FACULDADE DE ARQUITECTURA DA UNIVERSIDADE DO PORTO | 2010
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITECTURA

FABIANA ABRAÚL

ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL

VIABILIDADE CONTEMPORÂNEA

ORIENTADOR_ ARQUITECTO LUÍS PEDRO FERREIRA SILVA

resumo

O uso do material *terra* no âmbito da Arquitectura representa uma escolha milenar da humanidade, sendo ainda hoje amplamente utilizado. Em Portugal verifica-se a existência de um vasto espólio de edifícios construídos em terra; uma parte significativa desse património encontra-se degradada e esquecida. Todavia, nos últimos 20 anos têm-se vindo a assistir a um entusiasmo crescente em redor das técnicas construtivas que elegem a terra como matéria-prima. A presente tese propõe-se a estudar o uso do material terra na construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal Continental, reflectindo acerca da sua viabilidade contemporânea.

As três técnicas de construção com terra que se implantam no território português consistem nos sistemas em taipa, adobe e tabique. O material terra localiza-se na camada da pedosfera; a sua génese e propriedades intrínsecas encontram-se dependentes de condições climatéricas, topográficas e litológicas (entre outras) que se estabelecem em cada lugar. A primeira fase desta investigação incide na análise do local onde se implantam os três sistemas construtivos, procurando definir um perfil do lugar, sob a perspectiva dos factores que influenciam a formação do solo. Deste modo, relaciona-se o lugar com uma técnica de construção com terra. De seguida, aprofunda-se o estudo do solo em si próprio: que porção de solo interessa utilizar em Arquitectura de Terra, quais os seus constituintes e qual o comportamento físico que resulta da sua interacção. Partindo destas bases, são examinadas individualmente as técnicas da taipa, do adobe e do tabique, desde a fase de selecção, extracção e correcção da terra, até ao momento da sua aplicação construtiva. Observam-se, neste contexto, as soluções geralmente aplicadas para diferentes elementos arquitectónicos, considerando a articulação da terra com outros materiais. Na informação em anexo são apresentados casos de estudo que exemplificam a requalificação de estruturas pré-existentes e a execução de projectos de raiz, procurando compreender cada edifício no âmbito do conhecimento adquirido nos capítulos anteriores.

Palavras-chave: Arquitectura de Terra. Portugal. Perfil do lugar. Solo. Taipa. Adobe. Tabique. Viabilidade.

abstract

The use of earth in architecture stands as an ancient heritage of the human race which is still widely exploited. In Portugal there's a vast inheritance of earth-built constructions; a significant part of it finds itself ruined and forgotten, but the last 20 years brought a renewed enthusiasm surrounding the traditional earth-based building techniques. This dissertation was made with the intention of studying Earth Architecture in the Portugal (mainland) and its nowadays feasibility.

The three main building techniques found in Portugal are: rammed earth, mud brick and wattle-and-daub. Since earth is obtained from the soil, whose genesis and properties are influenced by weather, lithological and topographical conditions (among others), the initial approach comprises the analysis of the place of implantation of each building technique according to the factors that play a major role in the soil formation, in an attempt to establish a relationship between the localisation and the building technique, drawing a local profile. Afterwards, there's a focus on the soil itself – which part of it is eligible for building, what are its components and how do they interact between them to define the soil's physical properties. Further on, there's a description of the three building techniques from the moment of soil selection and gathering, its stabilization, application techniques and options for architectural components. Finally, the case-studies that are presented in attatchment, exemplify either requalification or newly-projected buildings that used earth as raw material; each case-study is intended to be analysed according to the knowledge gained in the previous chapters.

Key-words: Earth Architecture. Portugal. Local Profile. Soil. Rammed earth. Mud Brick. Wattle-and-Daub. Feasibility.

índice

introdução 13

MOTIVAÇÃO PESSOAL 13
OBJECTO E ESTRUTURA 15
OBJECTIVOS 16
METODOLOGIA 16
O ESTADO DA ARTE 17

capítulo 1 *(O LUGAR)* 29

O PERFIL ÍNSITO DE UMA ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL

I.1 IDENTIFICAÇÃO DO LUGAR - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA 31

I.2 CARACTERIZAÇÃO DO LUGAR 37

1. INSOLAÇÃO ANUAL 39
2. TEMPERATURA MÉDIA DO AR 41
3. PRECIPITAÇÃO - Nº DE DIAS 43
4. PRECIPITAÇÃO TOTAL 45
5.HUMIDADE RELATIVA DO AR 47
6. HIPSOMETRIA 49
7. COMPLEXOS LITOLÓGICOS 51
8. UNIDADES PEDOLÓGICAS 55

I.3 REFLEXÃO - O PERFIL DO LUGAR DE UMA ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL 59

capítulo 2 *(O MATERIAL)* 65

O VALOR PRÓPRIO DO MATERIAL TERRA

II.1 FORMAÇÃO E PERFIL DO SOLO 67

1. IDEIA GERAL DE FORMAÇÃO DO SOLO 67
2. O PERFIL DO SOLO E A DIFERENCIAÇÃO DE HORIZONTES 69
3. O *HORIZONTE B* EM ARQUITECTURA DE TERRA 71

II.2 CONSTITUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO 73

1. CORPO GRANULAR (ESPAÇO *CHEIO*) E CORPO POROSO (ESPAÇO *VAZIO*)
1.1 MATÉRIA MINERAL 73
1.2 MATÉRIA ORGÂNICA 81
1.3 O AR E A ÁGUA DO SOLO 83

2. POROSIDADE E PERMEABILIDADE 86
3. CONSISTÊNCIA, EXPANSIBILIDADE E CONTRACTIBILIDADE 87

II.3 REFLEXÃO - O VALOR PRÓPRIO DOS SOLOS PREDOMINANTES EM PORTUGAL 90

capítulo 3 *(A ACÇÃO)* 97

O PERFIL CONSTRUTIVO DO MATERIAL TERRA

III.1 PREPARAÇÃO DA TERRA 99

1. ANÁLISE DA TERRA: ABORDAGEM AOS TESTES DE CAMPO E DE LABORATÓRIO 99
1.1 TEXTURA 103
1.2 CONSISTÊNCIA 106
1.3 ACÇÃO MECÂNICA 109
2. EXTRACÇÃO E HOMOGENEIZAÇÃO DA TERRA 111
3. CORRECÇÃO DA TERRA 115

III.2 APLICAÇÃO DA TERRA 121

1. O ELEMENTO ARQUITECTÓNICO PAREDE: CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO 123
1.1 TERRA CRUA SOB A FORMA DE ESTRUTURAS PORTANTES 125
TAIPA, SISTEMA MONOLÍTICO 125
ADOBE, SISTEMA DE ALVENARIA 133
ASPECTOS CONSTRUTIVOS COMUNS 143
1.2 TERRA CRUA SOB A FORMA DE PREENCHIMENTO DE UMA ESTRUTURA SUPORTE 145
TABIQUE
2. MATERIALIZAÇÃO DE OUTROS ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS - CONSIDERAÇÕES GERAIS 149
FUNDAÇÃO 149
COBERTURA 151
VÃOS 152
REVESTIMENTOS 152
PAVIMENTOS 154

III.3 REFLEXÃO - A PREPARAÇÃO E A APLICAÇÃO DO SOLO NAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM PORTUGAL 154

reflexão final 159

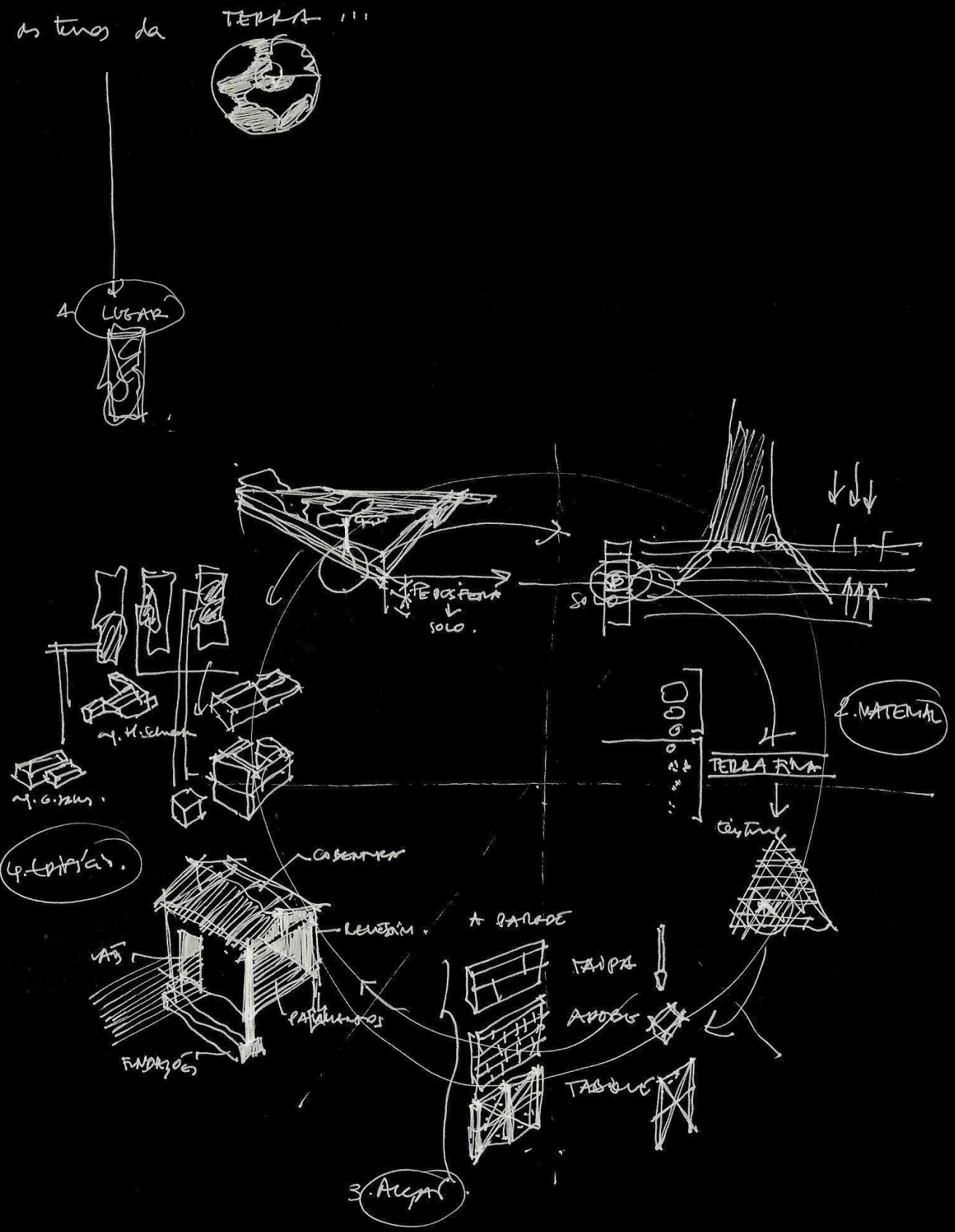
ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL: VIABILIDADE CONTEMPORÂNEA

informação em anexo *(O EDIFÍCO* - A CORPORIZAÇÃO DO MATERIAL TERRA*)* 169

AGRADECIMENTOS

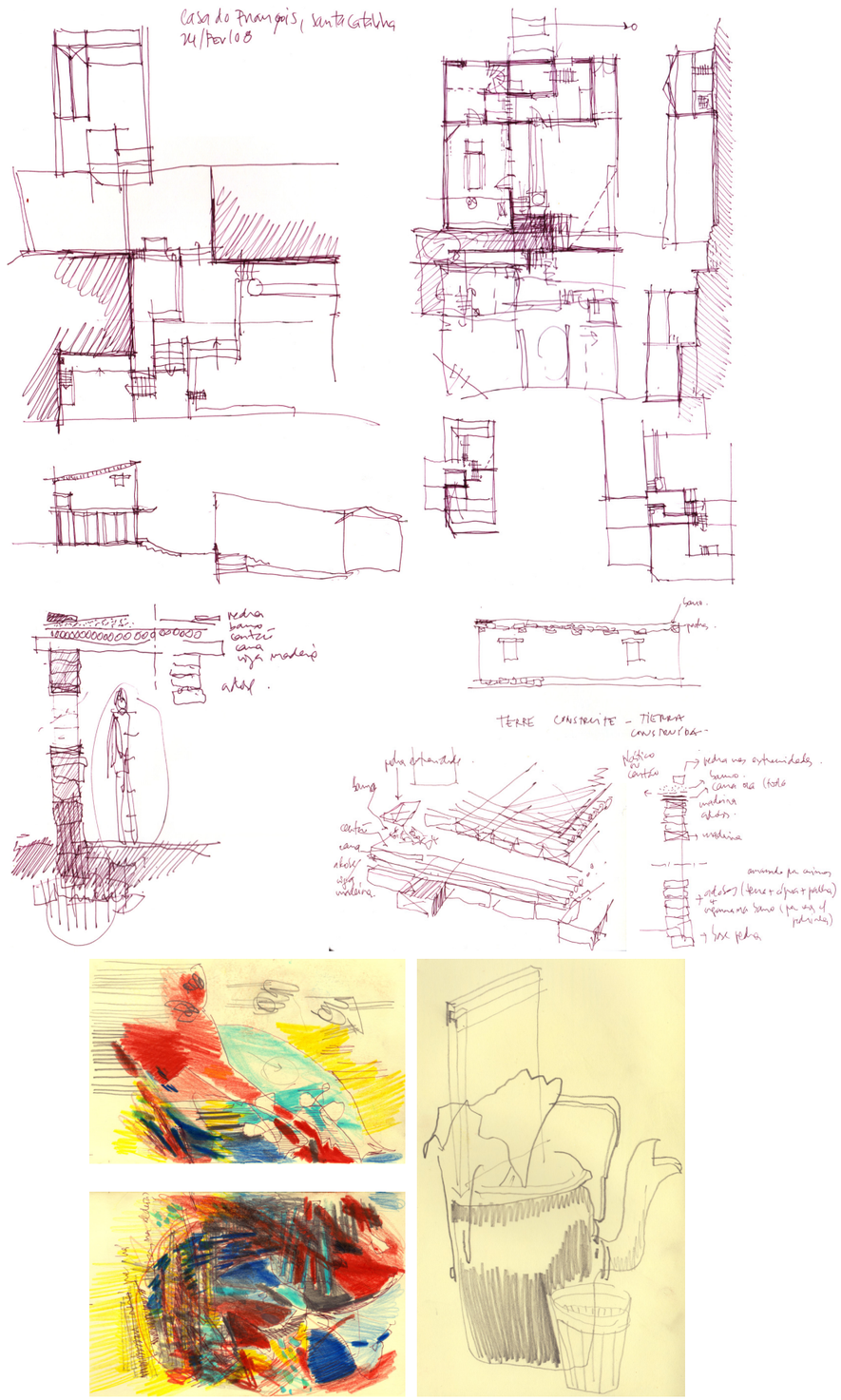
FONTES ICONOGRÁFICAS

FONTES BIBLIOGRÁFICAS


os tenos da TERRA !!!
4. LUGAR
SOLO.
TERRA CRUA
TAIPA
ADOBE
TABIQUE
3. AGUA

Tudo o que pensa ou sente plasmado na matéria, como acontece a um escultor (algum). Seja pedra, ou ferro, tijolo, madeira ou argamassa.
Ainda: tudo o que faz nos protege. O sol e a tempestade não assustam, nem no que faz revê como poeta que é.
Apenas repete, desenhando em gesto antiquíssimo, desdenhando de si.
Assim, a espaços, quando é absolutamente preciso e mil bocas o pedem - inventa, de súbito voando.

(Álvaro Siza, *A propósito de um velho artesão*, Fevereiro de 1999)



Esquissos em Santa Catalina, Argentina (2008).

PAINEL 1_ Fotografias do edifício da associação *Terre Construite* em Amaicha del Valle (província de Tucumán), a noroeste da Argentina.

PAINEL 2_ Fotografias do povoado (fila superior) e da habitação (fila inferior) em Santa Catalina (província de Jujuy), no Noroeste da Argentina — projecto e construção de François Loze.

12 a)

introdução

MOTIVAÇÃO PESSOAL

> Sem que ninguém de tal se tivesse apercebido, a criança já havia estendido gavinhas e raízes, a frágil semente que então eu era havia tido tempo de pisar o barro do chão com os seus minúsculos e mal seguros pés, para receber dele, indelevelmente, a marca original da terra, esse fundo movediço do imenso oceano do ar, esse lodo ora seco, ora húmido, composto de restos vegetais e animais, de detritos de tudo e de todos, de rochas moídas, pulverizadas, de múltiplas e caleidoscópicas substâncias que passaram pela vida e à vida retornaram, tal como vêm retornando sóis e as luas, as cheias e as secas, os frios e os calores, os ventos e as calmas, as dores e as alegrias, os seres e o nada.[1]

O interesse em explorar a concepção de uma arquitectura que utiliza a terra como matéria-prima surgiu num Verão do Hemisfério Sul, durante um ano de intercâmbio na Argentina (2007/08). Num espaço de dois meses em viagem pelo Norte do país tive oportunidade de habitar edifícios construídos com terra e de observar o potencial construtivo do material. Em Amaicha del Valle (província de Tucumán) conheci a associação *Terre Construite* e o seu projecto de colaboração com a comunidade *Diaguita;* partindo de recursos materiais e económicos limitados, este grupo intervém, de modo crítico e inventivo, na estrutura social e arquitectónica do lugar (painel 1). Posteriormente, em Santa Catalina (província de Jujuy), visitei a obra de François Loze, presidente da associação, experiência que implicou uma reflexão sobre o meu percurso académico (painel 2).

A vontade de aprender a construir com terra lançou, no regresso a Portugal, o desafio de estudar o tema no contexto nacional, no âmbito da Dissertação de Mestrado. Esta investigação permitiu-me verificar a presença secular e transversal de uma Arquitectura de Terra em Portugal e contactar com o actual foco do seu (re) desenvolvimento na região do Alentejo. A viabilidade de um impacto ambiental mínimo, a par de propriedades térmicas e acústicas inerentes – condições que influenciam tanto o plano ecológico quanto económico –, fundamentam a opção de um percurso pessoal nesta vertente arquitectónica. A sua expressão estética plural enraizada numa arquitectura do lugar, à escala humana, motiva-me de modo passional.

No decorrer do trabalho, a minha memória deteve-se perante a terra; na viagem deste outro hemisfério tropecei em tardes longas e longínquas da minha infância. Brinquei na terra e (como o *Barão Trepador*, de Italo Calvino) trepei às árvores em dias intermináveis, num quintal que prolongava os limites da minha imaginação. Lembro-me dos "faz-de-conta" feitos de breves muros de carumas que eu recolhia e sobrepunha. As linhas de terra que se repetiam eram percorridas por canais de água que alimentavam sementes invisíveis, que despontavam e cresciam em fenómenos de quatro estações; e eu vociferava "já chegou, avó!", quando a água atingia o limiar de cada fila de terra.

[1] SARAMAGO, José (2006): *As Pequenas Memórias;* Lisboa: Editorial Caminho. 1:12-13.

PAINEL 3_ Arquitectura de Terra em Portugal: três sistemas construtivos.
1— Taipa/ 2— Adobe/ 3— Tabique.

> O que é a Terra? Na maioria dos idiomas a palavra TERRA tem estes mesmos dois significados: é simultaneamente a designação do planeta em que vivemos e a designação da matéria, do solo que pisamos.
>
> A terra é, assim, a nossa base de sustentação física: permite-nos estar de pé, movermo-nos e andar. A força da gravidade mantém-nos junto a ela, sem necessidade de qualquer esforço (…). A terra é, também, a nossa base de sustentação orgânica: nela nascem, se desenvolvem e dela dependem a maioria dos elementos (...) que fazem parte da nossa alimentação, que nos possibilitam viver, (…) existir e ser.
>
> (…) essa dualidade semântica poderá ser unificada num outro conceito (…): a terra é o suporte da nossa vida.
>
> (…) Nos finais do séc. XIX, o eminente geógrafo francês Elisée Reclus teorizava e escrevia o seguinte: *"O Homem não vive apenas no solo – nasce da própria Terra; (…) Somos pó, água, ar organizados, (…), tal como as árvores da floresta e os canaviais dos rios. (…) Logo, é impossível que as formas terrestres, com as quais a flora e a fauna se harmonizam (…), se não reflictam igualmente nos fenómenos vitais desta simples parte da fauna a que se chama humanidade".* [2]

O presente trabalho tem como objecto de estudo a construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal Continental, visando reflectir acerca da sua viabilidade hodierna. No âmbito de uma Arquitectura de Terra, o solo constitui a matéria-prima eleita, cujo comportamento e propriedades intrínsecas são decisivos na concepção projectual e no desenvolvimento da acção construtiva. Na sua essência, o material apresenta um cariz heterogéneo e plural, que depende directamente do lugar da sua formação. Em distintos pontos geográficos, o diálogo que se verifica entre condições climatéricas, topográficas, geológicas e biológicas, no decurso de uma linha temporal, define diferentes tipos de solo, reportando a formas diversas de trabalhar o material a nível construtivo.

Partindo desta reflexão, o objecto de estudo é analisado através do aprofundamento de três variáveis que estruturam o problema – *o lugar*, *o material* e *a acção*. O primeiro capítulo observa o lugar onde se implanta uma Arquitectura de Terra em Portugal, associando-o a sistemas de construção com terra. Em função de factores que intervêm na formação do solo, o lugar é examinado de modo a sintetizar um "perfil do lugar", que permita ponderar as pontes que o ligam ao material e à acção.

No segundo capítulo expõe-se o valor próprio do material terra, enquanto corpo portador de uma expressão singular, resumindo noções acerca da sua formação e constituição, bem como princípios do seu comportamento. Esta leitura pretende compreender o carácter da matéria que corporiza uma Arquitectura de Terra, visando a sua aplicabilidade arquitectónica e construtiva.

O terceiro capítulo contempla o desenvolvimento da acção, detendo-se perante o conjunto de técnicas que trabalham o material (painel 3). A construção com terra é examinada desde o momento da selecção do solo, passando pela correcção até à materialização de determinados elementos arquitectónicos que configuram um edifício, reflectindo acerca de operações comuns ou específicas para cada técnica.

Num quarto momento, em anexo, apresentam-se exemplos de edifícios construídos com terra no território português, tendo por base a requalificação ou a construção de raiz, no âmbito de diferentes técnicas construtivas.

---

[2] ROCHA, Miguel (2006): *A Terra na Arquitectura*. In:*Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia.10ª Mesa-Redonda de Primavera*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia. 1:26.

Para cada caso de estudo considera-se o trinómio "lugar-material-acção", examinado no decurso do trabalho, como base para a análise de permissas fundamentais no domínio de uma Arquitectura de Terra.

OBJECTIVOS

O objectivo que se encontra na génese da presente dissertação funda-se em aprender a construir com o material terra, elegendo o território português para a investigação do seu potencial no domínio da Arquitectura. O trabalho desenvolvido constitui a primeira abordagem pessoal no âmbito de uma Arquitectura de Terra; o seu propósito reside em adquirir um conhecimento geral acerca desta problemática, reunindo princípios que permitam uma análise da sua expressão em Portugal. No corpo deste estudo, destacam-se os seguintes objectivos:

– investigar a relação que se tece entre o lugar de implantação de uma Arquitectura de Terra, o tipo de solo utilizado e a técnica construtiva desenvolvida (associação do trinómio "lugar–material–sistema construtivo");
– examinar o comportamento do material terra e compreender que tipos de solo se consideram aptos no domínio construtivo;
– caracterizar os sistemas construtivos que compõe o corpo de uma Arquitectura de Terra no país;
– ilustrar os sistemas construtivos analisados através de exemplos de edifícios requalificados e construídos de raiz;
– traçar uma aproximação consciente aos limites e vantagens de uma Arquitectura de Terra, ao valor e ao significado do material no contexto contemporâneo, fixando o seu campo de acção.

METODOLOGIA

Toma-se como ponto de partida a área geográfica onde se verifica a implantação de uma Arquitectura de Terra em Portugal, intersectando dados de duas obras principais – *Arquitectura de Terra em Portugal* [3] e *Arquitectura Popular em Portugal*.[4] Dentro da unidade espacial identificada, salientam-se zonas correspondentes ao incremento de diferentes técnicas construtivas;[5] os lugares que se destacam são examinados de acordo com características relativas ao clima, à topografia, ao tipo de rochas e de solos presentes. O exercício é elaborado através da sobreposição de diferentes mapas temáticos que descrevem no seu conjunto um "perfil do lugar", associado a um tipo de solo e a um sistema de construção com terra.

O processo de formação do solo e a localização do horizonte propício no âmbito construtivo, são abordados enquanto bases para o entendimento da constituição e do comportamento do material. Procede-se a um *zoom* na matéria, averiguando a sua composição e comparando as propriedades das partículas que a corporizam. Observam-se características do solo que permitam compreender a sua natureza própria.

---

3 CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*; Lisboa: Argumentum.

4 AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

5 Durante a segunda metade do século XX foi introduzido em Portugal um sistema construtivo designado *BTC* – blocos de terra compactada – que consiste num sistema de alvenaria portante, à semelhança do adobe. Enquanto os sistemas em taipa, adobe e tabique são considerados sistemas tradicionais de construção, que integram o corpo de uma Arquitectura Regional em Portugal, o BTC apresenta-se como um processo bastante recente, que se funda na mecanização total ou parcial do sistema construtivo. No âmbito do presente estudo, a reflexão é dirigida para as três técnicas tradicionais de construção com terra, excluindo o sistema em BTC. Esta opção fundamenta-se no carácter deste último sistema, que se distancia do factor "lugar" enquanto permissa do seu desenvolvimento.

O estudo da acção construtiva inicia-se com a selecção do solo, referenciando um conjunto de testes que proporcionam o apuramento das suas principais características; em função dos resultados obtidos indicam-se métodos para correcção do material, sob o ponto de vista de uma aplicação construtiva. Considerando o elemento arquitectónico "parede" aprofundam-se, para cada técnica de construção, os procedimentos que integram o seu desenvolvimento. A materialização de outros elementos arquitectónicos é traçada numa plataforma de análise conjunta, reunindo processos que são comuns às diferentes técnicas.

Em última instância, considerando o trinómio "lugar–material–acção" que compõe o corpo desta investigação, tece-se uma reflexão que reúne e sintetiza os conteúdos principais de cada tema, direccionando-os para o campo de acção do material terra no domónio construtivo. Estipulam-se limites e vantagens da aplicação do material, de modo a ponderar a viabilidade da construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal no momento presente.

Por fim, num capítulo anexo, analisam-se edifícios integrados no âmbito de uma Arquitectura de Terra em Portugal. A escolha dos casos de estudo fundamenta-se no contacto directo com as obras e com os respectivos autores, possibilitando a visita dos espaços e a recolha de desenhos e fotografias para a sua análise. Apresentam-se edifícios que foram alvo de restauro ou requalificação, bem como edifícios que foram construídos de raiz; as várias intervenções situam-se temporalmente nas duas últimas décadas (1990-2010). Descreve-se um mecanismo de análise que se funda nos temas "lugar–material–acção", ponderando o discurso deste trinómio no conjunto dos edifícios.

O ESTADO DA ARTE

ANCESTRALIDADE DE UMA ARQUITECTURA DE TERRA

> A arquitectura e a construção com terra têm um dos patrimónios mais diversificados e universais da Humanidade. O material era utilizado na Antiguidade, como é ainda na actualidade. Considera-se que um terço da população mundial, que habita em particular em regiões rurais, vive em estruturas construídas em terra.[6]

O conjunto de técnicas de construção que utilizam a terra crua como matéria-prima manifesta-se, a nível internacional, como uma cultura construtiva ancestral; os vestígios arqueológicos estudados até ao presente apontam para a remota aplicação do material na edificação de estruturas efémeras, datadas do Periodo Paleolítico.[7]

O território português não é excepção no que respeita esta ancestralidade da utilização construtiva do solo: (...) *no actual território nacional, os mais recuados testemunhos de estruturas de habitat correspondem a dois abrigos ou pára-ventos,* (…) *construídos com pedras, ligadas por terra,* (…) *descobertos em terraço da margem*

---

6 CORREIA, Mariana (2006): *Universalidade e Diversidade da Arquitectura de* Terra. In:*Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia.10ª Mesa-Redonda de Primavera*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia. 1:12.

7 *Solos contendo vestígios de ocupação humana muito remota, artificialmente preparados, com terra e pequenas pedras, foram detectados (…) na bacia do lago Turkana, no Quénia (…). Ali se talharam frustes artefactos liticos (…) há cerca de 2,5 milhões de anos (m.a.) (…). Em (…) Olduvai (Tanzânia), construiu-se, em data algo anterior a 1.75 m.a., abrigo, de planta circular (…), cujas paredes e cobertura seriam de matéria vegetal e as bases de pedras e terra. Segundo o pré-historiador François Bordes, estamos perante o* "primeiro ensaio de arquitectura".

GOMES, Mário Varela (2005): *Arqueologia da arquitectura de terra em Portugal*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:125.

PAINEL 4_ Ancestralidade da construção de uma Arquitectura de Terra.

1— Ruínas de Jericó, Palestina/ 2— Zigurates na Mesopotâmia (Uruk e Ur);
3— Ramesseum em Luxor, Egipto/ 4— Ruínas da Muralha da China e torre de vigia, em Dunhuang.

direita do rio Tejo, no sítio de Vilas Ruivas (Vila Velha de Ródão). (…) *O espólio exumado* (…) *indicou cronologia do Paleolítico Médio* (…).[8] A introdução da terra num contexto arquitectónico terá ocorrido em associação com materiais pétreos e vegetais assumindo, numa primeira fase, a função de argamassa de ligação e de revestimento.

O desenvolvimento de *sistemas construtivos em terra* – concepção do solo enquanto material primordial na materialização de um edifício – terá sucedido, a nível internacional, no Período Neolítico,[9] com a elevação de muros executados em taipa e em adobe. *Foi no Médio Oriente que nasceram, há uma centena de séculos, as primeiras tradições das arquitecturas de terra crua. Foi aí que os homens deram forma a uma invenção fundamental: a cidade.*[10] Os aglomerados e as estruturas defensivas ou religiosas erigidos nas regiões da Palestina – Jericó, cerca de 8000 a.C. –, do Crescente Fértil – Mesopotâmia, por volta de 6000 a.C. –, do Egipto – Vale do Nilo, IV milénio a.C. – ou da China – Henan, cerca de 2000 a.C. –, poderão ser entendidos como marcos históricos fundamentais, que traduzem as primeiras experiências de aglomerados humanos perenes, construídos com recurso ao material terra (painel 4).

Em Portugal, os vestígios arqueológicos datados do mesmo período indicam, sobretudo, a aplicação do material terra em argamassas de ligação e revestimento – empregues ao nível de fundações, paredes e coberturas – e pontualmente na materialização de pavimentos. O incremento de técnicas de construção com terra no território nacional remonta ao Periodo Calcolítico, no III milénio a.C., como indiciam os povoados de Zambujal em Torres Vedras, ou de Monte da Tumba em Alcácer do Sal. Nas estruturas mencionadas observa-se uma utilização multifacetada do material terra, aplicado em argamassas de ligação e revestimento, paredes, coberturas abobadadas e pavimentos de terra (Gomes; 2005).

A partir do I milénio a.C observa-se um notório desenvolvimento dos sistemas de construção com terra, associado à presença fenícia no território português: (...) *deve-se, por certo, aos renovados fluxos orientais, que se fizeram sentir* (...) *a partir do século VIII a.C., a adopção generalizada da construção em terra, nomeadamente, em taipa ou* (…) *utilizando adobes e tabiques, imprimindo características arquitectónicas, paisagistas e perfil civilizacional indeléveis, que* (…) *haveriam de alcançar os nossos dias.*[11] A fixação deste povo, oriundo do Mediterrâneo Oriental, veio cimentar a difusão de uma cultura construtiva em terra, desenvolvida desde cerca do X milénio a.C. no Médio Oriente e disseminada por toda a região mediterrânica. A influência fenícia assumiu no domínio arquitectónico uma expressão plural que se implantou em diferentes contextos; entre os vestígios de estruturas identificadas salientam-se edifícios de carácter colonial – palácio feitoria de Abul, em Setúbal (séc.VII-VI a.C.) –, aglomerados urbanos – acrópole de Alcácer do Sal – e núcleos rurais – povoados em Castro Verde e Ourique (painel 5).

---

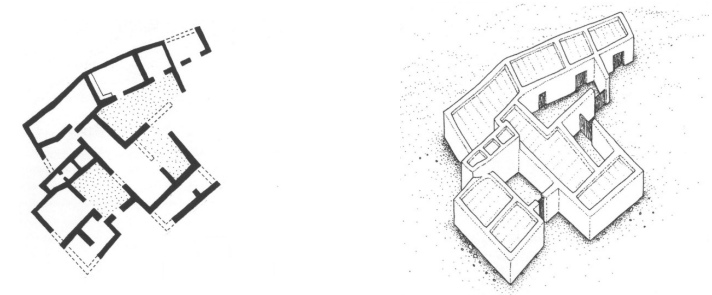
[8] Idem. 2:126.

[9] O período da Revolução Neolítica caracteriza-se por mudanças fundamentais no desenvolvimento da cultura humana (sedentarização, agricultura), surgindo como produto de um conjunto de transformações climatéricas, geológicas e biológicas, que decorreram lentamente ao longo de milénios. Antes de modificarem (in) directamente a cultura do Homem, estas transformações terão alterado os lugares, palco da sua vivência, assim como os materiais disponíveis no meio ambiente. O aquecimento da crosta terrestre, o aumento do nível do mar, a formação de desertos e de rios, bem como o aparecimento de novos tipos de fauna e de flora, são algumas das metamorfoses que possibilitaram o incremento da espécie humana, colocando à sua disposição lugares e materiais que iriam corporizar a construção de uma Arquitectura de Terra.

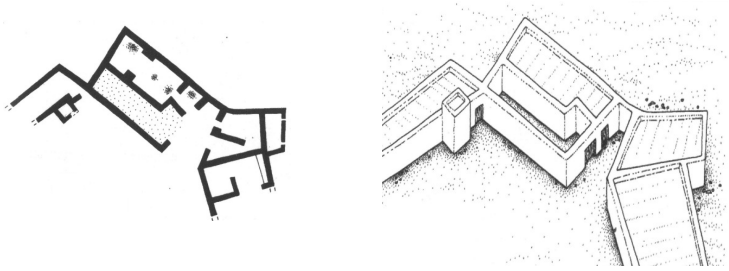
[10] DETHIER, Jean (1986): *Architectures de Terre: atouts et enjeux d'un matériau de construction méconnu: Europe: Tiers Monde: États Unis*; Paris: C.G.P. Pg. 73.

[11] GOMES, Mário Varela (2006): *Arquitectura de Terra na Proto-História do Sul de Portugal*. In:*Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia.10ª Mesa-Redonda de Primavera*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia. 3:65

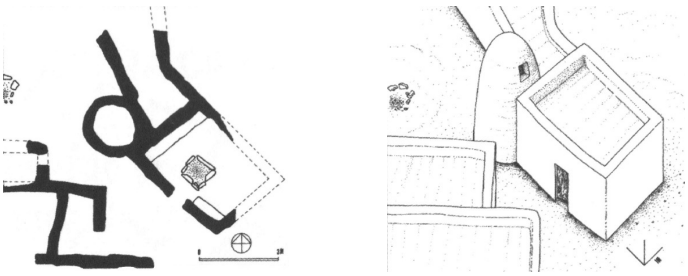
1



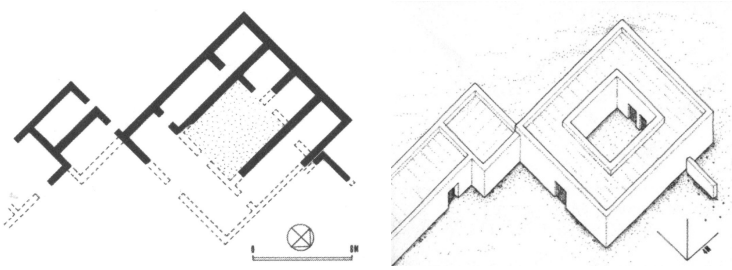
2



3



4



PAINEL 5_ Edifícios construídos em terra no território português: a presença fenícia e a difusão de uma cultura construtiva.

1_ Povoado de Neves I, Castro Verde; 2_ Povoado de Corvo I, Castro Verde;
3_ Povoado do Porto das Lajes, Ourique; 4_ Povoado de Fernão Vaz, Ourique.

