changes, such as the aging of surfaces, is part of the engineering and design strategy of earthen construction. Earth is fragmented, eroded, decomposed, and deposited rock.[...] Today, erosion and sedimentation are usually viewed negatively throughout the world. We seek, for instance, to prevent erosion or to divert it by constructing protective structures. On the other hand, we have restricted the expansion space for erosion and sedimentation; it is held back. But erosion is so powerful that it cannot be thwarted; in other words, the problem is merely shifted in time. All surfaces are fundamentally subjected to erosion. At the same time, the respective material has an impact on its configuration. It is fascinating to accept erosion and design with it.”*¹⁶²

160 DETHIER, Jean – Des Architectures de Terre. P. 66; DETHIER, Jean - Arquitedturas de terra. P. 84.

161 <http://www.flickr.com/photos/mytripsmypics/7716106926/>

162 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P. 113. “Permitir transformações, tais como a ação sobre as superfícies, faz parte da estratégia da engenharia e do design da construção em terra. A terra é fragmentada, erodida, decomposta, e material depositado [...] Hoje, a erosão e a sedimentação são usualmente vistas negativamente pelo mundo. Procuramos, por exemplo, prevenir a erosão ou desviá-la construindo estruturas protegidas. Por outro lado, temos restringido o espaço para a erosão e a sedimentação; esta ação é retida. Mas a erosão é tão poderosa que não pode ser impedida, em outras palavras, o problema é apenas deslocado no tempo. Todas as superfícies são fundamentalmente submetida à erosão. Ao mesmo tempo, o respetivo material tem um impacto sobre a sua configuração. É fascinante a aceitar a erosão e design com ela.”



45. Rauch House na Áustria, 2008



46. Efeito vertical/horizontal criado pelos elementos de argila cozida



47. Proteção superior e inferior impermeáveis

Martin Rauch é o protagonista desta atitude contemporânea. Tal como afirma, a erosão faz parte da própria Natureza do material - atuar de forma protetiva seria apenas adiar o seu ciclo. Assim, a utilização da taipa deve ser feita de forma natural, sem recorrer a qualquer estabilização exterior.¹⁶³ No fundo, esta ação corresponde à mesma lógica vernacular, onde a fragilidade do material é aliada ao desenho, criando um efeito duplo entre a forma e a função que serve, a que Rauch chama de “desenhar com a erosão”. No entanto, jogar com as características de um material envolve sensibilidade e um grande nível de conhecimento¹⁶⁴; tal como refere Peter Walker, engloba também uma grande experiência baseada em casos reais.¹⁶⁵ A construção da sua casa-atelier em Schlins, marca precisamente o regresso desta intenção, onde a fragilidade da matéria se transforma numa oportunidade de desenho.

Em 2008, Martin Rauch e o Arq. Roger Boltshauser desenharam e construíram em Schlins, um edifício com três andares, totalmente erguido com a terra do local (85%), recorrendo à taipa como sistema portante (fig. 45).¹⁶⁶ Ao nível formal, a casa apresenta-se como um paralelepípedo retangular interrompido por duas grandes incisões que quebram a densidade do volume, criando espaços exteriores. Dada a natureza do material, as janelas são escassas mas permitem criar uma maior transparência no todo.¹⁶⁷ As suas paredes nascem do escavar da própria encosta, trazendo uma ambiguidade *“Is the Rauch House a geometric form that has been placed in the hill side? Or is the earth of the hillside that has been geometrically formed?”*.¹⁶⁸ No entanto, é na definição exterior que se encontra o seu maior desafio. Na verdade, as riscas da fachada, características da técnica da taipa, escondem uma função tanto técnica como estética: ¹⁶⁹ a introdução de finas peças de argila cozida, também desenvolvidas por Rauch, acabam por abrandar o escoamento da água, que leva as partículas de menor dimensão, evitando o desgaste excessivo da superfície – a erosão natural e prevista; por outro lado, estas manipulam a visão do observador; os layers criam um efeito de luz e de sombra na fachada, reforçando o seu efeito horizontal, a “mentira” do volume;¹⁷⁰ estas lâminas são aplicadas em intervalos menores nos centros das fachadas, aumentando nos topos em ambos os sentidos; o edifício acaba por parecer mais longo do que

163 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P.14;

164 *Ibidem*. O contacto em África com formas vernaculares de construção, aliado à sua formação em cerâmica, contribuíram para a sua plena confiança nas propriedades dos materiais naturais. EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 28-29; KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P. 60;

165 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P.42;

166 A casa Schlins é um marco na construção com terra atual; é o fruto de vários anos de experiência e que permitiram ao autor – construtor, controlar todos os elementos da obra, desde as fundações até às ligações mais sensíveis entre os diversos materiais.

167 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P.26; RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 24

168 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P.26-55. “Será a Casa de Rauch uma forma geométrica implantada na encosta? Ou será a terra da encosta que se formou geometricamente?” Tradução livre.

169 *Ibidem*.

170 *Ibidem*.



48. Elementos horizontais, terra granular



49. Inclinação da pedra



50. Elementos inclinados, terra de textura fina

realmente é (fig. 46). As “boas botas e o bom chapéu” foram substituídas por elementos que conferem a proteção mínima da estrutura (fig. 47), tal como num edifício desenvolvido com outro material qualquer: a cobertura é plana e revestida com os mesmos tijolos cozidos da fachada;¹⁷¹ a fundação é constituída por betão (pouco cimento) e cal hidráulica, sem qualquer embasamento, e ligadas à parede com uma película impermeabilizante de betume.¹⁷²

Contudo, esta solução não parece nova. Voltando à arquitetura vernacular, descobre-se uma relação de proximidade entre a casa em Schlins e os edifícios da Arabia Saudita. No entanto, há que distinguir as suas particularidades: no exemplo mais antigo, as riscas horizontais são colocadas numa orientação ligeiramente inclinada (fig. 49), provavelmente para evitar a acumulação de água entre as diversas camadas; já Rauch, adota um sistema totalmente plano e pouco saliente (fig. 48), ao contrário das proeminentes pedras nas fachadas da Arábia Saudita. Por outro lado, existe uma diferença bastante significativa, no tipo de superfície exterior: através das imagens, percebe-se a utilização de um solo de textura mais fina, no caso mais antigo, enquanto Rauch utiliza um solo de granulometria forte, de forma a obter uma estabilização da erosão à superfície (fig. 48 e 50). Ambas as diferenças serão, com certeza, derivadas do contexto em que cada um se insere, como por exemplo o clima e os materiais disponíveis - de facto, na arquitetura de Rauch, os materiais locais são também prioridade. Cada construtor terá encontrado a melhor forma de se defender contra a sua situação específica. Salientem-se dois estudos pertinentes para a análise das duas soluções:

A. Hall e Djerb (2005) referem a existência de uma menor erosão das superfícies, em solos de constituição granulométrica maior. Explicam que, ao serem constituídos por areias médias e gravilhas (entre 20 e 2mm¹⁷³), existe uma maior distribuição das partículas de argila que bloqueiam os poros e aumentam a coesão. Desta forma, o material será mais resistente à entrada de água no sistema.¹⁷⁴

Na casa em Schlins foi adotada uma solução bastante semelhante. Rauch teve especial atenção com a granulometria das paredes exteriores, prevendo já a sua futura estabilização: a terra escavada foi toda partida até as suas partículas atingirem um máximo de 30mm; depois de ser

171 *Ibidem*. P. 167 É de salientar o grande controlo de Martin Rauch sobre todos os elementos que construiu. O seu conhecimento de química de materiais torna-o capaz de desenvolver com confiança todas as misturas para os pavimentos, revestimentos e tijoleiras. Todas as peças cozidas foram pensadas de forma a não ultrapassar os 970°C, e com materiais resultantes da extração para a obra, diminuindo o impacto ambiental e económico total.

172 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P.115

173 Dimensão das gravilhas defenida pela CRATerre. Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 208.

174 *Abud*: EIRES, Rute – Construção em terra. P. 47-48



51. Concentração da erosão junto às camadas de cal

passada numa peneira com a mesma dimensão e misturada com as restantes frações, o material apresentava uma granulometria ideal para servir a sua função.¹⁷⁵ As chuvas acabam por arrastar as partículas de menor tamanho até que as partículas de maior dimensão acabam por estabilizar a superfície, tornando a erosão cada vez menor.¹⁷⁶

B. Por outro lado, Ellison (1944) percebeu que, com o tempo, a erosão criada pelo respingar das gotas de chuva numa superfície em terra vai diminuindo. Este fenómeno dá-se pelo efeito consolidante do impacto das gotas de água, que vai formando uma superfície mais resistente e com menor porosidade;¹⁷⁷ a água vai lavando os siltes, deixando as argilas à superfície, por sua vez, alinhadas pela pressão. Tal como afirma Ulrico Sanna, as argilas, por si só, constituem um material altamente impermeável à circulação da água.¹⁷⁸ Não foram encontradas referências relativamente à constituição do solo utilizado nas casas da Arábia Saudita, ou ao tipo de impacto da chuva nas fachadas; no entanto, através da imagem e da análise das técnicas, percebe-se que a terra utilizada nestes casos é bastante mais argilosa e com predominância de elementos finos, logo é possível que passe por este processo. Por outro lado, a introdução das pedras enviesadas será, com certeza, um método eficiente.

Relativamente à horizontalidade dos elementos do “*erosion-brake*”¹⁷⁹ em Schlins, surge naturalmente uma dúvida: até que ponto estas não representam zonas de acumulação de água das chuvas? Será que foi este o motivo que levou Rauch utilizar determinada granulometria? Encontram-se alguns exemplos onde a introdução de elementos mais resistentes pode ter levado à acumulação de água e consequente degradação:

- Verifica-se a erosão em algumas estruturas antigas do Alentejo, onde as argamassas de cal entre os taipais permitiram a concentração de humidade, levando à perda de coesão do material - fala-se de construções muito antigas e que inicialmente estariam protegidas pelo reboco (fig. 51).
- Ao mesmo tempo, esta patologia pode resultar da exposição aliada a outros fatores, como por exemplo, uma terra de fraca qualidade.¹⁸⁰

Ao mesmo tempo, a estabilização granulométrica de Rauch pode não permitir a entrada de água no sistema, ou se entrar, até que ponto será preocupante a entrada de pequenas quantidades

175 É também importante referir os baixos níveis de humidade requeridos pela técnica.

176 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P. 113

177 *Abud*: EIRES, Rute – Construção em terra. P. 47-48

178 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’Edilizia Storica e Moderna. P. 35

179 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P. 66.

180 Na construção tradicional do Alentejo, as terras de fraca qualidade eram misturadas com elementos mais fortes, tal como se vê na imagem.



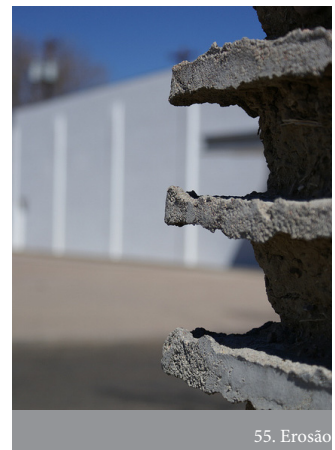
52. Estudio de Martin Rauch em Schlins na Áustria, 1994



53. Pormenor da fachada do Estudio de Rauch



54. Erosão dos muros de Donald Judd



55. Erosão

de água se esta facilmente evaporar? Neste caso, os fenómenos de gelo-degelo já seriam mais preocupantes. Apesar das questões levantadas, a solução adotada por Rauch tem-se mostrado eficiente, talvez por resultar da união de duas metodologias – as barreiras horizontais e a estabilização granulométrica. A durabilidade da construção é salientada pelo autor, numa conferência na Universidade de Harvard, onde demonstra a eficácia do sistema geral: após dois anos, apenas os finos foram lavados, deixando a gravilha à superfície, tal como previa.¹⁸¹ Além disso, o facto de esta solução ter sido já aparentemente experimentada por Rauch e o Arq. Robert Felber na construção do seu estúdio em 1994 (fig. 52 e 53), leva a acreditar que a solução realmente funciona.

Um exemplo muito interessante é a degradação das paredes de adobe e argamassa de cimento realizadas por Donald Judd (192- 1994) em Marfa. Estas estruturas albergam algumas das obras mais significativas deste artista plástico norte-americano e refletem um conceito muito utilizado na sua arte – a união entre os materiais tradicionais e industriais.¹⁸² No entanto, a união de materiais tão diversos aliado a uma falta de uma “pele” exterior, permitiu uma grande e rápida degradação das estruturas, tal como se vê na figura 54 e 55. A erosão dos adobes tornou em evidência o cimento, criando zonas que potenciam a acumulação de água. O efeito final criado por esta união é bastante ambíguo e levanta outras reflexões:

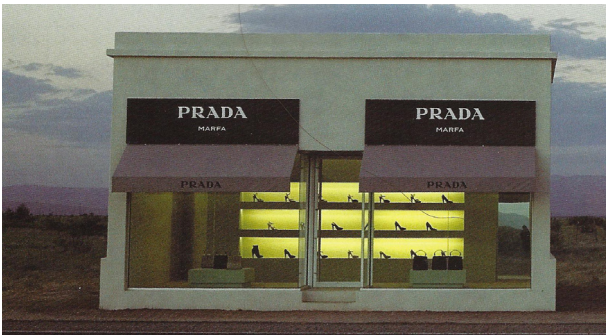
- As incompatibilidades mecânica (menor resistência que o suporte), física (como por exemplo, o coeficiente de expansão térmica) e química (não causar alterações químicas no material),¹⁸³ não permitiriam, logo à partida, uma solução adequada; este aspeto foi confirmado pela sua rápida degradação. Tal como refere Ulrico Sanna, a argamassa deve ter sempre uma resistência inferior aos elementos que suporta, caso contrário, a terra sofrerá degradação enquanto a massa permanece intacta. Este tipo de efeito é tão previsível que, mesmo perante pedra assente em argamassa de cimento, a força hidráulica do ligante acaba por resistir mais do que a pedra, criando um resultado contrário;¹⁸⁴
- Por outro lado, o efeito criado por Judd representa algo mais do que uma patologia e pode ser percecionado para além da erosão. Tal como refere Eduardo Carvalho, a degradação das estruturas acabou por criar um efeito estético muito interessante e revelador: se estas constituírem apenas

181 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 113; “Mud Works: A different shade of Green”: <http://www.youtube.com/watch?v=TzQh82mwwUQ>

182 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 148

183 RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua. P. 14 e 15; Oficina de construção em terra crua - 6ºATP/9ª SIACOT. P. 1-5; MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 114;

184 Informação retirada das aulas com o Prof. Ulrico Sanna.



56. Edifício da Prada no Texas, 2005



57. Construção em adobe e cimento, tal como Donald Judd

paredes sem qualquer função estrutural, como parece ser o caso,¹⁸⁵ as exigências de durabilidade não serão tão elevadas; mesmo fragilizada, a estrutura pode permanecer exposta à erosão. Além disso, segundo o estudo de Ellison (1944) acima referido, a erosão pode acabar por estabilizar os tijolos de adobe, dada a proteção oferecida pelo impacto da água; assim, a sua degradação, até um certo ponto, não criará grandes problemas. Neste caso, o que se poderia chamar um “erro construtivo”, gerou uma solução arquitetónica interessante – tal como continua o autor, “Num contexto “western” de abandono e desolação, estas paredes tem uma beleza extraordinária. Frágil”;¹⁸⁶ uma abordagem inserida num contexto mais artístico e efêmero. No entanto, independentemente de ter sido ou não um ato consciente e programado, Judd “desenhou com a erosão”.

- A união entre o adobe e o cimento, foi também utilizada na construção do edifício da Prada, também em Marfa. Os Arq. Almgreen e Dragset procuraram o mesmo conceito de Judd, criando uma provocação ao ambiente ambíguo que se vive na região, onde o abandono e a pobreza co-habitam com situações de extrema riqueza¹⁸⁷ (fig. 56 e 57). Este edifício demonstra a estética minimalista criada por Judd em Marfa, cuja influência persiste até aos dias de hoje.

As questões levantadas refletem apenas a atual falta de investigação neste campo, ou por outro lado, a dificuldade em encontrar dados que esclarecessem tais afirmações. Dado a terra constituir um material “relativamente novo” no seio da arquitetura contemporânea, talvez seja ainda cedo para chegar a alguma conclusão quanto à eficácia de determinadas soluções. De qualquer das formas, a terra (ou as terras) é um material muito complexo e a adoção de soluções, nunca ou pouco experimentadas, envolve sempre um risco. *“Nevertheless, the techniques of earthen construction develop further with every built structure. For me, every project always includes a share of “calculated risk” – in other words, I try out new steps in production and workmanship, whose implementation enables one to learn and create innovations for the future.”*¹⁸⁸ Tal como afirma Rauch, é necessário procurar novas soluções que permitam uma utilização mais confiante do material e logo, a sua viabilização no futuro.¹⁸⁹ Este conceito é também partilhado por arquitetos portugueses, tal como Henrique Schreck e Alexandre Bastos, que procuram desenvolver as

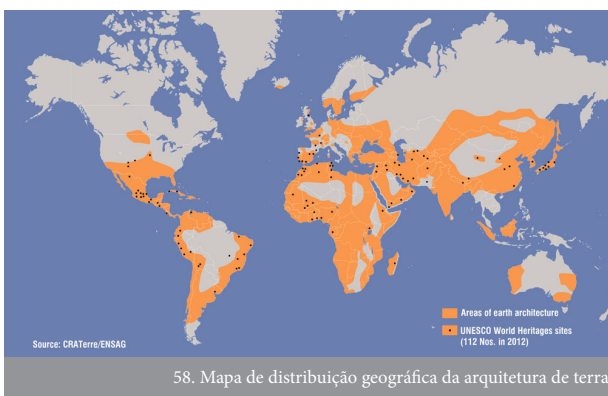
185 É necessário referir a falta de informação sobre estas estruturas. Assim, através dos dados disponíveis na internet, verificou-se que estas constituem apenas paredes exteriores divisórias, logo sem grande função estrutural. No entanto, não existem referências conclusivas.

186 Conversas informais com o Arq. Eduardo Carvalho. Ver anexo 15.

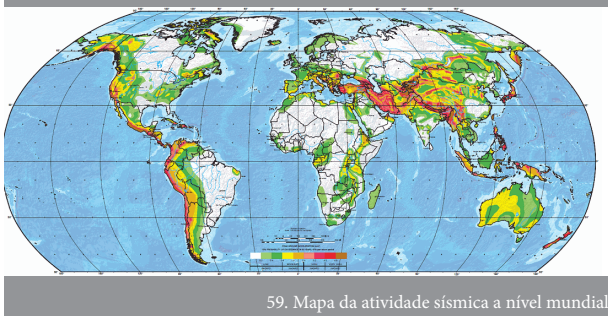
187 Aliás, como refere Ronald Rael, a construção tradicional em terra tornou-se alvo de um mercado tão custoso, que os mais pobres já não podem suportar. RAEAL, Ronald - Earth architecture. P. 148-151

188 KAPFINGER, Otto; SIMON, Axel – Haus Rauch. P. 112. “No entanto, as técnicas de construção em terra desenvolvem-se em cada estrutura. Para mim, cada projeto inclui sempre uma parte de “risco calculado” – em outras palavras, eu experimento novas formas de produção e de trabalho manual, cuja implementação permite a cada um aprender e criar inovações para o futuro.” Tradução livre.

189A abordagem de Rauch foi já repetida por dois arquitetos italianos, Pietro e Simsa Melloni, na construção de uma casa privada na Toscana em Itália. http://www.corriere.it/ambiente/12_novembre_27/bioedilizia-case-terra_8b71e6e0-37d4-11e2-94e7-603de4c26bba.shtml



58. Mapa de distribuição geográfica da arquitetura de terra



59. Mapa da atividade sísmica a nível mundial

técnicas através da experimentação, seja pelos materiais ou pelas formas.¹⁹⁰ É necessário passar pelo que se pode chamar “uma época experimental”, para obter respostas mais conclusivas sobre o comportamento da terra face aos novos desafios da arquitetura.

3. Os sismos e a arquitetura

A terra apresenta uma resistência mecânica relativamente baixa.¹⁹¹ No entanto, é na resposta perante as forças de tração e flexão que se encontram as maiores debilidades. Aos sismos correspondem forças maioritariamente horizontais e de grande expressão, aos quais as construções em terra não conseguem resistir facilmente.¹⁹² Assim, apresentam-se frágeis e com uma utilização restrita em termos formais,¹⁹³ não devendo ser submetidas a forças de tração. Por outro lado, tal como ilustram os mapas 58 e 59, não se verifica nenhuma relação inversa entre as zonas sísmicas e a utilização do material na construção. Tal como refere Ruifeng no contexto do relatório sobre as Hakka Houses, *“Rammed earth structures have existed on the planet Earth for thousands of years in regions that experience hurricane force winds and earthquakes. In these regions, civilization has seen modern construction appear to be the victim of nature’s power whereas older rammed earth structures have been able to withstand those conditions through the test of time.”*

¹⁹⁴ No seguimento desta ideia, levantam-se questões sobre a adequação das práticas atuais de construção. Ao mesmo tempo, se as construções em terra conseguem resistir a um sismo, também é possível construir estruturas mais resistentes às forças de tração, caso sejam solicitadas. Assim, torna-se necessário perceber de que forma atuam as forças potencialmente danosas, e como pode a arquitetura responder a este problema, aliando uma boa performance a um gosto contemporâneo.

3.1 As ações mecânicas

Um edifício, independentemente do material utilizado, deve ser capaz de responder às solicitações que lhe são impostas, sejam elas devido ao próprio peso dos seus elementos, à sua utilização,

¹⁹⁰ Informação obtida através de conversas informais com os arquitetos.

¹⁹¹ É considerado em material com baixa resistência mecânica em comparação com outros materiais industriais, tais como o betão ou o tijolo de argila, por exemplo. Como referido anteriormente, o processo de cozedura faz com que adquiram maior resistência, contudo, perdem outras propriedades.

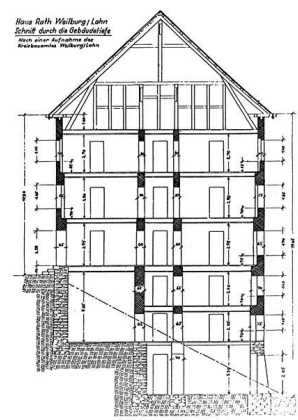
¹⁹² LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In *“Arquitectura de terra em Portugal”*. P. 190; PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 9.

¹⁹³ CRUZ, Macarena Gaete – Estratégias morfológicas de diseño sismo resistente...In *“Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010”*. P. 207; GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 147.

¹⁹⁴ LIANG, Ruiheng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka rammed earth structures. P. 15. *“No entanto, as técnicas de construção em terra desenvolvem-se em cada estrutura. Para mim, cada projeto inclui sempre uma parte de “risco calculado” – em outras palavras, eu experimento novas formas de produção e de trabalho manual, cuja implementação permite a cada um aprender e criar inovações para o futuro.” Tradução livre.*



60. Casa Weilberg na Alemanha, 1828



61. Corte Casa Weilberg

ou a forças exteriores com é o caso dos sismos. Dentro dos seus constituintes, as coberturas, as lajes e as arquivadas, por exemplo, representam forças horizontais¹⁹⁵. Existem valores mais ou menos definidos para avaliar a resistências da terra perante as forças que lhe são impostas. No entanto estes são apenas indicativos pois, como já referido, a terra não é um material *standard* e logo, a avaliação final depende dos elementos que o constituem (quantidade e qualidade), do seu método de preparação e da ação mecânica que, no caso da taipa, é a compactação.¹⁹⁶

3.1.1 Compressão e tração

A terra funciona relativamente bem à compressão.¹⁹⁷ Os valores variam entre os diversos autores, variando entre os 2 e os 5MPa.¹⁹⁸ Por outro lado, denota-se uma dúvida patente entre vários profissionais, sobre a necessidade das exigências impostas por lei relativamente às performances mecânicas, fomentada muitas vezes por um mercado pouco interessado, que avalia as suas performances de acordo com parâmetros utilizados para outros materiais.¹⁹⁹ De acordo com a norma Alemã DIN 18954, um edifício em terra não deve ser submetido a uma força à compressão superior a 0.3 a 0.5MPa.²⁰⁰ Assim, como é possível resistir até aos dias de hoje a casa Weilberg figura 60 e 61 na Alemanha, datada de 1828 e com 5 pisos de altura, sendo submetida na base a uma compressão de 0,75MPa?²⁰¹ Os laboratórios da CRATerre, falam também de valores muito inferiores aos estabelecidos, onde 0.1MPa é apresentado como o valor mínimo indispensável para edifícios de 1 piso, sendo que 2 a 2,4MPa representam já grande nível de segurança até em estado húmido.²⁰² Contudo, quando se fala dos impactos causados pelos sismos, com vetores fortes e maioritariamente horizontais, a estabilidade das construções em terra é posta em causa.²⁰³ Relativamente à tração, segundo Humberto Varum, a terra apresenta uma capacidade de resistência que representa apenas 20%²⁰⁴ do valor relativo à resistência à compressão; já a CRATerre fala em valores na ordem dos 0,5 e 1MPa.²⁰⁵ Apesar das variações, tratam-se sempre de números

195 SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna. P. 2.

196 Diferentes receitas e preparações conduzem a diferentes resultados. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 35

197 GOMES, Maria Idália da Silva - Construção Sísmo Resistente em Terra Crua. P. 147; CRUZ, Macarena Gaete – Estratégias morfológicas de diseño sísmo resistente... In "Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010". P. 209

198 Outros valores apontados: CRATerre – 2 a 5 MPa; Minke – 0,5 a 5MPa; Humberto Varum - 0,5 a 2Mpa; Peter Walker – 0,5 a 4MPa; U.SANNA-2 a 4mpa.

199 Miguel Mendes na obra "Arquitecturas de Terra em Portugal", refere a falta de interesses por parte das entidades para o desenvolvimento das técnicas; Minke (2005) e Houben (2006) afirmam a falta de lógica nestes valores que se encontram exagerados para a sua função; Lourenço (2008) evidencia os resultados negligentes dos ensaios de laboratório, e a sua inadaptação à natureza deste "novo material" – os ensaios clássicos não devem ser aplicados diretamente à terra sem qualquer adaptação pois os resultados não serão demonstrativos das suas capacidades. LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 35; Esta questão é levantada pela Professora Maddalena Achenza durante as aulas;

200 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 41. Segundo Minke, é pouco comum que seja requerida uma resistência maior, ocorrendo apenas para alguns elementos muito expostos a cargas extremas, como em estruturas de vários pisos.

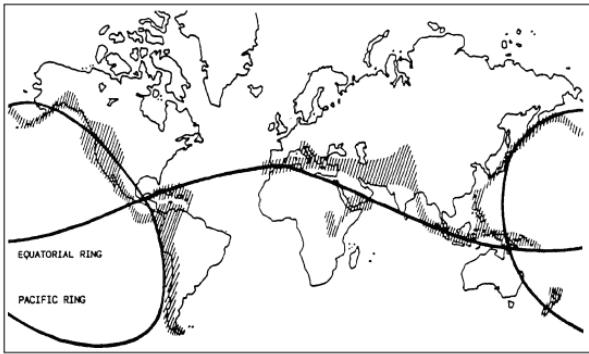
201 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 4. Esta habitação é um exemplo bastante significativo das potencialidades e da durabilidade da construção em taipa.

202 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 146

203 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 120; PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 9.

204 GOMES, Maria Idalia – Modelação com elementos sólidos de uma construção em terra crua. P. 2

205 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P.148



62. Mapa da s zonas do mundo mais propensas a sismos



63. Cidadela de Arg-e-Bam no Irão, antes do sismo



64. Cidadela de Ar-e-Bam depois do sismo de 2003

bastante baixos e insuficientes na presença de grandes esforços. Segundo Paulo Lourenço, é precisamente este comportamento que lhe confere a classificação de material com baixa resistência mecânica e comportamento frágil.²⁰⁶ Assim, concluiu-se que a terra não deve ser submetida às forças de tração.²⁰⁷

3.1.2 Os sismos

O sismo ocorre devido ao movimento das placas tectónicas ou decorrente da atividade de um vulcão.²⁰⁸ Estas ações criam forças horizontais e verticais nos edifícios (as forças horizontais representam a maioria), às quais estes tentam responder com forças de inércia, resistindo aos movimentos da sua base, permanecendo imóveis. As forças de inércia atuam diretamente na estrutura e apresentam valores tão mais elevados quanto mais pesados e maciços forem os edifícios.²⁰⁹ O mapa da figura 62 ilustra as áreas do mundo mais propensas a abalos sísmicos, relacionadas com o limite entre duas placas tectónicas. Segundo Minke, os sismos de maior intensidade foram detetados no anel do pacífico, desde o Canadá até ao Chile, influenciando também o Japão, a Nova Zelândia e a Guiné. A outra zona crítica situa-se ao longo da linha do equador.²¹⁰ Em grande parte destas zonas, dada a pobreza local, as habitações são precárias e naturalmente construídas em terra.²¹¹

Na ocorrência de um sismo desenvolvem-se forças paralelas e perpendiculares às paredes, que provocam tensões de deformação: as mais preocupantes são as perpendiculares que causam esforços de tração, flexão e corte a que a terra não consegue resistir facilmente.²¹² No entanto, na maior parte dos casos, esta fragilidade deve-se à falta de conhecimento e má execução de estruturas, que não estão preparadas para receber tais solicitações.²¹³ São muitos os exemplos de perdas de vida e de património devido a más práticas de construção ou devido a uma má interpretação das soluções ancestrais. Segundo Ronald Rael, a destruição da cidadela de Arg-e Bam no Irão²¹⁴ (fig. 63), totalmente construída em terra crua (através das técnicas do adobe e do

206 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 190; De acordo com Ulrico Sanna, um material é considerado frágil se atingir a rotura sem ter passado por deformações de tipo plástico, tais como a pedra, tijolo, cimento, vidro. SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – I Materiali dell’E-dilizia Storica e Moderna. P. 4.

207MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 41

208*ibidem*. P. 163

209 GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 58; LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 120

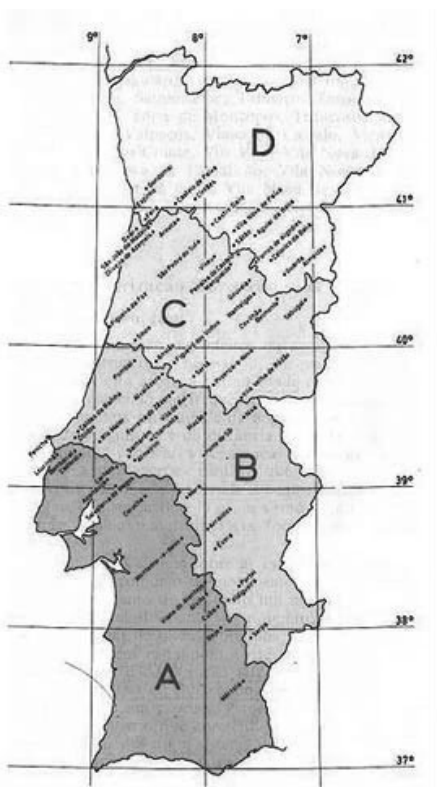
210MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 6;

211 Houben, Hugo; Guillaud, Hubert – CRATerre... P. 301

212 GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 58-59; MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P.6;

213 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 189.

214 A cidadela é considerada Património Mundial da Unesco. A sua origem data do séc. VI ao séc. IV a.C., no entanto, a maior parte do que existe da cidade foi construído entre 1502-1722, com trabalhos de restauração começados em 1953 até ao terramoto. *Abud*: CORREIA, Mariana Rita Alberto Rosado – Conservation Intervention in Earthen Heritage. P. 106



65. Mapa de zonamento sísmico em Portugal

cob)²¹⁵, contribuiu significativamente para a desconfiança geral sobre o material. Em Dezembro de 2003, a cidade foi vítima de um terramoto de intensidade 6.6 na escala de Richter que matou estimadamente 40% da população e destruiu cerca de 80% do edificado²¹⁶ (fig. 64). Posteriormente, as observações no local levaram a concluir que, grande parte dos danos sofridos ocorreram nas zonas mais recentemente restauradas ou reconstruídas - Manapour refere ainda que a extensiva recuperação dos edifícios pode ter constituído o maior motivo para tão grande devastação.²¹⁷ Estes acontecimentos contribuem para a perda de credibilidade do material pois, para além do preconceito associado, as práticas atuais têm vindo a mostrar-se bastante frágeis.²¹⁸

3.1.3 Os sismos em Portugal

Como já referido anteriormente, Portugal é um país com um considerável risco sísmico, principalmente a zona sul e centro, pela proximidade com o limite entre duas placas tectónicas. Tal como mostra a figura 65, o Algarve e grande parte do Alentejo incluem-se na zona mais perigosa (Zona A de elevado risco sísmico),²¹⁹ por sua vez, coincidente com a maior concentração de edifícios construídos em terra.²²⁰ Aliado ao regresso das construções em taipa, nomeadamente no Alentejo, voltam também as preocupações relativas à segurança e aos métodos para-sísmicos. Em Portugal, não existem normas ou regulamentos que definam valores de resistência adequados para a terra, um aspeto que se apresenta bastante limitador.²²¹ Os edifícios atuais resultam da reunião do conhecimento popular e da investigação autónoma dos seus criadores, baseada em experiências nacionais e internacionais.²²² A sua construção é baseada em métodos de reforço ancestrais e que, ao longo dos anos, se têm mostrado capazes de responder às solicitações.²²³ Assim, perante o comportamento frágil da terra, têm vindo a ser feitos diversos estudos no sentido de criar métodos que ajudem a manter o edifício coeso perante a sua utilização mas, principalmente, na ocorrência de um sismo.

3.2 A resposta da arquitetura

A adaptação da arquitetura ao local é um fator essencial para a durabilidade das construções,

215 *Ibidem*. P. 107-108

216 *Abud*: CORREIA, Mariana Rita Alberto Rosado – Conservation Intervention in Earthen Heritage. P. 107; RAEL, Ronald – Earth architecture. P. 15.

217 *Abud*: CORREIA, Mariana Rita Alberto Rosado – Conservation Intervention in Earthen Heritage. P. 106;

218 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 5; RAEL, Ronald – Earth architecture. P. 15.

219 GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 57.

220 *Ibidem*.

221 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 13; CRUZ, Macarena Gaete – Estratégias morfológicas de diseño sismo resistente...In "Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010". P. 210.

222 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 17.

223 *Ibidem*. P. 9

inclusive das que utilizam a terra. Assim, edifícios construídos em zonas de risco sísmico devem, obviamente, serem construídas com base nesses pressupostos. Reconhecem-se métodos anti-sísmicos em algumas das construções mais antigas, como os tirantes de ferro ou os característicos contrafortes da taipa alentejana, mas muitas vezes desconsiderados pela sua raiz tradicional. O regresso da terra na arquitetura contemporânea levanta algumas questões, principalmente na aplicação de métodos anti-sísmicos, por envolverem restrições ao nível formal que nem sempre são respeitadas.²²⁴ Por outro lado, os edifícios situados em zonas aparentemente livres de risco, não necessitam de tal preocupação pois, tal como referido anteriormente, não deverão ser sujeitos a esta força. No entanto, a questão é bem mais complexa: hoje em dia, os novos materiais trouxeram possibilidades que já são tomadas como adquiridas e, a terra como um material contemporâneo, deve poder enquadrar-se nas formas contemporâneas. Assim, têm vindo a ser criadas metodologias próprias capazes de dotar as construções de uma maior performance mecânica, seja em zonas sísmicas ou, simplesmente, por uma vontade arquitetónica. A análise dos métodos anti sísmicos pode ajudar na criação de novas formas de responder às forças horizontais, independentemente da sua proveniência. Mas de que forma poderá a arquitetura, perante as novas ambições, lidar com as imposições do material?

3.2.1 Construção anti-sísmica

A construção anti-sísmica baseia se num conjunto de normas que procuram tornar um edifício resistente às forças impostas por um sismo. Dada a complexidade dos seus efeitos, é impossível criar um método infalível, capaz de proteger a totalidade das estruturas. Contudo, devem-se ter em conta alguns princípios básicos: as forças sísmicas que atuam num edifício serão proporcionais à massa do mesmo;²²⁵ ao mesmo tempo, os esforços de tração provocados aumentam com a altura ou com o comprimento livre das paredes;²²⁶ as aberturas e os ângulos representam pontos de fragilidade;²²⁷ a relação entre a cobertura, as paredes e a fundação, devem constituir um motivo de especial atenção.²²⁸ Perante estas fragilidades, os métodos anti-sísmicos baseiam-se maioritariamente em opções de desenho – estabilizando através da forma – ou na introdução

224 Segundo Daniel Parreira, este é um fator totalmente ignorado pelas entidades reguladoras do Alentejo. PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 9

225 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 162.

226 Segundo Parreira, as forças aumentam também com o comprimento livre da parede. PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 66

227 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 162.

228 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 12

de elementos – reforçando o material – obtendo uma maior estabilidade perante as forças horizontais.²²⁹

A. Conceção estrutural

Na ocorrência de um sismo, a maior parte das perdas humanas deve-se à abertura das paredes e sucessiva queda das lajes e cobertura que estas suportavam. Assim, devem ser promovidas ligações mais eficientes entre os diversos elementos, ou então, optar pela separação entre a estrutura e as paredes de terra. Tudo depende da conceção estrutural adotada.²³⁰ Segundo Minke, existem três principais métodos construtivos para desenhar soluções anti sísmicas. O primeiro e mais comum, consiste na construção de uma cobertura bem agarrada às paredes, de tal forma que, na ocorrência de um abalo, estes funcionem como um objeto único e capaz de resistir às forças sísmicas em todas as direções, sem que haja deformação.²³¹ No segundo método, os edifícios são de tal maneira elásticos que a força cinética do sismo se dissipa nas paredes e não provoca danos.²³² Neste caso, as paredes devem estar bem fixas à viga de bordadura e à base, para que não se separem e o telhado caia. Já no terceiro, é utilizado o mesmo sistema do ponto anterior, no entanto, recorre-se a uma estrutura auxiliar em que o telhado se apoia em colunas externas às paredes. Assim, durante o sismo, estes elementos podem vibrar de forma independente e em diversas frequências.²³³

A definição de abordagens anti-sísmicas pode guiar o processo de criação, no entanto, é difícil limitar os edifícios apenas a três métodos concepcionais. Entre a construção contemporânea do Alentejo, não foram encontradas soluções totalmente enquadradas nesta tipologia: a taipa é quase sempre utilizada como sistema portante; além disso, não se verifica uma ligação forte entre as paredes e as vigas superior e inferior, tal como a requerida pelos dois primeiros métodos. As vigas de bordadura, as paredes e a fundação, encontram-se apenas unidas através do próprio peso dos elementos (ver cortes no anexo 12 e 13). Ao nível internacional, também não foram encontrados exemplos contemporâneos onde fossem descritas assumidamente estas opções, no entanto, verifica-se maioritariamente a adoção da primeira e da terceira solução. Estas serão descritas através dos exemplos dados nos próximos pontos.

229 Há que referir que estes reforços não são apenas exclusivamente necessários na terra. O betão armado é armado pelo mesmo motivo – absorver as forças de tração.

230 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra: P. 163.

231 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 12.

232 Ao desenhar edifícios para estas zonas deve se ter em conta que as forças do sismo que atuam sobre o edifício são proporcionais à massa do mesmo. Assim, as paredes são preferencialmente leves.

233 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 12.



66. Zousei House no Japão, 2005

B. Estabilização por massa

Apenas os muros de grande espessura têm a capacidade de resistir às cargas horizontais de um sismo, sem exigir outros fatores de estabilização. A taipa é uma técnica particularmente adaptada à formação de paredes de grande espessura. Reconhecem-se vários casos de resistência proporcionados pela massa dos elementos: com mais de 150 anos, as casas Mendonza na Argentina, com dois pisos e paredes de 60 a 100cm de espessura, têm-se demonstrado sismo resistentes, apesar do colapso dos edifícios adjacentes, construídos em menor espessura ou em tijolo com estrutura de betão;²³⁴ a resistência das Casas Hakka Tulou deve-se também à espessura paredes, com uma base de quase 2m de largura que vai diminuindo até ao topo; Hoje em dia, não é viável a construção de paredes tão espessas optando-se por outros métodos de estabilização.²³⁵ No entanto, tal como afirma Miguel Peixinho, *“Para a beleza formal desta arquitectura contribuem, também, as magníficas espessuras a que a taipa obriga [...] conferindo a estas casas uma dignidade arquitetónica surpreendente.”*²³⁶ De facto, a robustez das paredes permite uma leitura mais clara dos espaços e proporciona uma sensação de segurança e de estabilidade.

Construída para um concurso concetual no Japão, uma zona de elevada sismicidade, a casa Zousei (o nome japonês para terra compactada) constitui um exemplo particular deste tipo de metodologia aliada a um conceito *low impact* definido pelo concurso. Os Arquitetos Manuabu e Nez/Loce Architects, propuseram uma casa construída em vários blocos robustos em taipa, de geometria irregular, que suportavam uma grande cobertura em aço (fig. 66). Após a exposição, foi retirado o grande “chapéu” e as paredes foram deixadas expostas às condições do tempo, retornando ao seu estado original.²³⁷

C. Estabilização pela forma - planta

As questões formais envolvem as diversas partes do edifício, desde o desenho da planta e dos alçados, até aos tradicionais elementos de reforço, como os lintéis e os ângulos. Estes devem ser sempre considerados independentemente da construção se situa, ou não, numa zona de risco sísmico.²³⁸ No entanto, em zonas de risco as normas são bem mais restritas, principalmente ao nível das dimensões.

234 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 15.

235 *Ibidem*.

236 PEIXINHO, Miguel – Sinais de contemporaneidade. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 146.

237 RAEL, Ronald – Earth architecture. P. 88.

238 A introdução de lintéis é essencial para o bom funcionamento estrutural da construção em taipa, permitindo o suporte da terra que se sobrepõe; é também importante promover uma boa ligação entre as paredes ortogonais;...



67. Pátio central, Cerro da Borrega



68. Pátio central, Pica Noz

• **Planta compacta:** um dos princípios base da construção sísmo-resistente, é a distribuição dos elementos estruturais em planta, diminuindo os efeitos de torção na ocorrência de um sismo. Assim, quanto mais compacta for a planta, maior vai ser a sua resistência às diversas forças externas - as plantas de geometria circular são mais estáveis, seguindo-se as quadradas e depois as retangulares.²³⁹ O desenho da planta deve também ser regular e simétrico, caso contrário é vantajosa a separação entre os dois elementos através de juntas.²⁴⁰ Por exemplo, na conceção de uma planta irregular, como em U ou em L, os elementos devem ser separados estruturalmente. Em edifícios maiores, é preferível substituir as plantas irregulares por um desenho mais compacto com um pátio central adequadamente drenado.²⁴¹

As Casas Fujian, por exemplo, conseguem obter estabilidade através de plantas circulares e quadradas.²⁴² Relativamente às novas construções do Alentejo, de uma maneira geral, não se verifica a adoção de geometrias mais puras: a Caldeirinha e a E.T.A.R de Évora, apresentam-se geometricamente mais estáveis, no entanto, com muitos recortes ao nível da fachada, anulando a sua densidade; os exemplares mais regulares relacionam-se com reconstruções de casas tradicionais logo, de natureza compacta; a solução do pátio central é adotada pelo Arq. Schreck no Cerro da Borrega e no Pica Noz (fig. 67 e 68), no entanto, ambos com uma geometria bastante irregular (ver plantas anexo 11 e 12).