No fim da primeira década do século XXI, o território português apresenta um vasto espólio de edifícios construídos com terra, afirmando a prevalência e a natural metamorfose de uma cultura construtiva ancestral.

Dentro da unidade que compõe uma Arquitectura de Terra em Portugal, encontra-se um grupo restrito de fortificações construídas em taipa, património relacionado com a presença árabe no território: (...) *na Península Ibérica conhece-se o uso de taipa militar em estruturas defensivas desde o séc. X, durante o designado período muçulmano; fortificações como as de Alcácer do Sal, Juromenha, Moura, Paderne ou Silves são exemplos desse tipo no sul de Portugal.*[12] Algumas destas fortificações consistem, entre os casos mais remotos, em exemplos de estruturas que permanecem num estado de conservação razoável, devido tanto ao carácter do seu programa e inerente qualidade construtiva, como às sucessivas intervenções de recuperação de que têm sido alvo (painel 6).

Contudo, a grande massa que define o corpo desta arquitectura é, no tempo presente, constituída por diferentes edifícios erguidos sobretudo no decurso do século XX, que se enquadram em dois grupos substanciais. O primeiro grupo reporta-se a estruturas datadas entre o final do século XIX e o início dos anos 60, enquanto o segundo se refere a obras projectadas a partir dos anos 90. Neste âmbito, a expressão de uma Arquitectura de Terra no actual território português deve ser entendida de acordo com dois tipos de intervenção, onde se enquadram a requalificação de estruturas pré-existentes e a construção de estruturas de raíz.

Na primeira metade do século XX, a difusão de uma construção com terra no território nacional terá sido influenciada por um contexto de crecimento demográfico e de movimentos migratórios, surgindo como resposta perante o défice de estruturas habitacionais (Fonseca; 2005). A facilidade de acesso à matéria-prima, em termos geográficos e económicos, aliada à rapidez e simplicidade de execução, terão conduzido a uma opção generalizada pelo material terra. Esta escolha reflectiu-se na aplicação de diferentes técnicas construtivas que se desenvolveram em áreas específicas do território, apurando tipologias habitacionais vincadamente adaptadas ao tipo de actividades proferidas pelos seus habitantes. A obra *Arquitectura Popular em Portugal* constitui uma ferramenta essencial no entendimento desta arquitectura, reunindo os traços da sua existência no final dos anos 50.

> O Inquérito ocorreu imediatamente antes das grandes mutações que alteraram a face do território português. (…) foi realizado no último momento possível para registar em toda a sua plenitude um mundo prestes a desaparecer.
>
> (...) Assim que saía a lume a 1ª edição da obra, partiam a salto as primeiras levas de emigrantes para França, ganhava força o processo de industrialização gerado pela exportação baseada numa mão-de-obra barata e o turismo europeu começava a descobrir os encantos virgens do Algarve – conjunto de fenómenos ditados ou favorecidos por uma situação de atraso e de pobreza. Tudo isto, juntamente com a mobilização provocada pelas guerras coloniais, iria fazer crescer repentinamente os rendimentos de uma parte significativa da população portuguesa, dando-lhe a possibilidade (ou a ilusão) de sacudir o peso de uma miséria ancestral.
>
> A partir daí, ventos eufóricos de mudança e de progresso, dominados por uma lógica individualista e desordenada, varreram a terra portuguesa, num afã de apagar as marcas de um passado que era preciso sepultar para sempre. A ignorância e a noção deturpada dos valores patrimoniais, vigentes na época – ambas cultivadas pelo Salazarismo – deram livre curso à descaracterização e à destruição de um espaço edificado longamente sedimentado no meio de sociedades estáticas e fechadas.[13]

[12] FERNANDES, Maria (2008): *A Taipa no Mundo*. In: *Seminário de Construção e Recuperação de Edifícios em Taipa*. Almodôvar, 4 e 5 de Abril de 2008.

[13] AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988]. Vol 1.

1

2

3

PAINEL 6_ Estruturas em taipa militar presentes no território português.

1_ Fortaleza de Paderne, Algarve; 2_ Fortaleza de Silves, Algarve;
3_Fortaleza de Moura, Beja.

Na transição da década de 50 para a década de 60, a expressão de uma Arquitectura de Terra em Portugal seria intersectada por um conjunto de circunstâncias que alterariam o ritmo do seu percurso, transformando significativamente a concepção arquitectónica e a feição dos lugares. O excerto que se apresenta, retirado da introdução do Inquérito, pemite identificar um complexo enredo de acontecimentos que conduziram a uma ruptura generalizada no seio do desenvolvimento de uma Arquitectura Regional, que integra o corpo de uma Arquitectura de Terra. No domínio construtivo, a "não opção" por técnicas tradicionais figurou concomitantemente com introdução de novos materiais e sistemas, referentes a uma produção de cariz industrial. A eleição de um novo modelo construtivo simbolizou a capacidade de ultrapassar limites físicos e de explorar propriedades linguísticas alheias a materiais como a terra. Não obstante, a cínclise em que este modelo se adoptou, revelou-se várias vezes irreflectida e descontextualizada, conduzindo a uma alteração agressiva de atmosferas que lhe eram alheias: (...) *o cimento portland, considerado por muitos o "paradigma" deste século* [séc. XX]*, foi um dos principais agentes de alteração da prática tradicional de construção. As suas características possibilitaram o desenvolvimento de uma arquitectura diferente, ao mesmo tempo que é incompatível com alguns dos materiais tradicionalmente utilizados* (...).[14]

As décadas que se seguiram ao lançamento da primeira edição do Inquérito vieram agravar progressivamente o semblante de uma Arquitectura de Terra em Portugal, votado ao juízo do tempo, à vicissitude dos homens e ao estado de deterioração e miscigenação em que se encontra. As estruturas elevadas na primeira metade do século XX subsistem actualmente, na sua maioria, sob a forma de muros corroídos, de tez esquecida, conotados com um sentido pejorativo de tradição e de vivência rural. Num efeito cenográfico extenso, descrevem uma atmosfera longínqua do significado de habitar, que se desintegra lentamente, num ciclo de retorno à sua origem matérica: a (T) terra.

> A hipervalorização do novo, que continua em Portugal, provocou uma cultura técnica, no mundo da construção totalmente orientada para as tecnologias industriais contemporâneas. Mas intervir nas construções antigas, prova imediatamente a qualquer neófito como são incompatíveis as nossas actuais técnicas e como necessitamos de reaprender a ver. Surge pouco a pouco a necessidade de (re) estudar as antigas práticas e soluções, não por fado e elogio da saudade mas para que lhes possamos dar um futuro.[15]

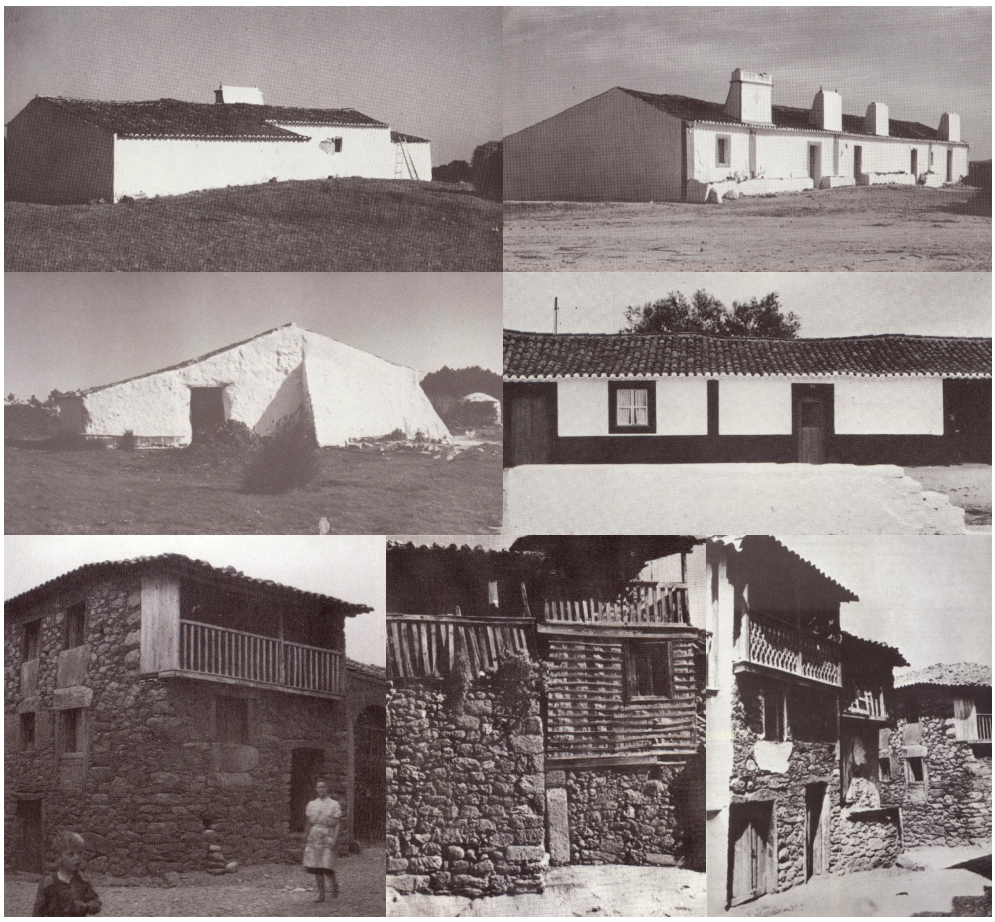
> Num mundo onde a lógica do progresso, do bem-estar e da riqueza coexistem com dinâmicas sociais e políticas bem distintas, o estudo e desenvolvimento das construções com terra não é assunto que se esgote nos países industrializados. (...) A falta de acesso à habitação, à educação, às liberdades, aos alimentos, ao ar e à água, não é um cenário mais ou menos longínquo no nosso "mundo": é o nosso mundo. (...)
>
> É, em resumo, num contexto de desigualdades económicas e sociais, associadas a uma maior consciência sobre as questões ambientais, que as construções com terra devem ser entendidas.[16]

---

[14] BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais. Pág. 9.

[15] FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*; Lisboa: Argumentum. Pág. 12.

[16] CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luís (2004): "Arquitecturas de Terra: Reflexão Contemporânea". *A Ideia. Revista Libertária. II Série, Volume 5.* (#60). Lisboa: Abril.



PAINEL 7_ Arquitectura de Terra em Portugal, presente na obra *Arquitectura Popular em Portugal*.

A partir da década de 90 do século XX, a construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal reflecte a dinâmica de um movimento revitalizador que, em termos construtivos, se implanta de modo predominante na região do Alentejo. A opção pelo material terra é representada principalmente através da aplicação do sistema construtivo em taipa, sendo a construção de estruturas de raíz em adobe e tabique uma situação menos frequente. Nas obras de arquitectos como Henrique Schreck, Graça Jalles, Alexandre Bastos ou Teresa Beirão, encontram-se edifícios onde é desenvolvida a técnica da taipa; estes exemplos fixam-se sobretudo na faixa litoral alentejana e afirmam a capacidade de resposta a programas com diferentes exigências. A técnica do adobe está patente em grande número de obras do arquitecto José Alegria, na região do Algarve, ou de experiências pontuais do atelier Plano B, na região Centro; este último grupo destaca-se ainda no âmbito da técnica do tabique.

No plano teórico, o estímulo de investigação, ensino e divulgação da construção com terra é marcado pelo papel de arquitectas como Maria Fernandes e Mariana Correia; na obra *Arquitectura de Terra em Portugal*, as autoras reúnem o contributo de profissionais de diversas áreas, dirigido especificamente para o tema da terra em arquitectura. A acção de entidades como o *ICOMOS*, a *Escola Superior Gallaecia* (Vila Nova de Cerveira) ou a *Centro da Terra* , a par da actividade de associações locais como a *Matriz adl* (Odemira), entre outros, afirmam a presença de várias frentes de intervenção, fixadas em diferentes escalas. O exercício conjunto destes actores, cuja articulação excede os limites nacionais, veio quebrar o interregno de cerca de 30 anos em que se verificou uma "não-opcção" pelo material terra, na esfera arquitectónica e construtiva portuguesa.

Não obstante, o marasmo de décadas que interpelou a prática de uma Arquitectura de Terra em Portugal traduz-se ainda, no contexto hodierno, numa grande dificuldade de implementação das suas técnicas, devido à inexistência de uma *espinha dorsal* sólida, que suporte e incremente a sua actividade (Correia; 2005).

A debilidade de uma Arquitectura de Terra prende-se hoje, em grande medida, com questões de ordem cultural, que ultrapassam a esfera arquitectónica; tais questões, em nada se referem à qualidade construtiva inerente ao material (que se persiste há vários milénios). Quando a resposta que a arquitectura encontra, passa repetida e apaticamente por estruturas fora da escala humana, onde prevalece um sentido de rentabilização e exiguidade espacial em detrimento dos seus habitantes, compreende-se a falta de investimento num tipo de arquitectura que não encaixa à partida neste modelo. A lógica de construção massiva, dominada pelos interesses económicos de alguns, ainda não encontrou um nicho para o uso da terra como matéria-prima; a Arquitectura de Terra mantém-se como prática desenvolvida sobretudo a nível local, à escala humana, com o espaço e o tempo necessários, ditados pelo carácter do material.

Os agentes que intervêm na acção (clientes, arquitectos, engenheiros, construtores, entidades reguladoras) são travados perante uma profunda falta de conhecimento e de fontes de informação, que lhes permita interagir com o material terra. O desconhecimento do potencial construtivo que o material detém, exprime-se através de uma grande descrença quando a sua viabilidade é proferida, tanto no seio da população em geral, como no meio profissional. A expressão de incredulidade e estranheza é uma manifestação comum entre indivíduos familiarizados com outros materiais e sistemas construtivos. O exercício de uma Arquitectura de Terra, fundado numa componente de partilha oral e num "saber" de cariz pragmático e intuitivo, é hoje caracterizado (ou condicionado) por um reduzido número de artífices que ainda detém experiência neste domínio. As fontes bibliográficas que se debruçam sobre esta prática no contexto português são escassas e têm vindo a surgir somente a partir dos anos 90, numa tentativa de impedir que este conhecimento se volatilize. O estudo científico da terra, a publicação de informação técnica especializada ou a definição de considerações a nível de legislação, constituem registos e ferramentas praticamente ausentes do panorama português.

PAINEL 8_ Uma Arquitectura de Terra em Portugal, no contexto presente.

No contexto presente, um indivíduo que se depare com o desejo e a oportunidade de trabalhar com o material terra, terá certamente de empreender uma nova aprendizagem, acrescida da dificuldade de obter informação análoga à que se encontra disponível para materiais como a pedra, a madeira, o tijolo, o betão ou o ferro. Na maioria dos programas universitários da disciplina de Arquitectura, o ensino e o incentivo ao uso de materiais como a terra manifestam-se praticamente inexistentes, no panorâma das várias cadeiras que compõem o curso. As estratégias de interacção com o lugar, os mecanismos de trabalhar o material e de proferir uma acção construtiva, que se traçam na singularidade da obra *Arquitectura Popular em Portugal*, em pouco se assemelham às experiências e à aprendizagem desenvolvidas num curso de Arquitectura leccionado no presente. Ao analisar as imagens e os textos que figuram no Inquérito, assoma um inevitável confronto entre o momento actual e a realidade construtiva que vigorava há cerca de cinco décadas atrás. A indescrítivel e rude beleza ou a simples coerência que as páginas do Inquérito ilustram, descrevem uma circunstância quase incógnita, acentuando o abismo entre dois territórios, que são todavia o mesmo.

O estudo que se apresenta pretende estruturar um conjunto de informações que reflectem a utilização da terra em arquitectura no território de Portugal Continental, remando contra a ignorância que oprime um material *próprio* do espaço português, corpo de uma Arquitectura do lugar, à escala dos homens que a habitam. A investigação tem o intuito de contribuir enquanto ferramenta activa, estimulando uma aprendizagem básica que possa ser aplicada num contexto real de intervenção. Assim, pretende fomentar-se um ponto de partida para o envolvimento individual e colectivo, indispensáveis à divulgação, reconhecimento e aplicação da terra no contexto actual da Arquitectura Portuguesa.

O LUGAR

capítulo 1

O PERFIL ÍNSITO DE UMA ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL

Marco Polo descreve uma ponte, pedra a pedra.

- Mas qual é a pedra que sustém a ponte? - pergunta Kublai Kan.

- A ponte não é sustida por esta ou aquela pedra - responde Marco, - mas sim pela linha do arco que elas formam.

Kublai Kan permanece silencioso, reflectindo. Depois, acrescenta: — Porque me falas das pedras? É só o arco que me importa.

Polo responde: - Sem pedras não há arco.[17]

Os edifícios construídos em terra que se observam no território português, assomam como elementos caracterizantes do espaço físico onde se inserem; a relação intrínseca que mantêm com o meio natural envolvente advém, em primeiro plano, da substância que os materializa — a terra. A relação que se tece entre o espaço de implantação, o tipo de solo empregue e o sistema construtivo desenvolvido, consiste num trinómio essencial para a leitura de uma Arquitectura de Terra. O diálogo e a associação entre estes parâmetros determinam a concepção e identidade desta arquitectura; a análise do "lugar", enquanto suporte físico que dá origem à matéria-prima e que integra o edifício, surge assim como ponto de partida para o entendimento do objecto de estudo.

I.1 IDENTIFICAÇÃO DO LUGAR

A identificação do lugar onde se implanta uma Arquitectura de Terra em Portugal baseia-se na distribuição geográfica de diferentes sistemas de construção com terra, apresentada em duas obras de referência para o tema em investigação: *Arquitectura Popular Portuguesa* [18] e *Arquitectura de Terra em Portugal*.[19] A primeira obra retrata o semblante de uma Arquitectura Regional Portuguesa, que caracteriza o país na década de 50, reflectindo sobre a utilização de vários materiais e sistemas construtivos. O estudo que a compõe divide o país em seis zonas de análise, sintetizando para cada área um mapa das principais tipologias arquitectónicas.[20] O conjunto de mapas permite verificar a presença de uma Arquitectura de Terra, patente no desenvolvimento de diferentes técnicas e tipologias habitacionais. A segunda obra dirige-se especificamente para a construção de uma Arquitectura de Terra no território português, que é examinada sob um ponto de vista pluridisciplinar, reunindo reflexões de vários autores. Este livro apresenta um mapeamento de técnicas de construção com terra, delimitando zonas concretas para cada sistema.[21]

[17] CALVINO, Italo (1972): *As cidades invisíveis*; Lisboa: Editorial Teorema. [4ªed. 2000]. 5:85.

[18] CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*; Lisboa: Argumentum.

[19] AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

[20] A obra não apresenta um mapa tipológico para a zona 5, que corresponde sensivelmente às regiões do Alto Alentejo e interior do Baixo Alentejo.

[21] Salienta-se que o mapeamento apresentado não é definitivo, encontrando-se em actualização.

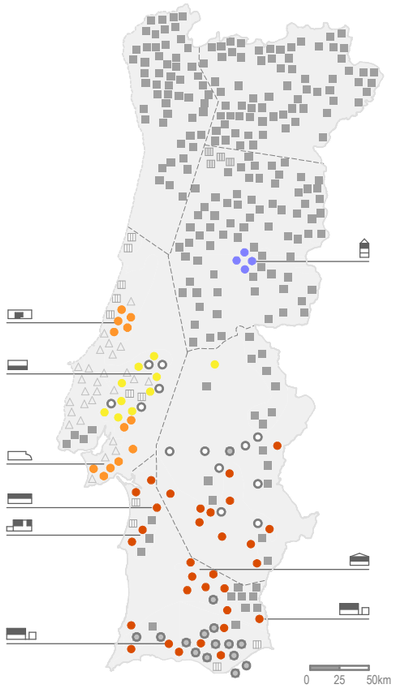


FIGURA 1_ Tipologias referentes à construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal, de acordo com a obra *Arquitectura Popular em Portugal* (1960).

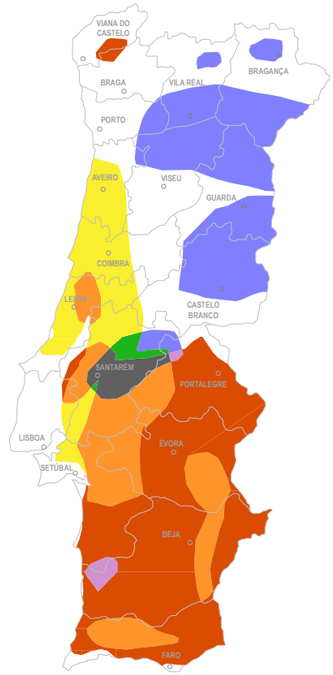


FIGURA 2_ Sobreposição das áreas geográficas assinaladas para cada sistema de construção com terra, de acordo com a obra *Arquitectura de Terra em Portugal* (2005).

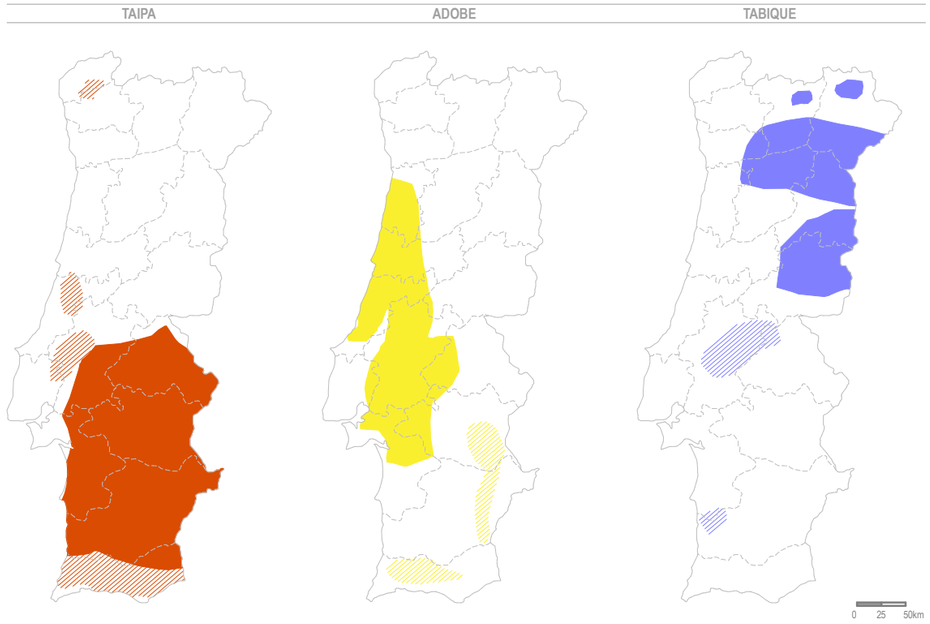


FIGURA 3_ Localização geográfica dos principais sistemas de construção com terra, em Portugal Continental.

ZONAS 1 — paredes exteriores e interiores

ZONAS 2 — paredes exteriores (taipa)
— paredes interiores (adobe e tabique)

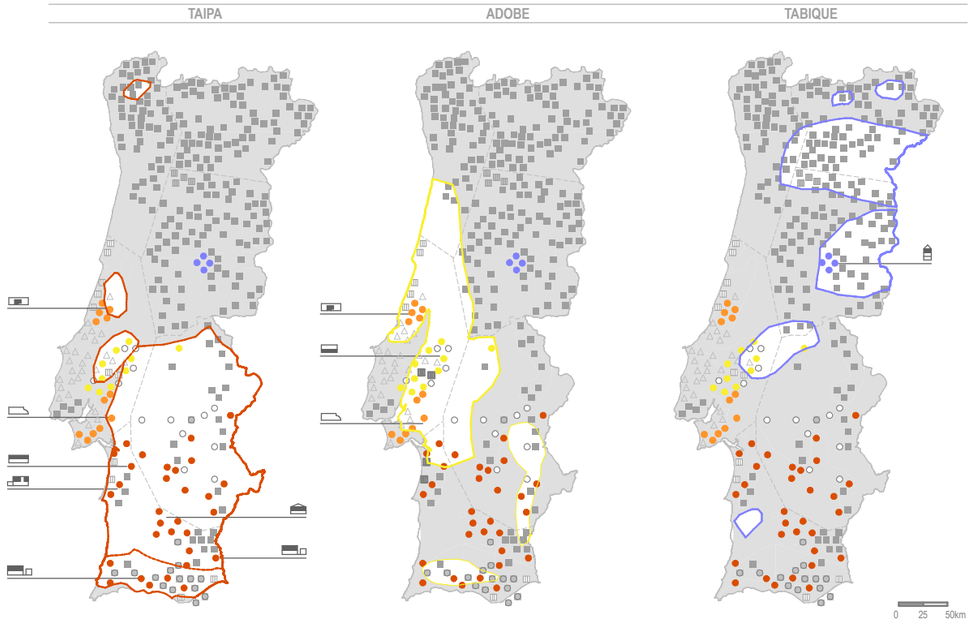


FIGURA 4_ Sobreposição das áreas de construção com terra assinaladas em *Arquitectura de Terra em Portugal* com a localização de tipologias mencionadas em *Arquitectura Popular em Portugal*.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	SANTARÉM SETÚBAL PORTALEGRE ÉVORA BEJA FARO — RIBATEJO E ALENTEJO	AVEIRO COIMBRA LEIRIA CASTELO BRANCO SANTARÉM PORTALEGRE LISBOA SETÚBAL ÉVORA — BEIRA LIT. E RIBATEJO	PORTO VILA REAL BRAGANÇA AVEIRO VISEU GUARDA CASTELO BRANCO — TRÁS-OS-MONT. E BEIRAS INT.
ZONAS 2 PE — TAIPA PI — ADOBE TABIQUE	VIANA DO CASTELO BRAGA COIMBRA LEIRIA LISBOA SANTARÉM BEJA FARO — BOLSAS LIT: N/C/S	ÉVORA BEJA FARO — BOLSAS S: LIT E INT	SANTARÉM PORTALEGRE SETÚBAL BEJA — BOLSAS C E S LIT
ZONAS 1 + **ZONAS 2**	BOLSAS N/C LIT; SUL DO TEJO — ZONA A SUL DO RIO TEJO	BOLSAS SUL LIT E INT; CENTRO LITORAL — ZONA CENTRO LITORAL	BOLSAS C. E S. LIT; NORTE INTERIOR — ZONA NORTE INTERIOR

QUADRO 1_ Localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra, em Portugal Continental (distritos).
PE — paredes exteriores/ PI — paredes interiores. N—Norte/ S—Sul/ C—Centro/ LIT—Litoral/ INT—Interior

TAIPA	ADOBE	TABIQUE
— habitação em adobe ou taipa; — 1 piso, cobertura de 2 águas; — forno e anexos adossados; — caiação simples.	— habitação em adobe ou taipa; — 1 piso; — alpendre integrado; — caiação simples.	— habitação da região da Covilhã (pedra exterior + tabique interior); — 3 pisos; — varanda recuada, em toda a largura do piso 3, em madeira.
— habitação em adobe ou taipa; — 1 piso, cobertura de 2 águas; — forno e anexos adossados; — caiação simples.	— habitação em adobe, tijolo ou tufo; — 1 piso, cobertura de 2 águas; — caiação policromática.	
— habitação das encostas da Serra de Grândola (taipa ou pedra); — cobertura de 2 águas; — chaminé e forno adossados; — pavimentos em tijoleira.	— habitação em adobe ou taipa; — 1 piso, cobertura de 2 águas; — forno e anexos adossados; — caiação simples.	
— monte no Baixo Alentejo inferior; — edifícios c/ 2 ou mais corpos; — pavimentos em tijoleira e sobrado.		
— monte no Baixo Alentejo inferior; — edifícios c/ 2 ou mais corpos; — pavimentos em tijoleira e sobrado.		
— habitação em adobe ou taipa; — 1 piso; — alpendre integrado; — caiação simples.		
— habitação no Baixo Algarve (taipa, pedra ou tijolo); — edifícios c/ 2 ou mais corpos; — pavimentos em tijoleira ou terra batida.		

QUADRO 2_ Tipologias habitacionais de uma Arquitectura de Terra em Portugal: descrição sumária.

A figura 1 foi construída através da montagem dos cinco mapas tipológicos que integram a obra *Arquitectura Popular em Portugal*; no grupo de mapas, os símbolos que se referiam às tipologias habitacionais indicam agora o material de construção utilizado em cada uma delas. Deste modo, é enfatizada a distribuição geográfica da aplicação de diferentes materiais, atribuindo destaque às técnicas que trabalham a terra, para as quais se salientam as tipologias referidas na obra.[22]

O mapa elaborado ressalta a presença de três sistemas de construção com terra - a *taipa*, o *adobe* e o *tabique* - que se implantam preferencialmente no Centro e no Sul do país. O número de tipologias assinaladas é maior para o sistema em taipa, cuja comparência no território é também mais abrangente; algumas destas tipologias dizem simultaneamente respeito à técnica do adobe, como se constata nos distritos de Leiria, Santarém e Setúbal. No que respeita o sistema em tabique, verifica-se somente a identificação de uma tipologia, sendo a técnica referida a propósito da elevação de paredes interiores. Esta situação não ficará certamente a dever-se a um fraco desenvolvimento do sistema construtivo em tabique no país; a sua presença na construção de paredes exteriores é ainda hoje visível em diversos locais, sobretudo no Norte interior, onde surge frequentemente associado a alvenarias de pedra. A ausência de tipologias relativas ao sistema em tabique relacionar-se-á, provavelmente, com o modo como os autores deste estudo encararam a feição de uma Arquitectura Regional, investigando preferencialmente outros sistemas construtivos, de que é exemplo o vasto número de tipologias alusivas ao emprego de pedra.

A figura 2 foi traçada através da sobreposição dos mapas que se apresentam na obra *Arquitectura de Terra em Portugal*, permitindo uma leitura colectiva da implantação dos sistemas construtivos. Tal como no mapa anterior, identifica-se o desenvolvimento de três técnicas principais - a *taipa*, o *adobe* e o *tabique*; não obstante, a presença de uma Arquitectura de Terra surge agora assinalada numa área mais vasta do território, correspondendo aproximadamente a 70% da área total.[23] A imagem permite observar o seu incremento em todos os distritos do país, assumindo maior ou menor expressividade, consoante o espaço considerado: em Évora e Beja ressalta-se a sua difusão na totalidade dos distritos, enquanto em Viana do Castelo, Braga ou Lisboa se identificam apenas zonas de implementação pontual.[24]

Os distritos de Santarém, Portalegre, Setúbal e Beja delimitam uma zona que se salienta pelo desenvolvimento das três técnicas de construção; neste grupo, Santarém é o único distrito em que se verifica a frequência dos três sistemas no mesmo espaço físico. A sobreposição espacial mais expressiva diz respeito às técnicas da taipa e do adobe, que se denota no centro e Sul do país, tanto no litoral — distritos de Leiria, Setúbal ou Faro — como no interior — distritos de Portalegre, Évora ou Beja. A ausência de edifícios construídos com terra é visível no limite Norte de Portugal, prolongando-se numa linha de Noroeste para Nordeste, até à entrada do rio Tejo no país. Esta ausência surge associada à localização de vários grupos de serras que figuram no território, sugerindo

[22] No caso particular da "zona 5", uma vez que não é apresentado um mapa tipológico, a simbologia foi desenhada com base na informação do corpo de texto e fotografias que descrevem a zona.

[23] A área total de Portugal Continental é de cerca de 89 015 km^2, correspondendo a área em que se implanta a Arquitectura de Terra a aproximadamente 62 000 km^2 (aproximadamente 2/3).

[24] Em Setembro de 2009, o jornal *O Público* apresentou um artigo que referia a descoberta de adobes num antigo edifício em Angueira, Trás-os-Montes, localizado numa área não assinalada para este sistema construtivo. Este facto vem alertar para a permanente actualização do mapeamento das técnicas de Arquitectura de Terra em Portugal.

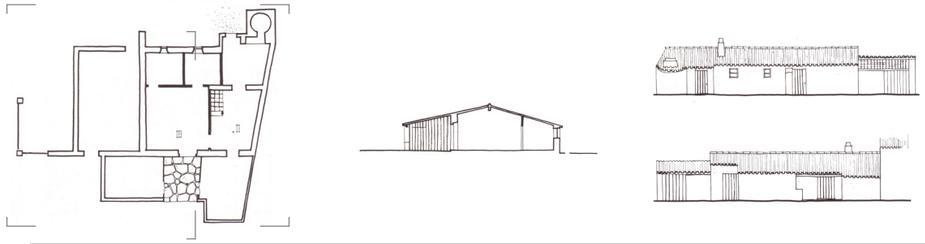
	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
VOLUMETRIA	— volumetria paralelepipédica com desenvolvimento horizontal; — 1 piso (geralmnt máx. 2); — 1 ou vários corpos (habitação + depedências); — destacam-se pontualmente: contrafortes, forno/anexos adossados, alpendre integrado e chaminé desenvolvida.	— volumetria paralelepipédica com desenvolvimento horizontal; — 1 piso (geralmnt máx. 2); — 1 ou vários corpos; — destacam-se pontualmnt: contrafortes, forno/anexos adossados, alpendre integrado.	— volumetria paralelepipédica com desenvolvimento vertical; — 2 ou mais pisos; — geralmnt 1 corpo único; — estaca-se pontualmnt caixa de escadas integrada ou saliente, varandas corridas recuadas ou projectadas.
PLANTA	— formas regulares (quadrado, rectângulo), ângulos rectos; — composições que sugerem a associação de módulos quadrados; — identificam-se eixos de simetria; — compartimentação do espaço interior através de geometria linear e regular.		— formas mais irregulares com base no quadrado (p.ex. trapézio), ângulos rectos e agudos; — a base de morfologia desigual influencia a assimetria do espaço; — compartimentação do espaço interior através de geometria menos regular.
PAREDES	—paredes exteriores em taipa;	—paredes exteriores em adobe;	—paredes exteriores em tabique no piso mais elevado (piso 0 ou pisos 0 e 1 em alvenarias de pedra; —paredes interiores em estruturas de tabique.
	— paredes interiores em adobe,estruturas de tabique ou tijolo cozido; — presença de pedra, principalmnt na realização de um embasamento, habitualmnt mais visível no caso da taipa).		
FUNDAÇÕES	— fundação em pedra ou taipa.	— fundação em pedra ou adobe.	— fundação em pedra.
COBERTURA	— geralmnt 1 ou 2 águas.	— geralmnt 2 águas.	— geralmnt 2 ou 4 águas.
	—estrutura em madeira; —revestimento exterior em telha ou elementos vegetais.		—estrutura em madeira; —revestimento exterior em pedra, telha ou elementos vegetais.
VÃOS	— poucas aberturas, de dimensão reduzida (maior percentagem cheio/vazio).		— maior número de aberturas, de maior dimensão (menor percentagem cheio/vazio); — presença de planos envidraçados, com grades de ferro ou de madeira.
REVESTIMENTOS	— argamassas à base de terra, cal e areia; — caiação simples ou policromática; — possível ausência de revestimento, ficando a alvenaria taipa aparente.		— argamassas à base de terra, cal e areia; — utilização de revestimentos em telha ou lousa; — alvenaria de pedra frequentmnt aparente ou revestida com as argamassas referidas .
PAVIMENTOS	— pavimentos interiores geralmnt em terra batida, tijoleira, sobrado ou pedra.		

QUADRO 3_ Resumo de características tipológicas para os três sistemas de construção com terra, com base na obra *Arquitectura Popular em Portugal*.

PLANTA | CORTE | ALÇADO

HABITAÇÃO EM ADOBE (distritos de Lisboa e Santarém).

HABITAÇÃO EM TAIPA OU ADOBE (distrito de Leiria).



HABITAÇÃO EM TAIPA OU ADOBE (distritos de Santarém e Setúbal).

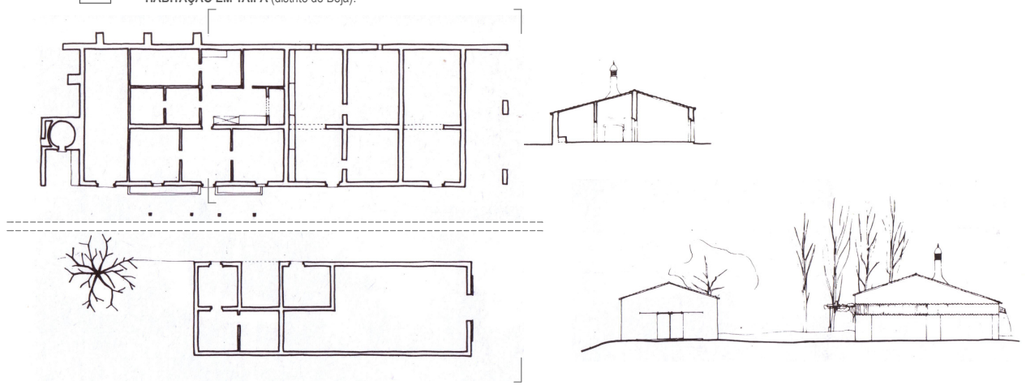
HABITAÇÃO EM TAIPA (distrito de Setúbal, Vale do Sado).

HABITAÇÃO EM TAIPA (distrito de Setúbal, encostas da Serra de Grândola).

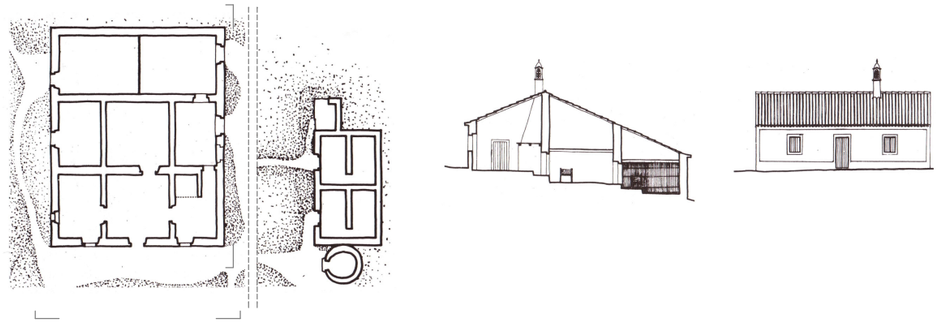
34 a)

PLANTA | CORTE | ALÇADO

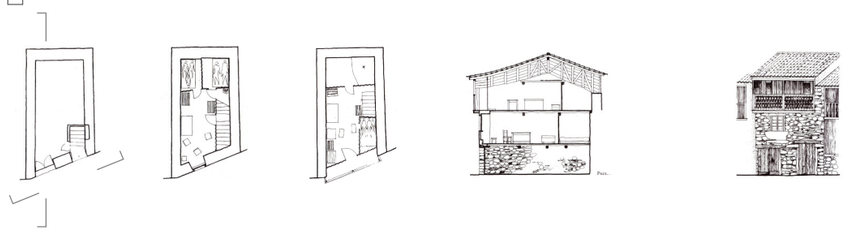
HABITAÇÃO EM TAIPA (distrito de Beja).



HABITAÇÃO EM TAIPA (distritos de Beja e Faro).



HABITAÇÃO EM TABIQUE (distrito de Castelo Branco).



QUADRO 4_ As tipologias desenvolvidas por uma Arquitectura de Terra em Portugal, identificadas na obra *Arquitectura Popular em Portugal*.

(escala aproximada) 0 1 5m

a utilização do material pedra em detrimento do material terra, proposta pela geografia e geologia inerentes a estes locais.[27]

A figura 3 apresenta um "desdobramento" da figura 2, evidenciando a distribuição geográfica particular de cada sistema de construção com terra. A análise destes mapas sugere o *lugar* como factor primordial na opção por determinada técnica: os três métodos construtivos encontram-se difundidos no território português de acordo com áreas geográficas predominantes e diferenciadas. O sistema em taipa fixa-se preferencialmente em toda a região a Sul do rio Tejo, ocupando cerca de 42% da área total do país, correspondendo ao sistema com uma percentagem de área mais elevada. Na segunda posição encontra-se o sistema de adobe, que se estende em aproximadamente 25% da área total de Portugal e se situa preferencialmente na região Centro litoral. A zona assinalada para a técnica de tabique abrange cerca de 21% do território e figura essencialmente no interior Norte do país. Em comparação com as técnicas de taipa e adobe, que se intersectam frequentemente, o sistema em tabique implanta-se de modo mais individual; esta situação verifica-se nos distritos do Porto, Vila Real, Bragança, Guarda e Viseu que, no âmbito de uma Arquitectura de Terra, desenvolvem apenas este sistema construtivo (quadro 1).

A figura 4 expõe uma sobreposição das figuras 1 e 2, que é realizada para cada sistema de construção com terra. A observação destes mapas permite constatar que, de um modo geral, se verifica concordância entre a localização das tipologias consideradas em *Arquitectura Popular em Portugal* e as áreas de implantação identificadas em *Arquitectura de Terra em Portugal*. Para cada técnica, a concordância é notável nas "zonas 1", enquanto nas "zonas 2" se assinalam tipologias apenas para o sistema em taipa; esta situação deriva provavelmente do facto de as "zonas 2" se referirem, somente neste sistema, à elevação de paredes exteriores. O mapa alusivo ao sistema em tabique acentua uma vez mais a ausência de informação tipológica; contudo, nas zonas delimitadas em *Arquitectura de Terra em Portugal* estão presentes diversas tipologias construídas em pedra, material que se conjuga frequentemente com técnica de tabique, ao nível de paredes interiores e exteriores.

Considerando as três técnicas de construção com terra, salienta-se uma aproximação geográfica e tipológica entre as técnicas da taipa e do adobe; em distritos como Santarém, Setúbal, Portalegre ou Évora, denota-se a sua aplicação simultânea, reflectida no desenvolvimento de tipologias comuns. Nestes edifícios predominam, de um modo geral, volumes de um piso que prolongam o sentido horizontal da paisagem, organizando composições moduladas num ritmo regular. A técnica do tabique surge em contraste com esta realidade, fixando-se no Norte interior, onde assoma no último de dois a três pisos que configuram habitualmente os edifícios desta zona. A nível tipológico, a organização espacial é traçada por linhas mais assimétricas que se adaptam à morfologia da envolvente, pontuada pelos recortes cénicos da pedra. A sobreposição das três técnicas na região Centro do país funciona como rótula que realiza a transição entre o Norte e o Sul do território, traduzindo-se em termos construtivos numa implantação mais individualizada e numa expressão mais subjectiva de cada sistema de construção com terra.

[27] No limite norte, observa-se o conjunto formado pelas serras de Arga, Peneda, Soajo, Gerês, Cabreira, Larouco, Barroso, Padrela, Coroa e Montesinho (distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança). De noroeste para nordeste destaca-se um primeiro grupo constituído pelas serras de Alvão, Marão, Montemuro, Leomil, Lapa, Arada, Caramulo e Estrela (distritos de Vila Real, Porto, Viseu e Guarda), e um segundo grupo composto pelas serras de Buçaco, Açor, Lousã, Gardunha, Muradal, Alvelos, Marvão e S. Mamede (distritos de Viseu, Coimbra, Castelo Branco e Portalegre).

PAINEL 9_ Paisagens em Portugal, na década de 50

I.2 CARACTERIZAÇÃO DO LUGAR

O tipo de distribuição geográfica, notavelmente concentrada, que o mapeamento de cada técnica apresenta, sugere uma relação intrínseca entre o lugar e o sistema construtivo desenvolvido; esta relação é materializada primordialmente através do uso do solo na corporização dos edifícios. Neste âmbito, os factores seleccionados para a caracterização do lugar onde se implanta uma Arquitectura de Terra em Portugal, relacionam--se com agentes que intervêm na formação do solo – o clima, a topografia e a natureza da rocha-mãe.[26] Estes agentes são analisados através de um conjunto de mapas temáticos com informação relativa às seguintes características: insolação, temperatura, precipitação e humidade, a propósito do clima; classes de hipsometria, no que respeita a topografia do terreno; e complexos litológicos, no que se refere à natureza da rocha-mãe. O último tema focado – unidades pedológicas – surge como resultante do diálogo que se verifica entre os parâmetros destacados, identificando os tipos de solos que figuram no território.[27]

O grupo de características apuradas para o espaço de implantação de uma Arquitectura de Terra é designado pela expressão *perfil do lugar;* para cada tema, o perfil do lugar é examinado sob dois pontos de vista – o *perfil predominante* e a *amplitude do perfil.* No primeiro caso, averiguam-se as características que ocorrem com maior frequência (ou seja, que correspondem à maior superfície de área assinalada em cada mapa), de modo a traçar o perfil do lugar onde se implanta *preferencialmente* cada técnica. No segundo caso, considera-se a diversidade de características patentes no lugar, definindo o intervalo mais amplo, de forma a delinear o perfil do lugar onde *pode* implantar-se cada sistema, apurando a sua adaptabilidade a diferentes contextos.

A caracterização do lugar é realizada por meio da sobreposição individual de cada mapa temático com os mapas de implantação das três técnicas construtivas. Para o efeito, elegeu-se o mapeamento apresentado na obra *Arquitectura de Terra em Portugal*, uma vez que delimita áreas específicas para cada técnica, adaptando-se à estrutura da análise desenvolvida. Este mapa distingue na área de implantação de cada sistema construtivo, duas zonas de intervenção, de acordo com o tipo de paredes presente: as "zonas 1" (z1) – edificação de paredes exteriores e interiores – e as "zonas 2" (z2) – elevação de paredes exteriores, no caso da taipa, ou de paredes interiores, nos casos do adobe e do tabique. Deste modo, a caracterização do lugar compreende, em cada uma das técnicas, o "perfil predominante" e a "amplitude do perfil" do espaço de implantação geral – "zonas 1 + zonas 2" (z1+z2), assim como de cada uma das zonas individualmente. A análise escrita é desenvolvida de modo a comparar o perfil das três técnicas entre si, no âmbito dos diversos temas, procurando o carácter semelhante ou divergente entre elas.

[26] Ver capítulo 2. A passagem do tempo e os organismos vivos constituem o quarto e quinto factores que participam na formação do solo, temas que não são directamente abordados na análise realizada. O factor "tempo" encontra-se indirectamente presente, através do estudo da natureza da rocha-mãe. O factor "organismos vivos" não é estudado devido à sua vastidão e complexidade, tendo em conta o contexto do presente trabalho; contudo, seria interesse verificar, por exemplo, até que ponto um tipo de flora permite inferir determinadas propriedades do solo.

[27] A caracterização do lugar tem por base mapas e informação disponibilizados pela *Agência Portuguesa do Ambiente* (*http://www.iambiente.pt*) e pelo *Instituto Geográfico Português* (*http://www.igeo.pt*). Os mapas relativos aos temas "insolação média anual", "temperatura média do ar", "precipitação" e "humidade relativa do ar" referem-se ao território de Portugal Continental, no período de 1930 a 1960.

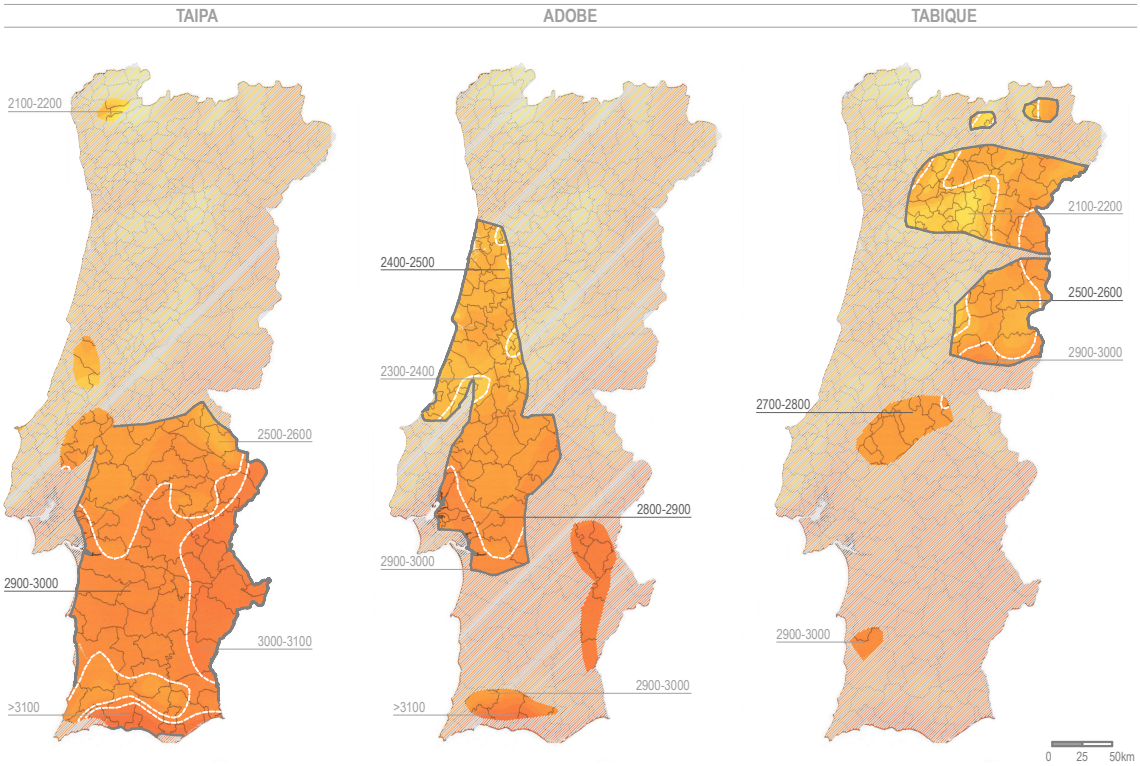


FIGURA 5_ Valores médios anuais de insolação, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação entre 2500h—3100h predomina: 2900h—3000h	variação entre 2300h—3000h predomina: 2500h—2600h a norte do Tejo 2700h—2800h a sul do Tejo	variação entre 2100h—3000h predomina: 2600h—2700h
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ABOBE E TABIQUE	variação entre 2100h—>3100h predomina: 2700h—2800h	variação entre 2700h—>3100h predomina: 3000h—3100h	variação entre 2700h—3000h predomina: 2700h—2800h
ZONAS 1 **+** **ZONAS 2**	variação entre 2100h—>3100h predomina: 2900h—3000h	variação entre 2300h—>3100h predomina: 2400h—2900h	variação entre 2100h—3000h predomina: 2500h—2800h

QUADRO 5_ Valores médios anuais de insolação, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

1. INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL

No espaço global de implantação de cada técnica construtiva (z1+z2), a leitura da insolação predominante permite verificar que o sistema em taipa se localiza na zona que regista os valores mais elevados (2900-3000h/ano), enquanto os sistemas em adobe e tabique se fixam em áreas com valores mais reduzidos, apresentando neste caso o mesmo valor médio de insolação (cerca de 2650h/ano).

Ao comparar a amplitude do intervalo de insolação nas três técnicas, observa-se que o sistema em taipa expõe a maior amplitude de valores (2100->3100h/ano), sendo a menor amplitude correspondente à zona onde se implanta a técnica do adobe (2300->3100h/ano).

Nas três técnicas de construção, os valores predominantes de insolação nas zonas 1, registam um comportamento idêntico aos do espaço global; para o sistema em taipa o valor é permanece igual (2900-3000h/ano). No sistema em adobe salienta-se a dicotomia presente entre o espaço a Norte e a Sul do rio Tejo, sendo a insolação predominante mais reduzida a Norte e mais elevada a Sul.

Em termos de amplitude do perfil, o maior intervalo de valores pertence, nas zonas 1, ao espaço onde se constrói em tabique (2100-3000h/ano), enquanto o menor intervalo surge na área do sistema em taipa (2500-3100h/ano). Deste modo, verifica-se uma divergência face ao que se apurou em "z1+z2", onde o maior intervalo corresponde à área onde se implanta este último sistema.

Nas zonas 2, os valores de insolação que caracterizam o perfil predominante são mais elevados nas áreas do sistema construtivo em adobe (3000-3100h/ano), enquanto as técnicas da taipa e do tabique apresentam valores mais reduzidos e coincidentes (2700-2800h/ano). Para o sistema em adobe, este facto significa que a elevação de paredes interiores se adequa a zonas com insolação mais intensa ou, sob um ponto de vista análogo, existem nestes locais solos aptos para a construção de paredes interiores em adobe. No que respeita a taipa, o valor predominante de insolação revela que a construção de paredes exteriores é também frequente em locais com um nível de insolação menos elevado.

A amplitude de valores de insolação é maior nas regiões relativas ao sistema em taipa (2100->3100h/ano) e menor nas áreas referentes ao tabique, invertendo a situação que ocorre nas zonas 1. Esta situação permite concluir que, apesar da elevação de paredes exteriores em taipa predominar em áreas com elevados valores de insolação, este tipo de paredes adapta-se igualmente a circunstâncias bastante distintas, onde se observam baixos níveis de insolação. Para os sistemas em adobe e tabique, a amplitude do intervalo vem afirmar a elevação de paredes interiores em áreas com um valor de insolação mais elevado.

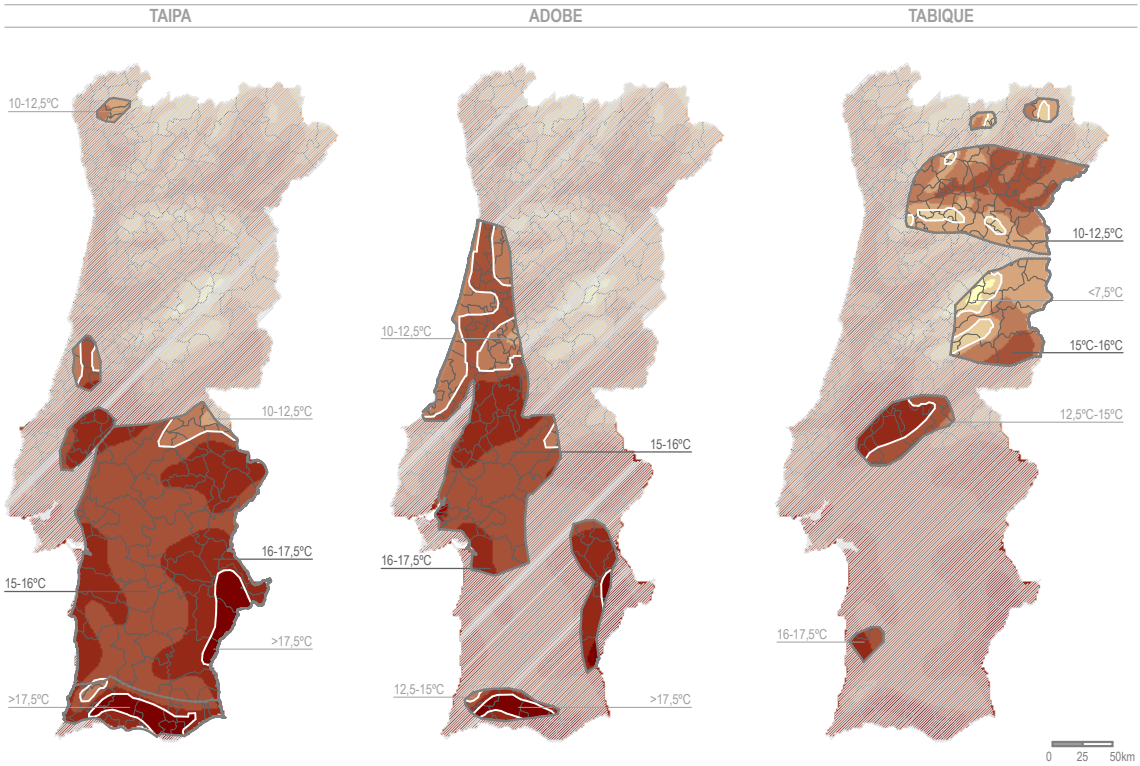
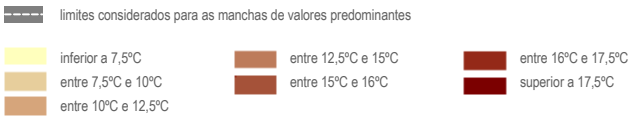


FIGURA 6_ Valores de temperatura média diária do ar, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.



	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação entre 10ºC—>17,5ºC predomina: 15ºC—16ºC	variação entre 10ºC—17,5ºC predomina: 12,5ºC—15ºC a norte do Tejo 15ºC—16ºC a sul do Tejo	variação entre <7,5ºC—16ºC predomina: 10ºC—12,5ºC
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ABOBE E TABIQUE	variação entre 10ºC—>17,5ºC predomina: 16—17,5ºC	variação entre 12,5ºC—>17,5ºC predomina: 16ºC—17,5ºC	variação entre 12,5ºC—17,5ºC predomina: 16ºC—17,5ºC
ZONAS 1 **+** **ZONAS 2**	variação entre 10ºC—>17,5ºC predomina: 15—17,5ºC	variação entre 10ºC—>17,5ºC predomina: 15ºC—17,5ºC	variação entre <7,5ºC—17,5ºC predomina: temperaturas 10ºC—16ºC

QUADRO 6_ Valores de temperatura média diária do ar, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

2. TEMPERATURA MÉDIA DO AR

A temperatura média do ar que predomina na área de implantação dos três sistemas construtivos (z1+z2), é mais elevada nas regiões onde se encontram edifícios em taipa e em adobe, sendo os valores coincidentes (15-17,5ºC). No sistema em tabique, a temperatura predominante alcança valores bastante mais reduzidos (10-16ºC).

A observação da amplitude do perfil permite salientar que as técnicas da taipa e do adobe apresentam novamente valores iguais (10->17,5º), que correspondem neste caso à menor amplitude. A amplitude térmica que se regista nos lugares respeitantes ao tabique é maior, acentuando-se a temperatura mínima (<7,5-17,5ºC).

Nas zonas 1, a temperatura predominante mais elevada verifica-se no espaço do sistema em taipa (15-16ºC), enquanto a área do tabique denota os valores mais reduzidos (10-12,5ºC), no seguimento do que ocorre em "z1+z2". Contudo, se se considerar no sistema em adobe a divergência do perfil a Norte e a Sul do Tejo, pode afirmar-se que os valores mais elevados de temperatura ocorrem, não só no espaço da taipa, mas também no espaço do adobe, a Sul do rio Tejo. Perante o que se apurou para o espaço global desta técnica ("z1+z2"), o perfil predominante da zona 1 vem, contudo, contemplar a elevação frequente de paredes de adobe em lugares caracterizados por temperaturas mais baixas (atingindo os 12,5ºC).

A amplitude do perfil apresenta o intervalo mais considerável nas zonas onde se desenvolve a técnica em tabique (>7,5-16ºC), tal como sucede para "z1+z2". O intervalo de menor amplitude diz respeito ao sistema em taipa (10->17,5ºC), sendo semelhante para o caso do adobe (10-17,5ºC).

Nas zonas 2, o perfil predominante expõe valores de temperatura iguais para os três sistemas construtivos (16-17,5ºC), apesar das diferentes circunstâncias geográficas destes espaços. Este valor enquadra-se no perfil predominante apurado em "z1+z2", elevando ligeiramente a temperatura para o caso de paredes interiores em tabique.

A amplitude do perfil nas zonas 2 vem contrastar com o que se verifica tanto nas zonas 1, como em "z1+z2": aqui, o intervalo mais notório corresponde ao sistema em taipa (que apresenta contudo o mesmo valor, 10->17,5ºC), enquanto o intervalo de menor amplitude corresponde à técnica do tabique (12,5-17,5ºC). Esta situação vem indicar a elevação de paredes interiores de tabique em zonas com baixas amplitudes térmicas, num sistema habitualmente caracterizado pelas amplitudes mais elevadas.

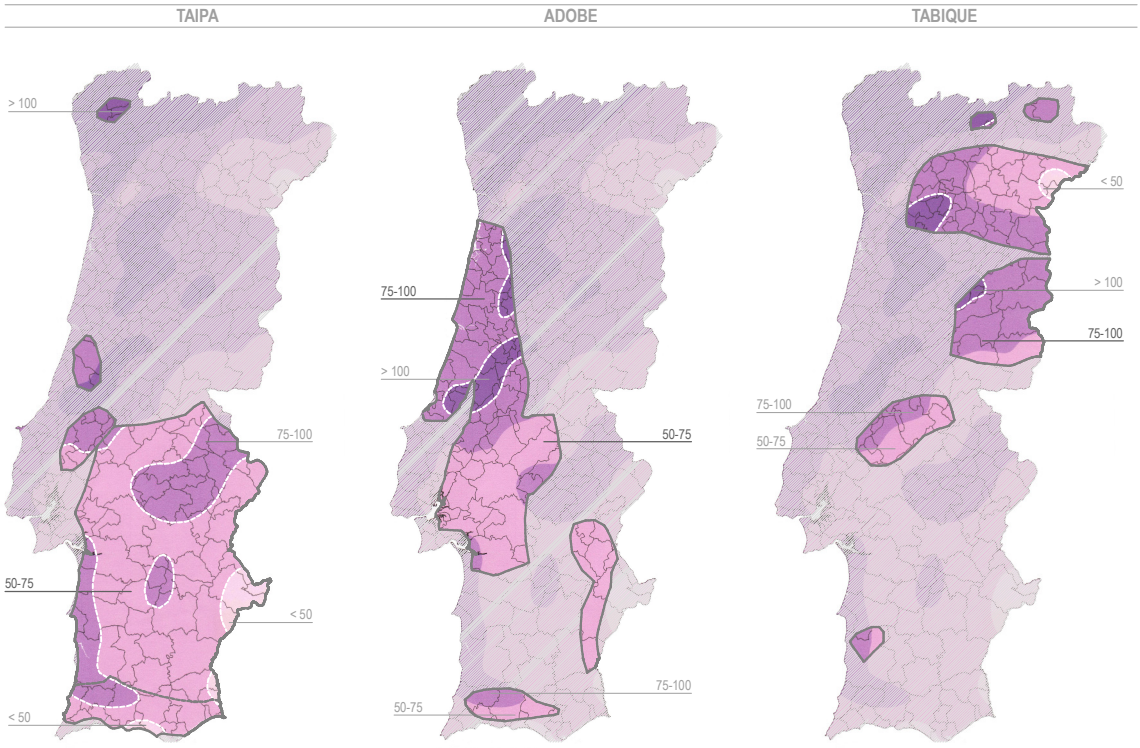


FIGURA 7_ Valores médios anuais de precipitação (nº dias no ano), em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 (PAREDES EXT. + PAREDES INT.)	variação entre < 50—100 dias/ano predomina: 50—75 dias/ano	variação entre 50—>100 dias/ano predomina: 75—100 dias/ano a norte do Tejo 50—75 dias/ano a sul do Tejo	variação entre <50—>100 dias/ano predomina: 75—100 dias/ano
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ABOBE E TABIQUE	variação entre < 50—>100 dias/ano predomina: 50—75 dias/ano	variação entre 50—100 dias/ano predomina: 50—75 dias/ano	variação entre 50—100 dias/ano predomina: 50—75 dias/ano
ZONAS 1 + ZONAS 2	variação entre < 50—>100 dias/ano predomina: 50—75 dias/ano	variação entre 50—>100 dias/ano predomina: 50—100 dias/ano	variação entre < 50—>100 dias/ano predomina: 50—100 dias/ano

QUADRO 7_ Valores médios anuais de precipitação (nº de dias por ano), em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

PRECIPITAÇÃO – NÚMERO DE DIAS POR ANO

As regiões onde se localizam os sistemas construtivos em adobe e em tabique são caracterizadas pelo mesmo número de dias por ano em que ocorre precipitação (50-100 dias/ano), correspondendo ao valor mais elevado, enquanto no espaço do sistema em taipa se verifica um número de dias inferior (50-75 dias/ano).

O número de dias com precipitação assume um intervalo mais amplo nas áreas onde se implantam as técnicas da taipa e do tabique, que demonstram a mesma variação (<50->100 dias/ano); deste modo, no sistema em adobe, um maior número de dias com precipitação corresponde a um perfil menos variável.

À semelhança do que se observa para "z1+z2", nas zonas 1 o número de dias com precipitação é mais elevado para o espaço do sistema em tabique (75-100 dias/ano) e mais reduzido no espaço do sistema em taipa (50-75 dias/ano). A dicotomia de valores que caracterizam as áreas respectivas ao adobe, assemelham-se ao perfil predominante do tabique nas zonas a Norte do Tejo e ao perfil predominante da taipa nas áreas a Sul deste rio.

A amplitude do perfil permanece, tal como em "z1+z2", mais elevada no caso do sistema em tabique (<50->100 dias/ano), decrescendo contudo nas zonas alusivas à taipa (<50-100 dias/ano).

Nas zonas 2, o número de dias com precipitação é igual no espaço dos três sistemas construtivos (50-75 dias/ano), verificando-se uma situação idêntica à que sucede com a temperatura média do ar. Em comparação com o perfil predominante nas zonas 1 e em "z1+z2", o sistema em taipa mantém os valores que o caracterizam; as técnicas do adobe e do tabique apresentam valores mais reduzidos, denotando a elevação de paredes interiores em áreas onde ocorre habitualmente um menor número de dias com precipitação.

A amplitude do perfil das zonas 2 é maior para o espaço do sistema em taipa (<50->100 dias/ano) e menor para as áreas onde se constrói em adobe e tabique, cujo intervalo coincide (50-100 dias/ano). Este facto vem ressaltar a possibilidade de edificar paredes exteriores em taipa em lugares caracterizados por um elevado número de dias com precipitação.

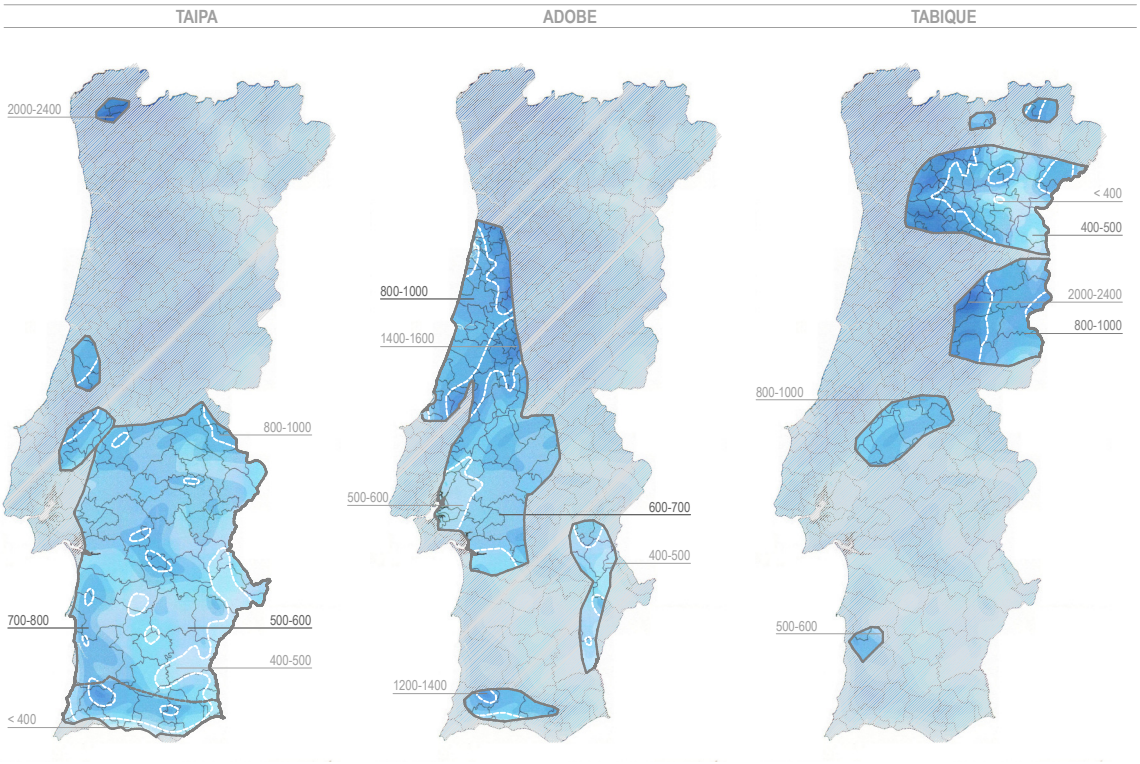


FIGURA 8_ Valores médios anuais de precipitação total, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 (PAREDES EXT. + PAREDES INT.)	variação entre 400mm—1000mm predomina: 500mm—800mm	variação entre 500mm—1600mm predomina: 800mm—1000h a norte do Tejo 600mm—700h a sul do Tejo	variação entre <400mm—2400mm predomina: 400mm—1000mm
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ABOBE E TABIQUE	variação entre <400mm—2400mm predomina: 700mm—800mm	variação entre 400mm—1400mm predomina: 400mm—700mm	variação entre 500mm—1000mm predomina: 700mm—800mm
ZONAS 1 + ZONAS 2	variação entre <400—2400mm predomina: 500—800mm	variação entre 400—1600mm predomina: 600—1000mm	variação entre <400—2400mm predomina: 400—1000mm

QUADRO 8_ Valores médios anuais de precipitação total, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

PRECIPITAÇÃO – QUANTIDADE TOTAL

No espaço global de implantação das três técnicas, os valores predominantes de precipitação total são mais elevados nas áreas onde se elevam paredes de adobe (600-1000mm) e mais reduzidos nas zonas respeitantes à técnica da taipa (500-800mm). Este perfil é semelhante ao que sucede para o número de dias em que ocorre precipitação, divergindo no caso do tabique, cujo perfil predominante assume aqui valores intermédios, (em termos de valor médio).

A amplitude do perfil apresenta um intervalo maior e coincidente para as técnicas da taipa e do tabique (<400-2400mm) e uma variação menor para o sistema em adobe (400-1600mm), tal como se observa na amplitude do perfil do tema anterior, em "z1+z2". Este facto sugere que no espaço do sistema em adobe se verifica, de modo regular, um maior número de dias com precipitação aos quais corresponde, frequentemente, a quantidade mais elevada.

Nas zonas 1, o perfil predominante de cada sistema construtivo repete os mesmos valores apurados para "z1+z2": os valores mais elevados verificam-se nas áreas alusivas ao adobe (600-1000mm), enquanto os mais reduzidos se fixam na zona da taipa (500-800mm).

No que respeita a amplitude do perfil, o intervalo de valores é maior nas áreas relativas ao sistema em tabique (<400-2400mm), tal como em "z1+z2". Contudo, nas zonas 1 o intervalo menor diz respeito aos lugares onde se encontram paredes de taipa (400-1000mm), diminuindo consideravelmente a amplitude face ao que se apurou para o espaço global.

Nas zonas 2, o perfil predominante vem contrastar com o que se verifica tanto em "z1+z2" como nas zonas 1: neste caso, o sistema em adobe passa a implantar-se em locais com menor quantidade total de precipitação (400-700), enquanto os valores mais elevados coincidem para as técnicas da taipa e do tabique (700-800mm). Este comportamento indica novamente a elevação de paredes interiores de adobe em locais mais quentes, que são caracterizados por uma insolação intensa e por um menor número de dias com precipitação, a que corresponde simultaneamente menor quantidade total.

A amplitude do perfil vem divergir em alguns aspectos, perante as zonas consideradas anteriormente: tal como em "z1+z2", o sistema em taipa corresponde ao intervalo de maior amplitude (<400-2400mm), enquanto a técnica do tabique apresenta porém a amplitude mais reduzida (500-1000mm). No que respeita a técnica da taipa, esta variação vem reforçar a adaptação de paredes exteriores a contextos bastante diversos, onde pode verificar-se quer uma precipitação reduzida, quer uma precipitação intensa. No caso do sistema em tabique, que se implanta geralmente em espaços caracterizados por grandes amplitudes, este intervalo vem apontar a elevação de paredes interiores em zonas onde se verificam menores amplitudes, facto que se repete em todos os temas analisados até ao momento.