• **Contraventamento:** as paredes em consola são mais suscetíveis ao desabamento perante forças horizontais devido ao aumento das forças de flexão.²⁴³ Assim, paredes com um considerável comprimento livre, devem ser apoiadas lateralmente com elementos que lhe permitam uma maior estabilidade. Segundo Brito, os contrafortes (tradicionalmente chamados gigantes), constituem uma das formas mais antigas de reforço, quer às forças horizontais estáticas (impulsos laterais criados por telhados inclinados, arcos, abobadas, a ligação entre paredes, etc.) ou às dinâmicas, tal como as que ocorrem nos sismos.²⁴⁴ No entanto, o mesmo tipo de reforço pode ser conseguido através da introdução de paredes ou de pequenas secções de paredes, obtendo uma expressão totalmente diferente. Segundo Paulo Lourenço, de uma maneira geral, nas construções

239 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 164; MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P.9.

240 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 191; MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 9.

241 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 191.

242 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainable design in its simplest form. P. 372.

243 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 66.

244 *Abud*: PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 74; Ao nível construtivo, é necessário que os contrafortes apresentem também resistência às forças que lhe são aplicadas; devem estar bem unidos às paredes que suportam; em termos dimensionais, segundo o Regulamento do Novo México, devem ter pelo menos 75% da altura da parede, com uma espessura mínima de 45cm e uma base sempre superior a 1m ou 1/3 da altura da parede.



69. Monte Novo do Espargal, contraforte defensor do espaço



70. Cerro da Borrega, contrafortes criadores de privacidade



71. Casa Alemão, contraforte de reduzidas dimensões

anti-sísmicas as paredes de contraventamento, ou seja, que promovem a resistência ao corte e à flexão, devem constituir cerca de 10% em área total da planta com um mínimo de 0,40m de espessura.²⁴⁵ Contudo, de acordo com o Regulamento do Novo México, os edifícios com paredes de 0,60cm de espessura não necessitariam de contraventamento;²⁴⁶

Os contrafortes são ainda hoje uma característica comum na taipa alentejana. Os Arquitetos Miguel Peixinho e Henrique Schreck, recorrem muitas vezes a este elemento, associando-o a outras ambições arquitetónicas: são utilizados como um símbolo de tradição, conjugando a necessidade de apoio lateral com a definição de espaço exterior (ver figura 69). No Cerro da Borrega, os contrafortes de pedra que marcam a fachada, proporcionam espaços exteriores de alguma privacidade²⁴⁷ (fig. 70). Na Casa do Alemão do Arq. Alexandre Bastos, o pequeno contraforte tem apenas uma função estética dada a sua dimensão (fig. 71).

- Dimensão das fachadas: como já referido, as forças de flexão vão aumentando com a altura da parede. Segundo Minke, os edifícios de dois pisos devem ser constituídos por uma estrutura leve no piso superior – tabique, por exemplo – apresentando-se sólidos no rés-do-chão.²⁴⁸ De forma a evitar desequilíbrios, as paredes devem-se desenvolver em ambas as direções e espaços de diferentes alturas devem ser separados com juntas, permitindo uma oscilação independente.²⁴⁹ O dimensionamento das paredes deve ser feito de acordo com algumas regras de proporção entre a altura, o comprimento e a espessura. Segundo Paulo Lourenço, a altura não deve ser superior a sete vezes a sua espessura, num máximo de 3.5m, assim como o seu comprimento não deverá ultrapassar 10 vezes a sua espessura, num máximo de 5m.²⁵⁰ Após estas dimensões máximas, devem ser aplicadas outras medidas, como o contraventamento.

No Alentejo, as construções apresentam-se maioritariamente horizontais, uma característica herdada da tradição árabe. No entanto, as geometrias atuais mostram-se bastante mais irregu-

245 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 192; Ao nível do dimensionamento: Segundo Minke, de forma a garantir a segurança da parede, o elemento de contraventamento deve ter no mínimo entre 1/3 e 3/4 da altura da parede. Para dimensões maiores, estes devem ser estabilizados com outros ângulos ou colunas. MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 16; O Regulamento do Zimbabué define que estas não devem ter menos de 45 cm de comprimento. Algumas páginas do regulamento estão disponíveis on line: <http://www.rammed-earth.info/project/24/Zimbabwe-Standard/>.

246 *Abud*: PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 73-74.

247 Informação retirada de conversas informais com o Arq. Schreck.

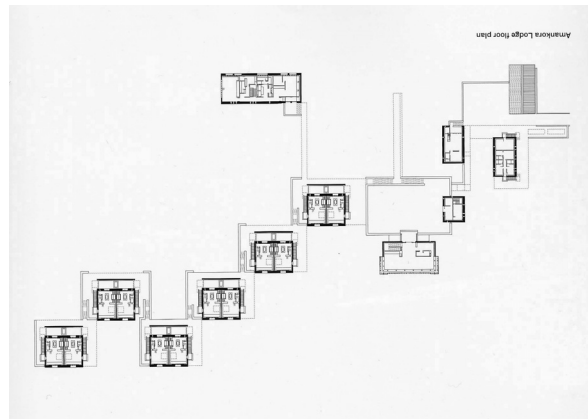
248 MINKE, Gernot – Manual de Construcción en Tierra. P. 163.

249 *Ibidem*.

250 No caso de serem adotadas paredes com medida superior, devem ser projetados contrafortes exteriores. Segundo Lourenço (2005, p. 191), a espessura mínima das paredes é de 0.40m, ainda que se aconselhe o seu afinilamento - o mínimo aconselhado no topo é de 0.30m alargando na base com uma inclinação de 1:12; As dimensões referidas por Maria Gomes (2008, p. 73) não diferem muito: a altura das paredes não deve ser superior a oito vezes a sua espessura, num máximo de 3.5m, assim como o seu comprimento não deverá ultrapassar 10 vezes a sua espessura, num máximo de 7m; Segundo as regras estabelecidas por Peter Walker (2005, p.82), as paredes não devem apresentar um comprimento livre maior do que 9m, devendo depois ser restringidas por outros elementos. Já a sua altura depende da existência de fixação superior: para muros soltos superiormente, não deve ser aplicada uma altura maior do que oito vezes a sua espessura, sendo esta 0.30cm; no entanto, quando fixa esta pode alcançar as 12 vezes (Peter Walker, apesar de trabalhar numa zona de pouca atividade sísmica, adota as mesmas medidas do Regulamento do Zimbabué); Segundo a Houben (2005, p. 313), a altura não pode ser maior do que seis vezes a sua espessura, ou seja, 2.4m. No caso de haver reforços verticais, estes não devem estar espaçados mais de 3 metros entre eles e o comprimento da parede não deve ser superior a oito vezes a sua espessura.



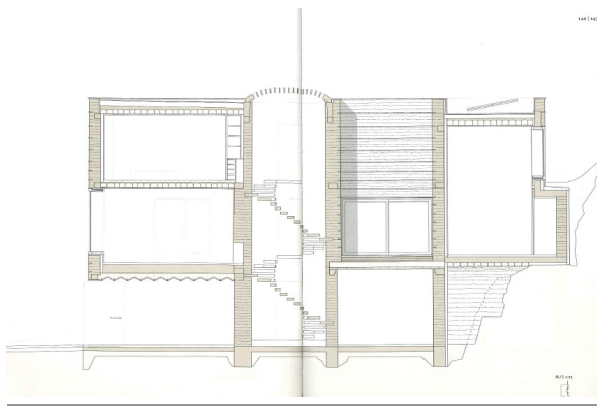
72. Amankora Bhutan Resort em Bhutan, 2005



73. Planta - estabilização pela forma



74 e 75. Rauch House, acesso vertical



76. Estabilização pelo acesso vertical

lares, criando espaços com diferentes alturas e zonas de transição entre o interior e o exterior. Tal como a Habitação em Beja, na Casa Alemão, ou na Habitação do Arq. Henrique Schreck (ver anexo 4 e 10), os edifícios podem resultar de uma espécie de união entre vários blocos, que se unem criando espaços de diferentes convivências. Verifica-se ainda a introdução de um segundo nível em três dos edifícios visitados, no Atelier em Cortinhas, nas Propriedades Horizontais, e na Habitação Isabel Almeida, criando uma mesanino interior (ver anexo 4 e 5). Foram introduzidos reforços de betão armado que ajudam o suporte deste novo elemento.

No que diz respeito à construção internacional, é difícil fazer uma análise sobre os métodos anti sísmicos de desenho, dada a falta de informação geral sobre cada projeto. Contudo, Ronald Rael referencia alguma preocupação anti-sísmica por parte dos Kerry Hill Architects, na construção do Resort Amankora em Bhutan (uma zona nos Estados Unidos com considerável risco sísmico): aqui, de forma a aumentar a resistência aos sismos, a terra foi estabilizada com cimento e compactada com um martelo pneumático; por outro lado, através das imagens 72 e 73 percebe-se a distribuição dos diversos elementos em pequenos núcleos de base compacta, o que pode indiciar algum tipo de estabilização pela forma.²⁵¹ A utilização de formas mais contidas e regulares parece não fazer parte das soluções atuais, talvez pela vontade de superação das geometrias características do passado.

Por outro lado, encontram-se bastantes edifícios geometricamente mais regulares em zonas que, aparentemente, não apresentam grande risco. São exemplos a Capela de Berlim dos Arq. Reitmman e Sassenroth, as habitações em Isle d’Abeau dos Arq. Jourda & Perraudin Partenaires, ou a casa em Schlins de Martin Rauch e Roger Boltshauser. Nesta última, foi construído um elemento circular central com paredes de 0.65m de espessura e que acompanham todo o edifício (fig. 74 e 75). Para além de definirem o acesso vertical, permitem auxiliar o suporte dos três andares dando maior estabilidade²⁵² (fig. 76). Aqui, tal como refere Otto Kapfinger, a utilização de formas puras não significou necessariamente a simplificação do exercício; constituíram a verdade do material e da sua natureza, que se eterniza na compactação da terra. Representa acima de tudo uma maturidade arquitetónica.²⁵³

251 RAEI, Ronald – Earth architecture – 92-94. Na verdade, este edifício encontra-se aditivado também com material que à prova de água e outro que impeça a perda de partículas – a estabilização é um método recorrente.

252 BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 62, 67 e 116

253 *Ibidem*. P. 62



77. Caldeirinha - lintel de betão



78. Casas da Cerca - lintel de betão



79. Casa Isabel Almeida - lintel de betão rebocado



80. Habitação em Salvada



81. Hab. em Salvada - lintel em aço



82. E.T.A.R. em Évora - aberturas a todo o comprimento

D. Estabilização pela forma – reforços

- Aberturas e lintéis: na ocorrência de um sismo, é bastante comum o aparecimento de rachas diagonais no topo das aberturas e dos lintéis por serem zonas de concentração de esforços. Assim, as portas e janelas devem ser reforçadas com um suporte superior, capaz de carregar as forças verticais da terra; o lintel deve ser constituído de um material forte e apoiar-se em pelo menos 30cm de cada lado.²⁵⁴ Segundo a CRATerre, as aberturas não deverão exceder entre 15 a 20% da superfície total das paredes, e cada unidade não deverá ultrapassar os 35% da largura total do muro.²⁵⁵

No Alentejo os lintéis eram tradicionalmente feitos em madeira ou em pedra. Tanto na Herdade da Matinha como na Herdade do Reguenguinho, muitos destes lintéis foram mantidos. Ao nível das novas construções, a maioria é feita em betão, com cerca de 20cm, criando uma expressão ambígua entre o tradicional e o moderno. Esta é ainda evidenciada em situações de carácter mais tradicional, como as Casas da Cerca (fig 78); ou disfarçados com reboco (fig. 79) tal como na Caldeirinha (fig. 77) ou no Atelier em Cortinhas (anexo 4). Os lintéis em aço são utilizados nos edifícios menos enraizados à tradição arquitetónica local, curiosamente, também construídos com processos de produção mecânicos: na Herdade do Rocim e na Habitação em Beja (fig. 80). Segundo David Easton (natural da Califórnia, uma zona sísmica), é possível armar a terra de forma a eliminar este elemento exterior: em aberturas de pequenas dimensões podem-se ser introduzidos reforços horizontais de aço, após a primeira camada de terra (terra armada), tornando o lintel inexpressivo na fachada.²⁵⁶ Outra técnica consiste na utilização de vigas em T ou I, aplicadas diretamente em cima da cofragem que formará a janela. Assim, estes elementos serão apenas visíveis pelo interior da abertura (anexo 14). Peter Walker refere ainda que, a melhor forma de evitar uma estrutura de suporte é fazer as aberturas a toda a altura da parede.²⁵⁷ O manual escrito por Walker, refere-se à construção em taipa no Reino Unido, uma zona de baixo risco sísmico, logo, não se poderá concluir que esta solução será adaptada para o Alentejo. No entanto, verifica-se a utilização deste sistema na ETAR de Évora (fig. 82) ou na Habitação em Beja (fig. 81), no entanto, associados a outro tipo de reforço auxiliar (explicado mais à frente).

254 LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In "Arquitectura de terra em Portugal". P. 191; Segundo Parreira, para a sua ação ser eficaz, estes devem ser bem dimensionados e estarem bem agarrados às paredes, através de elementos como chumbadouros metálicos, por exemplo. PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 68-69.

255 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 313.

256 EASTON, David – The Rammed Earth House. P. 165.

257 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 65.



83. Herdade do Reguenginho - pormenor do ângulo



84. Ângulo - taipa e madeira

• **Cunhais:** as ligações entre as paredes ortogonais constituem sempre pontos de concentração de esforços logo devem ser reforçadas.²⁵⁸ Tal como refere Patrícia Lourenço, para uma boa construção anti-sísmica, basta que as forças perpendiculares resultantes de um sismo, passem para as paredes que se encontram paralelas a essas forças. Este efeito é obtido através de uma boa ligação entre estes elementos e a cobertura.²⁵⁹ Assim, os ângulos devem ser fortalecidos através da geometria, da espessura²⁶⁰ ou da introdução de elementos mais fortes (pedra, tijolo cozido, ligantes).²⁶¹ Tradicionalmente, este reforço era feito através de taipa contrafiada ou de outros materiais como a pedra ou o tijolo cozido. Houben refere ainda a introdução de alguns elementos horizontais em madeira ou em ferro que permitam um reforço interior dos ângulos. No entanto, não refere o facto de se tratar de um método anti-sísmico.

Na taipa atual alentejana, verifica-se uma prevalência do sistema antigo, mais simples, sendo posteriormente reforçado com o reboco de cal dada a sua fragilidade. Outros arquitetos optam por deixar os ângulos sem qualquer tratamento, como é o caso do Arq. Alexandre Bastos na Caldeirinha ou do Arq. Carlos Vitorino na Herdade do Rocim. Há que referir que este último foi estabilizado com 10% cimento branco.²⁶² Um pormenor interessante foi encontrado na Herdade do Reguenginho, onde o ângulo é reforçado com um elemento de madeira interior, tal como ilustra a figura 83 e 84. No entanto, este edifício trata-se de uma reconstrução, logo pode constituir um antigo reforço.

• **Tirantes:** eram tradicionalmente constituídos por varões de ferro forjado ancorados nas paredes, fixando-se através de peças especiais nas extremidades.²⁶³ Segundo Maria Gomes, funcionam como uma estrutura passiva pois, ao serem introduzidos, não aplicam qualquer tipo de força na parede. Os tirantes são apenas solicitados quando ocorre algum tipo de alteração desestabilizadora (por exemplo, associados a movimentos de origem térmica, assentamento de fundações, impulsos horizontais ou forças devido a ação de sismos).²⁶⁴ O estudo da autora conclui ainda que a sua introdução não tem grande influência na diminuição de tensões, mas contribui de um ponto de vista construtivo, limitando a perda de material após a fissuração.²⁶⁵

258 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 259.

259 LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - Construções em Terra. P. 120.

260 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 17-18.

261 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 259.

262 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 11.

263 GOMES, Maria Idália – Modelação com elementos sólidos de uma construção em terra crua... P. 46.

264 GOMES, Maria Idália da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 82.

265 GOMES, Maria Idália da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 82. Ibidem. P. 148.



85. Casas da Cerca - tirantes



86. Tirante em aço



87. Caldeirinha - tirante fachada principal



88. Tirante fachada posterior

Atualmente os tirantes são constituídos por elementos em aço, e cujas extremidades, tal como antigamente, podem ganhar uma forma ornamental. Estes elementos foram encontrados apenas em duas obras, nas Casas da Cerca (fig.85 e 86) e na Caldeirinha (fig. 87 e 88), onde as suas extremidades variam de acordo com a fachada. A nível internacional, não foram encontrados edifícios que adotassem este reforço.

- **Viga de bordadura e viga de fundação:** a viga de bordadura atua como um elemento de distribuição das cargas da cobertura que, na ocorrência de um sismo, evita a fendilhação ou a abertura das paredes.²⁶⁶ Além disso, funciona como um interface importante entre a estrutura de madeira e as paredes em terra, que não devem estar em contacto direto.²⁶⁷ Antigamente esta viga era feita de madeira ou bambu, tendo sido hoje substituídas pelo betão armado. Segundo Parreira, para cumprir a sua função, a viga deve estar bem amarrada à parede e esquinas, através da criação de atrito ou de chumbadouros.²⁶⁸ Em zonas sísmicas, estas vigas podem ser também aplicadas a meia parede, criando mais um reforço horizontal.²⁶⁹ Já a viga de fundação faz parte integrante das “boas botas” do edifício, ou seja, constitui um reforço ao nível do embasamento. Segundo Parreira, é necessário promover uma boa ligação entre estes dois elementos, caso contrário as paredes serão sujeitas a esforços de torção e corte nesta zona e que facilmente vencem o atrito entre a taipa e o betão. Assim, deve ser introduzida uma armadura vertical embebida na viga de fundação.²⁷⁰

As vigas de fundação e de bordadura são elementos quase sempre presentes na construção contemporânea do Alentejo. Na Caldeirinha, por exemplo, estes elementos são rebocados a branco reforçando a horizontalidade do edifício (fig. 87). Segundo Daniel Parreira, na grande maioria das construções, a viga superior não tem qualquer função estrutural (dimensão insuficiente e ausência de armação interior), atuando apenas como um interface entre a terra e a madeira.²⁷¹ Verifica-se apenas uma armação da viga no Cerro da Borrega, devido à presença da abóboda

266 CRUZ, Macarena Gaete – Estrategias morfológicas de diseño sismo resistente para la construcción contemporánea en tierra portante. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 210; PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 33.

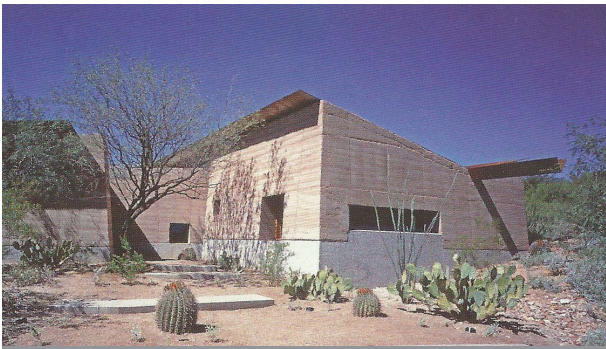
267 A madeira não deve estar apoiada diretamente nas paredes devido à humidade natural da terra. Assim, recorre-se a elementos de betão, que podem atuar apenas como um elemento de separação ou ter uma função propriamente estrutural. Por outro lado, as estruturas dos pavimentos e das coberturas são preferencialmente em madeira pois as lajes de betão podem causar patologias (dado o seu elevado peso). TORRAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Construção em Terra. P. 30; Na Habitação em Salvada foi utilizada uma laje de betão no edifício central, no entanto, o apoio é feito por uma estrutura reticulada em betão armado.

268 Os chumbadouros são constituídos por elementos metálicos semelhantes a parafusos, introduzidos em orifícios na parede de terra que, segundo o Regulamento da Nova Zelândia, devem ter min 0.30m de profundidade com 0.07m de diâmetro no interior da parede. Assim é garantida uma boa ligação à parede e não a penalizam estruturalmente, não tendo qualquer expressão exterior. É também possível criar uma viga com atrito onde são introduzidos dentes de betão a todo o comprimento e também nas esquinas. GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 75.

269 HOUZEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerra... P. 261.

270 CRUZ, Macarena Gaete – Estrategias morfológicas de diseño sismo resistente para la construcción contemporánea en tierra portante. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 210; PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 80.

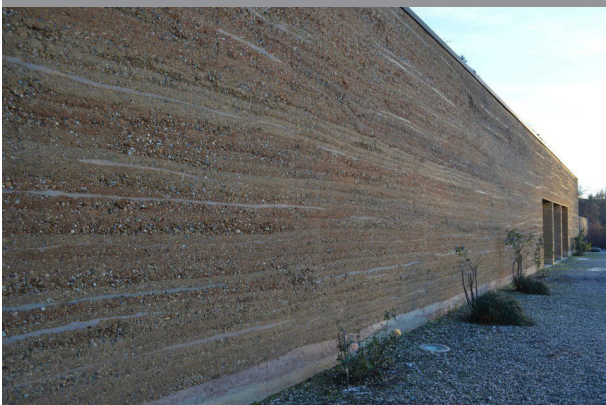
271 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 33.