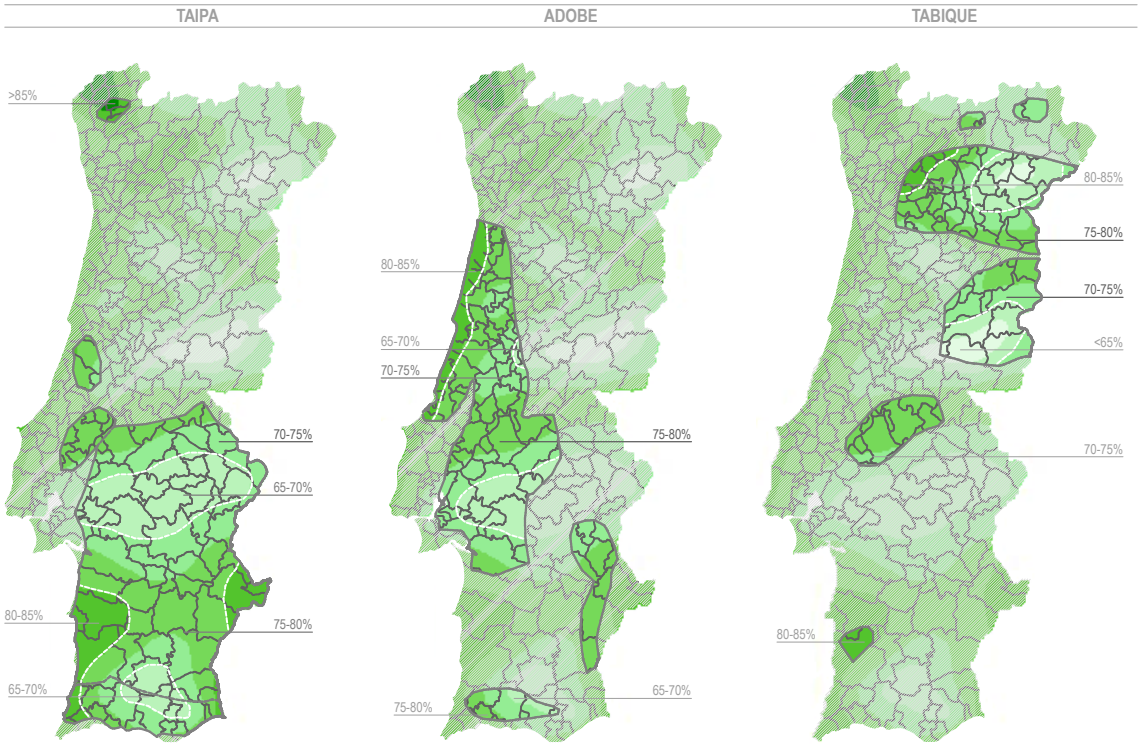


FIGURA 9_ Valores de humidade relativa do ar, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação entre 65—85% predomina: 70—80%	variação 65—85% predomina: 75—80% a norte do Tejo 70—75% a sul do Tejo	variação entre <65—85% predomina: 70—80%
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ADOBE E TABIQUE	variação entre 65—>85% predomina: 70—75%	variação entre 65—80% predomina: 75—80%	variação entre 70—85% predomina: 75—80%
ZONAS 1 + **ZONAS 2**	variação entre 65—>85% predomina: 70—80%	variação entre 65—85% predomina: 70—80%	variação entre <65—85% predomina: 70—80%

QUADRO 9_ Valores de humidade relativa do ar, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

5. HUMIDADE RELATIVA DO AR

No espaço geral de implantação das técnicas construtivas em terra, os valores predominantes de humidade relativa do ar apresentam-se iguais para os três sistemas (70-80%), apesar da diversidade de locais considerados.

Ao nível de amplitude do perfil, verifica-se um intervalo tendencialmente maior nas áreas respeitantes ao sistema em tabique (<65-85%), enquanto o menor intervalo corresponde aos lugares onde se fixa a técnica do adobe (65-85%).

As zonas 1 denotam um perfil predominante análogo ao identificado em "z1+z2", permanecendo os mesmos valores para os três sistemas construtivos (70-80%). Contudo, destaca-se uma vez mais a dicotomia Norte-Sul que caracteriza as zonas 1 relativas ao sistema em adobe; a Norte do Tejo a humidade relativa do ar é mais elevada e, a Sul do Tejo, mais reduzida.

A técnica do tabique enquadra-se, tal como em "z1+z2" nas zonas com maior amplitude de valores de humidade (<65-85%), enquanto o intervalo de menor amplitude passa a corresponder tanto ao sistema em adobe, como à técnica da taipa, com intervalos coincidentes (65-85%).

Nas zonas 2, os sistemas em adobe e tabique apresentam os valores mais elevados de humidade relativa do ar (75-80%), mantendo o perfil já verificado. A técnica da taipa, que nas zonas analisadas anteriormente se mantinha a par dos outros sistemas, passa agora a predominar em regiões com humidade menos elevada (70-75%).

Em termos de amplitude do perfil, o intervalo mais variável ocorre no espaço onde se localiza a técnica da taipa (65->85%), enquanto o intervalo mais reduzido se verifica quer no sistema em adobe (65-80%), quer no sistema em tabique (70-85%), com valores distintos. Nos espaços respeitantes ao sistema em taipa, estes valores retomam o que se observara em "z1+z2", indicando a possibilidade de elevar paredes exteriores em locais com elevada humidade relativa do ar. Para o sistema em tabique, este intervalo vem apontar a construção de paredes interiores em zonas com menor amplitude de valores.

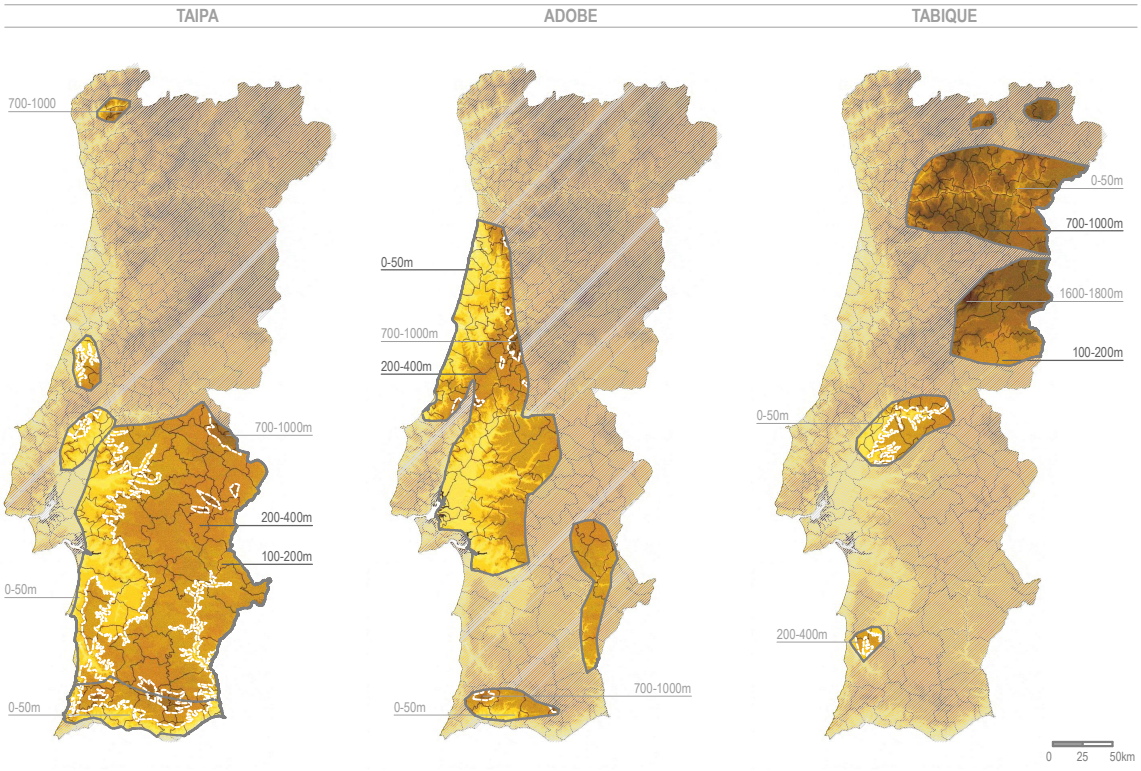


FIGURA 10_ Classes de hipsometria, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação entre 0—1000m predomina: 100—400m	variação entre 0—1000m predomina: 0—100m na zona costeira 100—400m na zona pré-costeira	variação entre 0—1800m predomina: 400—1000m
ZONAS 2 PE —TAIPA PI —ABOBE E TABIQUE	variação entre 0—1000m predomina: 0—100m	variação entre 0—1000m predomina: 100—400m	variação entre 0—400m predomina: 100—400m
ZONAS 1 + **ZONAS 2**	variação entre 0—1000m predomina: 100—400m	variação entre 0—1000m predomina: 0—400m	variação entre 0—1800m predomina: 100—1000m

QUADRO 10_ Classes de hipsometria, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

A comparação entre os valores de hipsometria que predominam no espaço global de cada sistema construtivo, revela que o sistema em tabique expõe os valores mais elevados (100-1000m); de modo inverso, salientam-se para a técnica do adobe os valores mais reduzidos (0-400m).

A amplitude do perfil apresenta um intervalo de valores mais significativo no espaço respeitante à técnica do tabique (0-1800m) e um intervalo mais reduzido nas zonas onde se encontram os sistemas em taipa e em adobe, cujos valores coincidem (0-1000m). Esta amplitude do perfil revela o mesmo comportamento que se observou, para este espaço, em relação ao tema da temperatura média do ar.

As três técnicas de construção com terra seguem, nas zonas 1, os mesmos valores identificados para o perfil predominante em "z1+z2", demonstrando o sistema em tabique os valores de hipsometria mais elevados (400-1000m), cujo valor mínimo aumenta de 0m para 400m . No espaço do sistema em adobe destacam-se os valores de hipsometria mais reduzidos, dentro dos quais sobressaem os valores que retratam as zonas costeiras.

Os valores que caracterizam a amplitude do perfil em "z1+z2" repetem-se para as zonas 1, no que respeita os três sistemas de construção com terra. Deste modo, deduz-se que os valores relativos às zonas 1 caracterizam, simultaneamente, o espaço global de implantação das três técnicas, tanto ao nível do perfil predominante como da amplitude do perfil. De um modo geral, observa-se que o sistema em tabique se implanta preferencialmente em zonas de elevada altitude, verificando-se contudo o seu incremento em zonas de baixa altitude; a técnica do adobe, pelo contrário, fixa-se em regiões onde a altitude é predominantemente reduzida, podendo contudo surgir em áreas de maior altitude.

Nas zonas 2 predominam novamente os valores mais elevados de hipsometria no espaço alusivo à técnica do tabique, coincidindo neste caso com os valores determinados no espaço do adobe (100-400m). Denota-se porém que, no sistema em tabique, os valores do perfil predominante compreendem altitudes mais reduzidas, perante os valores predominantes que caracterizam as zonas 1 (a classe hipsométrica correspondente a 400m, que representava um valor mínimo, passa agora a limitar o valor máximo). O espaço do sistema em taipa apresenta valores de hipsometria mais reduzidos, contemplando a construção de paredes exteriores em zonas de altitude mais baixa, face o que se apura tanto nas zonas 1, como em "z1+z2".

A amplitude do perfil mantém os valores já identificados para a taipa e para o adobe (0-1000m), que porém correspondem ao intervalo mais amplo. A técnica do tabique expõe a menor amplitude (0-400m), indicando a existência de solos aptos para a elevação de paredes interiores em zonas de altitude invariavelmente mais reduzida.

.

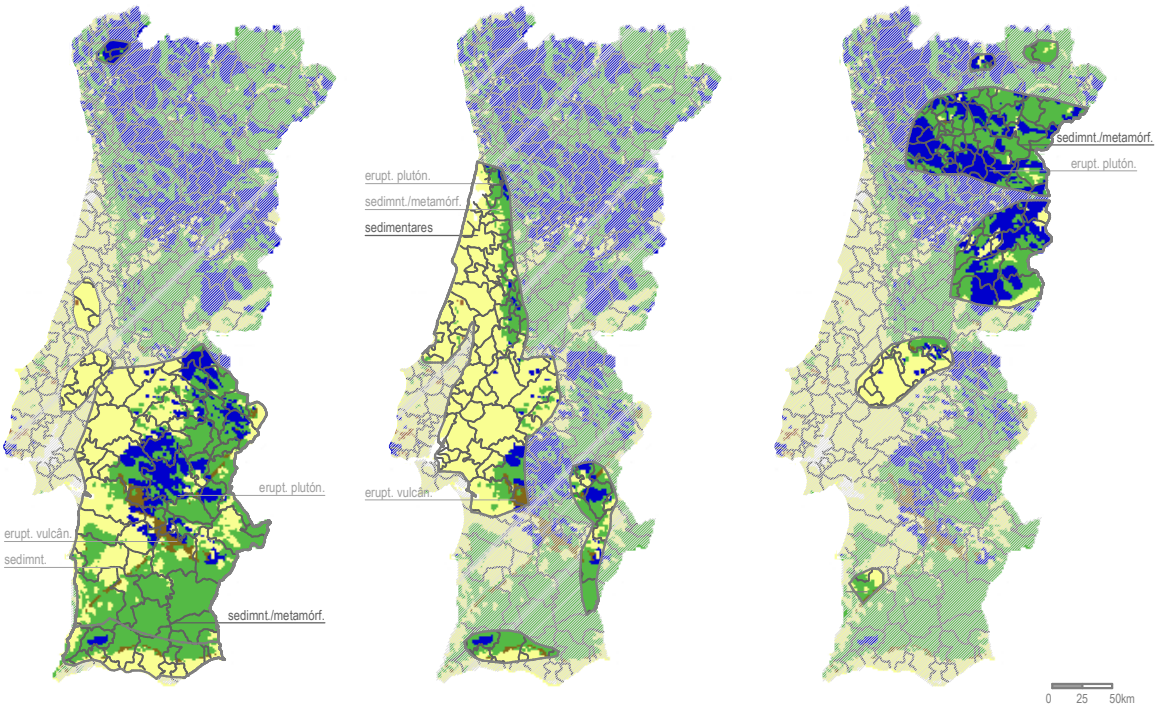


FIGURA 11_ Complexos litológicos, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação: predomina:	variação: predomina:	variação: predomina:
ZONAS 2 PE – TAIPA PI – ADOBE E TABIQUE	variação: predomina:	variação: predomina:	variação: predomina:
ZONAS 1 + ZONAS 2	variação: predomina:	variação: predomina:	variação: predomina:

QUADRO 11_ Complexos litológicos, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

No espaço global dos três sistemas de construção com terra predominam formações de origem sedimentar e metamórfica, verificando-se a presença de ambas nos espaços respeitantes aos sistemas em taipa e tabique. Em ambos os sistemas, as formações podem ser datadas desde o período Pré-Câmbrico (+ de 542m.a.), balizadas pela actualidade no caso do sistema em taipa, ou pelo período Paleozóico (542-251 m.a.) no que respeita a técnica do tabique. Em relação ao sistema em adobe, predominam exclusivamente formações sedimentares datadas entre o período Mesozóico (251-65m.a.) e a actualidade.

Ao nível de amplitude do perfil, todos os sistemas construtivos expõem na sua área de implantação os três tipos de formações litológicas – sedimentares, metamórficas e eruptivas; este facto aponta para a aplicação construtiva de solos derivados de uma rocha-mãe pertencente a qualquer tipo de complexo litológico.

O perfil predominante nas zonas 1 elege o mesmo tipo de complexos litológicos que se destacam em "z1+z2", permanecendo as mesmas formações nas áreas de cada técnica; observa-se contudo que, no espaço do sistema em taipa, passam a figurar somente complexos sedimentares de formação mais antiga (entre os períodos Paleozóico e Pré-Câmbrico).

A leitura da amplitude do perfil constata a mesma diversidade que caracteriza "z1+z2": todos os complexos litológicos estão presentes no espaço onde se situam os três sistemas de construção com terra.

Nas zonas 2, o perfil predominante destaca a frequência de rochas sedimentares, cuja formação se localiza entre o período Mesozóico e a actualidade, formações que se apresentam para as técnicas da taipa e do tabique. Esta característica indica a utilização de solos provenientes de rochas sedimentares de origem mais recente quer na elevação de paredes exteriores em taipa, quer na execução de paredes interiores em tabique. Os complexos metamórficos e sedimentares mais antigos, que surgem apenas nas zonas 2 para a técnica do adobe, vêm apontar a capacidade construir paredes interiores com solos originários deste tipo de rochas.

No que respeita a amplitude do perfil, as zonas 2 não constituem uma excepção ao que se apurou anteriormente: apesar de corresponderem a uma menor superfície de área, estas zonas expõem igualmente todos os tipos de complexos litológicos, no espaço de cada sistema construtivo.

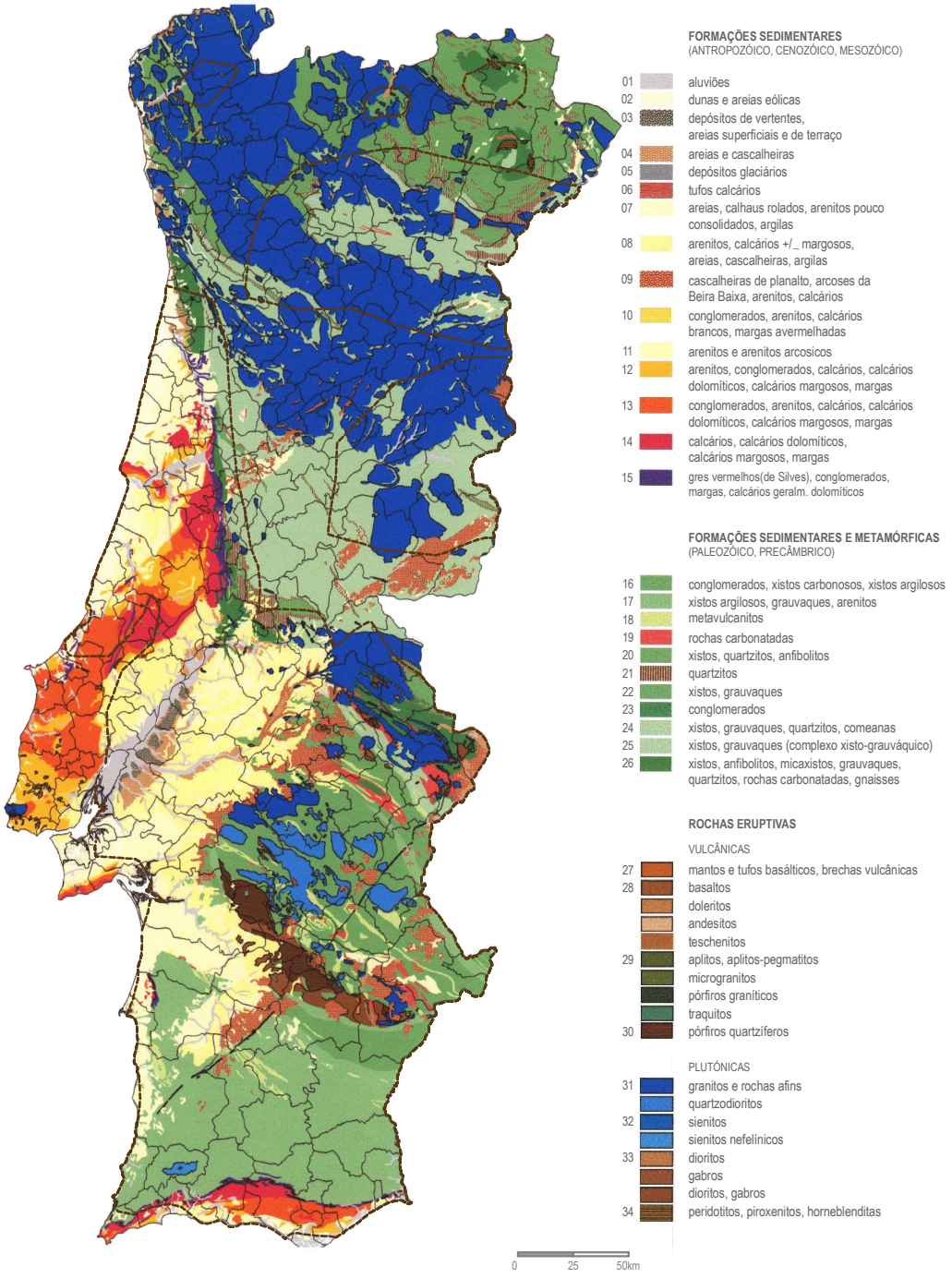
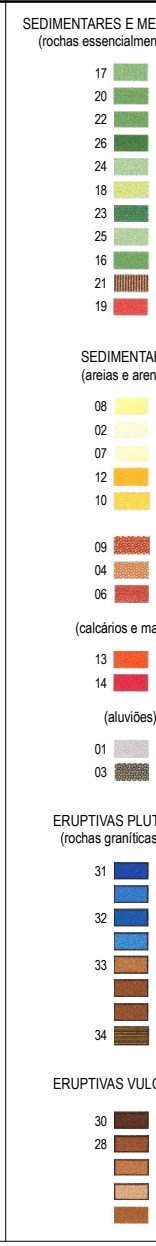
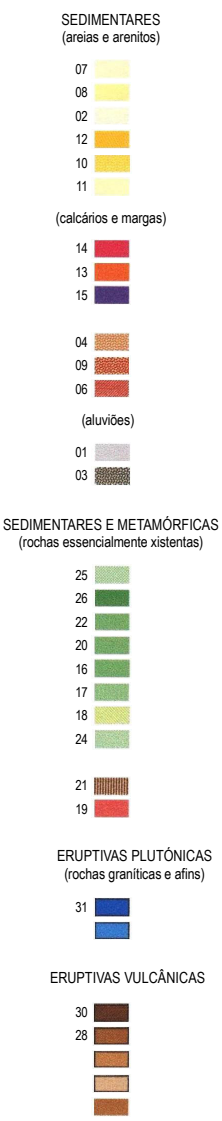
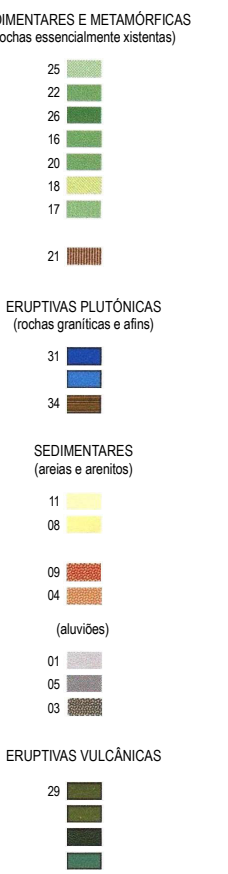


FIGURA 11.1_ Complexos litológicos que figuram no território português.

---- limite da área de construção em terra (taipa+adobe+tabique)

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 + ZONAS 2			

QUADRO 11.1_ Complexos litológicos (sub-grupos), em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

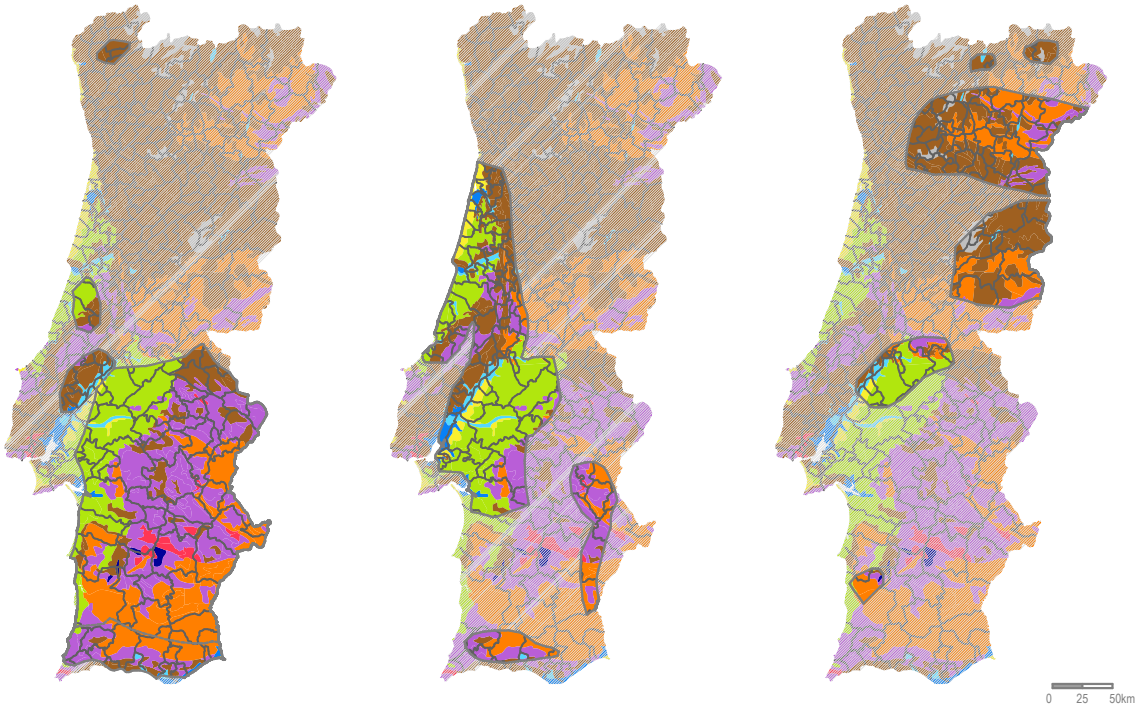


FIGURA 12_ Unidades pedológicas, em função da localização geográfica de cada sistema construtivo em terra.

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 PE + PI	variação: predomina:	variação: predomina: a norte do Tejo a sul do Tejo	variação: predomina:
ZONAS 2 PE – TAIPA PI – ABOBE E TABIQUE	variação: predomina:	variação: predomina:	variação: predomina:
ZONAS 1 + ZONAS 2	variação: predomina:	variação: predomina:	variação: predomina:

QUADRO 12_ Unidades pedológicas, em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

8. UNIDADES PEDOLÓGICAS

As unidades pedológicas que predominam no espaço "z1+z2", correspondem a solos que se enquadram nos grupos de luvissolos, podzóis e litossolos, constituindo o espaço alusivo ao sistema em taipa o único em que se salientam os três grupos. Nas áreas onde se erguem paredes de adobe, encontram-se dois destes grupos – os luvissolos e os podzóis –, enquanto o sistema em tabique denota somente a frequência de litossolos. Neste último figuram, a par dos litossolos, o grupo dos cambissolos. De acordo com a *FAO*,[30] estas unidades pedológicas compreendem a solos cujo processo de formação é influenciado, sobretudo, pelo tipo de clima – luvissolos e podzóis – e pela natureza da rocha-mãe – luvissolos, litossolos e cambissolos.

No que respeita a amplitude do perfil, o sistema em taipa assume novamente uma posição de destaque, expondo todas as unidades pedológicas identificadas no território, excepto os rankers. A menor diversidade situa-se no espaço do sistema em tabique, que não inclui planossolos, solonchaks e vertissolos.

Nas zonas 1, os cambissolos passam a constituir o grupo predominante, caracterizando quer as regiões do sistema em tabique, quer os lugares a Norte do rio Tejo onde se fixa a técnica do adobe. Neste sistema, observa-se a dicotomia já referida a propósito de outros temas, o que nesta situação se reflecte no predomínio de podzóis a Sul do Tejo. Para a técnica da taipa identifica-se a preponderância de luvissolos, tal como sucede em "z1+z2".

O intervalo correspondente a uma variedade de solos mais significativa mantém-se para o espaço da taipa (que exclui uma vez mais os rankers), enquanto a menor diversidade se repete nas zonas do sistema em tabique, onde se apresenta ainda mais restrita.

As zonas 2 não constituem excepção no que respeita o grupo de solos predominantes já identificados – luvissolos, podzóis e cambissolos. No espaço do sistema em taipa, salienta-se a aplicação de cambissolos na edificação de paredes exteriores, grupo que até ao momento não surgira associado a esta técnica. Nas zonas onde se encontram as técnicas do adobe e do tabique, verifica-se a utilização de luvissolos e de podzóis (respectivamente) na edificação de paredes interiores; tal como sucede com o sistema em taipa, estas unidades pedológicas vêm complementar a leitura traçada nas zonas 1, ou mesmo em "z1+z2", para o sistema em tabique.

A amplitude do perfil manifesta, para as três técnicas de construção, uma menor variedade de solos nas zonas 2, facto que pode dever-se tanto à sua localização geográfica, como à menor superfície de área total destes espaços. Não obstante, o sistema em taipa mantém na sua área de implantação, à semelhança do que sucede nas zonas 1 e em "z1+z2", a maior diversidade de unidades pedológicas, enquanto o espaço do adobe é pontuado pela menor variação de solos (que corresponde contudo a 50%). No seguimento do que se observou nas zonas anteriores, esta situação enfatiza a pluralidade de solos que podem ser aplicados na construção de paredes exteriores em taipa.

[30] *FAO* – "Food and Agriculture Organization for the United Nations" (*www.fao.org.)*.

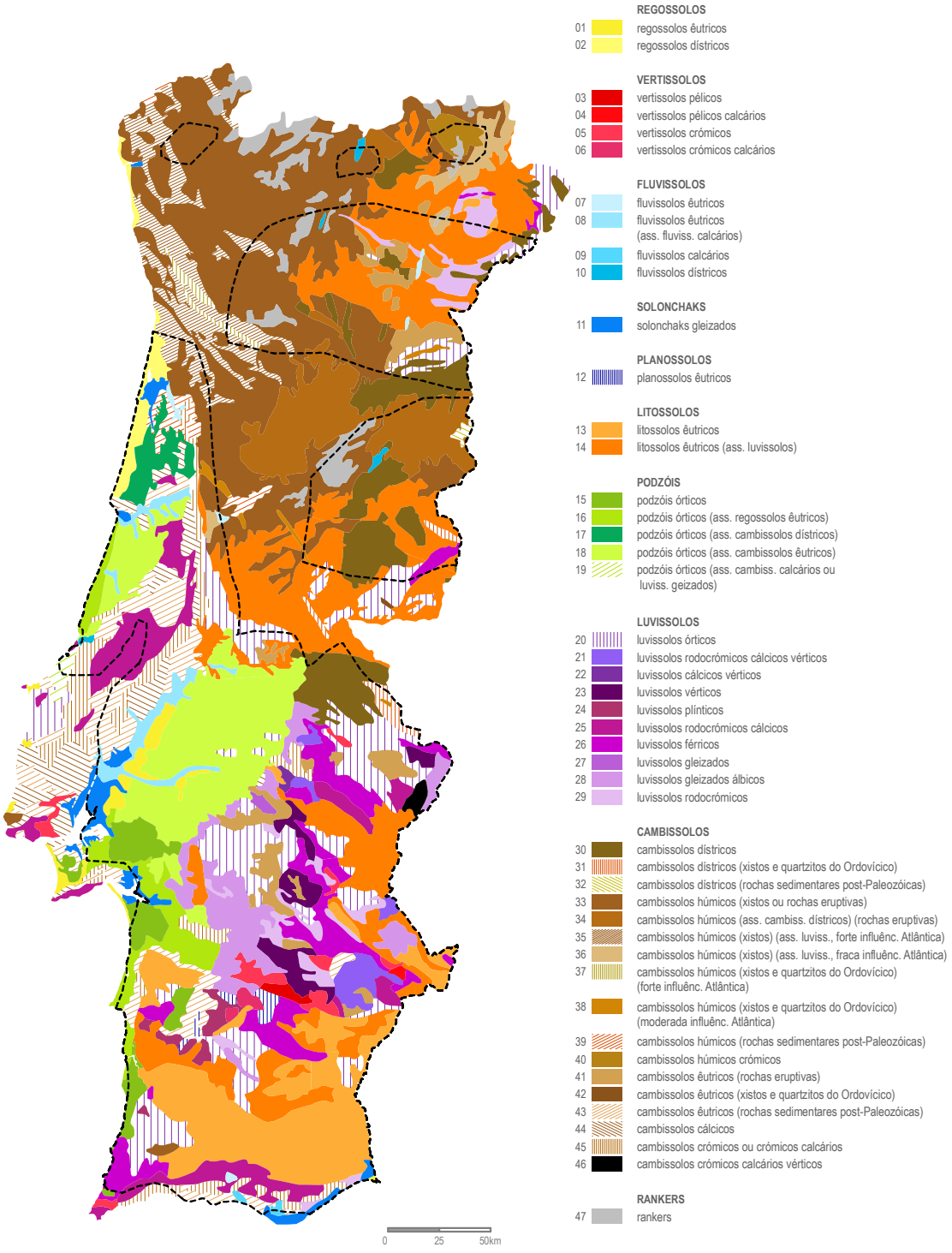


FIGURA 12.1_ Unidades pedológicas (sub-grupos) que figuram no território português.

limite da área de construção em terra (taipa+adobe+tabique)

	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
ZONAS 1 + ZONAS 2			

QUADRO 12.1_ Unidades pedológicas (sub-grupos), em função da localização geográfica dos principais sistemas construtivos em terra.

	PORTUGAL CONTINENTAL		ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL *Z1+Z2*: TAIPA+ADOBE+TABIQUE
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	área total= 89.015km^2 / 18 distritos	P.P.	área total= 62.310km^2 (c.70%) / 18 distritos predomina — zona Norte Interior; — zona Centro Litoral; — zona a Sul do Tejo.
		A. P.	implanta-se — zonas Norte Interior/ Centro Litoral/ a Sul do Tejo; — bolsas Norte. → evita faixa Norte e Norte-Noroeste(até entrada do rio Tejo no país): localização de cadeias montanhosas.
INSOLAÇÃO	intervalo <1800—>3100h/ano → aumenta em geral de Norte para Sul e do litoral para o interior.	P.P.	predomina no intervalo 2400—3000h/ano → valores elevados (≥ q valor médio); → amplitude de valores c. 54%.
		A. P.	varia no intervalo 2100—>3100h/ano → maior amplitude - c. 77%; → intervalo evita valores + reduzidos;
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	intervalo <7,5—>17,5ºC → aumenta em geral de Norte para Sul e do litoral para o interior.	P.P.	predomina no intervalo 10—17,5ºC → valores diversos, intervalo mt abrangente; → amplitude de valores 75%.
		A. P.	varia no intervalo <7,5—>17,5ºC → amplitude total - 100%.
PRECIPITAÇÃO Nº DIAS/ANO	intervalo <50—>100 dias/ano → diminui em geral de Norte para Sul e do litoral para o interior.	P.P.	predomina no intervalo 50—100 dias/ano → valores diversos, intervalo mt abrangente; → amplitude de valores próx. 100%.
		A. P.	varia no intervalo <50—>100 dias/ano → amplitude total - 100%.
PRECIPITAÇÃO TOTAL	intervalo <400—>2800mm → diminui em geral de Norte para Sul e do litoral para o interior.	P.P.	predomina no intervalo 400—1000mm → valores reduzidos (< q valor médio); → amplitude de valores 25%.
		A. P.	varia no intervalo <400—2400mm → maior amplitude - c. 83%; → intervalo evita valores + elevados;
HUMIDADE RELAT. DO AR	intervalo <65—>85% → diminui em geral de Norte para Sul (c/ oscilações) e do litoral para o interior.	P.P.	predomina no intervalo 70—80% → valores intermédios; → amplitude de valores 50%.
		A. P.	varia no intervalo <65—>85% → amplitude total - 100%.
HIPSOMETRIA	intervalo 0—1800m → diminui em geral de Norte para Sul e do interior para o litoral.	P.P.	predomina no intervalo 0—1000m → valores reduzidos (maioria ≤ q valor médio); → amplitude de valores c. 55%.
		A. P.	varia no intervalo 0—1800m → amplitude total - 100%;
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	formações: — sedimentares; — metamórficas; — eruptivas - plutónicas/vulcânicas.	P.P.	predominam rochas sedimentares, metamórficas e eruptivas plutónicas → formações mais comuns no território.
		A. P.	variação: todas as formações litológicas (100%).
UNIDADES PEDOLÓGICAS	unidades: — regossolos; — litossolos; — vertissolos; — podzóis; — fluvissolos; — luvissolos; — solonchaks; — cambissolos; — planossolos; — planossolos;	P.P.	predominam luvissolos, litossolos, podzóis e cambissolos → unidades mais comuns no território.
		A. P.	variação: todas as unidades pedológicas (100%).

QUADRO 13_ O perfil do lugar de uma Arquitectura de Terra em Portugal (taipa+adobe+tabique), no âmbito do território português.

PP — PERFIL PREDOMINANTE / AP — AMPLITUDE DO PERFIL

I.3 REFLEXÃO – O PERFIL DO LUGAR DE UMA ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL

O perfil do lugar pondera as características dos espaços onde se implanta uma Arquitectura de Terra em Portugal analisando-as, em primeira instância, no âmbito das características que se verificam no país (quadro 13). Nesta reflexão, considera-se o conjunto dos sistemas construtivos como um todo, focando a unidade que compõem – Arquitectura de Terra em Portugal – sem individualizar técnicas; do mesmo modo, a parede em terra é entendida enquanto unidade, não se diferenciando o tipo de parede (interior ou exterior). No segundo momento da reflexão, traça-se uma leitura global do espaço onde se implanta cada sistema de construção com terra, elaborada através da comparação entre os três espaços gerais – "z1+z2" –, considerando uma vez mais o elemento "parede" enquanto corpo unitário (quadro 14).

PERFIL DO LUGAR – TAIPA + ADOBE + TABIQUE

A implantação de uma Arquitectura de Terra em Portugal sucede de modo transversal no território, abrangendo cerca de 70% da superfície de área total. A sua localização evita o alinhamento de cadeias montanhosas que se estende de Noroeste para Sudeste, desde o distrito de Viana do Castelo até à entrada do rio Tejo no país, ocorrendo predominantemente em três áreas distintas. Cada uma destas áreas está associada ao desenvolvimento de um sistema de construção com terra: a Sul do rio Tejo destaca-se o sistema em taipa, no Centro litoral identifica-se a técnica do adobe e no Norte interior encontra-se a técnica do tabique.