89. Palmer-Rose House no Arizona, 1998



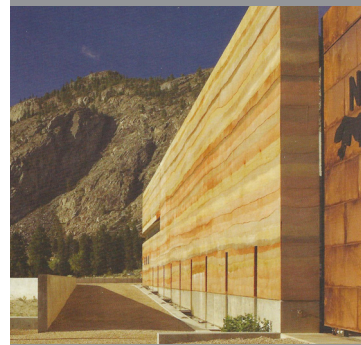
91. Nk'Mip Desert Center no Canadá, 2006



93. Adegas La Raia em Itália



90. Planos de terra - evitam reforços aparentes



92. Corte construtivo da fachada principal



94. Chronometry Tower na Suíça, 2002

que cria esforços de tensão (ver anexo 12). Na ETAR de Évora e a Adega de Cuba não se verifica a afirmação destes elementos ao nível da fachada. Também não foram encontradas referências sobre a utilização de ligações mais fortes entre as paredes e os reforços estruturais.

À semelhança do que se passa em Portugal, de uma forma geral, as novas construções em taipa têm vindo progressivamente a abandonar ou anular a perceção destes reforços. Mesmo em zonas de grande risco sísmico, como o Canadá e o Arizona, a introdução destes elementos é substituída por formas de reforço menos expressivas. O Arq. Rick Joy, por exemplo, explora muito a estética e a simplicidade das paredes de terra sem qualquer outro elemento que lhe retire expressão. São exemplos a Palmer-Rose House (fig. 89 e 90), onde as fachadas se mostram apenas compostas de terra e lintéis de aço quase impercetíveis. A Rauch Haus em Shlins (fig. 46), por exemplo, incorpora também vários lintéis feitos em terra armada. O Nk'Mip Interpretive Center (fig. 91 e 92) é um edifício bastante exemplificativo desta nova tendência contemporânea: através do corte construtivo do anexo 15, é possível perceber a omissão de todos os reforços - das vigas, do lintel, mas também da ombreira da janela - substituindo-os por uma mistura de materiais que parece ser cimento e um pigmento igual ao da terra.²⁷² O resultado final é o de um simples plano vertical de layers coloridos, e totalmente inserido nas cores da paisagem (fig. 91). No entanto, estes sistemas sofisticados são muitas vezes aliados à estabilização com cimento, uma ação bastante discutível. Martin Rauch manifesta-se contra esta abordagem e, em conjunto com outros arquitetos, cria edifícios de expressão totalmente contemporânea, utilizando apenas a terra no seu estado natural.²⁷³ Como é possível observar nas figuras 93 e 94, na Adega La Raia em Itália (grande risco sísmico) e na Chronometry tower na Suíça (algum risco sísmico), são omitidos grande parte dos reforços construtivos, contudo, são sempre introduzidas as mínimas proteções ao nível superior e inferior. Tal como referido anteriormente, edifícios localizados em zonas sem risco sísmico, podem também aplicar alguns destes ensinamentos de forma a aumentar as suas resistências. Em França, nas habitações criadas por Françoise Jourda e Gilles Perraudin no projeto de Isle-d'Abeau (1980), cada um dos blocos corresponde a um duplex com 3 pisos, e talvez por esse motivo tenham sentido a necessidade de reforçar o material. Assim, a taipa foi estabilizada com uma pequena percentagem de cimento e compactada mecanicamente. Entre cada taipal é adicionada uma

272 BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 105-106

273 O termo "terra no seu estado natural" significa não estabilizada na mistura. No entanto, foram encontradas obras em que Rauch mistura finas camadas de cimento entre os estratos de terra, de forma a diminuir a erosão das fachadas. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 60.



95. E.T.A.R. de Évora - parede onde os reforços internos são visíveis



96. Reforços horizontais

fina camada de cimento que, para além de incrementar as forças horizontais, confere um efeito ritmado à fachada.²⁷⁴ A imagem 31 (pag. 72), demonstra também uma tentativa de reforço dos pontos mais frágeis, tais como os ângulos, introduzindo uma espécie de cinta de cimento.²⁷⁵ Também aqui o lintel é quase impercetível.

E. Reforços internos

As armações horizontais e verticais constituem o tipo de reforço mais aplicado na construção.²⁷⁶ A sua utilização confere uma maior unidade entre os elementos, nomeadamente entre as vigas superior e inferior e as paredes, aumentando a ductilidade e resistência à tração. Estes elementos podem ser constituídos por varas, *huinchas*²⁷⁷ ou tábuas de diferentes materiais (madeira, bambu, nylon, cana, metal ou malhas). O anexo 14 mostra um esquema feito por Macarena Gaete que reúne algumas tipologias descritas por diversos autores: na coluna A estão representados os reforços pelo exterior; na coluna B apenas pelo interior; na coluna C vários tipos - no C1 o sistema é misto, o C2 corresponde a um reforço de betão exterior e o C3 a bandas horizontais de madeira ou betão.

Relativamente aos reforços horizontais, Minke refere o facto de estes não permitirem uma boa compactação e de não se ligarem bem à terra, debilitando a parede em certos pontos, levando ao aparecimento de fissuração horizontal durante o sismo;²⁷⁸ os reforços verticais, por sua vez, são normalmente formados por vários elementos espaçados entre si, e devem estar bem amarrados à viga superior e inferior do edifício. Segundo a CRATerre, estas armações não devem distanciar entre si mais do que 0.50m e devem ser banhadas com uma argamassa, de forma a promover uma boa ligação às paredes.²⁷⁹ Vários autores referem a importância destes elementos que, em conjunto com a viga de bordadura, dotam o edifício da capacidade de resistir a sismos de grande intensidade.²⁸⁰

Não foram encontradas referências sobre a utilização de reforços internos, quer verticais ou horizontais, na taipa tradicional alentejana. No entanto, na ETAR de Évora verificou-se a adoção de um reforço horizontal interno (fig. 95 e 96) que se pensa fazer parte de uma malha metálica,

274 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 20

275 Ibidem. P. 21-23

276 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 260.

277 Cinta de plástico, couro ou outro material flexível. <http://es.wikipedia.org/wiki/Huincha>

278 MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 19.

279 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 314.

280 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 314; MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 19.



97. Back 40 House no Arizona, 2006 - reforço vertical



98. Entre Muros House no Equador, 2008



99. Reforços internos

tal como o esquema A3 no anexo 14. No entanto, não foi possível obter mais informação sobre este assunto.

Ao nível internacional, a utilização de reforços internos é um método cada vez mais comum, principalmente em zonas de grande risco sísmico. Estes elementos devem ser fixos a ambas as vigas, fazendo com que o edifício se comporte como um único objeto. Tal como acontece no exemplo anterior do Nk'Mip Interpretive Center, estes reforços permitem a construção de planos de terra sem interferências externas. No entanto, este edifício constitui um caso particular pois demonstra uma grande complexidade construtiva: a parede foi construída recorrendo a um método bastante sofisticado – o *insulated rammed earth* – que inclui isolamento interno e caixa-de-ar, onde as duas finas paredes e cimento são armadas com uma grelha interior metálica (ver anexo 15).²⁸¹ Só assim seria possível construir uma parede de tal dimensão e, aparentemente, sem qualquer tipo de reforço.

- A Back 40 House (Atelier Gallo Powel Consortorium - 2006) consiste numa habitação construída em taipa estabilizada (com 4% de cimento) de apenas 1 piso e localizada no Arizona, uma zona de elevado risco sísmico (fig. 97). Aqui foi introduzido um reforço metálico interno e vertical, que une a cobertura, as paredes e a fundação, tal como mostra a figura 97. Esta solução pode ser identificada com a opção A2 do esquema de Macarena Gaete (anexo 14). As pequenas aberturas não excedem os 30cm de largura (devido a questões térmicas) logo, não é necessário recorrer a lintéis de betão.²⁸²

- Na habitação Entre Muros (David Barragán, Pascual Gangotena - 2008), os arquitetos adotaram uma abordagem que se poderá considerar anti-sísmica: apesar de não terem sido encontradas referências sobre esta intenção, o facto de se localizar no Equador, aliada à introdução de reforços verticais e horizontais, leva a acreditar na sua natureza sismo-resistente.. Assim, entre os blocos de terra compactada foram introduzidas camadas horizontais e verticais de um material que parece ser cimento, criando um esquema semelhante ao C3, no entanto, mais completo (fig. 98). As camadas horizontais foram prolongadas até ao exterior e enfatizadas como elementos estruturantes, criando um efeito ritmado e horizontal, jogando com a dimensão dos curtos planos que definem a casa (fig. 99).²⁸³

F. Estrutura auxiliar

A adoção de uma estrutura auxiliar deve-se muitas vezes à falta de normas que regulem a utiliza-

²⁸¹ file:///C:/Users/User/Desktop/SIREWALL%20System%20%20%20SIREWALL.htm

²⁸² RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 102.

²⁸³ <http://www.archdaily.com/34375/entre-muros-house-al-borde/>



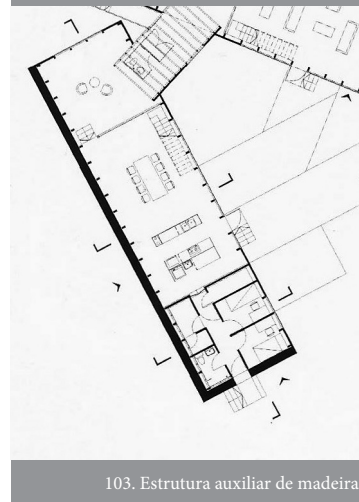
100. Habitação em Salvada em Beja, 2006



102. Split House na China, 2002



101. Estrutura reticulada em betão armado



103. Estrutura auxiliar de madeira

ção da terra na construção. Assim, existe um sentimento de insegurança entre os profissionais e que se reflete em limitações formais ou estruturais, tais como a utilização de uma estrutura auxiliar.²⁸⁴ Este sistema permite à cobertura manter-se estável na ocorrência de um sismo, enquanto as paredes mais “frágeis” podem derrubar-se. Para esta função, podem recorrer-se a materiais mais resistentes à tração, tal como o betão armado, o ferro ou a madeira, introduzidos no interior da taipa ou totalmente independentes. No entanto, tal como nas restantes aplicações, é necessário ter em conta as diversas incompatibilidades entre os materiais – por exemplo, entre o betão e a terra, ou entre a madeira e a terra. Pilares de 20 cm em betão, por exemplo, permitem uma espessura restante de 0.40cm, viável para executar a parede de taipa.²⁸⁵ Nestes casos, a terra é apenas utilizada como um material de enchimento de uma estrutura portante.

- Este é precisamente o sistema utilizado na Habitação em Salvada do Arq. Bartolomeu Costa Cabral. Tal como mostra na figura 100-101, todo o edifício foi construído com base numa estrutura reticulada de betão armado, deixando para a taipa o papel de enchimento. Entre os pilares de betão foram introduzidas redes de interface que aumentam a aderência entre os dois materiais;²⁸⁶ no entanto, deu-se posteriormente a abertura de fissuras que tiveram de ser recobertas com argamassa.²⁸⁷ Segundo Maria Gomes, este sistema foi também adotado no Mercado de S. Luís (anexo 7) e em outra habitação na mesma localidade, no entanto, a autora não encontrou nenhuma referência relativa a este assunto.²⁸⁸

- Ao nível internacional, a Split House (figura 102) na China constitui apenas um dos muitos exemplos onde a taipa é aliada a uma estrutura auxiliar. Numa zona de alta atividade sísmica, o Arq. Yung Ho Chang optou por um método de construção local, recorrendo à madeira e à terra compactada reforçada com cal, fibras e reforços horizontais em bambu, à semelhança das tradicionais Hakka Tulou. No entanto, a longa parede em taipa não é estrutural; foi introduzida uma estrutura independente em madeira, que suporta a cobertura e o peso de um outro andar superior (fig. 103).²⁸⁹

284 CRUZ, Macarena Gaete – Estrategias morfológicas de diseno sismo resistente para la construcción contemporánea en tierra portante. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 209.

285 Tal como já referido, segundo Maria Gomes, os pilares, a viga superior e a fundação, devem estar bem ligados entre si e à própria taipa, formando um bloco único que resista melhor às forças do sismo.

286 PARREIRA, Daniel - Análise Sísmica de uma Construção em Taipa. P. 12.

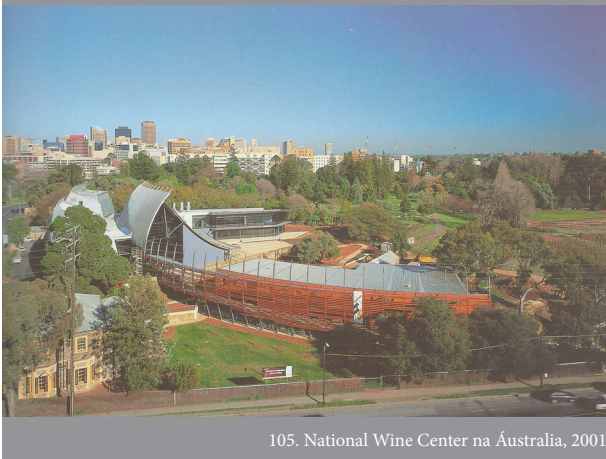
287 Informação obtida através de conversas informais com vários profissionais. Segundo estudo realizado por Maria Gomes, a introdução de uma estrutura reticulada de betão armado não contribuiu de forma significativa para a diminuição de tensões no seu caso de estudo específico. Contudo, houve um decréscimo nos valores dos deslocamentos e um aumento na rigidez da estrutura, contribuindo também para a confinção das paredes transversalmente. GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 149

288 GOMES, Maria Idélia da Silva - Construção Sismo Resistente em Terra Crua. P. 85.

289 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 64.



104. Centro de Ecología Aplicada no Chile



105. National Wine Center na Áustralia, 2001



106. Estrutura auxiliar em aço

Por outro lado, a introdução de uma estrutura auxiliar pode também derivar de um conceito arquitetónico que exija tal ambição, motivado ou não por razões anti-sísmicas (opção 3 referida por Minke), obtendo um expressão totalmente diversa.

- No National Wine Center (fig. 105), por exemplo, foi utilizada uma estrutura auxiliar em aço que permitiu a construção de uma parede de taipa vertical e de pouca espessura, que acompanha todo o corredor central do edifício. Segundo os autores, Grieve Gillete e Cox Architects, esta constitui a parede maior em taipa da Austrália.²⁹⁰ O desenho da cobertura é bastante complexo, formado por lâminas de madeira em meio arco e apoiados numa estrutura externa à parede de terra.²⁹¹ Neste caso, as forças de flexão (que aumentam com a altura), foram compensadas com a incorporação de uma estrutura metálica, permitindo aliar a terra a uma conceção tão arrojada (fig. 106) .

- É também importante referir a obra de Marcelo Cortes no panorama da arquitetura de terra atual. Este arquiteto chileno procura aliar um método anti-sísmico local, às necessidades contemporâneas de rapidez na construção. Assim, substitui a estrutura em quincha (torquis) e bamboo por elementos metálicos pré-fabricados que, aliados à terra, conseguem satisfazer as necessidades de resistência à tração e compressão exigidos num edifício desta natureza. Na sua obra Centro de Ecologia Aplicada no Chile (fig. 104), foi utilizada uma estrutura metálica associada a malhas de aço, que permitem a elevação das paredes em *quincha metálica* e outras de *tierra aligeirada*. No mesmo edifício são também introduzidas técnicas contemporâneas de taipa (com reforços metálicos verticais) e adobe, que permitem um design bastante arrojado mas, ao mesmo tempo, anti-sísmico.²⁹² Cortez consegue aliar as naturezas dos diferentes materiais, a terra, o aço e o cimento, criando novas espacialidades; por outro lado, a sua associação permite abrir grandes aberturas e construir paredes inclinadas, sem pôr em risco a segurança dos elementos. Apesar de menos resistentes, os materiais naturais podem ser integrados numa linguagem contemporânea.²⁹³ Esta abordagem possibilita o que Patricio Cortes afirma ser uma “*re-arquitecturización de la obra de tierra*”.²⁹⁴

A construção anti-sísmica é um tema bastante complexo. Ao contrário do que acontece no exer-

290 <http://www.eartharchitecture.org/index.php?/archives/589-National-Wine-Centre-of-Australia.html>

291 RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 52-54.

292 CORTÉS, Patricio Arias – Innovación tecnológica de construcción en tierra. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 228.

293 FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P.76

294 CORTÉS, Patricio Arias – Innovación tecnológica de construcción en tierra. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 228;

<http://vimeo.com/32204260>; <http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/>

cício com a erosão, aqui a atitude não pode basear-se na experimentação real; não podem ser postas em causa vidas humanas. Assim, tal como refere Paulo Lourenço, o conhecimento deve ser obtido através da observação de casos reais, tal como no caso das Hakka Tulou Houses; por outro lado, devem ser feitos ensaios que determinem o comportamento dos materiais ou das próprias estruturas perante uma situação de risco.²⁹⁵ Assim, as novas construções devem ser pensadas de forma a incrementar as suas resistências, de acordo com a necessidade específica de cada projeto. Tal como refere Gaete, “(...) *la morfología de la construcción es una variable fundamental, en tanto es capaz de minimizar las exigencias a tracción y potenciar las compresiones.*”²⁹⁶ É neste sentido que a arquitetura pode intervir: conhecendo as metodologias base, é possível jogar com as formas, com as “regras” condicionadoras, tornando o exercício conceptualmente interessante.

²⁹⁵ LOURENÇO, Paulo – As estruturas de terra e os sismos. In “Arquitectura de terra em Portugal”. P. 190.

²⁹⁶ CRUZ, Macarena Gaete – Estrategias morfológicas de diseño sismo resistente para la construcción contemporánea en tierra portante. In “Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 ...” P. 207.

CONSIDERAÇÕES FINAIS_ CONCLUSÃO

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terra foi talvez o primeiro material de construção utilizado pelo Homem para se proteger das agressões do meio externo. A sua disponibilidade aliada à facilidade de manipulação, tornaram a construção com terra uma marca presente em todos os continentes, independentemente da sua localização geográfica. Ainda hoje assim acontece. A apropriação das técnicas é fácil, constitui um saber quase inato; é um material abundante e a percepção das suas propriedades faz-se através dos sentidos; a terra não queima, como o cimento e a cal, não seca rapidamente e, quando utilizada no seu estado natural, os processos são facilmente reversíveis. Até aqui, a terra parece um material fácil de trabalhar e de perceber. A questão é que não é.

Quando se observam as formas orgânicas, escultóricas ou mesmo toscas das expressões vernaculares mais antigas, como as Mesquitas no Burkina Faso, as habitações nos Camarões ou mesmo as típicas casas alentejanas, a construção com terra parece ser simples e espontânea. No entanto, estas mesmas construções resultaram de um saber profundo sobre o material e o seu comportamento. Antigamente, o *know how era* atingido com anos de experiência, por métodos de tentativa e erro e passado de geração em geração. Era o legado das culturas e que lhes permitia a continuidade da espécie, a sobrevivência da família. Ora, se hoje esse conhecimento foi perdido, para tornar a terra um material viável na construção, duradouro e capaz de responder às ambições arquitetónicas, é necessário passar por um processo semelhante.

A terra é um material bastante particular. Dada a sua natureza, a compreensão dá-se pela experiência, pela observação do seu comportamento. É fácil perceber que um material com uma textura descontrolada não terá os melhores resultados – um reboco por exemplo, não deverá ter gravilha na sua constituição, mas antes frações finas e argilosas aliadas a um controlador de retração; compreende-se também que a adição de água e a ativação das argilas influenciará a resistência final dos elementos, nomeadamente na fissuração ou na coesão entre as diversas frações; neste sentido, é também importante a compactação da taipa, que diminui a porosidade e aumenta a resistência perante as exigências que lhe são impostas. Compreender a relação entre o material, a técnica e as suas propriedades é essencial para prever o comportamento dos elementos e agir na durabilidade das estruturas. No entanto, este conhecimento não basta para que a construção se apresente resistente:

é necessário combinar a terra, a técnica, o desenho, a construção e posterior manutenção, com as condições específicas de cada local, evitando a ação negativa dos agentes de degradação. Assim, a terra torna-se um material cuja durabilidade depende de demasiadas variantes; um material simples mas bastante complexo na sua totalidade.

A taipa é uma técnica de construção cujas características intrínsecas lhe permitem obter grande durabilidade e resistência. No Alentejo, o saber dos antigos mestres taapeiros e a observação das formas tradicionais, representam ainda uma base muito sólida de conhecimento. No entanto, a sociedade atual exige outro tipo de ambições. Transportar a técnica para a atualidade tem envolvido grandes desenvolvimentos tecnológicos: recorre-se hoje a processos altamente mecanizados e que permitem diminuir os tempos de execução; a lógica artesanal é substituída pela industrial, com processos de pré-fabricação e venda de material já pronto a utilizar; os materiais naturais são aliados aos industriais, tais como o aço e o betão, permitindo melhores comportamentos estruturais; a terra já não é apenas terra, mas uma mistura de produtos que promovam a sua durabilidade. Estes fatores foram decisivos na aceitação das técnicas, nomeadamente em países como a Austrália ou Canadá em que a taipa representa um comércio em expansão.