A leitura do quadro 13 destaca, em termos de amplitude do perfil, o significativo intervalo de características que o espaço de uma Arquitectura de Terra compreende, no âmbito do território português. Em todos os temas estudados, salvo a insolação média anual e a precipitação total, este intervalo coincide em 100% com a diversidade que se distingue no país, indicando uma adaptação a circunstâncias bastante variáveis. Nos dois temas que constituem excepção, verifica-se que a implantação desta arquitectura evita lugares onde ocorrem baixos valores de insolação (inferiores a 2100h/ano) e elevados valores de precipitação total (superiores a 2400mm).

O lugar de uma Arquitectura de Terra em Portugal reúne predominantemente um conjunto de características que engloba, no mínimo, 50% das hipóteses que enquadram o território, apurando assim o intervalo de amplitude do perfil. O perfil predominante salienta, novamente, uma opção por lugares onde ocorrem elevados valores de insolação (acima do valor médio) e reduzidos valores de precipitação total, a que se somam baixos valores de hipsometria (ambos aproximadamente abaixo do valor médio). Nos restantes temas, o perfil predominante afasta-se, sobretudo, dos valores limite que balizam o território (mínimos e máximos), abrangendo na maior parte dos casos uma notável variedade. Os complexos litológicos que surgem com maior frequência no espaço da Arquitectura de Terra, dizem respeito ao tipo de rochas que predomina no país, tal como sucede para as quatro unidades pedológicas identificadas. Estes grupos de solos constituem unidades distintas, que traduzem a pluralidade de contextos que os origina, facto que se reflecte no modo de utilizar a terra no âmbito construtivo.

TEMAS DE CARACTERIZAÇÃO DO LUGAR		PERFIL PREDOMINANTE			AMPLITUDE DO PERFIL		
		TAIPA	ADOBE	TABIQUE	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
LOCALIZAÇÃO (Nº DISTRITOS)	Z1	●	⊘	○	○	●	⊘
	Z2	●	⊘	○	●	○	⊘
	Z1+Z2	●	⊘	○	∅	∅	∅
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	Z1	●	∅	∅	○	⊘	●
	Z2	∅	●	∅	●	⊘	○
	Z1+Z2	●	∅	∅	●	○	⊘
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	Z1	●	⊘	○	⊘	○	●
	Z2	∅	∅	∅	●	⊘	○
	Z1+Z2	∅●	∅●	○	∅	∅	●
PRECIPITAÇÃO Nº DIAS/ANO	Z1	○	⊘	●	∅	∅	●
	Z2	∅	∅	∅	●	∅	∅
	Z1+Z2	○	∅●	∅●	∅●	○	∅●
PRECIPITAÇÃO TOTAL	Z1	○	●	⊘	○	⊘	●
	Z2	∅●	○	∅●	●	⊘	○
	Z1+Z2	○	●	⊘	∅●	○	∅●
HUMIDADE RELAT. DO AR	Z1	∅	∅	∅	∅	∅	●
	Z2	○	∅●	∅●	●	∅	∅
	Z1+Z2	∅	∅	∅	⊘	○	●
HIPSOMETRIA	Z1	⊘	○	●	∅	∅	●
	Z2	○	∅●	∅●	∅●	∅●	○
	Z1+Z2	⊘	○	●	∅	∅	●
C. LITOLÓGICOS	Z1	■	□	■■	∅	∅	∅
	Z2	□	■	□	∅	∅	∅
	Z1+Z2	■□	□	■■	∅	∅	∅
U. PEDOLÓGICAS	Z1	■	■■	■	●	⊘	○
	Z2	■	■	■	●	○	⊘
	Z1+Z2	■■■	■■	■■	●	⊘	○

QUADRO 14_ Caracterização do lugar: o perfil predominante e a amplitude do perfil, em função do sistema construtivo em terra.

● valor mais elevado/ intervalo de maior amplitude

⊘ valor intermédio/ intervalo de amplitude intermédia

○ valor mais reduzido/ intervalo de menor amplitude

∅● valor mais elevado/ intervalo de maior amplitude
— em simultâneo com outro sistema (igual ou equivalente)

∅ valor mais reduzido/ intervalo de menor amplitude
— em simultâneo com outro sistema (igual ou equivalente)

∅ valor/ intervalo igual ou equivalente nos três sistemas

No contexto do território português, o sistema de construção com taipa compreende a maior superfície de área de implantação, fixando-se sobretudo a Sul do rio Tejo. O espaço onde se desenvolve esta técnica apresenta, preferencialmente, os valores mais elevados de insolação média anual e de temperatura média do ar (2900-3000h/ano; 15-17,5ºC). A estas características corresponde, inversamente, o menor número de dias por ano em que ocorre precipitação, em menor quantidade total (50-75 dias/ano; 500-800mm). A humidade relativa denota quer para o sistema em taipa, quer para os restantes sistemas construtivos, o mesmo valor predominante (70-80%). Em termos hipsométricos, esta técnica surge associada a lugares onde predominam altitudes intermédias (100-400m), face às que se verificam nos espaços do adobe e do tabique. As formações litológicas presentes consistem, sobretudo, em rochas sedimentares e metamórficas, englobando areias, arenitos e rochas essencialmente xistentas.

A reunião destas características resulta, no âmbito pedológico, na frequência de podzóis, luvissolos e litossolos, unidades em que os factores principais de formação constituem o tipo de clima e de rocha-mãe presentes. As rochas sedimentares mais recentes (período Mesozóico - actualidade) surgem principalmente relacionadas com a formação de podzóis, que derivam sobretudo de areias e arenitos. As formações sedimentares mais antigas (períodos Pré-Câmbrico - Paleozóico) juntamente com complexos metamórficos, correspondem à permanência de luvissolos e litossolos provenientes de rochas essencialmente xistentas (xistos, xistos argilosos, grauvaques, quartzitos).

O sistema construtivo em adobe localiza-se predominantemente na zona Centro litoral do país, correspondendo a sua área de implantação a uma superfície de valor intermédio, perante os valores de área alusivos às restantes técnicas. Neste sistema construtivo, o lugar é caracterizado pelos valores mais elevados de precipitação, tanto em termos do número de dias (em simultâneo com a zona do tabique), como de quantidade total (50-100 dias/ano; 600-1000mm), contrastando com o perfil identificado no espaço da taipa. Contudo, à semelhança do que ocorre na zona da taipa, a temperatura média do ar assume igualmente os valores mais elevados (15-17,5ºC). A insolação média anual apresenta, ao contrário do que se observa nos temas já mencionados, os valores mais reduzidos (2400-2900h/ano), surgindo neste ponto a par do sistema em tabique; o mesmo comportamento se verifica a nível dos valores predominantes de hipsometria, que constituem também os mais reduzidos (0-400m). No que respeita a natureza das rochas presentes no território, salientam-se complexos sedimentares de formação mais recente (período Mesozóico-actualidade), que agrupam maioritariamente aluviões, areias, arenitos, cascalheiras, calcários e margas.

As unidades pedológicas que figuram de modo mais significativo no território compreendem os grupos de podzóis e de luvissolos, ambos identificados no espaço referente à taipa. No espaço do adobe, a localização de podzóis encontra-se nas zonas onde afloram novamente areias e arenitos, a par de cascalheiras e aluviões; por sua vez, os luvissolos situam-se principalmente em concordância com a presença de diversos tipos de calcários e margas.

A técnica do tabique apresenta, no âmbito dos três sistemas de construção em estudo, a menor superfície de área de implantação, verificando-se a sua frequente aplicação no Norte interior do país. Num evidente contraste com o perfil predominante das zonas onde se constrói em taipa, o sistema em tabique implanta-se preferencialmente em lugares caracterizados pelos valores mais reduzidos de insolação média anual (coincidindo

com o espaço do adobe) e de temperatura média do ar (2500-2800h/ano; 10-16ºC). Neste seguimento, observa-se ainda o valor respeitante ao número de dias em que ocorre precipitação, que assume no espaço do tabique os valores mais elevados (50-100 dias/ano, tal como para a técnica do adobe). A quantidade total de precipitação denota um valor intermédio (400-1000mm), enquanto o tema da hipsometria é caracterizado novamente pelos valores mais elevados (100-1000m), em oposição ao sistema em adobe. Os complexos litológicos que figuram nestes lugares compreendem rochas de origem metamórfica e eruptiva plutónica, indicando a presença de rochas essencialmente xistentas, de granitos e rochas afins.

No espaço onde se desenvolve o sistema em tabique encontra-se a frequência de unidades pedológicas referentes ao grupo de litossolos (à semelhança dos sistemas em taipa e adobe) e de cambissolos. O primeiro grupo surge, uma vez mais, em correspondência geográfica com diversos tipos de xistos (carbonosos, argilosos), grauvaques e quartzitos, enquanto o segundo vem coincidir com a presença de granitos e rochas afins.

A comparação entre o perfil predominante dos lugares onde se implantam as técnicas de construção com terra, enfatiza a oposição de características patente, de um modo geral, entre os espaços da taipa e do tabique. Se no primeiro se destaca um clima quente e seco, em que a precipitação é fraca (clima temperado mediterrânico), no segundo salienta-se um clima mais frio, onde ocorre um elevado número de dias com precipitação em quantidade moderada (clima temperado mediterrânico de influência continental). Neste enquadramento, as zonas onde se implanta o adobe, denotam um perfil predominante que apresenta características comuns quer ao espaço da taipa, quer ao do tabique (clima temperado mediterrânico de influência atlântica). Sob este ponto de vista, as condições climatéricas da zona onde se situa o adobe determinam, em conjunto com a sua localização espacial, uma zona de transição tanto entre o Norte e o Sul, como entre o interior e o litoral do território. Não obstante, o espaço do adobe é caracterizado pelos valores mais elevados de precipitação total, contrastando com a zona da taipa, e pelos valores mais reduzidos em termos hipsométricos, contrariamente à zona do tabique, vincando assim o seu contexto litoral. No âmbito litológico e pedológico, verifica-se no espaço da taipa o predomínio de rochas e de solos presentes nas restantes zonas, assumindo este espaço, em certa medida, o papel de transição entre perfis que se apontou para o espaço do adobe. Deste modo, observa-se a permanência de rochas sedimentares, podzóis e luvissolos, nos espaços da taipa e do tabique, enquanto as rochas sedimentares e metamórficas, a par de litossolos, se encontram nas zonas da taipa e do tabique.

A localização geográfica dos sistemas de construção com terra distribui-se, em cada caso, em onze dos dezoito distritos do território português, de acordo com diferentes intensidades. A comparação entre as amplitudes do perfil, salienta com clareza o amplo intervalo de valores que caracteriza a maioria dos temas no espaço do tabique, em contraste com a menor variação de valores que distingue as zonas do adobe. Esta oposição directa encontra-se patente no que respeita a temperatura média do ar (<7,5-17,5ºC / 10->17,5ºC), a frequência e quantidade de precipitação (<50->100 dias/ano / 50->100dias/ano; <400-2400mm / 400-1600mm), a humidade relativa do ar (<65-85% / 65-85%) e a hipsometria (0-1800m / 0-1000m). As unidades pedológicas constituem o único tema de análise em que se observa maior variedade no espaço do adobe do que no espaço do tabique, que é contudo ultrapassada pela diversidade de solos presentes na zona da taipa. Esta situação pode relacionar-se com a superfície de área de implantação de cada técnica, que é menor no caso do tabique e maior para o sistema em taipa. A insolação média anual determina também uma excepção, uma vez que a maior amplitude do perfil corresponde neste caso às zonas onde se constrói em taipa.

A observação do quadro 14, permite concluir que a comparação estabelecida entre o perfil predominante em cada técnica, repete geralmente as mesmas posições relativas entre sistemas, nos espaços correspondentes às zonas 1 e a "z1+z2". As excepções que se manifestam referem-se sobretudo aos complexos litológicos e unidades pedológicas, onde "z1+z2" vem habitualmente acrescentar informação, face ao que predomina nas zonas 1; no caso do adobe, a estes temas juntam-se a temperatura média do ar e o número de dias com precipitação. Este facto vem afirmar a importância das características que predominam nas zonas 1, que constituem espaços diferenciados a nível geográfico, primordialmente associados a cada técnica de construção com terra. Para cada sistema construtivo, as zonas 1 denotam uma grande coerência individual que, no espaço do adobe, é contudo pontuada por uma dicotomia notável a Norte e a Sul do rio Tejo. Nesta técnica, as características das zonas 2 vêm, em alguns temas, atribuir prevalência às condições que se verificam a Sul do Tejo, estabelecendo deste modo a diferença entre o perfil predominante nas zonas 1 e no espaço global "z1+z2". Não obstante, ao comparar alguns dos mapas temáticos analisados com o mapa de implantação das técnicas, observam-se linhas estruturantes que traçam o mesmo percurso, em coincidência quase perfeita, delimitando manchas que definem simultaneamente o carácter do território e o espaço respeitante às zonas 1.

A amplitude do perfil nos espaços "z1+z2" é influenciada de modo significativo pelas características das zonas 1 ou das zonas 2, consoante o sistema construtivo considerado. No sistema construtivo em taipa, o espaço apresenta uma variedade de características que é ampliada quando se considera a zona 2, devido à implantação de uma bolsa pontual no distrito de Viana do Castelo, cujo perfil difere da zona 1. Se esta bolsa não for considerada, a amplitude do perfil que passa a caracterizar o espaço da taipa aproxima-se substancialmente do sistema em adobe, correspondendo aos intervalos de menor amplitude. A técnica do tabique, pelo contrário, deve a amplitude do seu perfil sobretudo às características das zonas 1 que, no seu conjunto, englobam uma grande diversidade de circunstâncias a nível climatérico e topográfico.

O MATERIAL

capítulo **2**

O VALOR PRÓPRIO DO MATERIAL TERRA

> O solo pode ser compreendido e analisado através de diferentes conceitos, consoante a área de estudo. (…) Conceito edáfico: o solo corresponde à camada superficial mais ou menos móvel e friável da crusta terrestre e que constitui o meio natural adequado para o desenvolvimento da generalidade das plantas terrestres. Conceito pedológico: o solo é uma entidade natural da superfície da crusta terrestre, dinâmica e evolutiva, que se distingue das rochas pela presença de vida vegetal e animal e por uma organização textural e estrutural que reflecte a sua génese. Conceito de solo na perspectiva do engenheiro civil: o solo é qualquer depósito de material não consolidado que ocorre à superfície da terra. Conceito de solo na perspectiva do geólogo: o solo é a formação geológica superficial e móvel da crusta terrestre, originada por alteração mecânica, química e biológica das rochas.[31]

O conjunto dos edifícios construídos em terra em Portugal Continental organiza-se sob compleições distintas, onde ressaltam superfícies de diferentes cores e texturas proporcionadas pela utilização do mesmo material, podendo neste âmbito falar-se de "terras da Terra". O mecanismo de formação do solo define variações na sua constituição, despoletando comportamentos distintos para cada tipo de terra; este facto conduz ao seu entendimento enquanto material heterogéneo, que incita uma interacção plural a nível arquitectónico e construtivo. Sendo amplamente analisado e diversificadamente classificado consoante a área de estudo, no contexto de uma Arquitectura de Terra, o solo é geralmente designado *terra*.

II.1 FORMAÇÃO E PERFIL DO SOLO

1. IDEIA GERAL DE FORMAÇÃO DO SOLO

> (…) solo é o termo aplicado a todo o material da crosta terrestre proveniente da decomposição de rochas, constituído por elementos minerais e/ou orgânicos, que dependem da composição química e mineralógica da rocha de origem, das características do relevo, dos diferentes climas, e do tempo de exposição às intempéries. A classificação dos solos, através das suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas é tratada de acordo com os fundamentos da Ciência dos Materiais (...).[32]

Decurso de um vasto processo geológico, o solo consiste num corpo relativamente superficial e instável que se localiza entre o manto vivo da biosfera e o esqueleto mineral do substrato da litosfera (Costa; 1975).[33]

---

31 GOMES, Celso Figueiredo (1988); *Argilas, o que são e para que servem*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 4:61-62.

32 FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:179.

33 BIOSFERA – (BIOGEO ECO) *1.conjunto dos ecossistemas existentes no planeta Terra; (…) 2.conjunto de todas as partes do planeta Terra onde existe ou pode existir vida, e que abrange as regiões da* litosfera*, da* hidrosfera *e da* atmosfera *(…).*

LITOSFERA – (GEOF) *camada exterior sólida da superficie da Terra, que inclui a crosta e a parte superior do manto terrestre, e à qual se atribui uma espessura de 50km a 200km (…).*

HOUAISS, António; VILLAR, Mauro de Salles (2002): *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Lisboa: Círculo de Leitores.

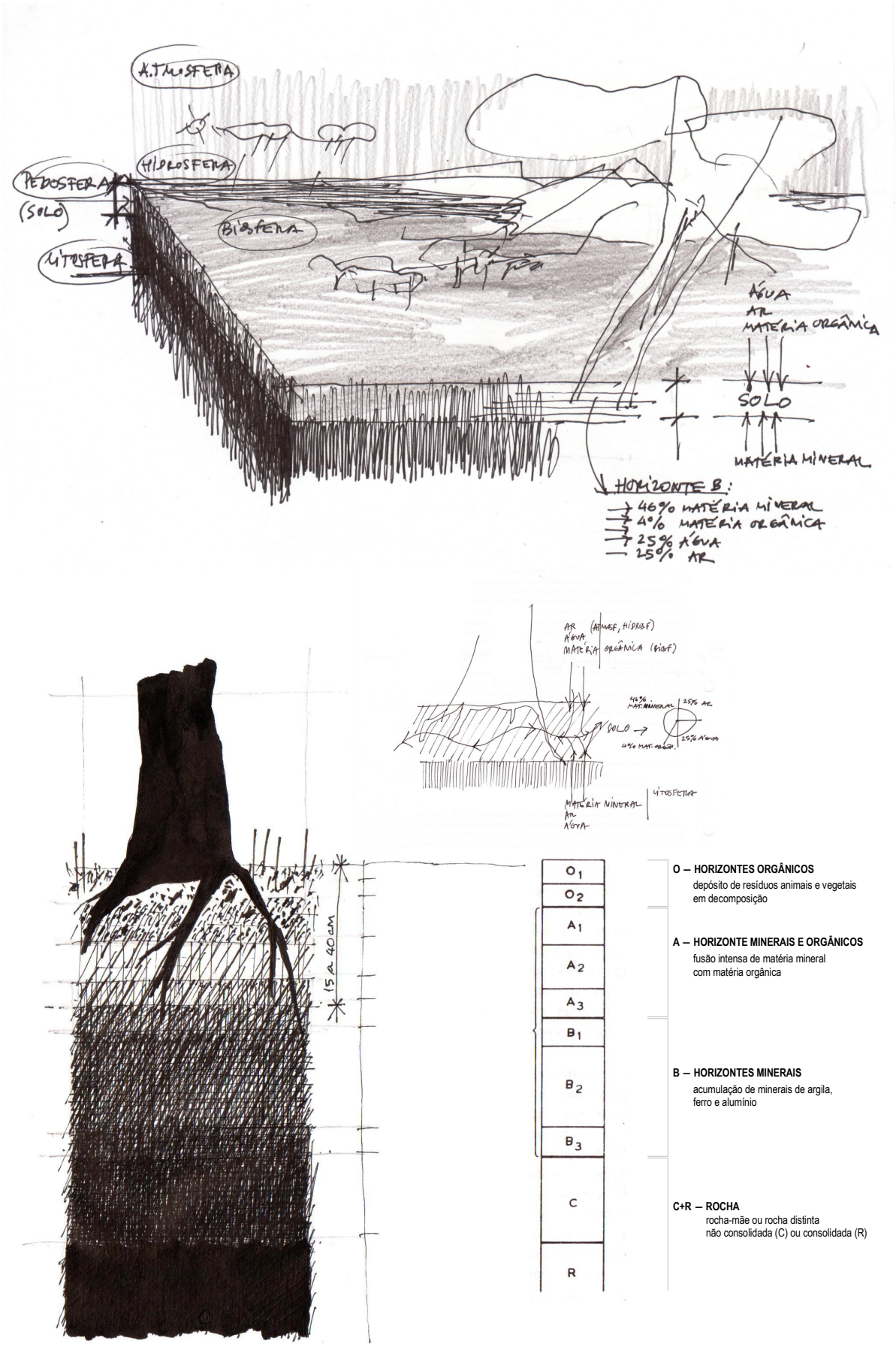


FIGURA 13_ A localização espacial do solo e o perfil-tipo do solo (diferenciação dos principais horizontes).

Observando a sua posição espacial, o solo pode ser considerado como um elemento de transição entre os volumes que o envolvem: é a interactividade e o diálogo que estes "volumes" mantêm, que determina a constituição e o comportamento do solo.

A origem do solo reporta-se a uma metamorfose incessante, que resulta do diálogo proferido entre cinco factores fundamentais, intimamente relacionados com as características de cada lugar: o clima, a rocha-mãe, a topografia, os organismos vivos e a passagem do tempo. A exposição das rochas presentes num determinado local à actividade dos agentes climatéricos e biológicos, proporciona a sua lenta desintegração física e química, que deriva sobretudo de processos de meteorização e de erosão.[34] Os fragmentos de rocha e partículas minerais que resultam destas transformações são transportados e redistribuídos através da acção da água, do vento ou dos organismos vivos, sofrendo alterações na sua estrutura; durante este processo, as fracções minerais podem ser incorporadas com matéria orgânica. *Deste modo, novas porções da litosfera ficam ao alcance dos agentes atmosféricos, ao passo que os sedimentos acumulados ficam sujeitos a novas alterações (…), a que pode seguir-se novo ciclo de desagregação, transporte e depósito*,[35] perpetuando o ciclo de formação e desenvolvimento do solo.

2. O PERFIL DO SOLO E A DIFERENCIAÇÃO DE HORIZONTES

> Os componentes da rocha e o material orgânico sujeitos a variadas acções físicas, químicas e bioquímicas, são transformados e misturados com maior ou menor intensidade, migrando os produtos resultantes de um para outro ponto do perfil e conduzindo à diferenciação dos horizontes do solo, ou seja, ao desenvolvimento do perfil. (...) A diferenciação de horizontes pode dar-se a partir de rochas eruptivas, sedimentares ou metamórficas, consolidadas ou não consolidadas.[36]

Quando se procede a um corte vertical no terreno, observa-se que o *perfil do solo* é composto por distintas camadas, que se designam *horizontes do solo*.[37] Os horizontes constituem porções de terra de limites algo irregulares, que se distribuem de modo aproximadamente paralelo à superfície: à medida que a profundidade aumenta, as faixas horizontais demonstram geralmente uma fisionomia variada, devido a diferenças na sua composição. A distinção entre horizontes contíguos pode ser observável em campo, através de propriedades como a estrutura, a textura ou a cor. A nomenclatura convencionada para os horizontes do solo é variável em função das entidades científicas consideradas e encontra-se em evolução; a figura 13 apresenta o esquema de um perfil tipo do solo, identificando os horizontes que cada solo pode apresentar, bem como a sua posição relativa.[38]

---

[34] O processo de meteorização implica a deterioração *in situ*, ou seja, sem deslocação dos fragmentos de rocha e partículas minerais do solo, enquanto o processo de erosão implica a movimentação, transporte e redistribuição desse material.

[35] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 1:13.

[36] Idem. 1:20-21.

[37] A nível pedológico convenciona-se a identificação de unidades tridimensionais denominadas *pedon*, com o objectivo de examinar diferentes tipos de solos. Cada *pedon* consiste num volume mínimo que possa, pelas suas características, ser considerado como solo. A distinção entre um pedon de outro contíguo estabelece-se através dos seguintes limites: a nível superior na superfície terrestre; a nível inferior num limite estipulado que separa o "solo" do "não-solo"; e lateralmente de modo a definir-se um espaço suficiente para a caracterização dos diferentes estratos do perfil do solo. A espessura do pedon é variável, sendo que regra geral o exame ao perfil pode alcançar até cerca de 2m de profundidade (Costa; 1975).

[38] Deve ter-se em atenção que numa situação real não existe nenhum solo que contenha simultaneamente todos os horizontes representados.

A *diferenciação de horizontes* consiste no processo de formação ou "génese" do solo, dependendo portanto da interacção contínua que se verifica entre os agentes do clima, o tipo de rocha-mãe preexistente, o relevo do terreno, o grupo de organismos presente e a passagem do tempo. A estes factores pode ainda somar-se, em algumas situações, a acção humana no que respeita a utilização do solo natural. Os principais fenómenos que têm lugar na diferenciação de horizontes consistem na alteração e migração de substâncias entre diferentes níveis do perfil, tais como minerais primários, minerais de argila, húmus, substâncias solúveis e coloidais, entre outros.[39]

Consoante a diferenciação de horizontes se encontra numa fase inicial ou avançada, pode falar-se do grau de evolução do solo. Em termos de evolução, os solos podem agrupar-se em dois conjuntos principais – *solos jovens* ou *pouco evoluídos* e *solos maduros* ou *evoluídos*. O primeiro caso refere-se a solos pouco profundos, cujo perfil é escassamente desenvolvido; podem apresentar somente um horizonte acima da rocha-mãe e diferenciar-se pouco desta. Dentro do conjunto de solos que predominam no espaço de uma Arquitectura de Terra em Portugal, são exemplo de solos jovens os litossolos e os cambissolos; os podzóis e os luvissolos enquadram-se no segundo caso, que se reporta a solos geralmente mais profundos, caracterizados por um perfil bem desenvolvido, onde se distinguem vários horizontes. Observa-se, deste modo, que as unidades pedológicas que predominam simultaneamente no território português e no domínio da construção com terra no país, denotam um grau de evolução distinto, apresentando consequentemente diferenças ao nível do seu perfil e das suas propriedades.

---

[39] DIFERENCIAÇÃO DE HORIZONTES: PERFIL TIPO DO SOLO

HORIZONTES ORGÂNICOS *O* — horizontes superficiais do perfil

Os horizontes O localizam-se à superfície, sobre o horizonte A; podem apresentar-se bastante desenvolvidos em alguns solos e ser praticamente inexistentes noutros.

O1 — geralmente apelidado "*folhada*"; depósito de detritos vegetais soltos (ramos, folhas) e restos da fauna do solo;
— é possível identificar à vista desarmada a morfologia original da maior parte dos resíduos orgânicos.

O2 — geralmente apelidado "*camada humífera*"; constituído por detritos orgânicos parcialmente decompostos ou enfeltrados;
— não é possível identificar à vista desarmada o aspecto original dos resíduos orgânicos.

HORIZONTES MINERAIS E ORGÂNICOS *A* — horizontes minerais superficiais ou subsuperficiais do perfil

O conjunto dos horizontes A e B, localizados numa profundidade imediatamente inferior ao horizonte O, designam-se *solum* e são considerados como o "solo verdadeiro". O horizonte A consiste num horizonte mineral com grande acumulação de matéria orgânica, denotando geralmente uma cor mais clara do que o horizonte subjacente.

A1 — horizonte superficial dos solos minerais, constituído por uma fusão intensa de matéria mineral com matéria orgânica;
— pode sofrer perda de constituintes que são transportados para horizontes inferiores, devido ao movimento gravitacional da água – fenómeno de eluviação;
— coloração tão ou mais escura do que os horizontes inferiores contíguos;
— pode apresentar espessura considerável (tchernozioms, cerca de 60cm) ou diminuta (podzóis).

A2 — horizonte superficial ou subsuperficial dos solos minerais, tipicamente eluvial; caracterizado pela eluviação de argila, ferro e alumínio e pela concentração de minerais mais resistentes à alteração;
— os constituintes eluviados podem acumular-se no horizonte B ou serem arrastados para fora do *solum*;
— coloração mais clara do que A1 e em alguns casos mais clara do que o horizonte B;
— em solos como os podzóis, A2 consiste habitualmente num horizonte eluvial de cor esbranquiçada ou acinzentada.

A3 — horizonte de transição entre os horizontes A e B, cujas propriedades se reportam à família A.

HORIZONTES MINERAIS *B* — horizontes minerais do perfil

O horizonte B consiste num horizonte mineral localizado sob o horizonte A, caracterizado pela acumulação de minerais de argila, ferro e alumínio, podendo ainda denotar-se a presença de alguma matéria orgânica.

3. O *HORIZONTE B* EM ARQUITECTURA DE TERRA

A espessura do solo que inclui os horizontes superficiais e subsuperficiais O e A não é, regra geral, qualificada para a construção com terra devido ao forte teor de material orgânico presente, cujas características físicas e químicas não permitem a estabilidade e coesão da terra no âmbito construtivo. Em regiões semi-áridas e áridas podem, no entanto, encontrar-se solos apropriados para construir nas camadas superficiais do solo, após ser eliminado o material orgânico presente. Em determinadas circunstâncias, a terra pode até apresentar certa quantidade de matéria vegetal, desde que esta se encontre seca e não apresente perigo de deterioração futura; um exemplo comum desta situação é a adição de palha seca a um solo que detenha elevado conteúdo de argila.

O horizonte B é considerado aquele cujas características melhor se adequam para construir, quer pelas suas propriedades minerais, quer pela fraca presença (ou mesmo ausência) de matéria orgânica. A génese do horizonte B pode relacionar-se com a transformação de material *in situ* (extinção da textura original da rocha-mãe e formação de minerais de argila e/ou óxidos), ou reportar-se a fenómenos de iluviação (acumulação de substâncias eluviadas de outro nível do perfil, como minerais de argila, ferro ou alumínio), designando-se *horizonte iluvial*. Pontualmente, pode ainda denotar-se a presença de alguma matéria orgânica neste horizonte e uma consequente modificação de cor (habitualmente mais escura). A extracção de terra para a construção deve efectuar-se a uma profundidade entre 15 a 50 cm, de modo a alcançar o horizonte “B” do solo.

A diferenciação do horizonte B relaciona-se com a alteração *in situ* da rocha-mãe e com fenómenos de iluviação. A primeira situação refere-se à supressão de toda ou da maior parte da estrutura da rocha-mãe, com extinção da textura do material original, através de meteorização. A segunda diz respeito à acumulação absoluta ou residual de substâncias eluviadas de outro nível, que se misturam com material original meteorizado, sendo B designado “horizonte iluvial”.

B1 — horizonte de transição entre os horizontes A e B, cujas características se referem ao grupo B;
B2 — horizonte que apresenta de modo mais nítido as características que distinguem o horizonte B;
B3 — horizonte de transição entre o horizonte B e as camadas subjacentes, denotando sobretudo as propriedades do grupo B.

C e *R* — rocha preexistente

As letras C e R designam rochas preexistentes, cuja definição difere consoante os autores: pode tratar-se de uma rocha consolidada ou não consolidada e pode referir-se à rocha-mãe do perfil ou a outra rocha que não apresente afinidade mineral com os horizontes do solo. No primeiro caso, a rocha fornece os constituintes minerais das camadas suprajacentes e subsiste como material não atingido pelo processo de diferenciação. No segundo, a totalidade da rocha-mãe foi afectada pelo processo de diferenciação e portanto os horizontes assentam directamente sobre material com o qual não apresentam relação genética.

C — refere-se, de acordo com autores europeus, à rocha-mãe a partir da qual se diferenciou o solo, em níveis superiores do perfil;
— designa, segundo autores americanos, material não consolidado, que pode apresentar ou não uma relação genética com o material do solo - se o material não pertencer à rocha-mãe, então a letra C é precedida de um número romano (ex: IIC);

R — denomina, segundo autores americanos, rochas consolidadas, adoptando-se igualmente a numeração romana quando se tratar de material distinto da rocha-mãe.

[40] O fenómeno de *iluviação* diz respeito à deposição e acumulação de substâncias que foram removidas e transportadas - ou *eluviadas* - desde outro ponto do perfil, geralmente de um horizonte imediatamente superior. O fenómeno de *eluviação* incide na remoção de material de um horizonte e no seu transporte desde horizontes mais superficiais para camadas mais profundas do perfil, sob o efeito da precipitação e do movimento de água gravitacional.

[41] Na acção de formação de *Conservação e Recuperação de Construção com Taipa*, que decorreu em Odemira em Maio de 2009, foi referida uma profundidade mínima entre 15 e 20cm, enquanto em *Building with Earth*, Gernot Minke indica 40cm. Na *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra*, que decorreu em Conímbriga em Fevereiro de 2010, foi mencionada a medida de 50cm.

FRACÇÕES	LOTES	DIMENSÕES (mm)				
		ESC. DE ATTERBERG	LNEC E-219	MIT, EUA	NBR6502	DEPART. AGRICULT., EUA
ELEMENTOS GROSSEIROS	BLOCOS	d > 200				
	CALHAUS	200 ≥ d ≥100	d > 60 CALHAU			
	PEDRAS	100 ≥ d ≥ 50				
	PEDRAS MIÚDAS	50 ≥ d ≥ 20		60 ≥ d ≥ 20 CASCALHO GROSSO		
	CASCALHO	20 ≥ d ≥ 5	60 > d > 2 SEIXO	20 ≥ d ≥ 6 CASCALHO MÉDIO	20 ≥ d ≥ 2 PEDREGULHO	
	SAIBRO	5 ≥ d ≥ 2		6 ≥ d ≥ 2 CASCALHO FINO		
TERRA FINA	AREIA GROSSO	2 ≥ d ≥ 0,2		2 ≥ d ≥ 0,6		
	AREIA MÉDIO		2 > d > 0,06	0,6 ≥ d ≥ 0,2	2 ≥ d ≥ 0,06	2 ≥ d ≥ 0,05
	AREIA FINO	0,2 ≥ d ≥ 0,02		0,2 ≥ d ≥ 0,06		
	SILTE GROSSO			0,06 ≥ d ≥ 0,02		
	SILTE MÉDIO	0,02 ≥ d ≥ 0,002	0,06 > d > 0,002	0,02 ≥ d ≥ 0,006	0,06 ≥ d ≥ 0,002	0,05 ≥ d ≥ 0,002
	SILTE FINO			0,006 ≥ d ≥ 0,002		
	ARGILA	d ≤ 0,002	d < 0,002	d ≤ 0,002	d ≤ 0,002	d ≤ 0,002

QUADRO 15_ Comparação de várias escalas que estipulam as dimensões limite dos lotes — fracções de elementos grosseiros e de terra fina

TEXTURA E APARÊNCIA DA TERRA	CLASSIFICAÇÃO	TEXTURA DE CAMPO	CLASSES DE TEXTURA
— TEXTURA GRANULAR — PODE VISUALIZAR-SE O TAMANHO DOS GRÃOS — FLUI LIVREMENTE QUANDO SECA	AREIA	GROSSEIRA OU LIGEIRA	— ARENOSA — ARENO-FRANCA — FRACO-ARENOSA
— TEXTURA GRANULAR — DENOTA COESÃO DEVIDO À PRESENÇA DE SILTE E ARGILA — PREDOMINAM CARACTERÍSTICAS DA AREIA	TERRA ARENOSA		
— TEXTURA FINA — QUANTIDADE MODERADA DE AREIA FINA E ARGILA — SUJA OS DEDOS COMO TALCO — FACIL DE PULVERIZAR — APARÊNCIA COMPACTA NO ESTADO SECO	TERRA SILTOSA	MÉDIA	— FRANCA — FRANCO-LIMOSA — FRANCO-ARGILO-ARENOSA
— TEXTURA FINA — DIFÍCIL DE PULVERIZAR — FRACTURA-SE EM TORRÕES RESISTENTES N ESTADO SECO — É PLÁSTICA E AGARRA-SE AOS DEDOS NO ESTADO HÚMIDO	TERRA ARGILOSA	FINA OU PESADA	— FRANCO-ARGILOSA-LIMOSA — FRANCO-ARGILOSA — ARGILO-ARENOSA — ARGILO-LIMOSA — ARGILOSA
— TEXTURA ESPONJOSA — ODOR DE MATÉRIA ORGÂNICA — ACENTUAÇÃO DO ODOR AO AQUECER OU HUMEDECER	TERRA ORGÂNICA		

QUADRO 16_ Determinação da textura do solo através da observação em campo; correspondência entre as designações de textura de campo e das classes de textura presentes no diagrama triangular.

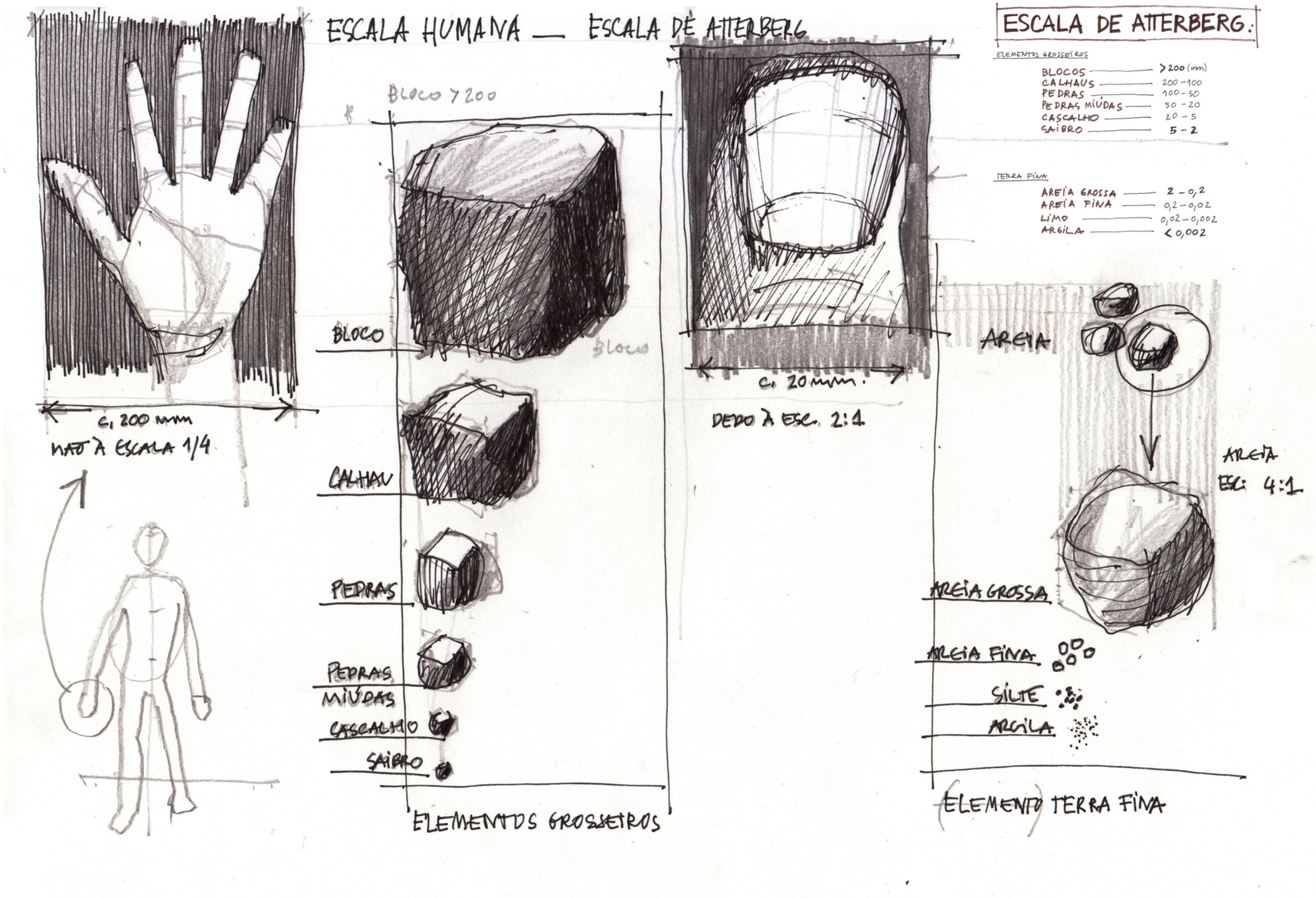


FIGURA 14_ A escala humana e a *Escala de Atterberg*: comparação de dimensões.

II.2 CARACTERIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DO SOLO

> Os vazios são unidades de organização particularmente importantes. Com efeito, é nos vazios que circulam ou são contidos o ar e a água. (…) Além disso, é no seu interior e nas superfícies que os limitam que se verificam os principais processos que interessam (…) à pedogénese. Deste modo, é aceitável o ponto de vista de H.L. Penman de que o solo deve ser considerado como um corpo poroso em vez de um corpo granular como mais usualmente se tem admitido.[42]

O solo é constituído por uma mistura heterogénea e interactiva de materiais sólidos, líquidos e gasosos: na sua composição reúne-se, em proporções variáveis, *matéria mineral* e *matéria orgânica*, *ar* e *água* – fases sólida, gasosa e líquida do solo, respectivamente. A figura 13 indica as percentagens em que estes componentes se encontram, de um modo geral, no horizonte B do solo. Os diferentes tipos de solos apresentam distintas quantidades destes constituintes, em consequência do seu processo de formação e evolução. Os solos podem designar-se *orgânicos*, se constituídos por mais de 20% a 30% de matéria orgânica,[43] ou *minerais*, nas restantes situações, que ocorrem com maior frequência. Partindo da perspectiva de Penman, o solo pode ser observado enquanto corpo tridimensional, que é organizado espacialmente através da relação entre *cheios* – corpo granular – e *vazios* – corpo poroso. Se se ponderar neste cenário a dimensão do tempo, o solo pode ser interpretado como um *espaço dinâmico*, onde circulam o ar, a água e o vapor de água, assim como se processam trocas e reacções entre os diversos elementos que o compõem.

1. CORPO GRANULAR (ESPAÇO *CHEIO*) E CORPO POROSO (ESPAÇO *VAZIO*)

1.1 MATÉRIA MINERAL

A fracção de matéria mineral presente no solo reúne proporções variáveis de fragmentos de rocha e de partículas de minerais primários e secundários. De um modo geral, o quartzo e os feldspatos são os minerais primários mais frequentes na composição do solo, uma vez que predominam na estrutura da grande maioria das rochas que definem a crosta terrestre. Dentro dos minerais secundários, destacam-se sobretudo os minerais de argila, os óxidos e hidróxidos de alumínio e de ferro, ou ainda os carbonatos de cálcio e magnésio.[44] O grau de evolução do solo pode ser averiguado a partir da sua composição mineral, uma vez que os minerais apresentam diferente resistência à alteração.[45]

---

[42] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 8:291.

[43] *Quando os solos contêm mais de 20% de matéria orgânica (nos casos de textura grosseira) ou mais de 30% (se a textura é média ou fina), em espessura superior a 30 centímetros, são considerados como* solos orgânicos.

Idem. 1:16.

[44] Os minerais primários derivam da rocha-mãe a partir da qual o solo se formou, dependendo assim das suas características e mantendo-se mais ou menos inalterados na sua composição. Os minerais secundários podem ser herdados directamente da rocha-mãe, mas a sua principal origem relaciona-se com processos de transformação dos minerais primários.

[45] Alguns minerais decompõem-se nas fases iniciais de meteorização, como a olivina ou a hornblenda, enquanto outros persistem após meteorização intensa, como o quartzo, por exemplo. Se um solo apresentar nos seus minerais primários a olivina, pode aferir-se que se trata de um solo pouco evoluído. Se um solo apresentar apenas quartzo entre os seus minerais primários, pode concluir-se que denota um grau de evolução mais avançado.

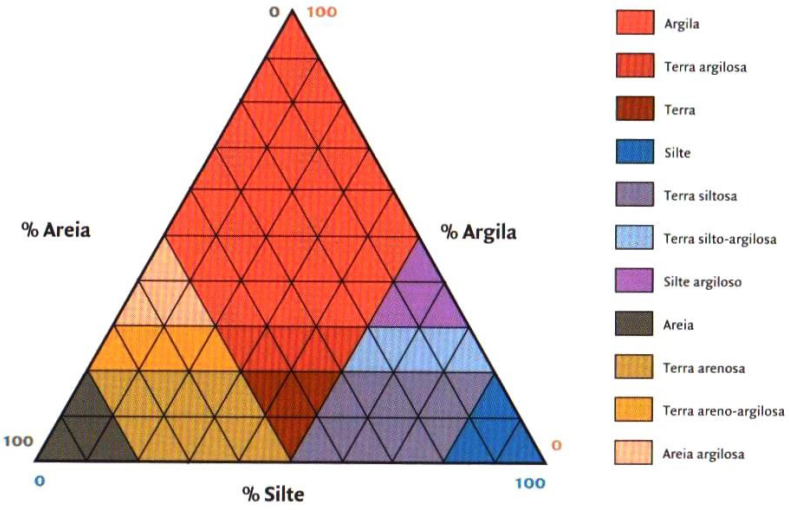
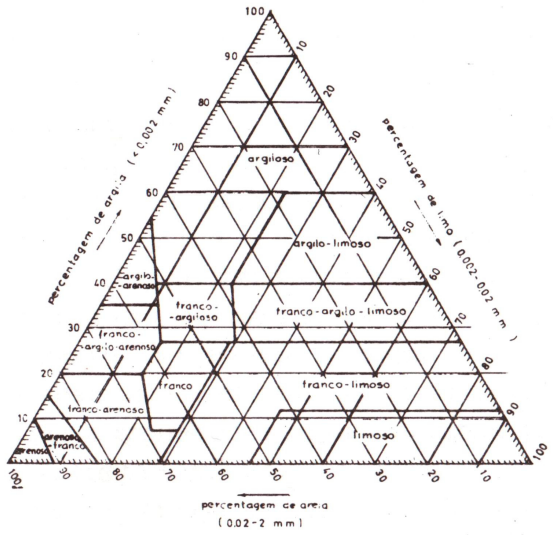


FIGURA 15_ Diagrama tri-axial para classificação de textura do solo (CORREIA; 2005).



- **argiloso** — argila
- **franco-argiloso** — argila+areia+limo
- **franco** — areia+limo com argila
- **limoso** — limo
- **franco-limoso** — limo com areia e argila
- **franco-argilo-limoso** — argila+limo
- **argilo-limoso** — argila limosa
- **arenoso** — areia
- **franco-arenoso** — areia com limo e argila
- **franco-argilo-arenoso** — areia argilosa e limosa
- **arenoso-franco** — areia limosa
- **argiloso-arenoso** — argila arenosa

FIGURA 16_ Diagrama tri-axial para classificação de textura do solo (COSTA; 1975).

Os constituintes minerais assumem diversas formas e dimensões, *(…) desde pedras e cascalho até materiais tão finos que apresentam propriedades coloidais*:[46] no âmbito construtivo, salientam-se como principais constituintes a areia, o silte (também designado limo) e a argila. De acordo com a sua proporção relativa no corpo do solo e com as suas características intrínsecas, estes componentes vão definir o comportamento do material, influenciando o desenvolvimento dos sistemas construtivos em Arquitectura de Terra.

TEXTURA DO SOLO

> (…) o comportamento físico e químico dos solos minerais depende fortemente das proporções relativas de areia, limo e argila, isto é, da sua textura. Daqui o interesse de estabelecer *classes de textura*, definidas por limites de variação das proporções de cada lote.[47]

A *textura do solo* diz respeito à proporção de partículas minerais com diâmetro inferior a dois milímetros, correspondentes aos lotes de areia, silte e argila – fracção de *terra fina* – que se encontra num dado volume de solo (quadro 15 e figura 14). A análise da textura do solo permite definir a sua *classe de textura*, classificação que indica a percentagem relativa em que cada lote de partículas se apresenta, face ao volume total de solo. Para este efeito, os lotes de matéria mineral são quantificados de acordo com o tamanho das suas partículas: o exame baseia-se numa escala que convenciona os limites entre cada lote e os seus resultados podem ser registados num diagrama triangular (figuras 15 e 16). A textura pode ser avaliada em laboratório, através de uma análise mecânica ou granulométrica, ou averiguada em campo, determinando-se a textura de campo (quadro 16).

Em Arquitectura de Terra são utilizados no âmbito construtivo todos os lotes de terra fina e, sobretudo no sistema em taipa, os lotes de saibro, cascalho ou pedras miúdas (partículas até cerca de 50 mm). Neste sistema construtivo, a designação da textura poderá ser completada com informação referente à natureza de elementos grosseiros, caso a sua proporção seja elevada; quando esta fracção representa mais de 5% do volume total, a sua presença pode influenciar de forma relevante o comportamento do solo (Costa; 1975).

A definição de classes de textura permite apurar o comportamento do solo e averiguar o equilíbrio da sua constituição mineral, indicando se é ou não necessário corrigir a mistura de terra, em função do sistema construtivo que se pretende aplicar. Deste modo, um solo de textura argilosa pode implicar a adição de elementos inertes, enquanto uma textura arenosa pode indicar a necessidade de incorporar um elemento ligante. Os solos que pertencem à mesma classe de textura, demonstram necessariamente afinidades em relação à grande maioria das suas propriedades, na condição porém de apresentarem o mesmo tipo de argila.

LOTES DE TERRA FINA: AREIA, SILTE E ARGILA

Os três lotes que representam a fracção de terra fina detêm características específicas, que definem conjuntamente o comportamento do solo; no quadro 17 é apresentada uma síntese que compara as principais propriedades dos lotes de areia, silte e argila (painel 10). De um modo geral, os grupos de matéria mineral não

---

[46] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 1:15.

[47] Idem. 2:55.

1 2 3

PAINEL 10_ Lotes de terra fina: 1) areia; 2) silte; 3) argila.

PROPRIEDADES	AREIA	SILTE	ARGILA
DIMENSÃO (mm)	$2 \geq d \geq 0{,}02$	$0{,}02 \geq d \geq 0{,}002$	$d \leq 0{,}002$
SUPERFÍCIE ESPECÍFICA	$\approx 23\ cm^2/g$	$\approx 450\ cm^2/g$	$\approx 10 - 1000\ m^2/g$
PROPRIEDADES QUÍMICAS	INERTE	INERTE	ACTIVO
POROSIDADE TOTAL	MENOR	INTERMÉDIA	MAIOR
TIPO DE POROSIDADE	NÃO CAPILAR (macroporos)	INTERMÉDIA	CAPILAR (microporos)
PERMEABILIDADE	ELEVADA	MÉDIA	REDUZIDA
DENSIDADE APARENTE	ELEVADA	MÉDIA	REDUZIDA
RETENÇÃO DE ÁGUA	REDUZIDA	MÉDIA	ELEVADA
EXPANSIBILIDADE	REDUZIDA	MÉDIA	ELEVADA
CONSISTÊNCIA	REDUZIDA	MÉDIA	ELEVADA

QUADRO 17_ Propriedades dos lotes de terra fina: comparação entre os lotes de areia, silte e argila.

manifestam entre si uma variação brusca de propriedades, mas sim alterações progressivas. Os lotes de areia e de silte (diâmetro de partículas compreendido aproximadamente entre os 0,002 e os dois milímetros) constituem os*elementos inertes* da fracção de terra fina, diferindo em larga medida do lote de argila, que se destaca enquanto *elemento ligante* do solo.

A areia e o silte são compostos principalmente por partículas soltas sem força de ligação, cuja forma pode ser angular ou arredondada, consoante se reporte a um processo de erosão, ou derive da acção do movimento de água. O lote arenoso é constituído por minerais primários, podendo verificar-se a presença de agregados minerais, sobretudo no que respeita a areia grossa. Os agregados de argila são exemplo de um tipo de agregados frequente,[48] cuja presença pode afectar, em certa medida, as propriedades intrínsecas do lote de areia. O lote de areia pode ainda dividir-se em "sub-lotes" – areia grossa, média e fina –, tal como sucede com o lote de silte; cada "sub-lote" denota um comportamento intermediado pelas faixas contíguas.

O lote de silte consiste num grupo de propriedades intermédias, mediador entre os grupos de areia e de argila. Deste modo, observa-se que os minerais primários e o conjunto de agregados presentes na composição da areia se encontram também na constituição do silte, a par de alguns minerais de argila ou de material calcário e ferruginoso. Consoante a proporção destes componentes, as propriedades do lote de silte podem aproximar-se das do lote argiloso, exibindo desta forma um considerável poder de retenção de água, assim como alguma plasticidade e tenacidade. A razão entre a proporção dos lotes de silte e de argila – "(%limo / %argila) x 100" – consiste num valor que permite *medir o grau de alteração dos materiais originais de solos bem drenados*,[49] averiguando o nível de evolução do solo. Tomando como referência o valor 15, os valores superiores correspondem a solos pouco evoluídos, enquanto os valores inferiores indicam solos mais antigos: deste modo, verifica-se que quanto mais jovem for o solo, maior é a sua proporção de silte em relação à de argila e, inversamente, quanto mais evoluído for o solo, maior é a sua percentagem de argila em relação à de silte.

> No sentido figurado, o separado <2µm duma argila ou dum material argiloso pode considerar-se semelhante a uma urbe constituída por edifícios de concepção arquitectónica, envergadura, idade e estado de conservação variáveis. Naturalmente são os edifícios mais numerosos que possuem traça e cércea semelhantes, os que reflectem e proporcionam a imagem que se retém da urbe. Porém tal não significa que os edifícios menos grandiosos ou raros mas diferenciados ou em pior estado de conservação por serem mais antigos, tenham pouco interesse ou valor. Entre eles poderão existir edifícios significativamente importantes no que se refere a aspectos ou pormenores que revistam certo interesse, por exemplo, para o estudo da evolução histórica, arquitectónica e cultural da urbe.
>
> Também, no separado <2µm duma argila ou dum material argiloso deve interessar um estudo o mais completo e profundo possível quando se pretendem tirar informações e ilações sobre a variação cristaloquímica intraespecífica, sobre as relações interespecíficas, sobre a evolução diagenética, sobre o comportamento tecnológico da matéria prima usada tal e qual ou após refinação e beneficiação, etc.[50]

O lote de argila é constituído por partículas de dimensão inferior a 0,002 milímetros, que demonstram elevada força de ligação e coesão, em função do teor de água presente. Neste conjunto figuram essencialmente

---

[48] São exemplos de agregados minerais a associação entre feldspato e caulinite, quartzo e um mineral de argila., ou minerais de argila aglutinados por um elemento cimentante como o ferro.

[49] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 2:107.

[50] GOMES, Celso Figueiredo (1988); *Argilas, o que são e para que servem*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 15:257.

minerais secundários, onde se destacam os minerais de argila e os óxidos e hidróxidos de alumínio e de ferro, que podem ser herdados da rocha-mãe ou resultar de processos de síntese e alteração de minerais primários. Alguns minerais primários, como quartzo ou micas, podem também integrar as partículas de maior dimensão deste lote.

A argila constitui, por excelência, a parte quimicamente activa do solo, característica essencial que a distingue dos lotes anteriores. A intensidade com que se manifestam algumas propriedades do solo, como a consistência, a expansibilidade, o nível de retracção ou de retenção de água, dependem primordialmente da fracção argilosa presente e, de modo mais específico, do tipo de minerais de argila que a compõem. Desta forma, solos que se enquadram na mesma classe de textura podem apresentar comportamentos bastante divergentes, em consequência de uma distinta composição mineralógica das suas argilas.

> Atendendo à natureza dos minerais de argila presentes e à maior ou menor proporção de óxidos e hidróxidos de alumínio e de ferro, podem distinguir-se diferentes tipos de argila definidos a partir dos valores das *relações moleculares sílica-alumina* (SiO_2/A_2O_3) e *sílica-sesquióxidos* (…), geralmente indicada por SiO_2/R_2O_3. A relação sílica-alumina é maior nos minerais montmoriloníticos e ilíticos do que nos do grupo da caulinite.
>
> (…) De maneira geral, embora não de forma regular, a capacidade de troca de catiões, o poder de retenção para a água, e a consistência no estado seco e húmido, tendem a aumentar com as relações sílica-alumina e sílica-sesquióxidos (…). O valor da relação molecular SiO_2/Al_2O_3 parece ter especial significado. Com efeito, na vizinhança deste valor, verifica-se uma variação relativamente brusca de propriedades, sendo em geral muito nítida a diferença de propriedades entre solos cuja argila tem relação sílica-alumina nitidamente maior que 2 (argilas sialíticas), e aqueles cuja argila tem relação sílica-alumina menor que 2 (argilas ferralíticas). [51]

Os *minerais de argila* que se encontram com maior frequência na composição do solo, pertencem aos grupos dos minerais de *caulinite*, *montmorilonite* e *ilite*; apesar da tendência para o predomínio de um deles, podem encontrar-se no mesmo solo minerais de vários grupos.[52] No seu conjunto formam um grupo reduzido de minerais que pertence ao grupo dos filossilicatos; a sua estrutura é composta por silicatos de alumínio hidratado, podendo o alumínio ser substituído total ou parcialmente por magnésio ou ferro. No quadro 18 sintetizam-se algumas propriedades da argila, comparando os minerais secundários de caulinite, montmorilonite e ilite; a sua leitura permite observar que as propriedades do solo se expressam de forma menos intensa nos minerais de caulinite, e mais intensa nos de montmorilonite. Os distintos comportamentos que os minerais de argila conferem ao material terra surgem em consequência das diferentes estruturas internas que configuram cada um destes minerais (figura 17).[53]

---

[51] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 2:95-98.

[52] Com menor frequência encontram-se também minerais dos grupos de vermiculite, clorite e minerais de camadas mistas. As características da vermiculite aproximam-se das de montmorilonite, denotando contudo maior carga eléctrica, expansibilidade mais limitada e cristais de maior dimensão. As propriedades da clorite são, de modo geral, semelhantes às da ilite. Os minerais de camadas mistas organizam-se em unidades estruturais de dois tipos de minerais, em proporção variada, e o seu comportamento é mediado pelos grupos constituintes. As associações mais comuns são as de ilite--montmorilonite, ilite-vermiculite e clorite-vermiculite.

[53] Os cristais dos minerais de argila são formados por um reticulado regular de iões, onde se observa a sobreposição de lâminas de unidades estruturais; cada unidade estrutural é composta pela união de uma camada octaédrica de alumina com uma ou duas camadas tetraédricas de sílica, conforme se trate de caulinite ou de montmorilonite e ilite, respectivamente (figura 19). As ligações que se estabelecem entre unidades estruturais contíguas podem ser fortes ou fracas, em função da natureza dos iões presentes nas camadas de contacto. No caso da caulinite as ligações são fortes, devido à interacção entre hidróxilos e oxigénio, o que dificulta a clivagem entre unidades e impede que moléculas de água e iões acedam ao interior da sua estrutura. A montmorilonite apresenta, pelo contrário, ligações fracas, ocasionadas pelo contacto exclusivo de oxigénio, permitindo assim o acesso de substâncias ao interior da sua estrutura flexível. Apesar dos cristais de ilite se organizarem de modo idêntico aos de montmorilonite, as ligações são fortificadas pela presença de iões de potássio que actuam como pontes entre unidades estruturais. Deste modo, os cristais de caulinite apresentam um fraco poder de

Qualquer solo, com excepção dos altamente orgânicos ou com presença predominante de argilas expansivas, caso da montmorilonita, pode ser utilizado como material de construção. No entanto, existem limitações ao uso de determinados solos por razões de trabalhabilidade e outras características não desejáveis ao uso proposto: terras muito argilosas, por exemplo, são difíceis de ser misturadas e adensadas e ainda, devido à retracção elevada, produzem superfícies mal acabadas.

A estrutura interna dos minerais de montmorilonite é composta por cristais de reduzidas dimensões com elevada superfície específica, que se dispõem num reticulado expansível; estas características facilitam quer o acesso de moléculas de água, quer a sua retenção no interior da malha estrutural. Em ciclos de humedecimento, as argilas montmoriloníticas apresentam elevada capacidade de reter água e de se expandirem volumetricamente; em períodos de secagem, a evaporação de água provoca a contracção do material, podendo despoletar o fendilhamento do solo. A este propósito, Botelho da Costa afirma que em *solos com apreciável proporção de argila de elevada relação sílica-sesquióxidos* (caso da montmorilonite)*, a variação de volume com o teor em água torna-se evidente pelo fendilhamento pronunciado em tempo seco.* Neste âmbito, parece viável assumir que a presença excessiva de argilas montmoriloníticas pode desqualificar um solo no domínio construtivo - na perspectiva de Obede Faria - ou, pelo menos, indicar a necessidade de corrigir a composição do solo.

Ao observar o tipo de solos na região do Alentejo, verifica-se o predomínio de luvissolos e a presença de vertissolos, no espaço onde se implanta o sistema construtivo em taipa. Ambos os solos são constituídos por uma considerável percentagem de argila, cujas características apontam para a presença de montmorilonite, uma vez que denotam propriedades expansivas, elevada capacidade de retenção de água e de troca catiónica ou ainda a associação a um pH tendencialmente básico. Deste modo, a noção de que as argilas montmoriloníticas não se prestam a uma aplicação construtiva parece não estar totalmente correcta, quando confrontada com o contexto do território português. O conceito poderá ser válido, mas apenas em determinadas circunstâncias, relacionadas com a interacção complexa de vários factores, que interferem com os minerais de argila presentes no solo.

O conhecimento das leis que regem a dinâmica da permuta iónica permite prever e modificar o comportamento dos minerais argilosos e argilas, favorecendo e beneficiando determinadas propriedades e aplicações. (…) Na agricultura a calagem de solos ácidos não é mais do que uma aplicação da troca de catiões na argila do solo.

---

retenção de água e um reticulado pouco expansível, tornando-se plásticos para um teor de água relativamente baixo; por sua vez, a montmorilonite demonstra grande capacidade de retenção de água e um carácter muito expansível, tornando-se plástica para um teor de água superior ao da caulinite. As propriedades dos minerais de ilite situam-se num patamar intermédio entre as da caulinite e da montmorilonite.

Os minerais de argila apresentam na sua constituição uma considerável percentagem de partículas com diâmetro inferior a 0,1µm, característica que lhes confere propriedades coloidais; os colóides dos minerais de argila são geralmente electronegativos, denotando um potencial eléctrico variável, consoante o mineral e as suas condições de formação. De um modo geral, observa-se que quanto maior for o número de cargas negativas, maior é a tendência para a dispersão das partículas e maior é a capacidade de troca de catiões. Dentro dos minerais de argila, os cristais de montmorilonite são os que expõem uma carga negativa mais pronunciada, sendo este excesso derivado sobretudo de substituições isomórficas que ocorrem durante a formação do mineral. Em igualdade de outras circunstâncias, a montmorilonite assume uma tendência para o estado de dispersão superior à da ilite e da caulinite; o excesso de cargas negativas, a elevada superfície específica das partículas e o carácter expansível do reticulado conferem-lhe também uma maior capacidade de troca catiónica.

[54] FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:184.

[55] A grande maioria destas partículas assume um diâmetro inferior a 0,1µm, conferindo às argilas montmoriloníticas características de colóides electronegativos, com tendência para o estado disperso e elevada capacidade de troca catiónica.

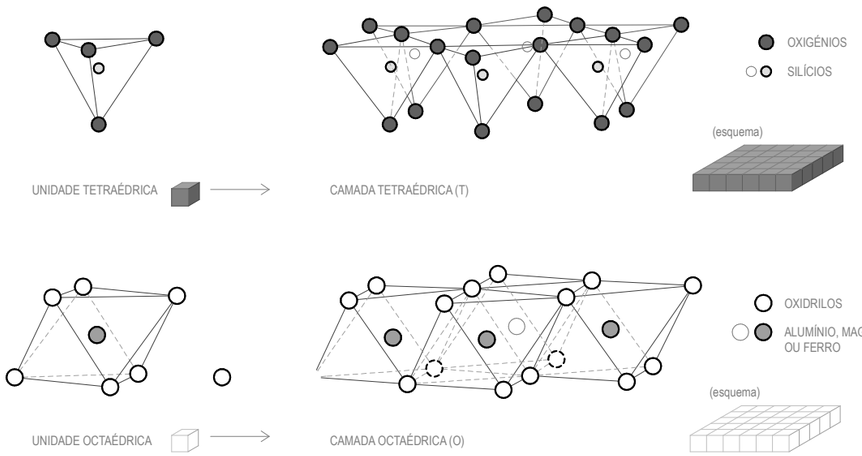
[56] GOMES, Celso Figueiredo (1988); *Argilas, o que são e para que servem*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 15:275.

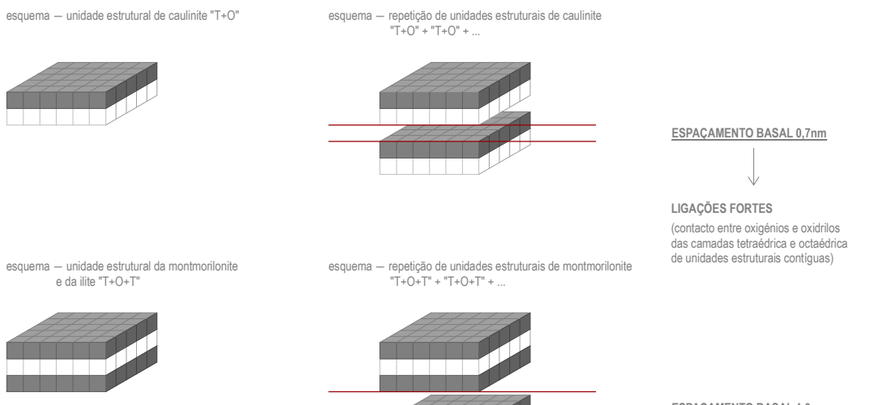
PROPRIEDADES	CAULINITE	MONTMORILONITE	ILITE
OUTROS MINERAIS DO GRUPO	DICKITE HALOISITE NACRITE	BEIDELITE NONTRITE SAPONITE	MAL DEFINIDO (ILITE SEMELHANTE A MOSCOVITE)
ESTRUTURA INTERNA – LIGAÇÕES ENTRE UNIDADES ESTRUTURAIS	MINERAL TIPO 1:1[1] – FORTES – CARÁCTER FIXO – CLIVAGEM DIFÍCIL – DIFÍCIL ACESSO DE IÕES ENTRE UNIDADES	MINERAL TIPO 2:1[2] – FRACAS – CARÁCTER EXPANSÍVEL – CLIVAGEM FÁCIL – FÁCIL ACESSO DE IÕES ENTRE UNIDADES	MINERAL TIPO 2:1 – FORTIFICADAS POR IÕES DE POTÁSSIO – CARÁCTER PCO. EXPANSÍVEL – CLIVAGEM DIFÍCIL – DIFÍCIL ACESSO DE IÕES ENTRE UNIDADES
ESPAÇAMENTO BASAL	0,7nm	0,94 – 1,75nm	1,0nm
FÓRMULA ESTRUTURAL TEÓRICA	$2Al_2O_3.4SiO_2.4H_2O$	$Al_4Si_8O_{20}(OH)_4.nH_2O$	$Ky\ (Al_4Fe_4Mg_4Mg_6)\ (Si_{8-y}Al_y)\ O_{20}\ (OH)_4$
RELAÇÃO MOLECULAR SiO_2/AlO_3	2	4	
SUBSTITUIÇÕES ISOMÓRFICAS	RARAS	FREQUENTES $A^{+++} \rightarrow Mg^{++}/Fe^{++}/Fe^{+++}$	CONSIDERÁVEIS Si → Al (equilíbrio - iões de potássio)
CARGA ELÉCTRICA	FRACA – ligeiro excesso de cargas negativas	FORTE – grande excesso de cargas negativas	INTERMÉDIA – excesso de cargas negativas
FORMA MICROSCÓPICA	CRISTAIS PLATIFORMES CONTORNO HEXAGONAL ALONGADO	MASSAS IRREGULARES PARTÍCULAS MT PEQUENAS EMPILHADAS EM LAMELAS	LAMELAS PEQ. MAL DEFINIDAS CONJUNTOS IRREGULARES VAGO CONTORNO HEXAGONAL
DIMENSÃO PARTÍCULAS	GRANDE – Ø 0,3 a 0,4µm – espess. 0,05 a 2µm	PEQUENA – Ø 0,02 a 0,2µm – espess. 0,002µm	INTERMÉDIA – Ø 0,1 a 0,3µm
SUPERFÍCIE ESPECÍFICA	≈ 15 – 50m^2/g (faces externas)	≈ 150 – 800m^2/g (faces externas+internas)	≈ 50 – 100m^2/g (faces externas)
RETENÇÃO DE ÁGUA	REDUZIDA	ELEVADA	INTERMÉDIA
EXPANSIBILIDADE	REDUZIDA	ELEVADA	INTERMÉDIA
CONSISTÊNCIA – PLASTICIDADE	PLÁSTICA P/ TEOR DE ÁGUA BAIXO	PLÁSTICA P/ TEOR DE ÁGUA ALTO	INTERMÉDIA

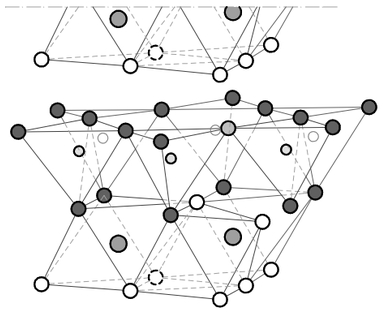
QUADRO 18_ Propriedades dos minerais de argila: caulinite, montmorilonite e ilite.

[1] – Unidade estrutural composta por uma camada tetraédrica de sílica e uma camada octaédrica de alumina.

[2] – Cada unidade estrutural é composta por uma camada octaédrica de alumina, envolvida por duas camadas tetraédricas de sílica.

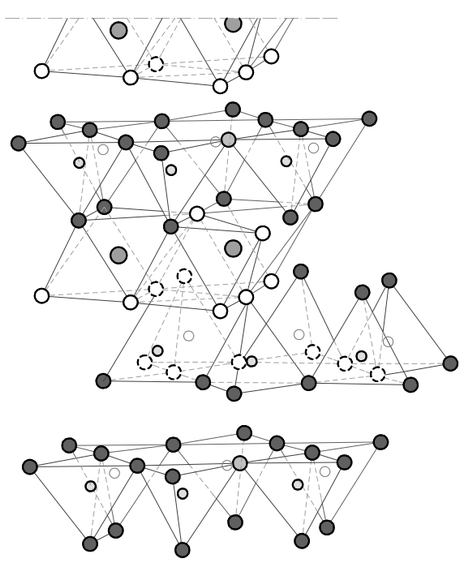




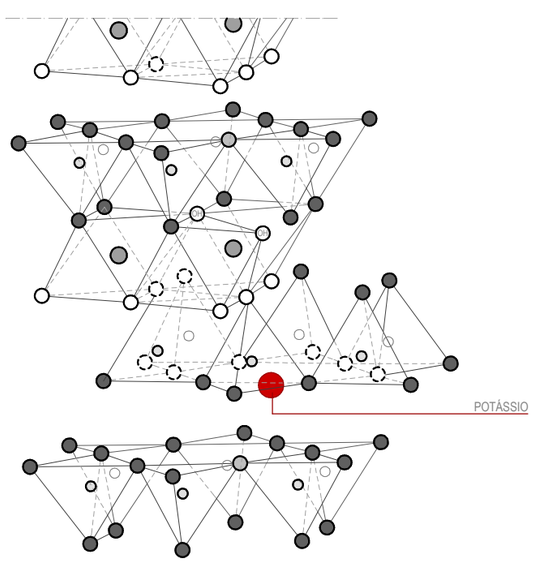


REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ESTRUTURA DA CAULINITE

2)



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ESTRUTURA DA MONTMORILONITE



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ESTRUTURA DA ILITE

FIGURA 17_ A estrutura dos minerais de argila: caulinite, montmorilonite e ilite.

> Em ensaios de laboratório verifica-se, em geral, que pastas de argilas ácidas (cujos catiões de troca dominantes são A^{+++} e H^{+}) ou de argilas cálcicas, ambas floculadas, fendilham muito ao secar, dividindo-se em pequenos pedaços. Ao contrário, pastas de argilas sódicas, desfloculadas, fendilham muito pouco ao secar, dando pedaços grandes e duros. Pastas de argilas magnésicas ou potássicas, ao secar apresentam em geral aspecto intermédio entre os das pastas de argilas sódicas, por um lado, e o das pastas de argilas ácidas ou cálcicas, por outro. (...) quanto aos fenómenos de dispersão e floculação da argila, o magnésio e o potássio têm acção intermédia entre a do sódio, e as do hidrogénio e alumínio, ou do cálcio.[57]

Os excertos retirados de obras de Celso Figueiredo e Botelho da Costa permitem identificar alguns mecanismos que afectam o comportamento dos diferentes tipos de argila, influenciando consequentemente as propriedades do solo. Entre estes mecanismos destacam-se a natureza dos catiões de troca (permutas iónicas),[58] o estado disperso ou floculado dos colóides electronegativos da argila ou a variação de pH do solo; *estes factores dificultam a classificação das argilas, conduzindo à ideia de que não existem duas argilas iguais*.[59] Deste modo, no âmbito construtivo salienta-se quer a importância de recorrer a análises mineralógicas que possibilitem apurar o tipo de argilas que compõem o solo, quer a necessidade de proceder a diferentes experiências em campo, que esclareçam o seu comportamento e o seu potencial construtivo. No que respeita o presente trabalho teórico, não foi encontrada nenhuma fonte bibliográfica, nem foi possível contactar com um profissional que pudesse esclarecer se determinado mineral de argila é mais qualificado para a construção com terra do que outro. A investigação realizada neste estudo, a par da observação do território português, apontam contudo para a hipótese de que os solos utilizados no domínio construtivo são compostos por argilas onde predominam quer minerais de caulinite, como de montmorilonite ou ilite; a questão fundamental reside em deter um conhecimento que permita interagir com o material.