Hoje, é talvez a técnica de construção em terra mais valorizada na arquitetura. No entanto, é necessário fazer uma reflexão sobre a atual forma de intervir, principalmente em países onde a construção com taipa se banalizou. A terra é utilizada inicialmente pelas suas propriedades ecológicas,²⁹⁷ térmicas, higroscópicas, entre outras, e cujas vantagens derivam da sua própria natureza. Este material foi o mesmo que possibilitou a construção das mais grandiosas obras, numa época onde os materiais disponíveis eram bastante mais limitados. Tal como já referido, tornar a terra um material melhor, talvez não seja necessário. No entanto, verifica-se a atual tendência para a estabilização, principalmente recorrendo ao cimento ou à adição de sprays impermeabilizantes, que permitem obter maiores resistências à ação da água e das forças mecânicas, ou seja, maior durabilidade; existem também produtos menos agressivos, tais como a cal ou as ceras de superfície, que apesar de menos eficazes, não são tão danosos na sua totalidade;²⁹⁸ falam-se de pequenas percentagens e sempre programadas de acordo com a necessidade. No entanto, a vulgarização das técnicas levou ao que a CRATerre designa de um recurso sistemático à estabilização²⁹⁹ e que parece resolver todos

297 Um material local, não processado, sem gastos de energia consideráveis, fácil devolução à Natureza, etc.

298 No caso da cal, a terra também não poderá ser devolvida diretamente à Natureza. No entanto, a sua produção envolve menores quantidades de CO₂.

299 HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 80.

os problemas. Grande parte das construções na Austrália e nos Estados Unidos da América sofrem uma estabilização com cimento.³⁰⁰ Esta ação permite uma total exposição da taipa, valorizando a sua expressividade que, contudo, se assemelha cada vez mais ao betão, com uma granulometria cada vez mais fina, cada vez mais artificial.³⁰¹ O Centro Interpretativo Nk'Mip Desert é um exemplo bastante significativo deste tipo de intervenção, onde a construção da parede é totalmente adulterada, perdendo-se todas as propriedades iniciais da terra.³⁰² A sua única vantagem é a expressão exterior que, por sua vez, também não é só terra. Aliás, ao nível da fachada já nem se distingue o material natural dos elementos estruturais em cimento que formam a abertura ou as proteções superior e inferior. Tal como refere Eduardo Carvalho, “a terra tem-se rebaixado ao ornamento”. O mesmo acontece no Museu Schaulager do atelier Herzog & de Meuron, onde a intenção de utilizar a terra natural (uma característica de Rauch) foi substituída por uma mistura de solo-cimento, que permitisse a imagem de corte na terra. Em ambos os casos verifica-se uma anulação dos princípios ecológicos ou do potencial estrutural da terra, prevalecendo uma intenção puramente estética e que obriga a outras medidas, e que contrariam a sua Natureza. Até que ponto se poderá considerar este tipo de construção “arquitetura de terra”? Não se estará a deturpar a base da sua utilização? Num contexto de construção ecológica, social e interventiva, esta não será certamente a melhor abordagem. Nestes casos, a intenção será outra. A terra é apenas um material de construção como outro qualquer, ou mesmo um betão de cimento com agregados coloridos, inerte nas suas propriedades fundamentais. Trata-se de outro tipo de material.

Por outro lado, existem muito profissionais que defendem a utilização da terra no seu estado natural, ou pelo menos, de uma forma que não comprometa as suas propriedades. Entre estes destaque-se o trabalho desenvolvido por Peter Walker, no Reino Unido ou Martin Rauch, como colaborador de vários projetos.³⁰³ De uma forma geral, a construção em taipa em Portugal é ainda baseada em métodos pouco invasivos. Apesar da atual modernização das técnicas, verifica-se um grande respeito pela tradição local, seja ao nível das formas como dos processos. Mais recentemente têm vindo a surgir exemplos mais alinhados com a tendência internacional da mecanização dos processos, mas

300 De acordo com Fontaine, a estabilização na Austrália é tão forte que chega a atingir os mesmos níveis de cimento do que um betão convencional – as normas do país assim o exigem. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - *Bâtir en terre*. P. 55.

301 WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - *Rammed Earth*. P. 126. Numa percentagem entre 4 a 12%.

302 A parede formada por dois elementos de solo-cimento (termo técnico utilizado para descrever a mistura entre a terra e o cimento) com caixa de ar interior. Esta opção não permite a troca de humidade entre o interior e o exterior da parede, impossibilitando também a regulação da temperatura; dificulta a reciclagem do material e a engloba gastos energéticos já consideráveis, etc. Ver anexo 15 onde são descritas algumas das propriedades deste sistema em comparação com a taipa natural.

303 Esta abordagem é comprovada através da leitura de bibliografia: Peter Walker - WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - *Rammed Earth*. P. Introduction; Martin Rauch - WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - *Rammed Earth*. P. 14.

ainda com pequena expressão. Este aspeto não é necessariamente bom ou mau. É simplesmente uma forma de agir como todas as outras. De um ponto de vista social, é bastante positivo pois desenvolve a comunidade; cria emprego e riqueza local; dissemina uma tradição prestes a perder-se. No entanto, a mecanização dos processos tem as suas vantagens, principalmente no que diz respeito à rapidez da construção e à sua conseqüente aceitação no mercado como um material do futuro.

Independentemente dos processos utilizados, manuais ou mecânicos, trabalhar com a terra num estado mais natural envolve um maior controle sobre o edifício, envolve um desafio maior. Na verdade, o principal objetivo da estabilização é o domínio sobre as maiores fragilidades do material, onde os produtos acionados procuram “cortar o mal pela raiz”, mas que no entanto, sacrificam outras das suas vantagens. Tal como referido, quando se fala de construção em terra, a questão da durabilidade perante a água e as ações mecânicas são sempre postas em questão. Estes fatores são ainda mais preocupantes quando provocam uma rápida degradação das estruturas, pondo em risco as vidas humanas, como é o caso dos sismos. Assim, perante estas particularidades, as construções apresentam-se limitadas na sua forma e dimensão, mas também pela falta de regulamentos adequados, que permitam uma utilização segura do material. No entanto, a História tem vindo a demonstrar a durabilidade da terra e a sua adaptabilidade a situações adversas, o resultado de uma intervenção apropriada do Homem. Tendo em conta que o material base é o mesmo, cabe ao arquiteto (neste caso) perceber de que forma se pode relacionar com este desafio, aliando a tradição às novas possibilidades, respondendo simultaneamente às questões de durabilidade e às novas ambições arquitetónicas. Este trabalho procurou perceber de que forma a arquitetura pode contribuir na durabilidade das construções.

CONCLUSÃO

A água, seja no estado líquido, sólido ou gasoso, pode agir negativamente sobre as estruturas. Por outro lado, as ações mecânicas, principalmente quando compostas por vetores horizontais (como no caso dos sismos) podem causar grande instabilidade. São ancestralmente conhecidos os métodos básicos e eficientes na resposta perante estes agentes de degradação.³⁰⁴ Sabe-se que a introdução de umas “boas botas”, de um “bom chapéu” e de uma “pele” protetiva, constituem os métodos base

304 Na verdade, em aspetos de durabilidade todas as fases da construção são importantes: desde a seleção do material, a preparação das misturas, a implantação no terreno, o desenho das estruturas, a construção e a manutenção. No que se refere ao âmbito do trabalho, foram abordados os aspetos relativos à seleção do material, e ao desenho das estruturas, neste caso tendo em conta a utilização da taipa como técnica construtiva.

na defesa dos edifícios contra a ação da água, dos ventos e de outras partículas que possam vir associadas. Por outro lado, no que diz respeito às exigências mecânicas, conhecem-se alguns métodos anti-sísmicos que tem permitido a continuidade das mais antigas estruturas. São exemplos a adoção de geometrias mais densas, elementos de contraventamento, ou a introdução de reforços que evitem a concentração pontual de forças. No entanto, estas medidas apresentam-se como limitadoras ao nível formal e acabam, muitas vezes, por ser abandonadas.

Em Portugal verifica-se uma prevalência dos métodos tradicionais protetivos e de reforço, e que conferem aos edifícios uma maior integração com a tradição e o local – o Alentejo. A grande maioria das construções apresenta ainda o telhado e o embasamento protetivo, enquanto a pele começa a ser excluída pontualmente; ao nível formal, não se verifica grande regularidade, muito pelo contrário, existe uma tendência para fugir à unidade tradicional; os típicos reforços são mantidos, no entanto, para sua materialização recorre-se a materiais industriais como o aço e o betão. Por outro lado, começam a ser construídos edifícios de carácter mais moderno, onde à semelhança do que se passa no estrangeiro, os telhados, os embasamentos e os rebocos são eliminados da sua conceção e substituídos por elementos de menor expressão; a parede de terra é deixada exposta como uma marca de tradição, no entanto, recorrendo maioritariamente a estabilizações à superfície ou na terra; os reforços são cada menos perceptíveis ou eliminados do exterior, recorrendo a estruturas auxiliares que garantam a segurança dos edifícios. A introdução de materiais industriais é uma constante em ambas as abordagens, onde a terra, a madeira e a pedra coexistem com o aço e o betão, criando efeitos ambíguos entre a tradição e a tecnologia. Verifica-se um elogio à expressão natural e texturada da taipa, contudo, numa abordagem mais sóbria.

No entanto, é preocupante observar a existência de algumas patologias em edifícios com poucos anos de vida. Verifica-se a existência de alguma deterioração relacionada com a presença constante de água, principalmente nos edifícios em que a taipa se apresenta mais exposta. São exemplos a Herdade do Rocim ou a Casa Isabel Almeida. Na Herdade, por exemplo, as patologias concentram-se na zona superior das paredes, aparentemente em zonas onde a água que rega os canteiros da cobertura consegue aceder às paredes pelo exterior que não conseguem secar. O vento parece também ter um grande impacto negativo nas estruturas, tal como na Caldeirinha, muito provavelmente associada a uma exposição excessiva dos ângulos, que constituem pontos de grande fragilidade. Quanto a patologias relacionadas com as debilidades mecânicas da terra, durante as visitas realizadas, não foram

identificadas grandes patologias. Encontraram-se apenas algumas pequenas fissuras que, segundo os proprietários, se devem ao pequeno sismo de intensidade 3.4 na escala de Richter que ocorreu na zona de Ourique e Castro Verde. A degradação estrutural dos edifícios pode resultar de um conjunto de fatores inerentes ao material, às técnicas, ao desenho, e à implantação e que não se relacionam com o objetivo do trabalho.

No entanto, saliente-se que, em comparação com os edifícios em bom estado, as estruturas pontualmente degradadas representam apenas uma minoria. De uma maneira geral, relacionam-se com a grande exposição dos elementos em terra, quer pela ausência de reboco ou de proteção superior; no entanto, estes são aspetos característicos de linhas mais modernas, da evolução das formas, das imposições do tempo. Como referido anteriormente, é necessário arriscar e passar por esta fase de experimentação, para conseguir atingir a durabilidade pretendida. É necessário experimentar novas abordagens que permitam, através de tentativas e erros, chegar a um conhecimento mais sólido sobre as possibilidades formais/funcionais do material. No fundo é necessário perceber o que é hoje, num contexto contemporâneo, construir com terra.

Ao nível internacional, verifica-se uma progressiva substituição dos métodos protetivos ou dos típicos reforços por elementos cada vez menos expressivos, chegando mesmo a desaparecer ao nível das fachadas. Esta característica permite uma linha mais “tipicamente moderna”, onde as paredes ganham o aspeto de planos de terra verticais auxiliados por outros materiais mais atuais, tais como o aço e o betão. Na verdade, as paredes de taipa impõe-se pela sua estética particular, um conceito muito apreciado pelos arquitetos contemporâneos. Ao nível formal não se verificam grandes estabilizações através de plantas compactas ou densas; pelo contrário, as aberturas são cada vez maiores e os panos de terra em consola; ao nível dos reforços recorre-se cada vez mais à terra armada, seja ao nível dos lintéis ou nas próprias paredes, formando uma estrutura auxiliar interna. Por vezes, opta-se pela adoção de estruturas independentes, libertando a taipa da sua função portante. Assim, verifica-se uma alteração na forma de perceber o material: a terra é utilizada como outro material convencional, mostrando-se capaz de superar as suas fragilidades, pelo que é aparentemente deixada à exposição das intempéries; por outro lado, mostra-se também capaz de, só por si, suportar todas as forças a que está sujeita. Sobre a durabilidade destas soluções, os próximos anos darão a resposta.

Num contexto internacional reconhecem-se novas formas de intervir. Existe uma vontade geral em

trazer a taipa para a modernidade; no entanto, esse desejo não deve necessariamente invalidar o conhecimento ancestral, cujos métodos dão ainda hoje provas da sua eficiência.

Assim, encontram-se alguns exemplos onde as formas tradicionais de proteção ou de reforço são adotadas como um motivo de desenho, são assumidas como a “verdade” do material. Os métodos tradicionais não têm forçosamente que ser considerados limitadores ou ultrapassados; são princípios que respeitam o material e, tal como prova a experiência, permitem a sua durabilidade ao longo dos anos. Assim, as proteções são exageradas e os reforços sobressaem das paredes, formando edifícios assumidamente protegidos ou reforçados.

Por outro lado, a fragilidade do material pode ser encarada como um desafio com o qual a arquitetura pode interagir. Esta é uma abordagem reconhecida nas formas vernaculares antigas, onde a forma e a estética se cruzam, transformando uma característica negativa do material na própria expressão da arquitetura, o que Rauch chama de “desenhar com a erosão”. Reconhece-se esta expressão nas Mesquitas do Mali ou nas habitações dos Camarões onde a observação da Natureza, definiu a forma das construções. Por outro lado, o sistema adotado nas construções da Stones Village assemelha-se muito à atitude protagonizada por Rauch, onde as linhas horizontais são simultaneamente a proteção e o motivo arquitetónico, jogando com a própria verticalidade das construções, seja ela real ou aparente. Em ambos os casos foram criadas metodologias que defendem as construções da erosão mas que se expressam positivamente no conjunto final. A grande diferença está nas razões que levam a fazê-lo - cultural ou falta de recursos - tendo no entanto um motivo base comum - a erosão. Assim, aliando as próprias características do material às “ferramentas inteligentes” da arquitetura – o desenho – é possível agir sobre a durabilidade das construções, transcendendo a própria funcionalidade dos elementos. Ou seja, a questão é criar uma relação entre a arquitetura e o material, que se sabe, é a razão da sua sobrevivência.

Será que a terra condiciona a arquitetura ou é a arquitetura que tira partido do material? Na verdade, não existe uma resposta certa para esta questão. Se por um lado a fragilidade perante a água e as forças mecânicas é um fator determinante e, até certo ponto, limitador; por outro, estas mesmas desvantagens podem-se tornar um motivo de desenho, transformando-se na sua própria expressão arquitetónica. De uma forma ou de outra, a arquitetura tira sempre partido das características da terra, pode é não expressar essa vontade - um edifício construído em terra, quando as suas propriedades são respeitadas, proporciona qualidades ao nível sensorial que outro material de construção

convencional não consegue. E como a arquitetura é a definição de espaço, mesmo que as vantagens não sejam visíveis, a qualidade é vivida.

Tal como refere o Arq. Miguel Mendes, a terra pode não ser o melhor material de construção em termos das exigências individuais; não é o melhor isolante térmico, ou o material mais resistente à compressão, não dispensa totalmente a manutenção, não tem uma resposta linear e, principalmente, não é imune aos agentes de degradação. No entanto, a terra consegue desempenhar um pouco de todas as funções necessárias a um edifício e de uma forma muito satisfatória. Numa altura de grandes necessidades ecológicas, de esgotamento de recursos, de crise económica, energética mas também de valores, a terra é uma solução bastante viável para o futuro. No entanto, a sua manipulação não pode ser feita sem um conhecimento prévio, sem uma orientação sobre os intervenientes no sistema. Na verdade, trabalhar com a terra é apenas mais um desafio,

*“[...]E, como se costuma dizer nos meandros da construção em terra, ao contrário daquela frase feita em que o ‘segredo é a alma do negócio’, neste caso, a alma é o segredo do negócio, porque é fazendo com a alma, com muito empenho e dedicação, que tudo funciona”.*³⁰⁵

305 <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2008/10/textoa-construo-com-terra-em-portugal.html>

1_A TÉRMICA

A construção em terra tem-se demonstrado eficaz no regulamento da temperatura interior dos edifícios, principalmente em climas quentes. No entanto, de acordo com os parâmetros de conforto estabelecidos atualmente, a terra não constitui um bom isolante térmico.¹ Na verdade, em termos de condutibilidade os valores não são muito superiores aos dos materiais correntes, tais como o betão e o tijolo.² Então, como será que a terra tem vindo a proporcionar o conforto ao longo de gerações?

- A resistência térmica corresponde à capacidade de resistir à passagem do calor. Quanto menor for a resistência, menor vai ser a sua capacidade de resistir à alteração da temperatura exterior, e maior é a sua condutibilidade térmica.³ Ambos os conceitos estão relacionados com espessura do próprio material⁴. A este nível, a resposta da terra é relativamente baixa, pelo que não constitui um bom isolante.
- Por outro lado, a massa térmica influencia positivamente o comportamento do material. Representa a capacidade que a terra tem para absorver e libertar o calor até atingir o equilíbrio com a envolvente. Estes valores dependem da densidade ou do volume específico do material, que neste caso, é relativamente alto -⁵ a inércia térmica da terra.

Um muro que apresente grande capacidade de armazenamento de calor, ou seja, grande massa térmica, retarda a entrada da temperatura na habitação e diminui as amplitudes térmicas. Num clima com dias quente e noites frias, onde a temperatura ambiente confortável se situa entre os 17 e os 25º, esta característica é muito importante para criar um clima interior confortável.⁶

Existem também outros fatores que se devem considerar. Segundo Patrícia Lourenço, a quantidade de humidade presente no material é um fator importante para determinar as variações de temperatura: o volume de ar alojado nos poros do material e a sua humidade são importantes para criar um bom isolamento térmico; quanto mais ligeiro é o material, maior é a sua capacidade isolante e quanto mais húmido, menor será. A lentidão do transporte da água pelos poros da terra permite o seu armazenamento durante grandes ciclos anuais. É esta outra das grandes vantagens da terra: no

1 MINKE, Gernot - Manual de Construcción en Tierra. P.38.

2 LOURENÇO, P. - Construções em Terra. P.104. Comparando uma parede comum com uma parede de terra, sem adição de qualquer outro elemento, a capacidade de resistir à passagem do calor é quase idêntica à de uma parede de tijolo cozido. MINKE, Gernot - Manual de Construcción en Tierra. P.38.

3 Capacidade de transferência de calor do material.

4 É importante sublinhar este aspeto pois, segundo Sanna, o vidro é um ótimo isolante térmico dada a sua grande capacidade de resistir à passagem do calor. O problema é o custo do material para poder ser utilizado em espessuras suficientes que lhe permitam funcionar como isolante, constituindo assim uma ponto de troca de temperaturas.

5 LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing - Sustainable design in its simplest form. P. 10 e 11.

6 MINKE, Gernot - Manual de Construcción en Tierra. P.39.

Inverno acumula a humidade do ar, estabilizando interiormente, e nas épocas mais secas como no Verão, liberta esta humidade proporcionando um equilíbrio e refrescando o ambiente pela evaporação.⁷

Segundo vários autores, o grande problema da terra está na sua resposta insatisfatória perante as baixas temperaturas.⁸ No entanto, através das viagens realizadas, constatou-se uma geral satisfação no conforto proporcionado pelas paredes de taipa: no Inverno bastava utilizar um sistema de aquecimento que fica retido nas paredes, aquecendo o ambiente interior. Contudo, as viagens foram feitas ao Alentejo, com condições climatéricas específicas.

Atualmente, existem inúmeros tipos de soluções e de materiais que podem ajudar a colmatar esta fragilidade. Tal como nos restantes edifícios, o isolamento pode ser aplicado no interior, no exterior ou entre duas paredes. Independentemente da solução adotada, é extremamente importante não por em causa as características intrínsecas do material ou da técnica (a compactação ou a respiração da parede). Além disso, é necessário perceber que tipo de ambiente se trata e o nível de isolamento necessário para o clima local. Logicamente, um edifício na Alemanha não terá as mesmas necessidades do ponto de vista térmico do que outro no Peru. É necessário adaptá-lo à realidade.

⁷ Conversas com o Arq. Henrique Schreck

⁸ MACEDO, Célia; CHANDIWALA, Smita – Thermal Performance and Environmental Impact of Contemporary Earth Architecture in Portugal...P.232; ACHENZA, Maddalena (Et al.) – Houses and cities built with earth. P. 52.

2_TESTES DE CAMPO E DE LABORATÓRIO

	TESTES DE CAMPO	TESTES DE LABORATÓRIO
TEXTURA	EXAME VISUAL	PENEIRAÇÃO
	TESTE DO CHEIRO	SEDIMENTAÇÃO:
	TESTE DA MORDEDURA	– SEDIMENTAÇÃO E DECANTAÇÃO
	TESTE DO TOQUE	– LEVIGAÇÃO
	TESTE DA LAVAGEM	– PIPETAGEM
	TESTE DA CONSISTÊNCIA	– DENSIMETRIA
	TESTE DA BOLA	
	TESTE DA ADERÊNCIA	
	TESTE DO CORTE OU DO BRILHO	
	TESTE DA FITA OU COESÃO	
	TESTE DE SEDIMENTAÇÃO	
	TESTE DE PENEIRAÇÃO	
CONSISTÊNCIA	TESTE À ADESIVIDADE	LIMITE DE LIQUIDEZ
	TESTE À PLASTICIDADE	LIMITE DE PLASTICIDADE
	TESTE À FRIABILIDADE	NÚMERO OU ÍNDICE DE PLASTICIDADE
	TESTE À TENACIDADE	LIMITE DE RETRACÇÃO
	TESTE À RETENÇÃO DE ÁGUA	ACTIVIDADE DA ARGILA
ACÇÃO MECÂNICA	TESTE DE RESISTÊNCIA A SECO	HUMIDADE ÓPTIMA DE COMPACTAÇÃO

QUADRO 21_ "Textura – consistência – acção mecânica": testes de campo e de laboratório.

3_TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

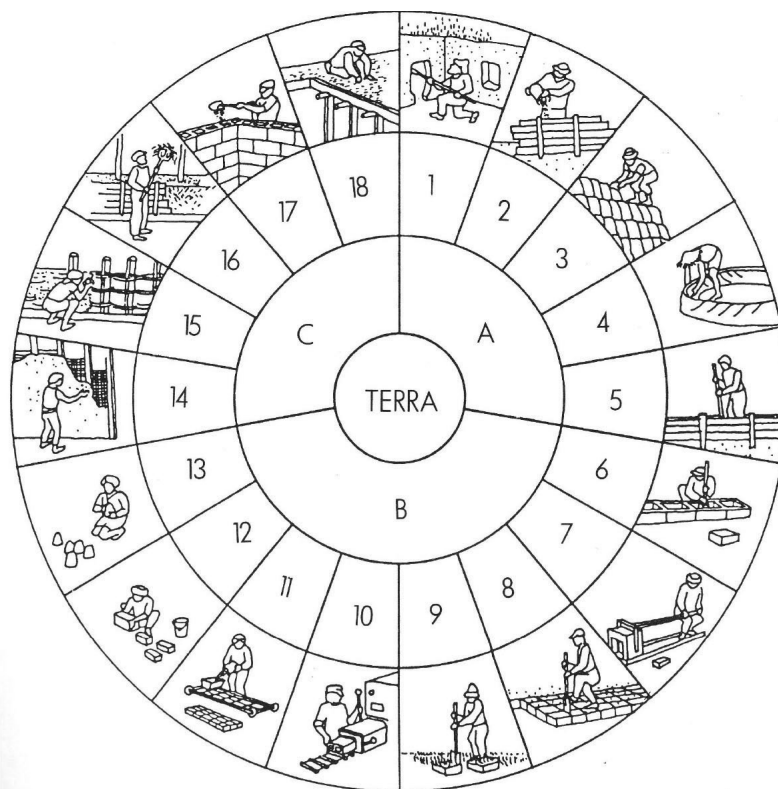


FIGURA 28 _ Sistemas de construção com terra crua: famílias estabelecidas pelo grupo francês CRATerre.

FAMÍLIA A

—TERRA SOB FORMA MONOLÍTICA PORTANTE

- 1— terra escavada;
- 2— terra plástica;
- 3— terra empilhada;
- 4— terra modelada;
- 5— terra prensada: taipa.

FAMÍLIA B

—TERRA SOB FORMA DE ALVENARIA PORTANTE

- 6— blocos apilados;
- 7— blocos prensados;
- 8— blocos cortados;
- 9— torrões de terra;
- 10— terra extrudida;
- 11— adobe mecânico;
- 12— adobe manual;
- 13— adobe moldado.

FAMÍLIA C

—TERRA COMO ENCHIMENTO DE UMA ESTRUTURA DE SUPORTE

- 14— terra de recobrimento;
- 15— terra sobre engrado;
- 16— terra palha;
- 17— terra de enchimento;
- 18— terra de cobertura.

NOME: Atelier Cortinhas

DATA: 1993/95

ARQUITETO: Alexandre Bastos

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Casa do Alemão

DATA: ---

ARQUITETO: Alexandre Bastos

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Casa de Henrique Schreck

DATA: 1998

ARQUITETO: Henrique Schreck

LOCAL: Odemira

data da visita 2011/12



NOME: Casa Isabel Almeida

ARQUITETO: Alexandre Bastos



DATA: 2002

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Casa do Alemão

ARQUITETO: Graça Jalles



DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Casas do Moinho

ARQUITETO: Miguel Peixinho



DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2012



NOME: E.T.A.R de Évora

ARQUITETO: João Correia



DATA: 2010

LOCAL: Évora

data da visita 2012



NOME: Herdade da Matinha

ARQUITETO: Alexandre Bastos e Teresa Beirão



DATA: --- (dois edifícios)

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Herdade do Reguenginho

ARQUITETO: A. Bastos e T. Beirão



DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2012



NOME: Herdade do Rocim

ARQUITETO: Carlos Vitorino



DATA: 2007

LOCAL: Beja

data da visita 2011



NOME: Mercado São Luís

ARQUITETO: Teresa Beirão



DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2011/12



NOME: Monte Novo do Espargal

ARQUITETO: Miguel Peixinho



DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2012



NOME: Monte da Vilarinha

ARQUITETO: Miguel Peixinho

DATA: ---

LOCAL: Odemira

data da visita 2012



NOME: Pica Noz

ARQUITETO: Henrique Schreck

DATA: 2002

LOCAL: Odemira

data da visita 2011/12



NOME: Monte Novo do Espargal

ARQUITETO: Henrique Schreck

DATA: em construção

LOCAL: Odemira

data da visita 2011



NOME: Habitação em Salvada

DATA: 2006

ARQUITETO: Bartolomeu Costa Cabral

LOCAL: Beja

data da visita 2011



NOME: Cerro da Borrega

DATA: 2002

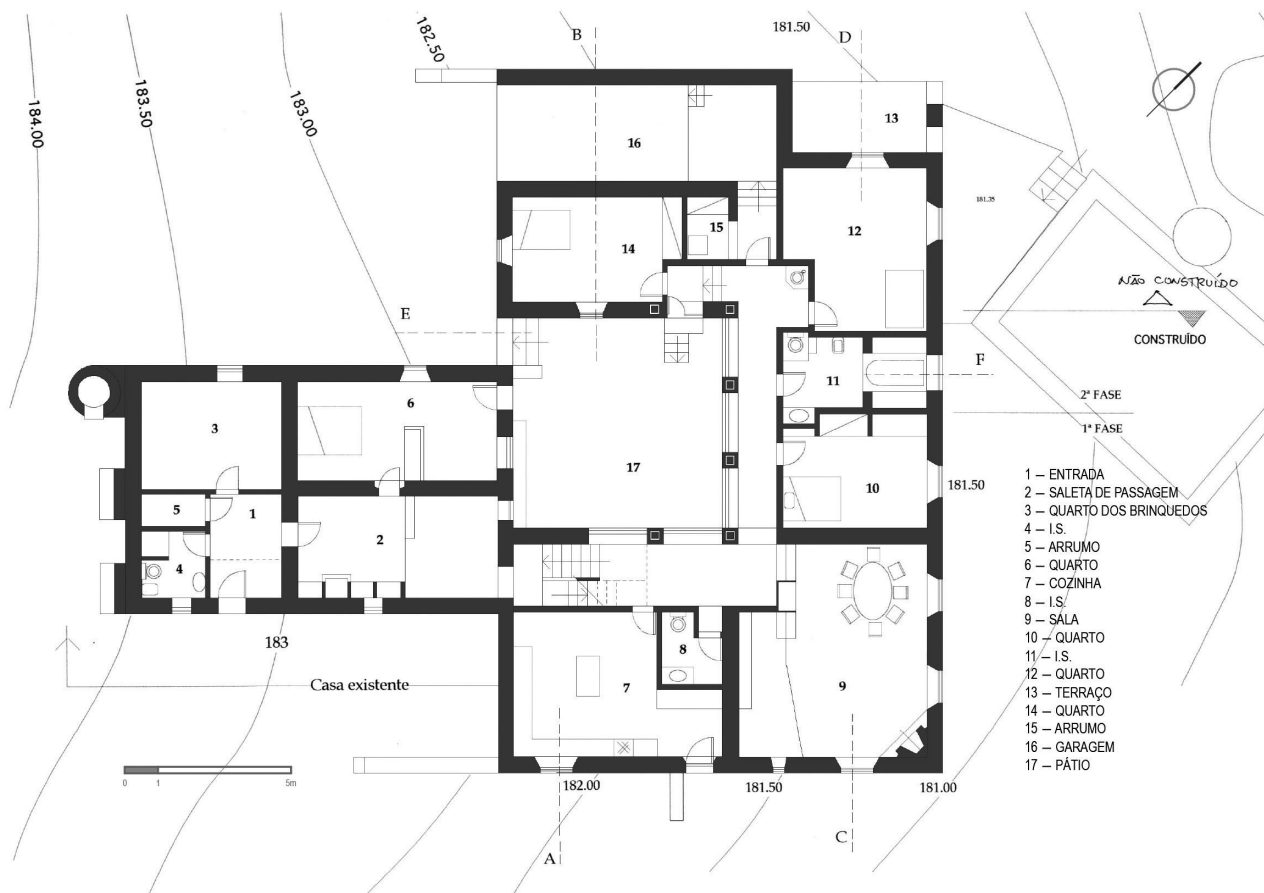
ARQUITETO: Henrique Schreck

LOCAL: Odemira

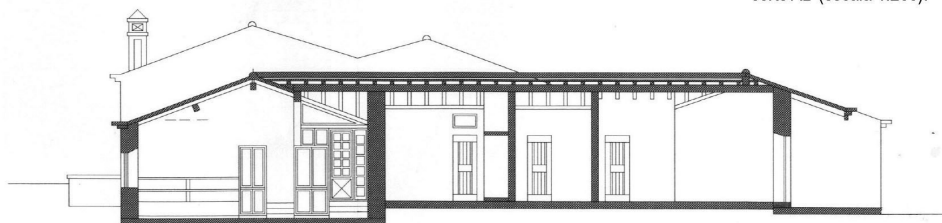
data da visita 2011/2012



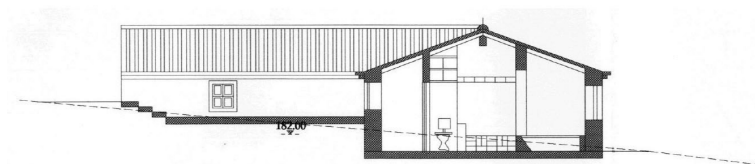
10_HABITAÇÃO DE HENRIQUE SCHRECK



corte AB (escala 1:200).

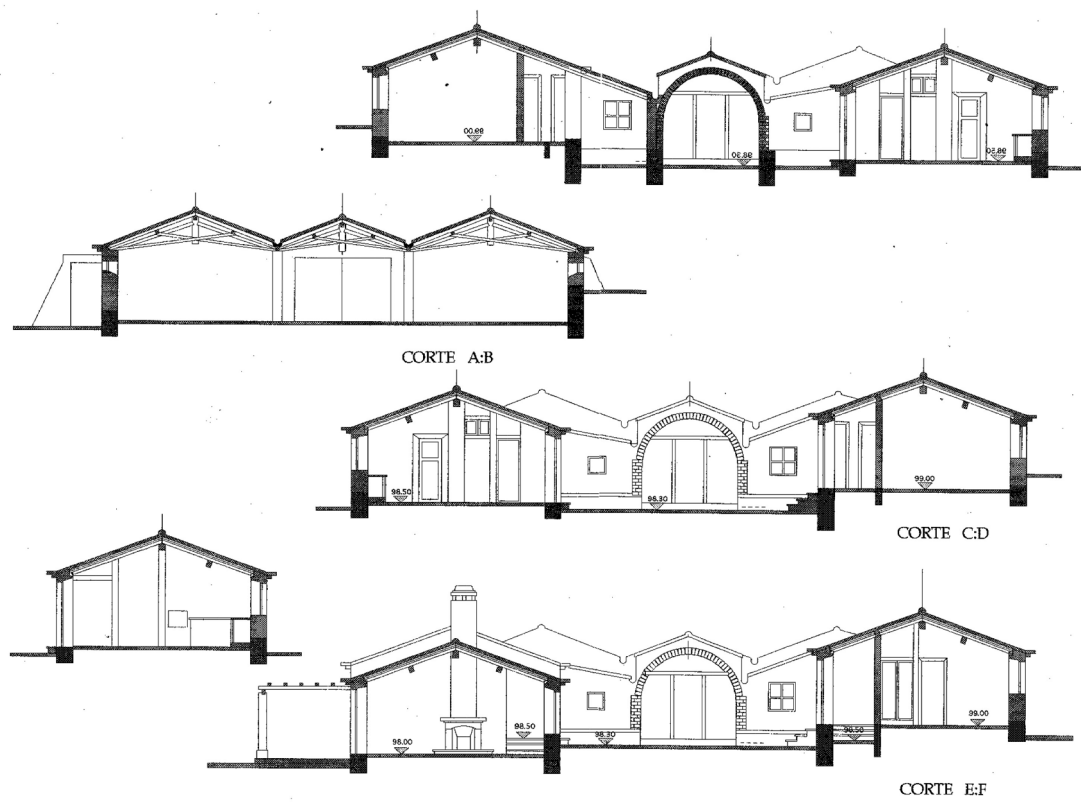
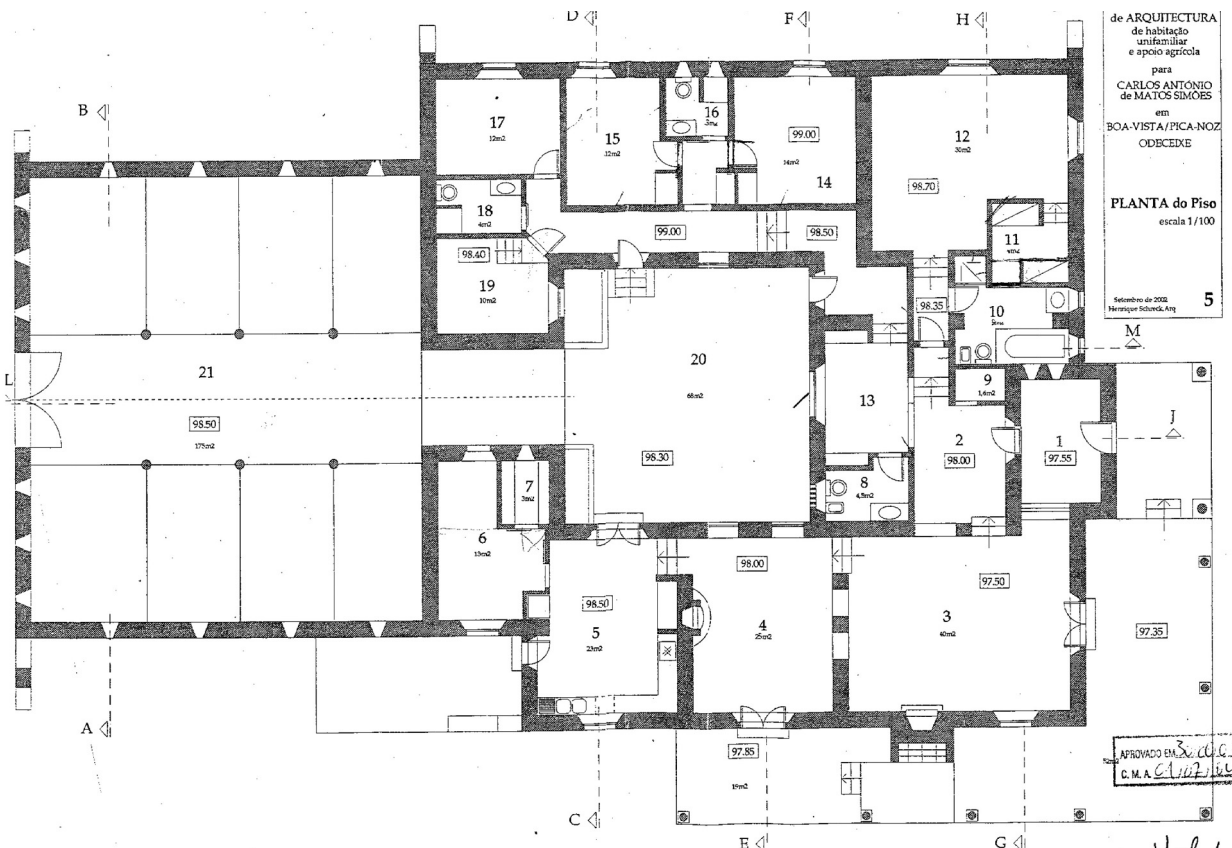


corte CD (escala 1:200).



corte EF (escala 1:200).

11_PICA NOZ



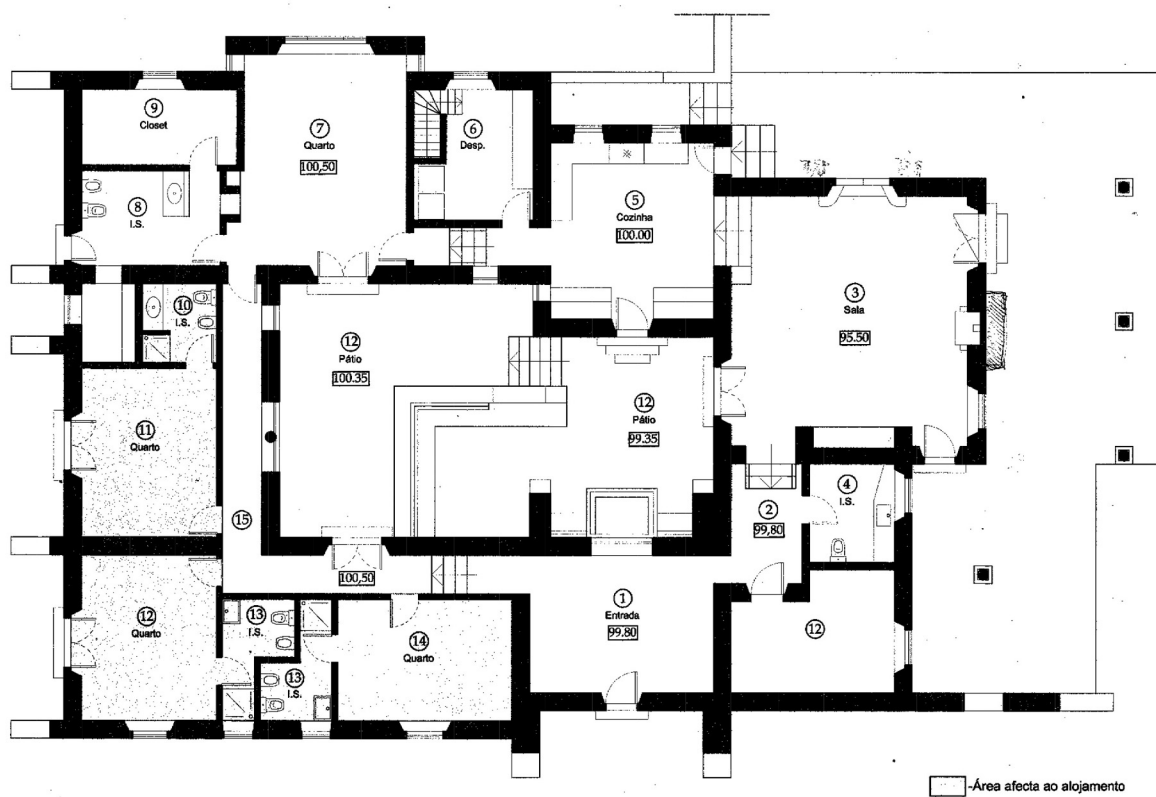
PROJECTO de ARQUITECTURA de habitação unifamiliar e apoio agrícola para CARLOS ANTONIO de MATOS SIMÕES em BOA-VISTA/PICA-NOZ ODBCEIXE

CORTES escala 1/100

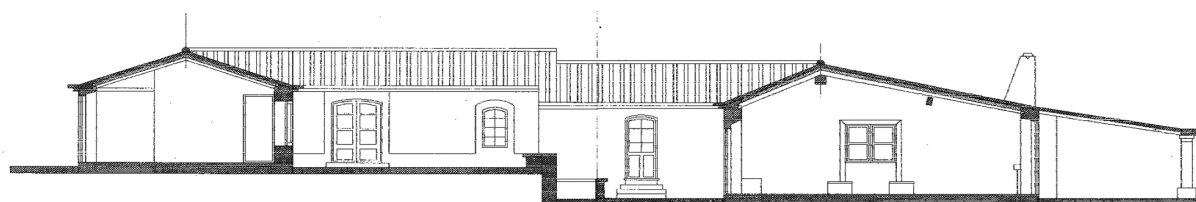
Setembro de 2002 Henrique Schmidt, Arq

10

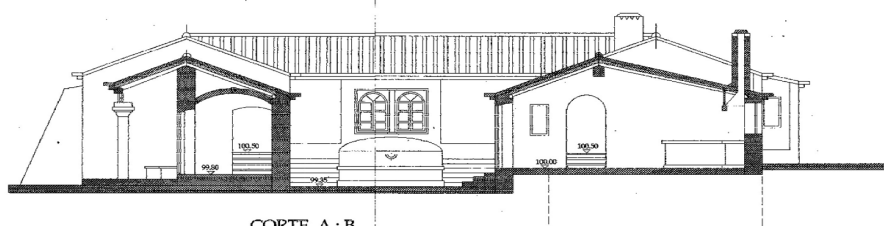
12_CERRO DA BORREGA



e Schreck, Arq.
n 2006

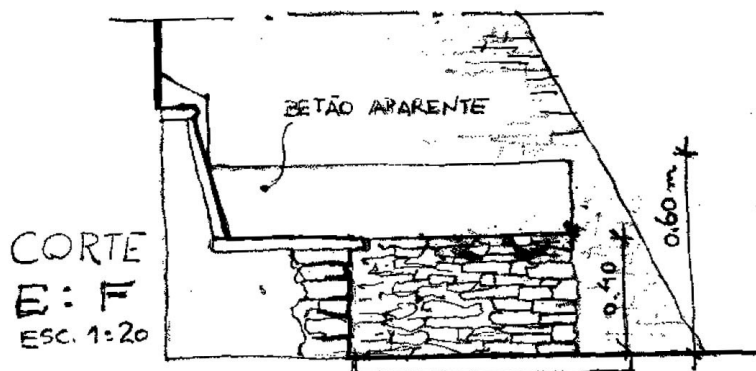
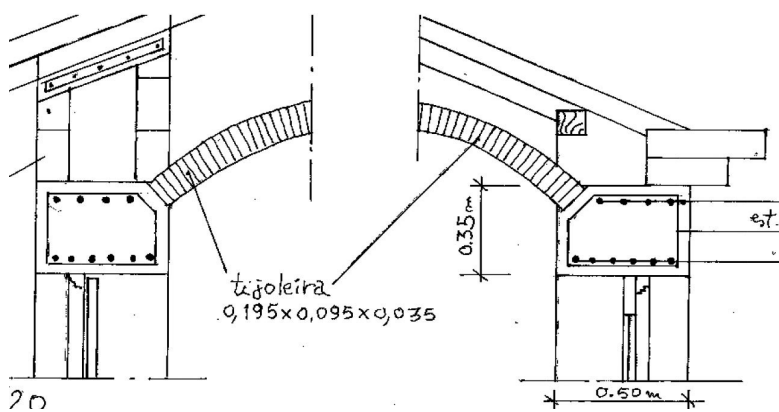
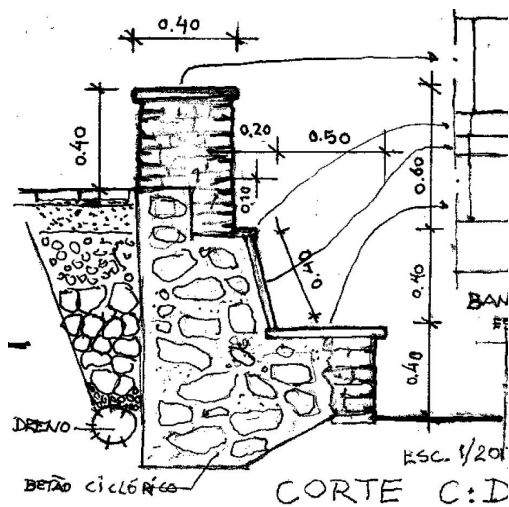