Na obra *Argilas, o que são e para que servem*, Celso Figueiredo refere que a formação de argilas caulínicas se verifica frequentemente em regiões de solos ácidos, derivados de rochas como os granitos, onde se denota abundante pluviosidade e boa drenagem, a par de um clima temperado. Este tipo de argila pode igualmente surgir em solos de pH neutro a subalcalino, em áreas com precipitação elevada e clima quente. As argilas montmoriloníticas, pelo contrário, encontram-se várias vezes associadas a zonas de solos básicos provenientes de basaltos, onde a pluviosidade é reduzida e a drenagem fraca a moderada.

1.2 MATÉRIA ORGÂNICA

Os solos considerados aptos na construção de uma Arquitectura de Terra devem apresentar-se, de um modo geral, desprovidos de matéria orgânica. Os ciclos de decomposição que caracterizam a natureza do material orgânico desqualificam-no a nível construtivo: as alterações que se processam na sua morfologia volátil afectam, a nível físico e químico, as propriedades do corpo de terra, não lhe permitindo reunir condições fundamentais que garantam a estabilidade dos edifícios. A presença de matéria orgânica pode provocar variações volumétricas,

---

[57] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 8:317.

[58] A troca de catiões no solo consiste na permuta de quantidades equivalentes de catiões adsorvidos nas partículas coloidais do solo (partículas dos minerais de argila) e catiões em solução na água do solo (Costa; 1975).

[59] MEIRA, J. (2001): Argilas: o que são, suas propriedades e classificações. *Visa Consultores – Comunicações Técnicas.* 9:3.

retenção ou infiltração de água, modificações no comportamento das argilas ou estimular o desenvolvimento de vegetação, despoletando assim fenómenos patológicos e deterioração dos elementos arquitectónicos.

> A fracção orgânica do solo constitui um sistema muito complexo em que se encontram resíduos das plantas e animais em vários graus de decomposição, produtos excretados pelos organismos vivos e produtos de síntese originados à custa dos anteriores; inclui além disso microrganismos vivos que não é possível distinguir e separar do material orgânico morto.
>
> A proporção e distribuição da matéria orgânica do solo, e, de maneira geral, as suas características morfológicas e físico-químicas, variam muito consideravelmente consoante as condições em que se acumula e decompõe. Pode dizer-se que dependem de todos os factores de formação do solo (…), de várias características deste e, nos solos cultivados, das culturas e técnicas culturais.[60]

A matéria orgânica presente no solo deriva dos corpos vivos que o habitam, consistindo a vegetação numa das suas principais fontes de origem. Os resíduos vegetais e animais que se depositam no solo são incorporados com o conteúdo de matéria mineral, de ar e de água, sendo afectados pela actividade de organismos biológicos,[61] que os transformam através de processos de humificação e mineralização. Este mecanismo pode ser lento ou acelerado e é influenciado pela acção dos factores que intervêm na formação do solo,[62] sobretudo por parte dos agentes climatéricos.[63]

Dentro da constituição do material orgânico salienta-se a fracção do "húmus", material amorfo de coloração escura que apresenta considerável resistência à decomposição e que consiste na fracção quimicamente activa da matéria orgânica.[64] O quadro 19 sintetiza algumas propriedades do húmus confrontando-as com as dos minerais de argila; apesar da sua distinta constituição, observa-se que o húmus e os minerais de argila apresentam comportamentos idênticos para várias propriedades, que se manifestam com diferente grau de intensidade, semelhança que advém principalmente da natureza coloidal comum às duas matérias. As partículas de húmus

---

[60] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 3:111/162.

[61] No solo estão presentes microrganismos vegetais – microflora do solo –, microrganismos animais – microfauna do solo – e ainda organismos animais com diferentes dimensões – macrofauna do solo; no seu conjunto desempenham um papel primordial na decomposição dos resíduos orgânicos e formação do húmus.

[62] A topografia determina as condições de drenagem, sendo que uma topografia que proporciona acumulação de água favorece a formação de horizontes orgânicos. A rocha-mãe exerce uma influência indirecta, afectando a vegetação e a textura do solo. O tipo de organismos presente determina a quantidade e o tipo de resíduos depositados no solo, bem como a intensidade da sua decomposição. Em solos pouco evoluídos, o teor de matéria orgânica é diminuto, aumentando progressivamente com o desenvolvimento do solo. A quantidade de matéria orgânica acumulada na superfície do solo denota uma oscilação rítmica que acompanha as estações do ano, sendo que no Outono se verificam os níveis mais reduzidos e mais elevados, antes e depois da queda da folhagem.

[63] O clima influencia, em primeira instância, o tipo de flora e de fauna que habitam o solo, bem como o grau da sua actividade, determinando assim a natureza do material que dá origem à matéria orgânica e a intensidade da sua decomposição. Numa situação de clima de deserto com baixa humidade, o conteúdo de resíduos orgânicos é muito baixo; a temperatura constante, o teor de material orgânico aumenta exponencialmente com o aumento da humidade; a humidade constante, a quantidade de matéria orgânica diminui para temperaturas abaixo de 5ºC e acima de 45ºC.

[64] O húmus assume particular importância no que respeita o cultivo do solo, representando uma fonte de elementos nutritivos para as plantas, um elemento de neutralização de substâncias tóxicas para o seu crescimento e portanto um estimulo para o cultivo e desenvolvimento vegetal. Em solos de textura grosseira o húmus corrige o fraco poder de retenção de água e a excessiva infiltração, conferindo por outro lado melhor capacidade de drenagem e arejamento em solos argilosos; a sua coloração escura facilita ainda a capacidade de absorção das radiações de calor.

denotam a capacidade de adsorver complexos minerais como os minerais de argila, formando consigo ligações fortes, que se designam complexos argilo-húmicos.[65]

As percentagens mais elevadas de matéria orgânica correspondem habitualmente a solos que apresentam más condições de drenagem e arejamento, saturados com água durante longos períodos de tempo, onde a restrita actividade dos microrganismos resulta em fraca decomposição e logo acumulação de resíduos orgânicos. Nestes casos, é comum formar-se um horizonte superficial "O" com um mínimo de 30cm de espessura e um mínimo de 20% de material orgânico, de que são exemplo os solos turfosos. Não obstante, em situações de boa drenagem podem também formar-se horizontes superficiais "O" (espessura máxima de 20cm e um mínimo de 20% de matéria orgânica), de são exemplos alguns solos podzóis, em que o horizonte A1 apresenta ainda 5% a 10% de matéria orgânica e podem ocorrer fenómenos de iluviação de substâncias orgânicas no horizonte B. De um modo geral e em igualdade de outras condições, o teor de matéria orgânica é mais elevado para solos de textura fina e mais reduzido para solos de textura grosseira, dado que a textura determina o grau de humidade e arejamento da terra. As percentagens mais baixas de matéria orgânica ocorrem predominantemente em condições de boa drenagem ou em regiões áridas, como se verifica em alguns solos ferralíticos (com cerca de 1,7% a 3,5% de material orgânico nos horizontes superficiais), ou em solos dos desertos (com valores inferiores a 1% de material orgânico) (Costa; 1975).

1.3 O AR E A ÁGUA DO SOLO

Nos interstícios da matéria mineral configura-se o *espaço de vazio* do solo, que consiste na via de circulação das fases gasosa e líquida – o *ar* e a *água* do solo; estes dois componentes mantêm uma ligação de reciprocidade uma vez que, qualquer oscilação no teor de um deles, implica necessariamente a variação inversa do outro. No seu conjunto, o ar e a água constituem uma percentagem única, directamente relacionada com a proporção, morfologia e desenvolvimento de vazios que o solo apresenta, ou seja, com a sua *porosidade*.

O ar presente no solo encontra-se dependente de factores como a textura ou o grau de humidade da terra; a sua composição assemelha-se à do ar atmosférico, apresentando contudo uma variação mais acentuada e um teor de vapor de água geralmente mais elevado.[66] O ar do solo interfere com o tipo de reacções químicas e biológicas que nele se processam, influenciando o pH ou a natureza e quantidade de matéria orgânica presente. A circulação do ar efectua-se principalmente em estado livre nos espaços vazios, podendo também encontrar-se dissolvido na água, em pequenas quantidades.[67]

A água assume um papel múltiplo, complexo e de grande importância no corpo do solo; consoante o tipo de solo considerado e em função do teor de água presente, o material sofre uma série de transformações, que assumem especial destaque no domínio de uma Arquitectura de Terra. Em ciclos de humedecimento e secagem, a variação da percentagem de água no solo pode implicar alterações de volume e consistência nos corpos terrosos.

---

[65] Os complexos argilo-húmicos consistem em núcleos centrais de minerais de argila envolvidos por material húmico, que pode penetrar na superfície interna dos cristais (no caso dos minerais expansíveis, como os montmoriloníticos), interferindo com as suas propriedades.

[66] A percentagem de oxigénio no ar atmosférico, por exemplo, é cerca de 21%, enquanto no solo oscila aproximadamente entre 15% a 20,5.

[67] A renovação do ar do solo processa-se essencialmente por difusão; como mecanismos secundários podem referir-se: diferenças de temperatura (correntes de convecção entre camadas); variações de pressão (o aumento da pressão atmosférica proporciona a entrada de ar no solo e a sua diminuição conduz ao movimento de saída); acção do vento (pressão e sucção) e da água da chuva (impacto e infiltração).

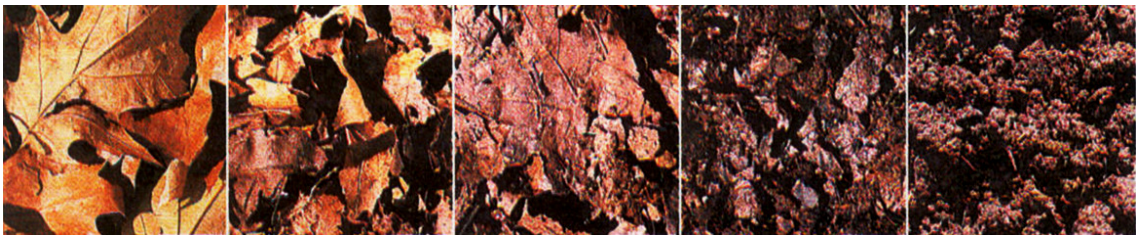


FIGURA 18_ Fases de decomposição do material orgânico.

PROPRIEDADES	MATÉRIA ORGÂNICA	ARGILA
FORMA	AMORFA	CRISTALINA
PROPRIEDADES QUÍMICAS	ACTIVO	ACTIVO
PROPRIEDADES COLOIDAIS	ELEVADAS	ELEVADAS (>)
CARGA ELÉCTRICA	ELECTRONEGATIVA	ELECTRONEGATIVA
TROCA CATIÓNICA	ELEVADA (>)	ELEVADA
POROSIDADE TOTAL	ELEVADA	ELEVADA
DENSIDADE APARENTE	REDUZIDA	REDUZIDA
PERMEABILIDADE	ELEVADA	REDUZIDA
RETENÇÃO DE ÁGUA	ELEVADA (>)	ELEVADA
EXPANSIBILIDADE	ELEVADA (>)	ELEVADA
COESÃO	REDUZIDA	ELEVADA

QUADRO 19_ Propriedades da matéria orgânica em comparação com as propriedades do lote argiloso.

Se o teor e os movimentos de água não forem controlados, podem conduzir à deformação do material, à sua retracção excessiva e à abertura de canais de circulação; este ciclo despoleta o aparecimento de fendas, fissuras e de fenómenos patológicos (no âmbito arquitectónico), que em última instância conduzem à desintegração da estrutura de terra. Não obstante, a acção construtiva requer, consoante a técnica desenvolvida, a adição de água em quantidade variável: a água constitui o elemento que activa o funcionamento do ligante na mistura de terra – frequentemente a argila – permitindo a união dos componentes e a trabalhabilidade da massa.

Retomando a metáfora de Celso Figueiredo, se se equiparar o espaço do solo a um espaço urbano, compreende-se que o ritmo dos fluxos que nele ocorrem é influenciado pela configuração dos vazios (macroporos, microporos; auto-estrada, rua, viela, praça). A forma do espaço vazio, por sua vez, depende do contorno que o corpo de cheio lhe imprime (terreno, edifício público, habitação; seixos, areia, silte, argila), quer do tipo de movimentos que nele se processam (andar de carro, de bicicleta, a pé; movimentos de água no estado líquido ou no estado gasoso). Neste âmbito, o fluxo de água que se circula no solo pode ser classificada, de acordo com os movimentos que descreve, como água *gravitacional*, *capilar* e *higroscópica*, designações que se relacionam linearmente com o tipo de porosidade que o solo apresenta: é sobretudo a morfologia dos vazios que define os movimentos possíveis. Os movimentos de água gravitacional referem-se a água que se move nos macroporos, no estado líquido, sob a acção de forças gravitacionais. Os movimentos de água capilar e higroscópica dizem respeito a água que se desloca nos microporos, ou que aí se encontra retida (vapor de água), sob a acção de forças de atracção do solo para a água.[68] Numa parede de terra, a circulação de água no estado líquido deve ser o mais restrita possível, uma vez que não é compatível com a estabilidade construtiva do solo, alterando o seu estado de consistência. Deste modo, durante o ciclo de vida destes edifícios importa sobretudo considerar os movimentos de água capilar e higroscópica, dependentes da capacidade de retenção de água por parte do solo: são estes os fluxos que predominam e que gerem o equilíbrio da parede com o meio envolvente.[69]

A capacidade de retenção de água por parte do solo influencia a intensidade da sua variação volumétrica, em períodos de humedecimento e de secagem; se um solo retiver maior percentagem de água, mais acentuados poderão ser os movimentos de expansão e retracção e portanto, maior é o risco de ocorrer fendilhamento. O mecanismo de retenção de água por adsorção deve-se essencialmente à existência de partículas coloidais (presentes na fracção argilosa) que proporcionam uma atracção electrostática das moléculas de água.[70] Deste modo, os factores que determinam a capacidade de retenção de água por parte do solo relacionam-se sobretudo com a sua textura e com o teor de água presente. Em solos de texturas arenosas (macroporosas), para qualquer percentagem de água que se considere, a força de atracção é sempre menor; em solos de texturas argilosas (microporosas), pelo contrário, a retenção é maior. Dentro da mesma classe de textura podem também verificar-se variações no poder de retenção, derivadas quer de diferenças granulométricas – a areia grossa retém menos água do que a areia fina –, quer do tipo de minerais de argila – a montmorilonite retém mais água do que a caulinite, devido à sua estrutura interna. Para diferentes percentagens de água, denota-se que

---

[68] A água higroscópica consiste em películas muito delgadas de água que se fixam por adsorção nas superfícies das partículas coloidais, enquanto a água capilar se refere ao espessamento dessas películas contínuas e à sua deslocação ascendente nos microporos (fenómeno de capilaridade). Botelho da Costa considera que ambos os conceitos se reportam a uma situação única – água presente nos microporos devido às forças de atracção do solo para a água: *(…) não existe separação nítida entre a água dita higroscópica, isto é, fixada por adsorção, e a chamada água capilar, por não se poder precisar qual a secção mínima dos microporos que permite movimento capilar.* (Costa; 1975).

[69] *A capacidade de retenção de água (…)* é *usada (…) como medida da proporção de humidade que o solo pode reter quando, depois de saturado, se deixa a drenagem operar livremente.* (Costa; 1975).

[70] A atracção electroestática despoletada pelas partículas colóidais desencadeia a formação de películas de água extremamente finas, adsorvidas nas superfícies das partículas terrosas, que são passíveis de sofrer um espessamento notável, conduzindo ao preenchimento de microporos e a consequentes movimentos de capilaridade.

quanto menor é a quantidade de água presente no solo, maior é a sua força de retenção, e vice-versa; deste modo, a força de retenção de água numa parede de terra será maior nas superfícies em contacto com o ar (que se encontram mais secas) e menor no seu interior. A este propósito, Botelho da Costa refere que *a força impulsionadora do movimento de água não gravitacional, em solo não-saturado, é (…) essencialmente, o gradiente de tensão de humidade por unidade de distância*. A água tende assim a deslocar-se de pontos da parede onde a força de retenção é menor – que correspondem a maior percentagem de água – para os pontos em que a força é mais intensa – que se referem a menor percentagem de água. O corpo da parede tende a uniformizar-se.

2. POROSIDADE E PERMEABILIDADE

O mecanismo de *porosidade* [71] do solo pode ser equiparado ao funcionamento de uma esponja, que contém ar e água no seu interior: quando é humedecido, verifica-se a penetração de água e subsequente saída de ar; durante o período de secagem realiza-se a acção inversa, com a saída de água e consequente preenchimento dos poros com ar. A porosidade do solo varia em função de características como a textura da matéria mineral ou os teores de matéria orgânica e de água que a terra contenha. Em horizontes superficiais com textura grosseira, a *porosidade total* regista geralmente percentagens mais baixas, em comparação com texturas médias e finas, que apresentam percentagens mais elevadas (quadro 20). Estes valores diminuem em horizontes subsuperficiais e aumentam exponencialmente em horizontes orgânicos. A variação do teor de água, em períodos de humedecimento e secagem, provoca movimentos de expansão e retracção do solo, alterando a proporção e a fisionomia dos seus vazios.

O espaço de vazio do solo anuncia formas e dimensões muito variáveis; Botelho da Costa descreve-o como *um emaranhado de canículos*, em que *os vazios se podem apresentar principalmente como cavidades, vesículas,* (…) *canais (…) câmaras e fissuras*.[72] Se se observar o diâmetro dos poros podem distinguir-se dois tipos fundamentais de vazios que estruturam esta espacialidade intrincada: os *macrovazios* ou *macroporos*, com diâmetro superior a 50 – 100 µm, e os *microvazios* ou *microporos*, com diâmetro inferior a 30 – 50 µm.[73] Os macroporos apresentam uma secção suficientemente grande para que forças de extracção relativamente fracas possam esvaziá-los de água, correspondendo deste modo a um *tipo de porosidade não capilar*. Os microporos, pelo contrário, assumem dimensões suficientemente reduzidas para que se proporcionem fenómenos de capilaridade e retenção de água, dizendo respeito a um *tipo de porosidade capilar*.[74] Em solos de textura grosseira verifica-se, de

[71] A porosidade do solo pode definir-se como a razão do volume ocupado pelas fases líquida e gasosa, pelo volume aparente do solo; expressa-se geralmente em percentagem.

[72] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 8:292-293.

[73] Como termo de comparação, pode referir-se que o diâmetro de um fio de cabelo humano mede cerca de 100 µm, enquanto o de um glóbulo vermelho mede aproximadamente 8 µm.

[74] Os fenómenos de capilaridade são desencadeados pela atracção da superfície das partículas terrosas para moléculas de água, provocando a curvatura da superfície livre da água e a sua ascensão junto às "paredes" do poro (superfície das partículas que o configuram). Este mecanismo é contrabalançado pela tensão superficial que se verifica na superfície livre de qualquer líquido, que tende a reduzir o volume de líquido à forma que exponha a mínima superfície, controlando assim a curvatura (Costa; 1975). O fenómeno de capilaridade depende do tipo de porosidade do solo: quanto menor for o diâmetro dos poros, maior é a força de atracção de água por parte das partículas e mais significativa se torna a altura a que a água ascende; quanto maior for a secção do poro, menores são a força de atracção e o movimento de capilaridade.

um modo geral, uma porosidade total menor com predominância de porosidade não capilar, enquanto em solos de textura média a fina, a porosidade total é maior e grande parte dela é capilar.

O grau de *permeabilidade* [75] do solo relaciona-se de modo directo com a sua porosidade, sendo o tipo de porosidade particularmente influente na sua caracterização. A descontinuidade que caracteriza o material terra confere-lhe uma estrutura porosa, onde se organizam macro e microvazios, com maior ou menor conectividade entre si; a proporção e a secção dos vazios, assim como as ligações entre eles, definem quer o fluxo de ar e de água que circula no solo, quer o arranjo mais ou menos denso da matéria.

Observando o quadro 20, constata-se que nos solos de textura arenosa predomina um tipo de porosidade não capilar (macroporos), onde a dimensão considerável dos vazios facilita a difusão de ar e a de infiltração de água, denotando-se elevado grau de permeabilidade. No caso de textura argilosa, prevalece um tipo de porosidade capilar (microporos), onde a dimensão muito reduzida dos vazios dificulta o movimento de ar e de água, verificando-se baixa permeabilidade. De um modo geral, a permeabilidade depende sobretudo do tamanho dos vazios, ou seja, do tipo de porosidade do solo: a macroporosidade induz a permeabilidade, enquanto a microporosidade a restringe.

3. CONSISTÊNCIA, EXPANSIBILIDADE E CONTRACTIBILIDADE

> A expressão *consistência do solo* usa-se em relação às manifestações das forças físicas de coesão e adesão que nele actuam para vários teores de água, nomeadamente a resistência que o material oferece à deformação ou à rotura. (…) A maior ou menor intensidade da manifestação destas diversas formas de consistência e os teores em água para os quais se verificam, variam imenso de solo para solo.[76]

Ao observar o comportamento do solo na presença de diferentes teores de água, podem identificar-se quatro formas principais de *consistência*; desde o estado molhado, passando pelos estados muito húmido e húmido, até ao estado seco, manifestam-se forças de *adesividade*, *plasticidade*, *friabilidade* e *tenacidade*.

Para uma percentagem de água bastante elevada (solo molhado) manifesta-se a adesividade da terra, através da sua maior ou menor capacidade de aderência a outros objectos. Ao reduzir o teor de água, passando do estado molhado para muito húmido, assomam forças de plasticidade; este tipo de consistência caracteriza-se pela possibilidade de o material modificar a forma sucessivamente e de manter a configuração que lhe seja atribuída, quando a força deixa de ser aplicada. Reduzindo progressivamente a percentagem de água, as partículas de terra passam a manifestar um grau mínimo de coesão, devido à diminuição de películas aquosas adsorvidas na sua superfície; o solo passa para o estado húmido, apresentando a sua friabilidade. Se o material não se fragmentar na passagem do estado húmido para o estado seco, pode verificar-se um aumento considerável da sua coesão. Este facto ocorre em consequência de forças de atracção entre as superfícies das partículas terrosas, conferindo ao solo maior ou menor grau de tenacidade ou dureza.

A intensidade com que as diferentes formas de consistência ocorrem no solo relaciona-se com a sua textura, sobretudo com o tipo de minerais de argila e de colóides presentes, e ainda com o seu teor de matéria orgânica. As

---

[75] A permeabilidade do solo pode definir-se como a taxa do fluxo de ar ou de água através do solo, sob um gradiente de pressão unitário.

[76] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 10:353-354.

SOLO MINERAL	POROSIDADE TOTAL	TIPO DE POROSIDADE	PERMEABILIDADE	MOVIMENTOS DE ÁGUA	CONSISTÊNCIA (PLASTICIDADE)
ARENOSOS	30—50%	Ø POROS > NÃO CAPILAR (MACROPOROS)	ELEVADA	INFILTRAÇÃO	REDUZIDA
ARENOSO—FRANCO					
FRANCO—ARENOSO					
FRANCO					
FRANCO—ARGILO—ARENOSO	40—60%	CAPILAR (MICROPOROS)	REDUZIDA	CAPILARIDADE RETENÇÃO	ELEVADA
FRANCO—ARGILOSO		Ø POROS <			
SOLO ORGÂNICO	> 60%	NÃO CAPILAR (MACROPOROS)	ELEVADA	INFILTR./CAPILAR./ RETENÇÃO	REDUZIDA

QUADRO 20_ Propriedades do solo, em função da sua classe de textura.

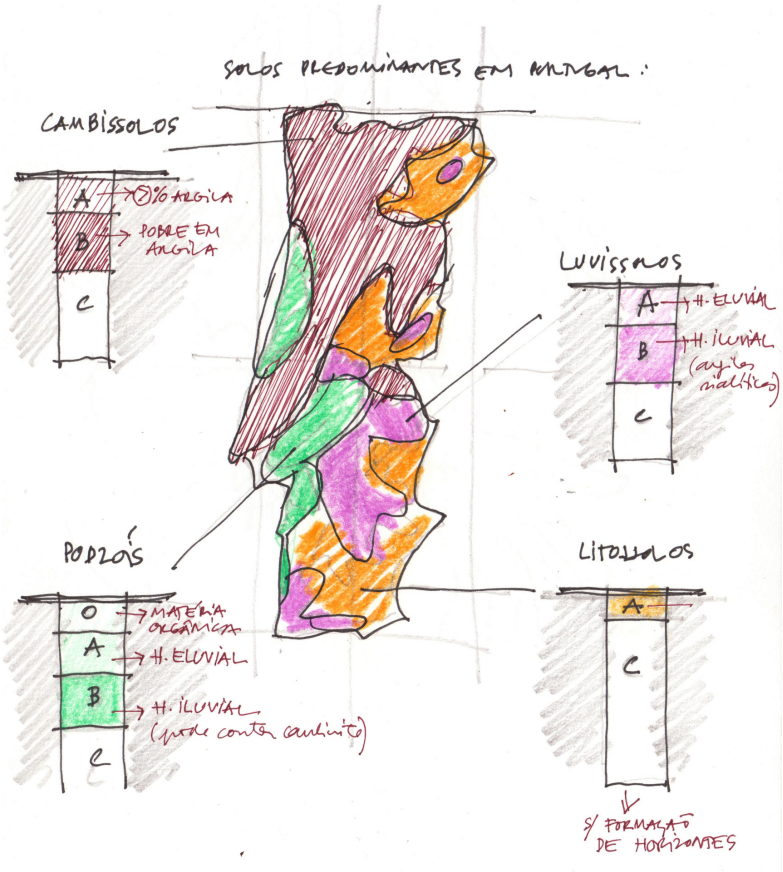


FIGURA 19_ Unidades pedológicas predominantes em Portugal: perfil dos solos.

texturas arenosas não manifestam, praticamente, adesividade ou plasticidade, sendo a sua consistência igualmente fraca nos estados húmido e seco. As texturas argilosas denotam, pelo contrário, elevado grau de adesividade e plasticidade; a sua consistência no estado húmido e seco é forte, aumentando com a proporção de argila. *O tipo de argila influi extraordinariamente na consistência. (…) cerca de 20% de argila sialítica, mormente se inclui minerais montmoriloníticos, podem bastar para determinar consistência muito firme no estado húmido e dura no estado seco. Porém, se o teor de matéria orgânica for elevado (…), a consistência nestes estados poderá ser muito menor, chegando a friável no estado húmido e branda no estado seco, para teores de argila superiores ao indicado. Os solos alcalizados (não salinos), quando argilosos, são os que apresentam mais forte consistência.*[77] Em Portugal, o desenvolvimento dos sistemas construtivos com terra caracteriza-se pela utilização do material sob distintas formas de consistência, ou seja, pela presença de diferentes quantidades de água no solo, durante a sua aplicação. O sistema construtivo em taipa aplica a terra num estado húmido (friabilidade), enquanto os sistemas em adobe e tabique empregam a terra num estado muito húmido (plasticidade). As percentagens de água apropriadas relacionam-se intrinsecamente com o tipo de acção mecânica desenvolvida: quanto maior é a força aplicada, menor é a quantidade de água presente no solo, e vice-versa.

A *expansibilidade* e a *contractibilidade* (ou retracção) do solo referem-se às variações de volume que nele ocorrem perante diferentes teores de água – ou seja, ao experimentar distintas formas de consistência – que se denotam em períodos de humedecimento e secagem. Estes fenómenos encontram-se principalmente dependentes da proporção do lote de argila e, em especial, do tipo de minerais de argila e da natureza dos seus colóides, tal como sucede com a consistência. Deste modo, observa-se que a expansibilidade e a contractibilidade do solo se intensificam com a relação molecular sílica-sesquióxidos, sendo ambas muito mais expressivas em argilas montmoriloníticas do que em argilas caulínicas, para qualquer teor de água. Ao humedecer uma porção de solo, os colóides presentes na argila expandem-se, aumentando de volume devido à absorção de água; à medida que o solo seca, os colóides perdem água e contraem-se, podendo despoletar o fendilhamento do corpo terroso. No período inicial de secagem, a redução de volume por parte do solo corresponde ao volume de água perdido; a partir de determinado momento, deixa de se verificar esta correlação, uma vez que começa a penetrar ar no espaço intersticial. A ocorrência de ciclos bruscos de humedecimento e de secagem, com consequente expansão e contracção do solo, conduz a modificações no espaço vazio, alterando a porosidade e diminuindo a consistência. Se a secagem for repentina, a parte externa do solo contrai-se, enquanto a parte interna ainda se mantém húmida e não acompanha esse movimento, levando à abertura de fissuras; por outro lado, o humedecimento súbito pode provocar a saída de ar que se encontrava comprimido, contribuindo igualmente para o seu fendilhamento.

O solo é por excelência um material poroso e permeável aos movimentos de ar e de água, que pode assumir diferentes estados de consistência e sofrer alterações volumétricas no seu corpo. A natureza intrínseca deste material incute aos elementos arquitectónicos um funcionamento que difere da lógica construtiva de materiais como o betão. Numa alvenaria de betão, o sistema construtivo procura erradicar a circulação de ar e de água: a resolução destes movimentos é remetida para uma caixa-de-ar no interior da parede, aplicando um revestimento impermeável no exterior e solucionando a questão térmica com a introdução de um material isolante. Numa parede em terra processam-se, pelo contrário, constantes trocas de ar e de água entre o espaço interior e exterior do edifício – o ar e a água *integram* o corpo terroso; estas trocas tendem a reestabelecer, lentamente, o equilíbrio entre as condições de humidade e de temperatura que se verificam na envolvente. Deste modo, a porosidade e a permeabilidade de todo o sistema construtivo em terra são fundamentais, para que a parede "respire" durante o seu

[77] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 10:361.

ciclo de vida. Apesar de ser necessário restringir os movimentos de ar e de água que possam interferir com a estabilidade da construção (mudanças de consistência ou de volume), a essência do funcionamento da parede reside na sua convivência com as condições do meio. Sob este ponto de vista, ressaltam-se dois parâmetros primordiais, que definem as características de porosidade, permeabilidade, consistência e estabilidade volumétrica de um corpo terroso: por um lado, a textura da matéria mineral – especialmente o tipo de argila – e por outro, o teor de água presente.

As características que um solo apresenta antes da sua aplicação construtiva, são modificadas no decurso deste processo, em função de cada técnica desenvolvida. Atendendo à natureza própria do material, uma parede de terra será sempre porosa e permeável aos movimentos de ar e de água; no entanto, a acção mecânica exercida em cada sistema construtivo incide sobre as partículas terrosas e o espaço poroso da terra, reorganizando-os. A compactação ou a pressão exercidas tendem a reduzir a porosidade total, a reduzir macroporosidade e a microporosidade, diminuindo a permeabilidade e adensando a matéria. Deste modo, restringe-se a circulação nefasta de ar e de água e agrupam-se as partículas numa disposição mais densa, permitindo a resistência e a tenacidade da construção; não obstante, os movimentos de vapor de água mantêm-se enquanto característica dominante numa construção com terra.

II.3 REFLEXÃO – O VALOR PRÓPRIO DOS SOLOS PREDOMINANTES EM PORTUGAL

A pedosfera consiste na camada mais exterior da Terra, que se dispõe espacialmente enquanto volume de transição entre as camadas que a envolvem; o solo é matéria que corporiza esta camada, surgindo como um produto da interacção que ocorre entre os factores do meio. A sua compleição resulta, em cada lugar, do diálogo constante que se tece entre o clima, a topografia, as rochas, os organismos vivos e a passagem do tempo. A intensidade com que estes factores se manifestam difere consoante o espaço físico considerado, determinando consequentemente uma grande variedade de solos; neste âmbito, o solo deve ser entendido como um corpo plural, portador de uma fisionomia heterogénea.

A formação do solo funda-se num processo de diferenciação de horizontes que ocorre na pedosfera. Estes horizontes sobrepõe-se de modo paralelo à superfície, sendo geralmente o horizonte B (entre 15 a 50 cm de profundidade) aquele que se encontra apto para uma aplicação construtiva. No horizonte B, o solo é composto por aproximadamente 50% de matéria mineral, onde se destacam, a nível construtivo, as partículas de diâmetro inferior a dois milímetros. Este conjunto corresponde à fracção de terra fina – lotes de areia, silte e argila – que permite determinar, em função das proporções relativas dos lotes, a classe de textura do solo. O lote argiloso assume particular importância, dado que consiste na componente quimicamente activa do solo, detendo um papel decisivo na expressão das suas propriedades. O tipo de minerais de argila que integram o lote, a par da quantidade de água presente no solo, são responsáveis pela definição de terras com maior ou menor plasticidade e volumetricamente mais ou menos estáveis. Neste âmbito, pode afirmar-se que a reacção que se verifica nos minerais de argila, perante diferentes teores de água, constitui um ponto essencial para a construção com terra, determinando as características de porosidade, permeabilidade, consistência e retracção das paredes.

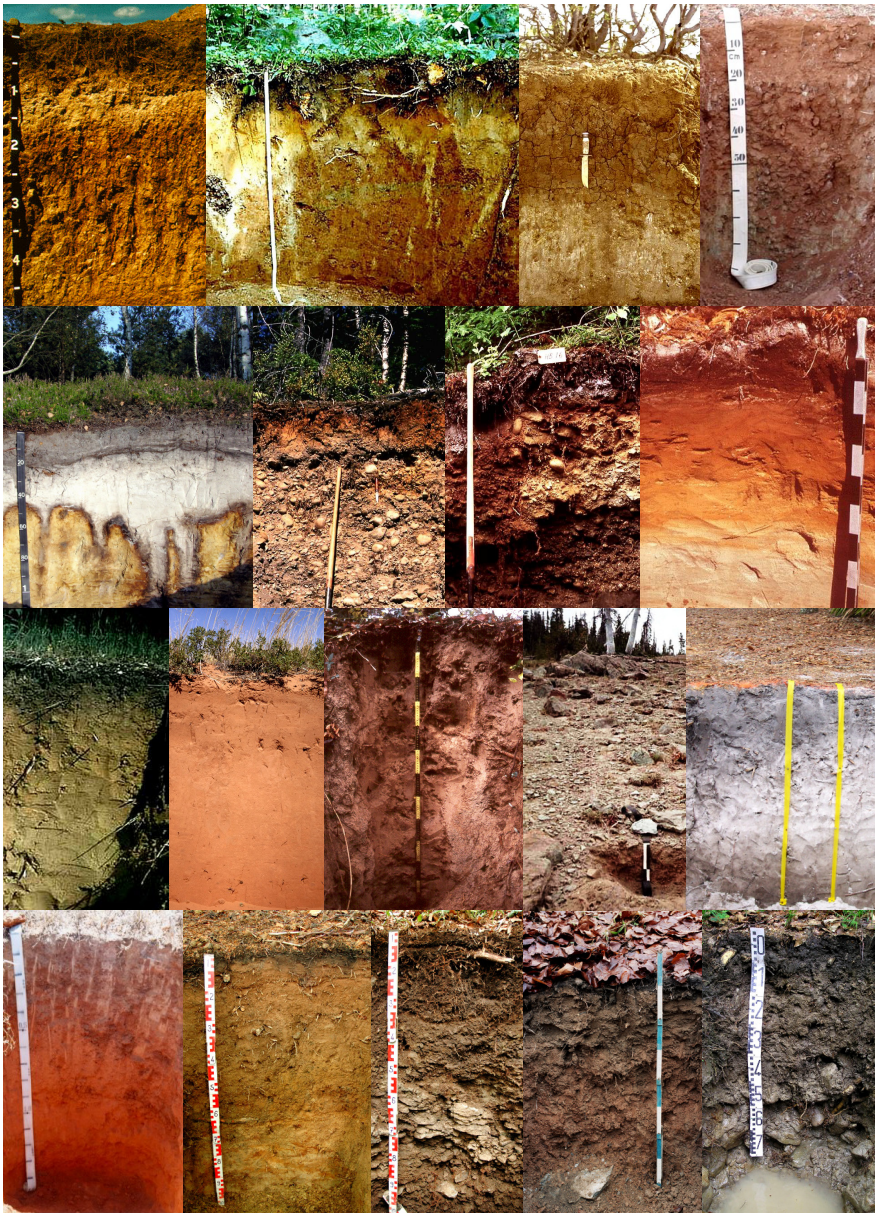
No contexto do território português identificam-se dez unidades pedológicas que, em conjunto, figuram simultaneamente no espaço de implantação de uma Arquitectura de Terra (quadro 21). Tomando como base o estudo desenvolvido no capítulo 1, consideram-se nesta reflexão as unidades referentes aos luvissolos, podzóis, litossolos e cambissolos, que constituem as unidades predominantes quer no âmbito português, quer no espaço dos sistemas de construção com terra. A reflexão desenvolvida incide em cada tipo de solo, relacionando as suas características essenciais com o perfil do lugar onde se encontra e com a técnica que o aplicado a nível construtivo.