CORTE C : D

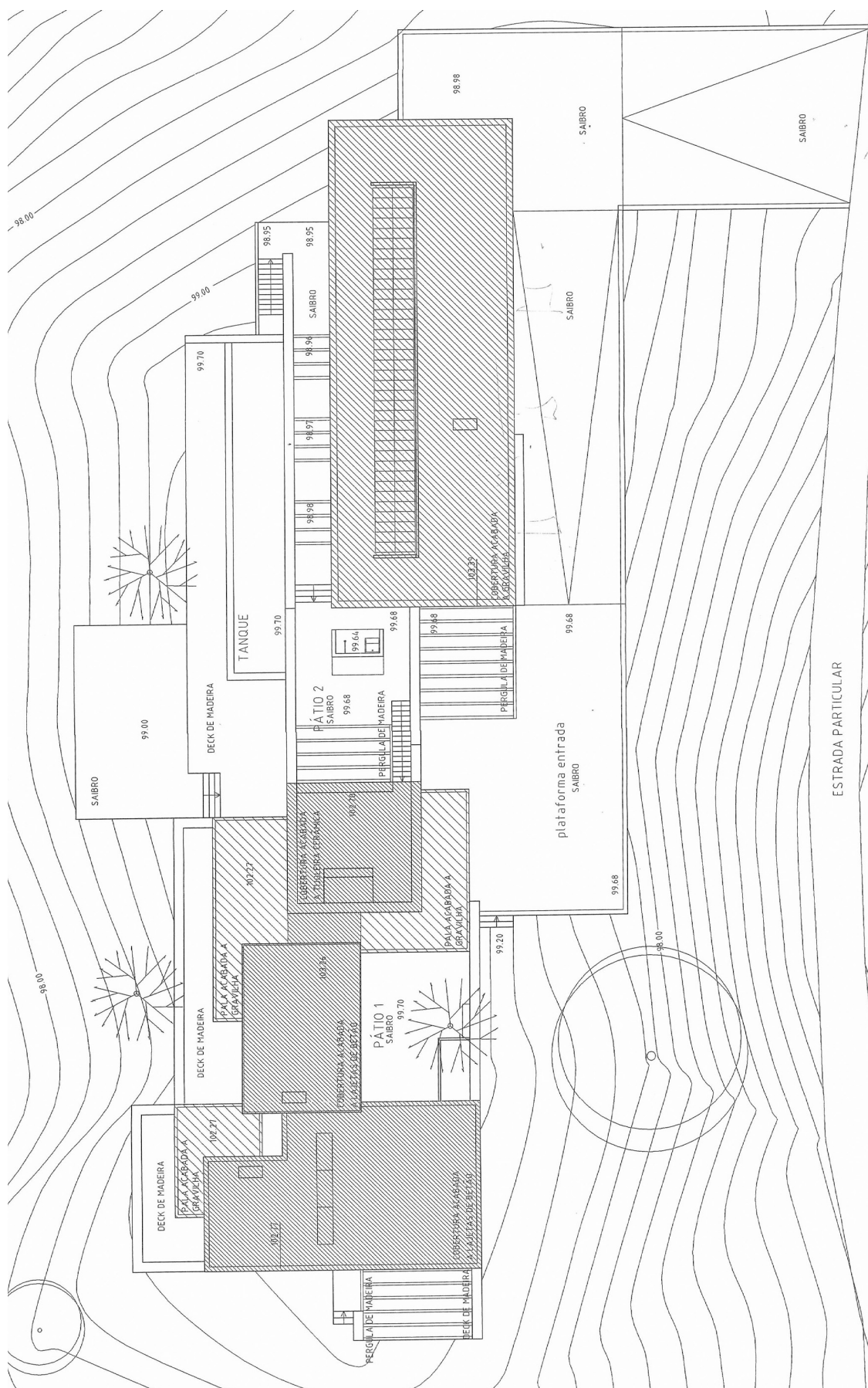


CORTE A : B

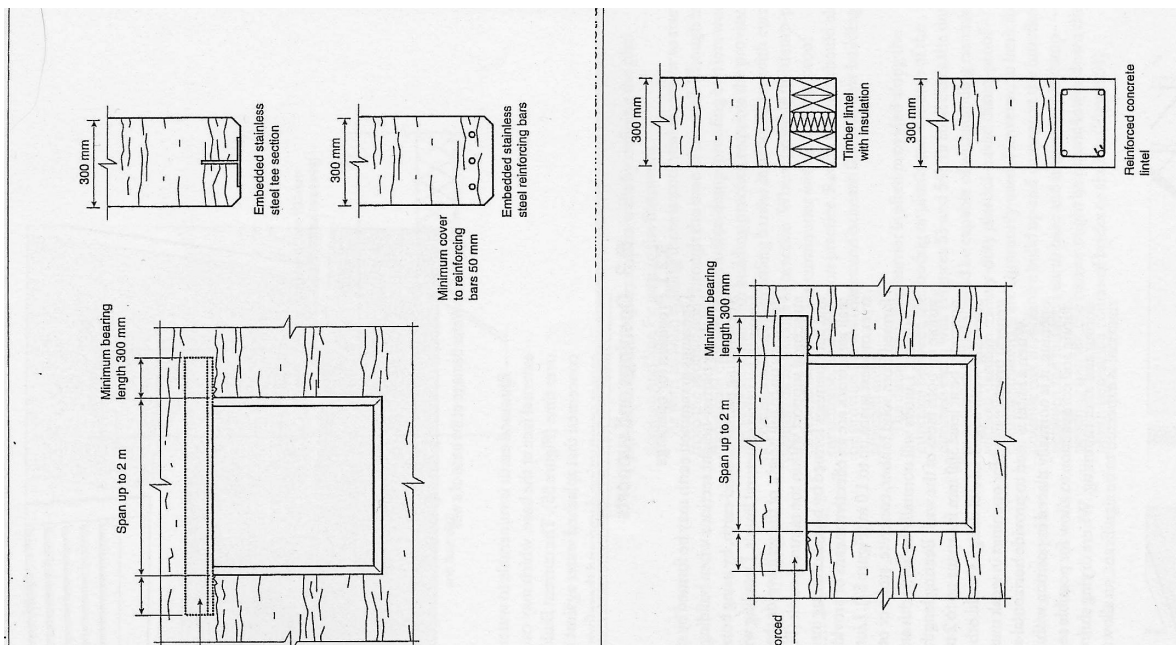
CORTES Escala 1/100



13_HABITAÇÃO EM SALVADA

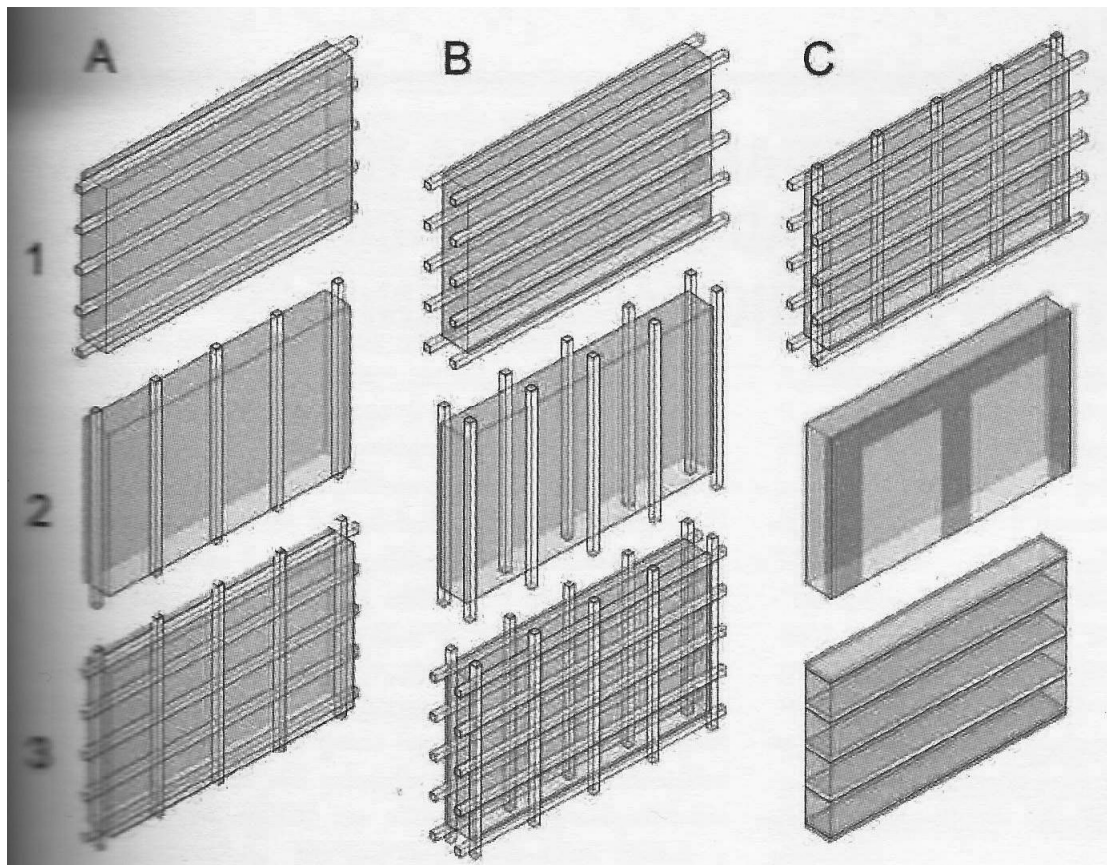


14_LINTEL



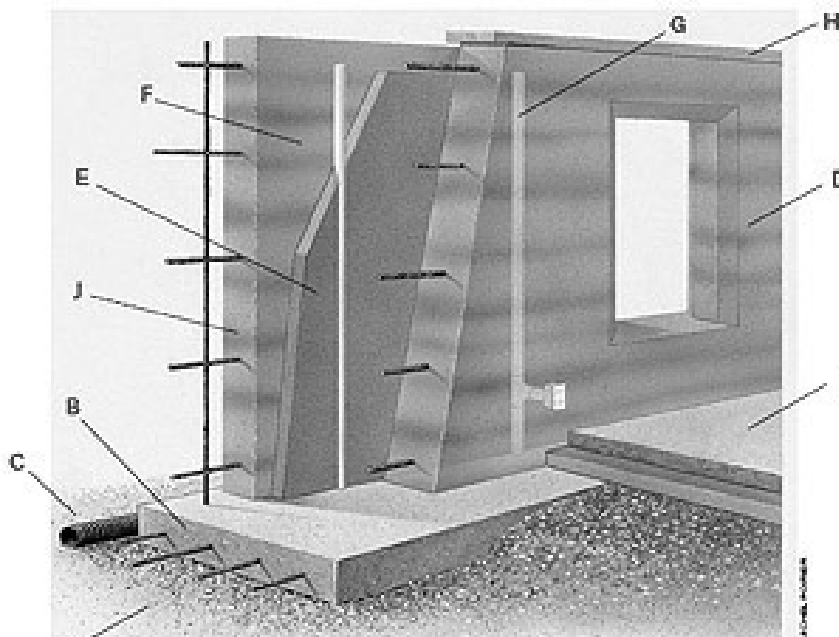
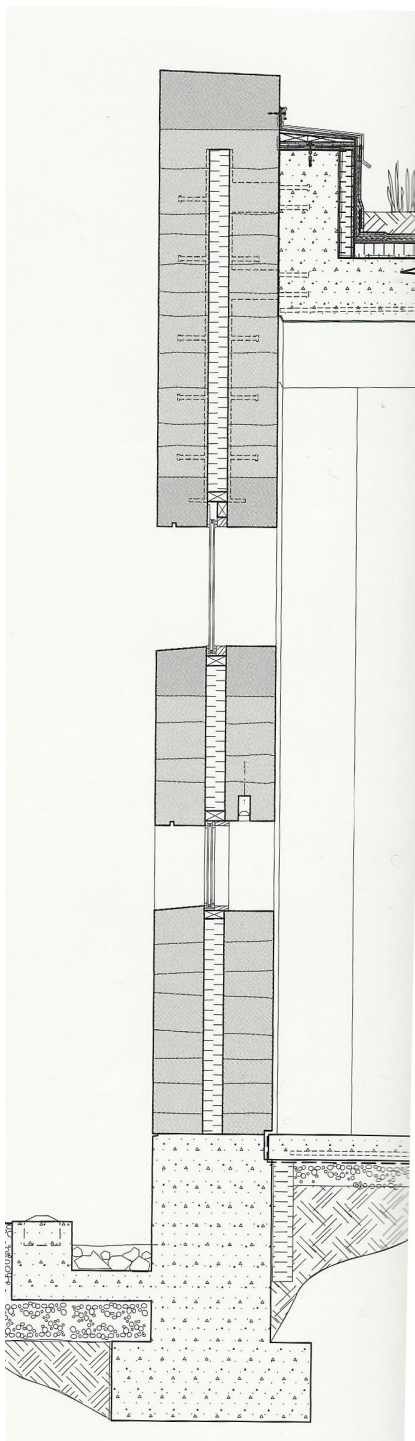
WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - Rammed Earth. P. 66 e 67.

_REFORÇOS SÍSMICA



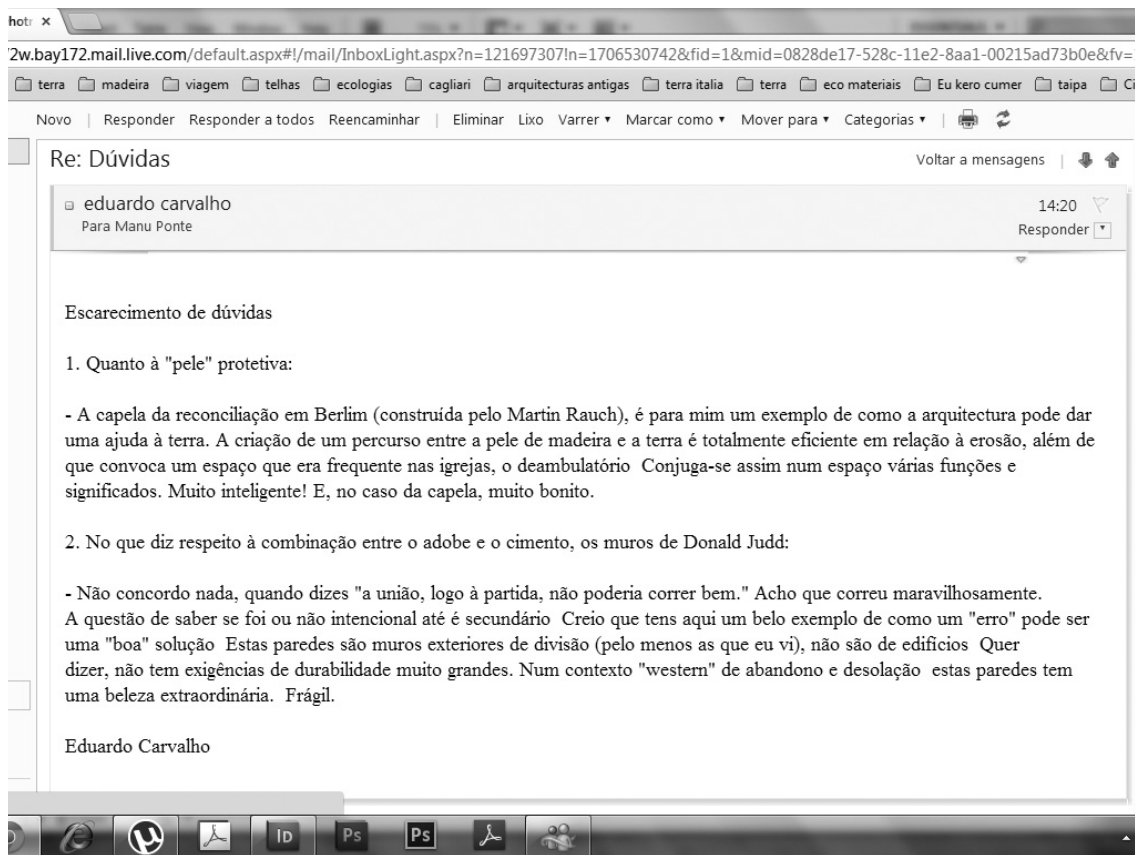
CRUZ, Macarena Gaete – Estrategias morfológicas de diseño sismo resistente para la construcción contemporánea en tierra portante. In “Seminário Ibérico

15_NK'MIP INTERPRETIVE CENTER



	Rammed Earth	Stabilized Rammed Earth	Non-Standard Insulated Rammed Earth	SIREWALL Stabilized Insulated Rammed Earth
Compressive Strength	1mPa – 3mPa 145psi – 435psi	3mPa – 7mPa 435psi – 1,015psi	3mPa – 28mPa 435psi – 4,060psi	10mPa – 30mPa 1,450psi – 6,000psi
R-value (insulation)	R6	R6	R12 – R29	R29 & UP
Erosion Resistance	A garden hose erodes this	Garden hose resistant	Widely variable	2,500psi pressure washer resistant
Quality Control Protocol	Unlikely	Possible	Unlikely	Yes
Risk of efflorescence	Possible	Possible	Probable	Unlikely
Curing Protocol	No	Possible	Possible	Yes
Air barrier detailing	No	No	Possible	Yes
Pre-build soil optimization	No	Unlikely	Possible	Yes
Vapour drive barrier	No	No	Unlikely	Yes

15_EMAIL REFERÊNCIA



MONOGRAFIAS

A GREEN VITRUVIOS - princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2001.145. p.

ACHENZA, Maddalena; CORREIA, Cadinu, SERRA, Amadeu – **Houses and cities built with earth: conservation, significance and urban quality**. Lisboa: Argumentum, 2006. 159 p. ISBN 972-8479-41-7

ACHENZA, Maddalena; SANNA, Ulrico – **Il Manuale Tematico della Terra Cruda: i manuali di recupero dei centri storici della Sardegna**. Sardegna: Itaca, 2006. 126p. Disponível em: <http://www.sardegna-digitallibrary.it/mmt/fullsize/2009022319494200003.pdf>

ALEGRIA, José A. – **Da paixão..., da terra..., da arquitectura...** Gráfica MaiaDouro, 2000. ISBN 972-98555-0-1.

Arquitectura de Terra em Portugal. Lisboa: Argumentum, 2005. 299 p. 972-8479-36-0

ASSOCIAÇÃO DOS ARQUITECTOS PORTUGUESES – **Arquitectura Popular em Portugal** 3ªed. Lisboa: Associação de Arquitectos Portugueses, 1988. Vol. 3

BERTAGNIN, Mauro - **Il pisè e la regola: manualistica settecentesca per l'architettura in terra**. Roma: EdilStampa, 1992.

BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – **Haus Rauch: a Model of Advanced Clay Architecture**. Basel: Birkhauser, 2011. 176 p. ISBN 978-3-0346-0109-2

CORREIA, Mariana - **Taipa no Alentejo**. Lisboa: Argumentum, 2007. 176 p. ISBN 978-9728479-50-3

DETHIER, Jean – **Des Architectures de Terre ou l'avenir d'une tradition millénaire**. Paris : Centre George Pompidou, Centre de Création Industrielle, 1982. 192 p. ISBN 2-85850-109-2

EASTON, David – **The Rammed Earth House**. USA: Chelsea Green Publishing Company, 2007. 265 p. ISBN 978-1-933392-37-0

FATHY, Hassan - **Arquitectura para os Pobres: Uma experiência no Egipto Rural**. Lisboa: Argumentum, 2009. 207 p. ISBN 978-972-576-550-0

FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - **Bâtir en terre: Du grain de sable à l'architecture**. Grenoble: Éditions Belin/Cité des sciences et de l'industrie, 2009. ISBN 978-2-7011-5204-2

FORJAZ, José: **Entre o Adobe e o Aço Inox: ideias e projectos**. Lisboa: Caminho, 1999. 327 p. ISBN 972-21-1276-7

GALDIERI, Eugenio - **Le meraviglie dell'architettura in terra cruda**. Bari: Laterza, 1982.

GONZÁLEZ, Filipe Duarte – **Geometrias de arquitectura de terra: a sustentabilidade geométrica das construções em terra crua**. Lisboa: Universidade Lusíada Editora, 2006. 203 p. ISBN 972-8883-69-2

HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert - **CRATerre, Traite de Construction en Terre**. Marseille: Editions Parenthèses, 2006. 353 p. ISBN 978-2-86364-161-3

MINKE, Gernot – **Building with earth: design and technology of a sustainable architecture**. Basel: Birkhauser – Publishers of Architecture, 2006. 199 p. ISBN 13:978-3-7643-7477-8

MINKE, Gernot – **Manual de Construcción en Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual**. 2ªed. Uruguay: Fin de Siglo, 2005. 223 p. ISBN 9974-49-347-1

PALLASMAA, Juhani – **The eyes of the skin: Architecture and the senses**. Grã Bretanha: Wiley Academy, 2005. 73 p. ISBN 978-0-470-01579-7.

RAEL, Ronald - **Earth architecture**. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 2009. 207 p. ISBN 978-1-56898-767-5

SANNA, Ulrico; GIORGIO, Pia – **I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna**. 2011. Acessível na Faculdade de Engenharia, Cagliari, Sardenha

SCUDO, G.; NARCI, B.; TALAMO, C. - **Costruire com la Terra: Tecniche costruttive, campi di utilizzo e prestazioni**. Napoli: Gruppo Editoriale Esselibri, 2001. 256 p. ISBN 88-513-0005-4

SNELL, Clark; CALLAHAN, Tim - **Building green, a complete how –to guide to alternative building**

methods. 2ªed. New York: Lark Books, 2009.. 615 p. ISBN 978-1-60059-534-9.

TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa – **Diálogos da edificação: técnicas tradicionais de construção**. Porto: CRAT, 1998. 205 p. ISBN 972-9419-38-8.

TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – **A Construção em Terra**. Guimarães: TecMinho, 2009. 174 p. ISBN 978-972-8692-40-7

WALKER, P.; KEABLE, R.; MARTIN, J.; MANIATIDIS, V. - **Rammed Earth: design and construction guidelines**. Maniatidis: Published by BRE Bookshop, 2005. 146 p. ISBN 1-86081-734-3

ZEVI, Bruno – **Saber ver a arquitectura**. 5ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996. 286 p. ISBN 85-336-0541-2

ATAS DE SEMINÁRIOS

DETHIER, Jean - **Arquitecturas de terra ou o futuro de uma construção milenar. Europa, Terceiro Mundo, Estados Unidos**. Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Arte Moderna José de Azeredo Perdigão. Lisboa: Editora Litografia Tejo, 1993. ISBN 2-85850-326-5.

MEDITERRA 2009 – **1ª Conferenza Mediterranea sull'Architettura in Terra Cruda**. Gorizia: EdicomE-dizioni, 2009. 679 p. ISBN 978-88-86729-95-6.

Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 4, Aveiro, 2007 – **V Seminário de Arquitectura de Terra Em Portugal, IV Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção com Terra**. Lisboa: Argumentum, 2007.

Seminário Ibérico Americano de Construção com Terra, 9, Coimbra, 2010 – **VI Seminário de Arquitectura de Terra Em Portugal, XIX Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção com Terra**. Lisboa: Argumentum, 2010.

TESES E DISSERTAÇÕES

ABRAÚL, Fabiana - **Arquitectura de Terra em Portugal: Viabilidade contemporânea**. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2010. 166 f. Dissertação de Mestrado

CORREIA, Mariana Rita Alberto Rosado – **Conservation Intervention in Earthen Heritage: Assente-**

ment and Significance of failure, criteria, conservation theory and strategies. Oxford: Department of Architecture School of the Built Environment Oxford Brooks University, 2009. Tese de Doutoramento

EIRES, Rute – **Construção em terra: Desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros.** Guimarães: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Minho, 2011. 275 f. Tese de Doutoramento

GOMES, Maria Idélia da Silva - **Construção Sismo Resistente em Terra Crua.** Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2008. 162 f. Dissertação de Mestrado

GUERREIRO, Vanessa - **(Tra)edição limitada – Arquitectura de Terra.** Coimbra: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Coimbra, 2009. 109 f. Dissertação de Mestrado

LOURENÇO, Patrícia Isabel Mendes - **Construções em Terra: os materiais naturais como contributo à sustentabilidade na construção.** Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2002. 183 f. Dissertação de Mestrado

PARREIRA, Daniel - **Análise Sísmica de uma Construção em Taipa.** Lisboa: Dissertação da Universidade Técnica de Lisboa, 2007. 81 f. Dissertação de Mestrado

SANTOS, Luis Miguel – **A arquitectura no desenvolvimento sustentável – proposta para comunidades rurais de países em desenvolvimento.** Coimbra: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Coimbra, 2010. 96 f. Dissertação de Mestrado

ARTIGOS

BLONDET, Marcial; GARCIA, Gladys Villa; BRZEV, Svetlana - Earthquake – resistant construction adobe buildings: a tutorial. [Em linha]. [Consult. 21 Dez. 2012]. Disponível em: http://www.world-housing.net/uploads/WHETutorial_Adobe_English.pdf

BUI, Q. B.; MOREL, J. C.; REDDY, B. V. V.; GHAYAD, W. – Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. [Em linha]. [Consult. 15 Out. 2012]. Disponível em [www: webvpn.uminho.pt](http://www.webvpn.uminho.pt)

CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luis – Arquitecturas de Terra: reflexão contemporânea. [Em linha]. [Consult. 5 Ago. 2010]. Disponível em: <http://www.planob.com/reflexao.pdf>

COELHO, Joana Pinto – Casa em Arrudas dos Vinhos. Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, 2007. 16f. Trabalho realizado para a disciplina de Física das Construções e Ambiente. [Consult. 20 Setembro. 2012]. Disponível em: http://planob.com/arruda.blogspot/Arruda_dos_Vinhos.pdf

FATHY, Hassan – Architecture and environment. [Em linha]. [Consult. 10 Set. 2011]. Disponível em internet: <http://ag.arizona.edu/oals/ALN/aln36/Fathy.html>

FERNANDES, Maria – A Taipa no Mundo. [Em linha]. [Consult. 5 Set. 2012]. Disponível na internet: http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.esg.pt%2F6atp%2Fdocs%2FExemplo_de_artigo_Portugues.doc&ei=TPC7UICYOpCxAeW1YC4BA&usg=AFQjCNFzRhqYcWrFurHTj8vPxEl_WqPfvA&sig2=9AbSXKN1RhF3tDEm4c-VMw

GOMES, Maria Idalia – Modelação com elementos sólidos de uma construção em terra crua com vários tipos de reforço sujeita à acção sísmica. [Em linha]. [Consult. 5 Ago. 2010]. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/n32/Pag%2043.pdf>

LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form: lessons from the livin villages of Fujian rammed earth houses 2004? [Em linha]. [Consult. 5 Ago. 2012]. Disponível em [www: webvpn.uminho.pt](http://www.webvpn.uminho.pt)

LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka rammed earth structures 2009 [Em linha]. [Consult. 15 Out. 2012]. Disponível em: http://www2.cemr.wvu.edu/~rliang/ihta/papers/14%20FINAL%20liang_paper_workshop.pdf

MANIATIDIS, Vasilios; WALKER, Peter – A Review of Rammed Earth Construction: for DTi Parteners in Innovation Project “Developing Rammed Earth for UK Housing” 2003 [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2012]. Disponível em: <http://people.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>

MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antissísmicas de tierra. [Em linha]. [Consult. 3 Nov. 2011]. Disponível em: http://www.itacanet.org/esp/construccion/Construccion_tierra.pdf

NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de Solos de Controle em Construção com Terra – práticas de campo

(selección de suelos y métodos de controle n la construcción com tierras – prácticas de campo). [Em linha]. [Consult. 10 Nov. 2012]. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/pedologia/apostila%20constru%E7%E3o%20com%20terra.pdf>

OFICINA DE CONSTRUÇÃO EM TERRA CRUA – 6º ATP 9ºSIACOT, Coimbra 2012

Projeto de execução da Habitação em Salvada. Disponível na Câmara Municipal de Beja.

RODRIGUES, Paulina Faria - Paredes de terra crua: condicionantes associadas aos seus revestimentos. Pedra e Cal. Portugal. ISSN 1645-4863. 24(2004)

TORGAL, Fernando; JALILI, Said – Ensaios de avaliação da durabilidade das construções em terra. [Em linha]. [Consult. 10 Nov. 2012]. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10457/1/T3-Torgal,%20Jalali_final.pdf

VARGAS, J. – Earthquake resistant rammed-earth (tapial) buildings [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2012]. Disponível em: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/eng/doc3295/doc3295-contenido.pdf>

WEBSITES

<http://www.arquitecturadeterra.com>

<http://arquitecturasdeterra.blogspot.com>

<http://culture-terra-incognita.org>

<http://www.eartharchitecture.org>

<http://poeticadaterra.blogspot.com>

<http://www.rammedearth.blogspot.com>

<http://www.archicentral.com/schaulager-basel-switzerland-herzog-de-meuron-5782>

<http://www.youtube.com/watch?v=TzQh82mwwUQ> - “Mud Works: A different shade of Green”

<http://www.archdaily.com/34375/entre-muros-house-al-borde/>

<http://www.marcelocortes.cl/2012/>

<http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/>

<http://www.archdaily.com/34375/entre-muros-house-al-borde/>

CONTRA-CAPA Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012

_CAPITULO I

1. <http://static2.tripwolf.com/raw/showmedia/thumb/103644/460>
2. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 11.
3. <http://www.earth-auroville.com/photos/0-map-earth.jpg>
4. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 14.
5. <http://www.flickr.com/photos/gabrielbritto/2876506548/>
6. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 84.
7. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 100-101.
8. Tabela baseada nos dados estabelecidos pela CRATerre em HOUBEN, Hugo; GUILLAUD, Hubert – CRATerre... P. 42.
9. NEVES, Célia M. M. et al – Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra. P. 5.
10. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 159.
11. *Ibidem*. P. 185.
12. *Ibidem*. P. 104.
13. *Ibidem*. P. 9.
14. Fotografia da autora, workshop Sardenha, 2012.
15. Fotografia de Ana Pilar-, workshop Portugal, 2011.
16. Fotografia da autora, aulas práticas Sardenha, 2012.
17. *Ibidem*.
18. *Ibidem*.
19. *Ibidem*.
20. *Ibidem*.
21. *Ibidem*.
22. <http://eartharchitecture.org/uploads/tick2.jpg>
23. <http://www.eartharchitecture.org/uploads/friendhouse3.jpg>
24. RAEL, Ronald – Earth Architecture. P. 139.

25. <http://www.eartharchitecture.org/uploads/tekuto1.jpg>
26. http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/images/pena_03.jpg

_CAPÍTULO II

1. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 29
2. *Ibidem*. P. 41.
3. <http://www.flickr.com/photos/ferlomu/3353623490/in/pool-castles-castillos/>
4. <http://www.flickr.com/photos/vitor107/5652496417/>
5. http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5615&sysLanguage=en-en&itemPos=17&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=215&sysParentName=&sysParentId=65
6. http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5615&sysLanguage=en-en&itemPos=17&itemSort=en-en_sort_string1%20&itemCount=215&sysParentName=&sysParentId=65
7. http://www.eartharchitecture.org/uploads/coop_hmstd_01.jpg
8. http://www.eartharchitecture.org/uploads/coop_hmstd_03.jpg
9. http://www.lehmtonerde.at/uploads/pictures-w850/Rauch_Schlins_30_08_2008_007.jpg
10. <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pID=17>
11. Fotografia cedida por Luca Becciu.
12. RAEL, Ronald – Earth Architecture. P. 35.
13. *Ibidem*.
14. Fotografia da autora, aulas práticas Sardenha, 2012.
15. http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=herdade_do_rocim
16. http://erden.at/img/projekt4_3.jpg
17. Fotografia da autora, aulas práticas, Sardenha, 2012.
18. http://1.bp.blogspot.com/_bd4MQ7JxGWc/Rt351TRI8BI/AAAAAAAAAfw/-qbvupbywPc/s1600/rammed%2Bearth%2Bin%2Bosoyos%2B053.jpg
19. Fotografia da autora, aulas práticas Sardenha, 2012.
20. *Ibidem*.
21. http://www.betaoetaipa.pt/obras_detail.php?obra=herdade_do_rocim

22. http://c9.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/u2d020f02/5378694_bOJkR.jpeg
23. <http://1.bp.blogspot.com/-AGsUa4Wrsck/T6P4JfHezcI/AAAAAAAAACJU/6ZLNnG3-T0w/s1600/1322744043Y5xXD5cs4Gy62SH4.jpg>
24. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
25. *Ibidem.*
26. *Ibidem.*
27. *Ibidem.*
28. Fotografia da autora, viagem 2011.
29. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012
30. Fotografia da autora, viagem 2011.
31. Fotografia da autora, viagem 2011.
32. Fotografia cedida pelo Arq. Miguel Peixinho
33. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012
34. *Ibidem.*
35. *Ibidem.*
36. Fotografia da autora, viagem 2011.
37. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
38. Fotografia da autora, viagem 2012.
39. Fotografia de Daniela Cimino
40. Fotografia da autora, viagem 2011.
41. *Ibidem.*
42. *Ibidem.*
43. *Ibidem.*

_CAPÍTULO III

1. Fotografia da autora, aulas práticas Sardenha
2. Fotografia de Elisabette Sotgiu, aulas práticas Sardenha.
3. Fotografia de Eliana Baglioni, workshop Sardenha.
4. Fotografia de Elisabette Sotgiu, workshop Sardenha (finalização do muro no workshop)
5. <http://www.flickr.com/photos/ohmytrip/6760351491/in/photostream/>

6. <http://www.flickr.com/photos/bamboomeng/7949164550/in/photostream/>
7. <http://www.flickr.com/photos/ohmytrip/6763340245/in/photostream/>
8. LAU, Stephen Siu-Yiu; GARCIA, Renato; OU, Ying-Qing – Sustainacle design in its simplest form. P. 380.
9. LIANG, Ruifeng; HOTA, Gangarao – Non destructive evaluation of historic Hakka rammed earth structures. P. 16.
10. *Ibidem.*
11. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Shibam_details_Wadi_Hadhramaut_Yemen.jpg
12. http://www.flickr.com/photos/phil_marion/2558381356/
13. <http://www.flickr.com/photos/ronnyreportage/6244041208/lightbox/>
14. JEROME, Pamela – After the flood: devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadramaut Valley of Yemen. P. 5.
15. JEROME, Pamela – After the flood: devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadramaut Valley of Yemen. P. 7.
16. <http://www.earth-auroville.com/photos/0-map-earth.jpg>
17. <http://12.000.scripts.mit.edu/mission2014/sites/default/files/world-rainfall-map.png>
18. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 145
19. *Ibidem.*
20. Fotografia cedida pelo Arq. Miguel Peixinho
21. Fotografia da autora, viagem 2011.
22. *Ibidem.*
23. *Ibidem.*
24. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
25. Fotografia da autora, viagem 2011.
26. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 63.
27. Fotografia da autora, viagem 2011.
28. *Ibidem.*
29. http://eartharchitecture.org/uploads/t_v_04_22944.jpg
30. http://www.dailytonic.com/wp-content/uploads/2009/08/oaxaca_1.jpg

31. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 21.
32. *Ibidem*.P. 23.
33. http://farm5.staticflickr.com/4087/5038311827_8473bba8fe_z.jpg
34. http://farm4.static.flickr.com/3341/3423896654_25d0ab88fd.jpg
35. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 57.
36. *Ibidem*.P. 59.
37. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P. 73.
38. *Ibidem*.
39. Fotografia de Ágata Terrão, Miradouro da Lua em Angola.
40. http://4.bp.blogspot.com/-bJUQ0Uc-2Gw/Tr7_-e4_KEI/AAAAAAAAACDE/1rQ9InBkYDs/s1600/DjenneRemudding4.jpg
41. <http://www.flixya.com/files-photo/a/r/r/arrozada-519176.jpg>
42. FONTAINE, Laetitia; ANGER, Roman - Bâtir en terre. P.63.
43. <http://www.flickr.com/photos/mytripsmypics/7134778931/lightbox/>
44. <http://www.flickr.com/photos/mytripsmypics/4324147417/in/photostream/>
45. http://25.media.tumblr.com/f9885b225ec8108308fe817a8205e78f/tumblr_meokr03Rtm1qa-t99uo1_r1_1280.jpg
46. http://www.lehmtonerde.at/uploads/pictures-w850/Rauch_Schlins_30_08_2008_011.jpg
47. BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 166.
48. http://sbd2050.org/upload/project/39/m_7807_DSC_1516_sek.jpg
49. <http://www.flickr.com/photos/mytripsmypics/7696339278/in/photostream/>
50. <http://www.flickr.com/photos/mytripsmypics/7702831922/>
51. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
52. <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?PID=13>
53. <http://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?PID=13>
54. http://4.bp.blogspot.com/_crC-oWs8wjK/SCEqhH2woKI/AAAAAAAAASU/rAXG6VVLtcY/s1600/marfa3.jpg
55. <http://www.flickr.com/photos/hellothomas/6866324713/in/photostream/>
56. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 149.
57. *Ibidem*. P. 151.

58. <http://www.earth-auroville.com/photos/0-map-earth.jpg>
59. <http://0.tqn.com/d/geology/1/0/q/j/1/worldseismap.png>
60. TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G.; JALILI, Said – A Cosntrução em Terra. P. 33.
61. http://users.swing.be/ecotopie/images/weilburg_coupe.jpg
62. MINKE, Gernot – Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. P. 6.
63. http://cgz.e2bn.net/e2bn/leas/c99/schools/cgz/accounts/staff/rchambers/GeoBytes%20GCSE%20Blog%20Resources/Images/Plate%20Tectonics/Earthquakes/BAM_IR2726.jpg
64. http://2.bp.blogspot.com/_tGHzOEp3UKA/TRdEqj6-mOI/AAAAAAAAACUg/N9rKld9iVO8/s1600/MANAFPOUR_2004_Arg_e_Bam.gif
65. http://3.bp.blogspot.com/_JTtAnfzUjyI/TGKGJ3If2TI/AAAAAAAAABII/u7UjLEHN3Ok/s1600/sism.jpg
66. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 91.
67. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
68. *Ibidem.*
69. Fotografia cedida pelo Arq. Miguel Peixinho
70. Fotografia da autora, viagem 2011
71. *Ibidem.*
72. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 93.
73. *Ibidem. P. 94.*
74. BOLTSHAUSER, Roger; KAMM, Thomas; RAUCH, Martin – Haus Rauch. P. 78.
75. *Ibidem. P. 94.*
76. *Ibidem. P. 142 e 143.*
77. Fotografia da autora, viagem 2011
77. *Ibidem.*
78. *Ibidem.*
79. *Ibidem.*
80. *Ibidem.*
81. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
82. *Ibidem.*
83. *Ibidem.*

84. Fotografia da autora, viagem 2011
85. *Ibidem.*
86. *Ibidem.*
87. *Ibidem.*
88. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 34.
89. *Ibidem.* P. 33
90. *Ibidem.* P. 105
91. *Ibidem.* P. 106 e 107.
92. Fotografia cedida por Luca Becciu
93. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 61.
94. Fotografia de Daniela Cimino, viagem 2012.
95. *Ibidem.*
96. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 102 e 103.
97. <http://www.archdaily.com/34375/entre-muros-house-al-borde/1252418301-1251121067-d-exterior-003/>
98. <http://www.archdaily.com/34375/entre-muros-house-al-borde/1252418023-1251120076-a-secuencia-007/>
99. Fotografia da autora, viagem 2011
100. *Ibidem.*
101. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 65.
102. *Ibidem.* P. 66.
103. http://www.marcelocortes.cl/proyectos/portada/images/cea_06.jpg
104. RAEL, Ronald - Earth architecture. P. 53.
105. *Ibidem.* P. 55.

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I_O Material	11
1. A terra	13
1.1 A terra na história	13
1.2 Um futuro	15
1.3 A realidade do presente	19
2. O que é a terra?	27
2.1 Constituição da terra	27
2.2 Betão de argila	33
2.3 As propriedades	37
3. Materialização	43
3.1 Os testes	43
3.2 Técnicas de construção	53
CAPÍTULO II_A Técnica	
1. A taipa	61
1.1 A taipa na história	61
1.2 O regresso da técnica	65
1.3 Uma nova materialidade	71
2. As inovações da taipa	
2.1 A mecanização dos métodos	75
2.2 Estabilização	79
3. A taipa em Portugal	91
3.1 A taipa tradicional	91
3.2 Tradição e modernidade	99
3.3 Análise geral	103

CAPÍTULO III_A Arquitetura	115
Introdução ao desafio	117
1. O conceito de durabilidade	119
1.1 Porque é a terra menos resistente?	121
1.2 A durabilidade da taipa	123
1.3 Quando a História dá o exemplo	131
2. A água e a arquitetura	141
2.1 A ação da água	143
2.2 A resposta da arquitetura	147
3. Os sismos e a arquitetura	177
3.1 As ações mecânicas	179
3.2 A resposta da arquitetura	185
CONSIDERAÇÕES FINAIS	217
CONCLUSÃO	225
ANEXOS	233
BIBLIOGRAFIA	267
FONTES DE IMAGENS	281
ÍNDICE	294