O grupo de luvissolos situa-se maioritariamente no espaço de implantação do sistema em taipa; a sua presença é também frequente no espaço do adobe, sobretudo na zona 2 a Sul do rio Tejo (distritos de Évora, Beja e Faro), em áreas que se sobrepõem à zona 1 da técnica da taipa. Por este motivo, a compreensão das características dos luvissolos são entendidas no âmbito do perfil do lugar identificado para este último sistema.

A formação deste solo é condicionada principalmente pelo tipo de clima e de rocha-mãe patentes no lugar. Deste modo, os luvissolos do espaço em estudo encontram-se sobretudo relacionados com um clima temperado mediterrânico (elevada insolação, alta temperatura e fraca precipitação), que interage com a presença de rochas essencialmente xistentas. A notável fracção argilosa que entra na composição desta unidade pedológica, deve certamente associar-se à natureza da sua rocha originária, uma vez que os xistos derivam de processos metamórficos que actuam sobre a argila. O perfil dos luvissolos apresenta-se bem desenvolvido (solo maduro), sendo geralmente composto por horizontes A, B e C, onde se observam diferenças texturais. O horizonte superficial é poroso e permeável, denotando baixa proporção de argila (textura mais grosseira), enquanto o horizonte subjacente B consiste num horizonte iluvial, que se destaca pela comparência de argilas sialíticas (textura mais fina). Este grupo de argilas é caracterizado por um elevado grau de actividade, o que indica a possibilidade do material permanecer num estado de consistência plástica para um intervalo considerável de teores de água. As argilas sialíticas incluem a presença de minerais montmoriloníticos e conferem ao solo uma grande capacidade de retenção de água; este facto significa que os luvissolos podem sofrer movimentos de expansão e retracção acentuados, em períodos de humedecimento e secagem, se a quantidade de água não for controlada.

O conjunto de podzóis identificado no território prevalece quer no espaço do sistema em taipa, quer na área do sistema em adobe – zona de sobreposição – reportando-se em ambos às zonas 1. Contudo, a comparação entre o mapa das técnicas construtivas e o mapa das unidades pedológicas, permite observar que a presença dos podzóis surge, em grande medida, associada à técnica do adobe. A implantação deste sistema é delimitada, a Sul, por uma linha de movimento bastante idêntico à que esboça o contorno dos podzóis; deste modo, a reflexão que se tece relaciona as características destes solos com o perfil do lugar alusivo ao espaço do adobe.

A origem dos podzóis é regulada fundamentalmente pelo clima que ocorre na região, de modo análogo ao que sucede com os luvissolos. O clima temperado mediterrânico de influência atlântica (grande número de dias com precipitação, em quantidade elevada) determina o desenvolvimento de um solo marcado por frequentes movimentos de percolação. Os podzóis constituem solos maduros, onde se diferenciam geralmente horizontes O, A, B e C.
No seu perfil assinalam-se diferenças de textura, de cor e estrutura, que podem ser visíveis em campo: o horizonte superficial apresenta material orgânico, em lenta decomposição, e os horizontes A e B são caracterizados por processos de eluviação e iluviação (respectivamente). Deste modo, o horizonte A expõe uma textura arenosa, onde figura uma reduzida percentagem de argila, enquanto o horizonte B se destaca pela acumulação de minerais e complexos orgânicos, eluviados de níveis suprajacentes, comportando uma proporção de argila superior.



PAINEL 11_ O perfil dos solos predominantes no território português: diferenciação de horizontes.

1 - luvissolos; 2 - podzóis; 3 - litossolos; 4 - cambissolos.

Ao contrário do que se verifica nos luvissolos, o lote argiloso dos podzóis é habitualmente composto por minerais de caulinite, que incutem ao solo um baixo poder de retenção de água e portanto, menor oscilação volumétrica.

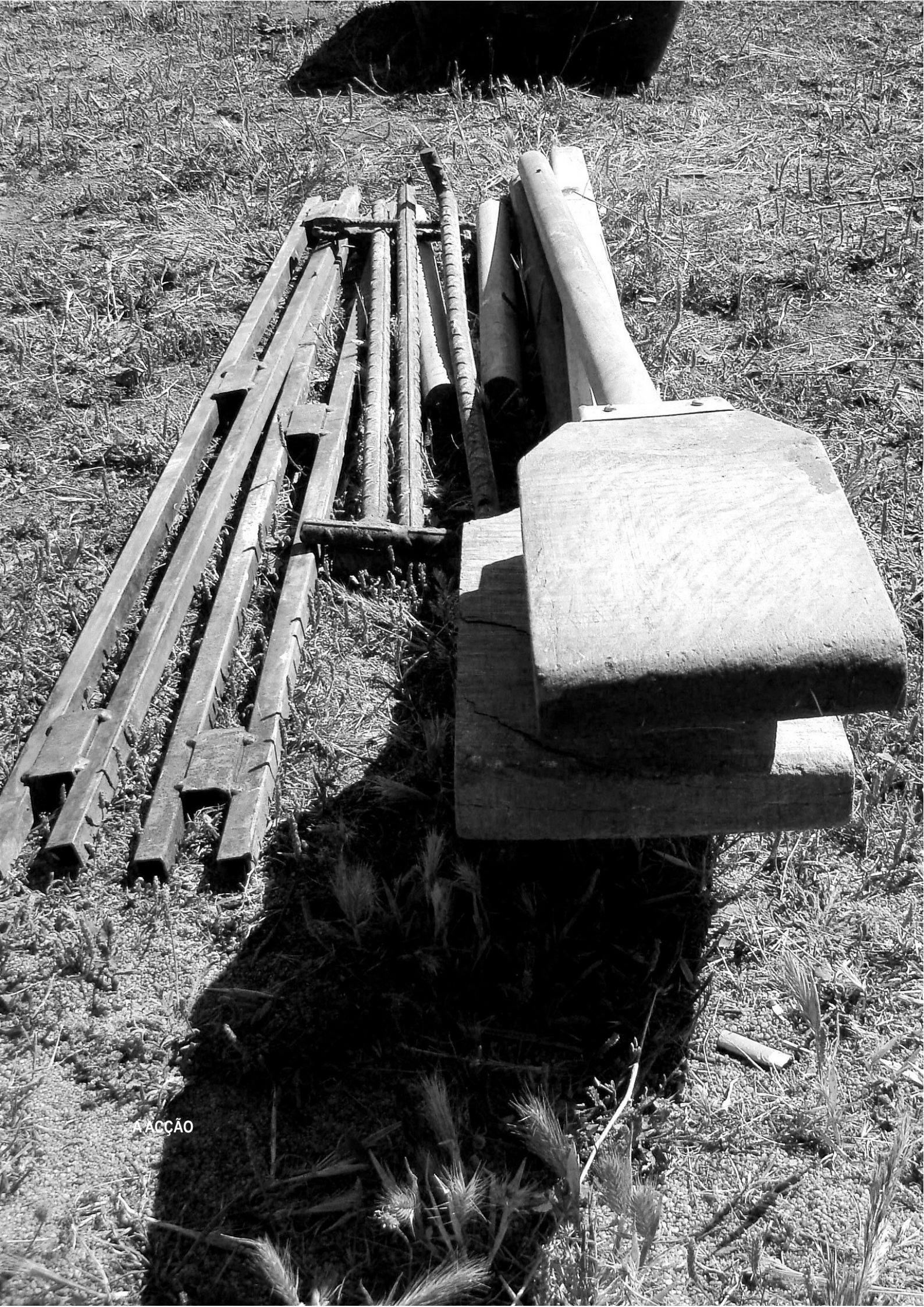
Os litossolos constituem uma unidade pedológica cuja distribuição geográfica ocorre em três manchas principais, que se reportam aos espaços dos sistemas em taipa e tabique, ambos considerados na reflexão. As rochas-mãe que figuram no território compõem o principal factor que condiciona este tipo de solos. A sobreposição entre os mapas dos complexos litológicos e das unidades pedológicas, revela que as manchas assinaladas para os litossolos se sobrepõem maioritariamente a zonas de rochas sedimentares e metamórficas, onde se enquadram rochas essencialmente xistentas. Ao contrário do que sucede com as unidades pedológicas anteriores, os litossolos apresentam um fraco desenvolvimento do perfil (solos jovens), onde se define apenas, para alguns casos, um horizonte A. Esta ausência de horizontes deve-se à falta de tempo para que se processe uma diferenciação mais pronunciada; neste ponto, destaca-se a influência que a condição hipsométrica do lugar determina. Os litossolos situam-se habitualmente em regiões montanhosas, expostas a erosão, o que despoleta o deslocamento de material, ainda em início de diferenciação. Estes solos são, deste modo, definidos por texturas grosseiras, onde prevalecem características da rocha originária; o material revela reduzida coerência e baixa capacidade de retenção de água, não pela presença de determinado mineral de argila, mas pela ausência de lote argiloso. A nível construtivo, a utilização dos litossolos depara-se, provavelmente, com a necessidade de incorporar um elemento ligante à mistura de terra. No caso do sistema em taipa encontra-se, em alguns locais, a ocorrência de litossolos associados a luvissolos; tendo em conta as características analisadas para cada uma destas unidades, depreende-se que uma mistura que articule ambos os tipos de solos possa ser benéfica para o equilíbrio do material a nível construtivo. A textura argilosa dos luvissolos (horizonte B) poderá desempenhar o papel de ligante que falta à textura grosseira dos litossolos; por outro lado, a adição de elementos inertes, que travem a excessiva actividade destas argilas montmoriloníticas, poderá ser inversamente vantajosa. Não obstante, tal situação terá sempre de ser verificada testada, para cada contexto, sendo esta reflexão meramente teórica.

A unidade pedológica que compreende os cambissolos encontra-se representada no espaço do sistema em tabique. Este grupo é essencialmente condicionado, à semelhança do que ocorre com os litossolos, pelo tipo de rocha-mãe presente, o que neste local corresponde à frequência de rochas eruptivas plutónicas que reúnem granitos e rochas afins. Para além da rocha-mãe destaca-se, neste caso, a importância do factor tempo: o perfil de um cambissolo encontra-se em fase inicial de diferenciação (solos jovens); em função do tempo decorrido, os seus horizontes apresentam maior ou menor grau de desenvolvimento. De um modo geral, ao contrário do que se verifica para os luvissolos e os podzóis, o horizonte A de um cambissolo detém maior proporção de argila do que o horizonte subjacente B (que é ainda pobre em substâncias iluviadas) e a sua textura é média a fina. O processo de diferenciação destes solos proporciona a formação de argilas sialíticas, com elevada capacidade de retenção de água. Não obstante, o seu perfil é simultaneamente caracterizado por considerável porosidade e capacidade de drenagem interna. Deste modo, salienta-se que esta unidade engloba um grupo de solos em transformação, possibilitando por este motivo a prevalência de diferentes características, consoante o contexto considerado.

SOLOS	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	LOCALIZAÇÃO (distritos)	IDADE	PRINCIPAL CONDICION.
REGOSSOLOS	*Solos muito pouco evoluídos, estabelecidos sobre rochas-mãe moles.* – grupo heterogéneo de solos não enquadráveis em outros grupos; – solos pouco afectados pelos processos de formação do solo (p.ex. devido a clima desértico ou a uma exposição recente do material); – solos compostos por material mineral não-consolidado, atingindo alguma profundidade.	– distritos costeiros (excepto Beja); – Santarém.	– jovem	– rocha-mãe (clima)
VERTISSOLOS	*Solos negros e argilosos de regiões quentes c/ estação seca.* – solos c/ horiz. vértico (%argila >30%; espess. mín 25cm;prof. máx 100cm); – mín. 30% argila em tds os horiz. do perfil (entre 20-100cm profund.); – elevada proporção de argilas expansivas; – fissuração periódica.	– distritos a sul do Tejo (excepto Setúbal); – Lisboa.	– jovem	– rocha-mãe
FLUVISSOLOS	*Solos formados sobre depósitos fluviais recentes.* – solos azonais que se desenvolvem em depósitos de aluvião (horiz. flúvico c/ espess. mín 25cm)	– Vila Real, Bragança, Guarda, Cast. Branco, Aveiro, Coimbra, Leiria, Lisboa, Santarém, Faro.	– jovem	– topografia
SOLONCHAKS	*Solos ligados à existência de toalhas de água salgada.* – grupo heterogéneo de solos c/ alta concentração de sais solúveis em determinada altura do ano; – solos c/ horiz. salino (espess. mín. 15cm), localizado a uma profund. mín. de 50cm.	– distritos costeiros (excepto Braga, Porto, Leiria e Beja); – Santarém.	– maduro	– clima
PLANOSSOLOS	*Solos fracamente permeáveis, com características hidromorfas.* – solos c/ horizonte eluvial à superficie (espess. máx 100cm) que assenta sobre horizonte iluvial, denotando-se mudança textural abrupta entre horizontes; – horizonte iluvial apresenta um aumento acentuado do conteúdo de argila .	– Setúbal; – Beja.	– maduro	– clima
LITOSSOLOS	*Solos pedregosos muito pouco espessos e muito pouco evoluídos, estabelecidos sobre rochas-mãe duras.* – solos s/ desenvolvimento do perfil (devido a declives acentuados ou a material originário não alterável); – solos muito rasos (designados "solos esqueléticos"), onde não é identificável uma sequência de horizontes típica de um perfil do solo.	– Bragança, Vila Real, Viseu, Guarda; – Cast. Branco, Coimbra, Leiria, Santarém, Portalegre; – Évora, Beja, Faro.	– jovem	– rocha-mãe
PODZÓIS	*Solos ácidos cuja evolução é condicionada (...) por mineralização lenta da matéria orgânica (...); são característicos de florestas degradadas de resinosas.* – solos c/ horizonte eluvial de cor alba à superficie, que assenta sobre horizonte iluvial de cor escura ou avermelhada (Fe); – process de eluviação: remoção de complex. húmus e metais solúveis da superfície, q migram em profundid./process de iluviação: acumulaç. de Al/Fe.	– Aveiro, Coimbra, Leiria; – Santarém, Portalegre, Setúbal, Évora; – Beja, Faro	– maduro	– clima
LUVISSOLOS	*Solos argilosos com elevado grau de saturação em bases.* – solos em que o h. superficial apresenta baixa proporção de argila (lixiviação), que é removida e se acumula num h. iluvial, em profundidade; – perfil c/ diferenciação textural acentuada; – argilas muito activas (expansão e retracção).	– todos distritos excepto a noroeste (Viana Castelo, Braga, Porto, Aveiro, Viseu).	– maduro	– clima (rocha-mãe)
CAMBISSOLOS	*Solos castanhos relativamente móveis, produto de complexos rochosos antigos.* – solos c/ incipiente desenvolv. do perfil: início de diferenciação horizontes c/ transformação de cor e estrutura (desenv.+ rápido em regiões húmidas); – geralmnt solos c/ h. câmbico ("minimum B-horizon"), que dista no mín. 25cm da superfície e c/ espess. mín. 15cm; – inclui vários solos q não preenchem 1 ou+ requisitos de outros grupos.	– todos os distritos.	– jovem	– idade (rocha-mãe)
RANKERS	*Solos pouco evoluídos, principalmente em áreas montanhosas de regiões temperadas.* – solos pouco evoluídos que assentam directamente em horizonte C ou R (rocha) .	– distritos a norte do Tejo (excepto Leiria, Lisboa, Santarém, Cast. Branco)	– jovem	– rocha-mãe

QUADRO 12.2_ Caracterização das unidades pedológicas em Portugal Continental, de acordo com dados da *FAO* (*Food and Agriculture Organisation)*.

ORIGEM	AMBIENTE	MORFOLOGIA E PERFIL	PROPRIED. QUÍMICAS	PROPRIED. FÍSICAS
– material não-consolidado.	– diversos climas (s/gelo no subsolo), qq altitude; – comum em zonas de erosão, semi-áridas a áridas e montanhosas.	perfil AC: – desenvolvimento mínimo do perfil (1 horiz. superficial acima de rocha-mãe inalterada); – heterogéneo, textura média; – profundo, bem drenado.	– regossolos de z. secas c/ pH> ao pH de regossolos de z. húmidas e montanhosas.	– alta permeabilidade; – capac. retenção água reduzida; – material c/ baixa coerência; – tendência acentuada p/ erosão;
– produtos de meteorização de rochas ou sedimentos c/ elevada proporção de argila.	– planície / declives médios e ondulados; – clima c/ alternação de estações quente/ estação fria e chuvosa.	perfil A(B)C: – fraca diferenciação do perfil; – alternância de periodos de humedecimento (expansão) e secagem (retracção) provoca fissuração.	– alta capac. troca catiónica; – grnd saturação de bases; z. altas - Fe+cat. ácid (H/Al); z. baixas - Si+cat. básic (Ca/Mg/K/Na); – pH médio=6,0-8,0; – pH c/ Na=8,0-9,5.	– baixa permeabilidade; – capac. retenção água elevada; – estado seco: forte rigidez; – estado húmido: forte plasticidade
– depósitos recentes: fluviais/ lacustres/ marinhos.	– áreas periodicamente inundadas (várzeas, pântanos), em qq clima.	perfil AC: – fraca diferenciação do perfil; – caract. dominadas por sediment. recente e condição de humidade (z. altas - text. arenosa, cor castanh/ z. baixas - text. argilosa ou siltosa, cor cinzent).	– fluvissolos tiónicos (pirite): pH ácid causa troca de Mg/Fe nos min.argila/ alto teor de Na; – outros fluvissolos: pH neutro, alto teor Ca e Na (z. costa).	– planície (z. baixa): text. argilosa/siltosa,húmidos e moldáveis; – c/ declive (z. altas): text. arenosa, seco e rígido, permeável, boa drenagem.
– qq material não-consolidado.	– regiões c/ clima semi-árido a árido ou regiões costeiras (qq clima); – áreas periódica ou permanentemnt inundadas, c/ evaporaç. de água e cristalizaç. de sais.	perfil AC ou ABC: – "solonchaks externos": acumulaç. de sais à superfície (solo+fina camada de água); – "solonchaks internos": acumulaç. de sais em profundid. (solo+espessa camada de água).	– alto teor de sais; –> teor de sais se pH<3,5 ou >8,5.	– periodo seco: estrutura rígida c/ cristais salinos; – periodo chuvoso: desagregação da estrutura devido a diluição de sais.
– depósitos coluviais e aluviais argilosos.	– clima sub-tropical e temperado, sub-húmido ou semi-árido; – regiões c/ estagnação periódica de água (ex:planaltos).	perfil AEBC: – h. eluvial: textura grosseira, cor clara/desbotada, estrut. frágil, c/ estagnação periódica de água (destruição e remoção de argila); – h. iluvial: textura fina (elevada % argila), coeso e pco permeável.	– ferrólise destrói min. de argila; – h. superficial torna-se ácido; – redução da capac. troca catiónica da fracção argilosa.	– baixa capac. retenção de água; – fraca drenagem; – estação seca: solos arenoso rígido e solo siltoso mt rígido (tipo cimento); – estação chuvosa: solo lamacento e mt plástico.
– meteorização de rocha-mãe (rochas consolidadas).	– regiões montanhosas onde o material é rapidamente removido por erosão (ausência de horizontes devido a escassez de tempo para o seu desenvolvimento).	sem formação de horizontes/ horizonte superficial A ou Ap – camada superficial de textura grosseira (espess. inferior a 10cm), por meteorização da rocha-mãe.	– minerais derivados da rocha-mãe; – pobre em matéria orgânica.	– textura grosseira sobre rocha dura; – baixa coerência; – baixa capac. retenção de água.
– material não-consolidado, proveniente da meteorização de rocha siliciosa; – depósitos aluviais e eólicos de areia quartzífera; – regiões boreais: qq rocha-mãe.	– clima temperado/boreal, c/ floresta conífera (sobretudo no hemisfério norte); – clima tropical c/ floresta ligeira; – regiões c/ valores de precipitação anual elevada.	perfil O(Ah)EBhsC: – h. O: cor escura, espess.1 a 5cm; – h. eluvial: textura arenosa, cor cinza/desbotada (percolação), argila<10%, espess. mín. 20cm; – h. iluvial de cor escura, rico em Fe/Al/complex. orgân., %argila>.	– h. superficial: 3,5>pH<4,5; – pH aumenta c/ a profundidade, atingindo máx. pH 5,5; – h. iluvial: complexos de Fe, Al e matéria orgânica (pode conter argila caulínica).	– textura arenosa e estrutura desagregada; – h. eluvial c/ argila<10%, h. iluvial c/ argila em % + elevada; – baixa capac. retenção de água.
– grande variedade de material não-consolidado ex: sedimentos glaciares, depósitos aluviais, coluviais e eólicos.	– climas temperados e quentes (ex: mediterrânico), c/ estações distintas (quente e seca/ fria e chuvosa); – regiões planas ou pouco acidentadas.	perfil ABtC: – h. superficial: cor castanho escuro; – h. iluvial: cor castanho/cinzento, castanho escuro ou vermelho; – regiões frias cor vermelha menos intensa do que em regiões quentes; – caracterist. variam c/ rocha-mãe.	– pH ácido à superfície e neutro em profundidade; – alta capac. troca catiónica; – saturação de bases; – argilas c/ elevada relação molecolar SiO_2/Al_2O_3 (>2).	– h. superficial poroso e arejado; – qnd h. superficial tem textura siltosa, o solo é sensível a erosão; – h. árgico c/ elevada capac. retenção de água; – geralmnt boa drenagem, mas pode ocorrer estagnação de água.
– material variado (diversos tipos de rocha-mãe) de textura média a fina, sobretudo proveniente de depósitos aluviais, coluviais e eólicos.	– regiões planas a montanhosas de diversos climas (comuns em regiões c/ elevada precipitação, mas c/ capac.de evacuar a água em excesso).	perfil ABC: – h. A: > proporção de argila; – h. B: cor castanh/amarel/vermelh; – pobre em argila iluviada, mat. orgânica, Fe e Al; – c/ minerais meteorizáveis nas fracções arenosa e siltosa.	– pH neutro ou pouco ácido; – hidrólise em ambiente pco ácido produz óxidos e hidróxidos de ferro q agregam partículas de areia, silte e argila; – formação de argilas sialíticas, óxidos e hidróxidos de alumínio.	– textura média e estabilidade estrutural; – alta porosidade e drenagem; – elevada capac. retenção de água.
– meteorização de rocha-mãe (não-calcária) e matéria orgânica.	– qq ambiente c/ biomassa.	sem formação de horizontes/ A(B)C ou AC – camada superficial de cor escura, que assenta sobre rocha-mãe (espess. inferior a 50cm).	– formação de complexos entre matéria orgânica e matéria mineral.	– propriedades semelhantes às do grupo de litossolos.



A ACÇÃO

capítulo 3

O PERFIL CONSTRUTIVO DO MATERIAL TERRA

III.1 PREPARAÇÃO DA TERRA

> The "secret" of loam lies in the lamellar structure of the various clay minerals and their internal electrical attraction, which is activated only by water and movement. (…)
>
> The right preparation depends on the type of earth, its consistency and its expected application.[78]

No âmbito construtivo, a preparação da terra engloba um conjunto de acções comuns às três técnicas em estudo, que têm como objectivo habilitar o material para a sua aplicação. O primeiro passo consiste em seleccionar o solo que será utilizado; para o efeito, procede-se a uma análise realizada em campo ou em laboratório, que permita averiguar as características dos solos disponíveis. Em função dos resultados e da técnica que se pretende desenvolver, é possível eleger o solo que se manifesta mais apropriado e determinar se é indispensável corrigir a sua composição. Após a análise e selecção do solo principia-se a sua extracção, a que se segue a homogeneização do volume de material que será empregue; nos casos em que é necessário, a correcção da terra é efectuada durante esta última fase, através da adição ou remoção de componentes.

1. ANÁLISE DA TERRA: ABORDAGEM AOS TESTES DE CAMPO E DE LABORATÓRIO

> As propriedades mais importantes dos solos, visando o seu uso na construção são:
> . na selecção: composição granulométrica, plasticidade e retracção;
> . no controle da execução: humidade e grau de compactação.
>
> (…) Há diversas recomendações quanto aos procedimentos para a selecção da terra em campo. Em geral, testam-se diversas terras e, em função dos resultados e da técnica construtiva apropriada, selecciona-se, por comparação, a mais adequada.
>
> (…) O reconhecimento preciso de solos adequados à construção é feito através de diversos ensaios em laboratório. A grande vantagem destes ensaios é que são normalizados, obtendo-se resultados quantitativos das suas características, que facilitam a comparação com os resultados de outras experiências e a identificação da "terra ideal" para a sua reprodução.[79]

Gernot Minke e Obede Faria mencionam características essenciais que devem ser consideradas durante a selecção, a análise e a aplicação da terra, de modo a compreender o seu perfil construtivo e poder interagir com o

---

[78] «O "segredo" da terra encontra-se na estrutura lamelar dos vários minerais de argila e na sua atracção eléctrica interna, que é apenas activada pela água
e pelo movimento. (...) A correcta preparação depende do tipo de terra, da sua consistência e da aplicação desejada.» (tradução livre).

MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 3:36/ 4:44.

[79] FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:179.

FIGURAS 20 e 21_ Teste elaborado na *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra*, que intersecta as variáveis "textura — consistência — acção mecânica".

	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.

material: estes autores realçam o trinómio "*textura + consistência + acção mecânica*". Elegendo a terra crua como matéria-prima, o desenvolvimento de cada sistema construtivo articula um tipo de solo (textura), com determinado teor de água (consistência), sobre os quais aplica a carga de uma dada força (acção mecânica). No âmbito da *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra*, organizada pela associação *Centro da Terra* em Conímbriga,[80] elaborou-se um teste que intersecta estas três variáveis (figuras 20 e 21). Esta experiência permitiu observar que, tanto solos de texturas arenosas como argilosas, se encontram aptos a ser trabalhados, sobretudo, no estado húmido através de compactação – como ocorre na taipa – ou no estado plástico através de pressão e moldagem – como sucede no adobe e no tabique.

Partindo deste princípio, a análise é estruturada através dos termos enunciados – textura, consistência e acção mecânica – focando para cada um deles os testes que frequentemente se realizam (quadro 21). Nesta exposição são aprofundados os testes de campo, uma vez que fomentam o contacto directo entre o material e os profissionais que o trabalham, desenvolvendo um conhecimento do solo que se funda na experiência sensorial. Na opinião de arquitectos como Gernot Minke [81] ou Henrique Schreck,[82] os testes de campo são habitualmente suficientes para examinar a composição da terra, apesar da margem de erro implícita; através do corpo, recorrendo aos sentidos e ao auxílio de instrumentos simples, pode fazer-se uma caracterização e uma avaliação satisfatórias dos diferentes tipos de terra.

> É possível, sem recorrer à análise mecânica, fazer classificação bastante aproximada da textura. Para isso, aprecia-se a maior ou menor aspereza ou macieza da terra seca, apertando-a entre os dedos, e a sua maior ou menor plasticidade e adesividade quando húmida. Este sistema presta grandes serviços para avaliar a textura quando se não dispõe de análises e é largamente usado nos trabalhos de reconhecimento e cartografia de solos, sendo tal textura frequentemente designada na literatura por textura de campo ou grão. Exige considerável treino e requer controlo frequente com análises, pois a apreciação é influenciada pelo tipo de argila, teor em matéria orgânica, existência de calcário, estrutura, etc.[83]

Durante o processo de selecção devem extrair-se, preferencialmente, várias amostras de solos, de modo a comparar diferentes comportamentos do material; para o efeito, realizam-se diferentes perfurações na área de intervenção, recolhendo amostras em distintos pontos do terreno. A terra apropriada para a construção deve ser extraída a um mínimo de 15cm a 50cm de profundidade, no horizonte B do solo, que se apresenta livre de material orgânico e de produtos resultantes de culturas agrícolas, como adubos e pesticidas. As amostras devem ser preservadas intactas, tal como retiradas do subsolo, até à sua análise; caso os testes não se realizem logo após o momento de extracção, a terra deve ser guardada em recipientes fechados, para que se mantenha o grau de humidade natural. *Se possível, deve identificar-se a amostra, rotulando-a com a data e o local do levantamento, o*

---

[80] A *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra* decorreu no dia 20 de Fevereiro de 2010 no Museu Monográfico de Conímbriga e foi organizada pela associação *Centro da Terra* no âmbito do *6º Seminário de Arquitectura de Terra em Portugal e 9º Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção com Terra.*

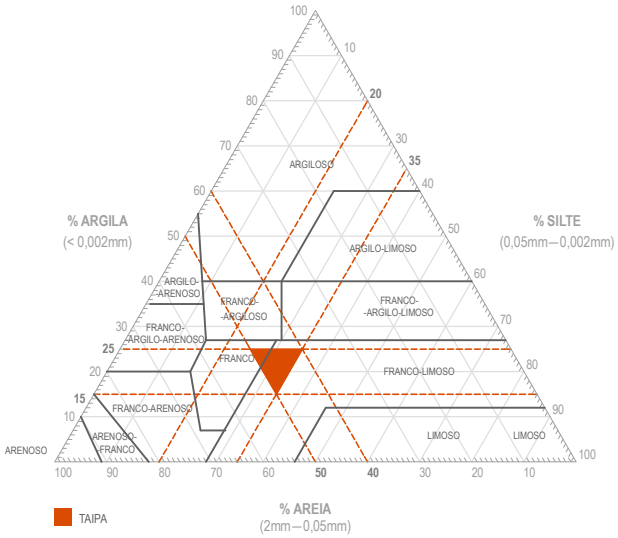
[81] MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:22.

[82] Informação transmitida pelo arquitecto durante uma conversa informal em S. Teotónio (Odemira), em Maio de 2009.

[83] COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 2:58.

SIST. CONSTRUTIVO	% SEIXOS (60<d>2mm)	% AREIA (2<d>0,06mm)	% SILTE (0,06<d>0,002mm)	% ARGILA (d<0,002mm)
TAIPA	0 - 15	40 - 50	20 - 35	15 - 25
ADOBE	———	55 - 75	10 - 28	15 - 18

QUADRO 22_ Valores de referência para a constituição do solo, em funçaõ do sistema construtivo — taipa e adobe (*CRATerre*).



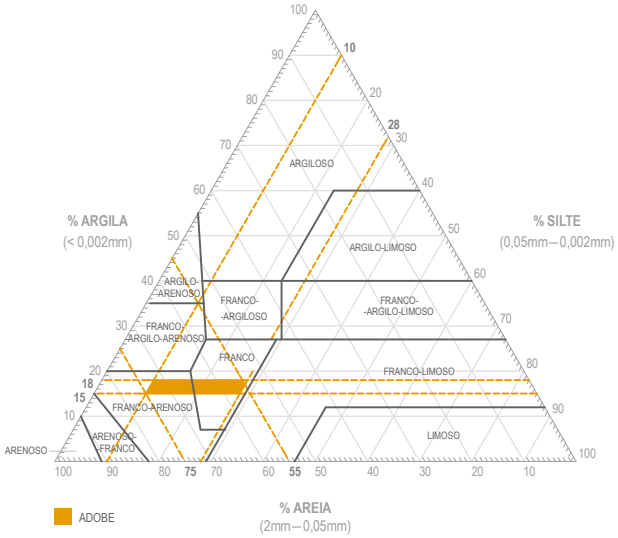


FIGURA 22_ Valores de referência para a constituição do solo, nos sistemas construtivos em taipa e adobe, de acordo com os valores indicados no quadro 22.

seu objectivo, (…) número da amostra, profundidade a que foi colhida, peso, etc.[84] Quando se inicia a realização de análises em campo, as amostras devem, em primeiro lugar, ser vertidas numa superfície plana formando um cone; de seguida, o material é estendido de modo uniforme, dividindo o volume de terra em quatro partes. Destas quatro parcelas rejeitam-se duas opostas e reagrupam-se as duas restantes, utilizando-as na realização dos testes; este procedimento deve ser repetido até se reunir a quantidade de terra necessária (Pereira; 2010). O método descrito tem como objectivo garantir que a realização dos testes se fará com uma parcela de terra representativa do conjunto, em termos de composição.

1.1 TEXTURA

A bibliografia analisada não refere qualquer restrição a respeito das classes de textura do solo: de um modo geral, qualquer tipo de solo pode ser empregue no âmbito construtivo – à excepção de solos orgânicos – podendo contudo ser necessário proceder à sua correcção. De acordo com a análise exposta no capítulo 2, deve ter-se em especial atenção os casos de solos argilosos onde predominam argilas sialíticas (minerais de montmorilonite), devido às acentuadas variações volumétricas que manifestam.

No quadro 22 apresentam-se valores de referência para a constituição do solo em função do sistema construtivo, citados por autores do grupo francês *CRATerre*;[85] estes valores podem ser considerados como base de trabalho na análise e correcção do solo. As percentagens indicadas no quadro elegem solos cuja composição reúne um mínimo de 40% de areia e 15% de argila, podendo daqui aferir-se que solos de textura mais arenosa se encontram, à partida, mais qualificados no domínio construtivo. Se dentro da fracção de terra fina se considerarem os lotes de silte e argila como o conjunto de partículas finas e o lote de areia como o conjunto de elementos grosseiros, verifica-se que os solos devem apresentar cerca de 50% de cada unidade de elementos. Os valores propostos foram assinalados no diagrama triangular de textura (figura 22), permitindo ressaltar a nível construtivo os solos francos (areia+limo com argila), franco-arenosos (areia com limo e argila) e franco-limosos (limo com areia e argila).

A maior parte dos testes de campo descritos na bibliografia de Arquitectura de Terra incidem na análise da textura do solo; o primeiro contacto com o material é feito através do corpo – recorrendo à visão, ao olfacto e ao tacto – e com o auxílio de instrumentos simples. Neste âmbito, destacam-se os seguintes testes:

– *exame visual* – observa-se o solo e retiram-se os elementos grosseiros (saibro, cascalho, pedras miúdas), procurando estimar a proporção de terra fina (areia, silte e argila). A cor do solo permite averiguar a presença de matéria orgânica, o grau de humidade e a composição mineralógica;[86]

– *teste do cheiro* – verifica-se se a terra possui ou não cheiro, apurando a existência de matéria orgânica. A terra adquire um odor a mofo ou bolor na sua presença, que se torna mais forte quando o solo é humedecido;

---

[84] PEREIRA, Catarina (2010): *Análise e Identificação de Terras*. In: *Oficina de Construção em Terra Crua – 6º ATP/ 9º SIACOT*. Coimbra, 20 de Fevereiro de 2010.

[85] O grupo *CRATerre* consiste num laboratório de pesquisa e investigação no âmbito da Arquitectura de Terra a nível internacional, criado em 1979, orientado por uma equipa de ensino da Escola de Arquitectura de Grenoble (ENSAG) (http://terre.grenoble.archi.fr).

[86] Os solos orgânicos apresentam habitualmente uma cor pardo-escura a negra. As cores vermelhas podem indicar óxidos de ferro não hidratados ou compostos de manganês, enquanto as amarelas apontam óxidos de ferro algo hidratados ou a sua mistura com alumínio. As cores esbranquiçadas, como os cinzentos claros, podem manifestar a presença de materiais quartzosos ou feldspáticos, assim como minerais de caulinite. De um modo geral, quanto maior for a humidade do solo, mais intensa é a sua coloração.

– *teste da mordedura* – morde-se uma porção de terra, trincando ligeiramente entre os dentes. Se a sensação for desagradável e a terra ranger, a textura é arenosa; se a sensação não for desagradável mas produzir um som áspero, a terra é siltosa. A terra é argilosa quando transmite uma sensação lisa e farinhenta ou se cola, ao ser humedecida com saliva;

– *teste do toque* – fricciona-se uma porção de terra fina entre as palmas das mãos e os dedos. Se se proporcionar uma sensação áspera e de desagregação, a terra é arenosa; se a aspereza for fraca e a terra se tornar algo plástica quando é humedecida, o solo é siltoso. A terra é argilosa quando apresenta torrões que se esmagam com dificuldade no estado seco, ou se torna plástica e pegajosa, ao humedecer;

– *teste da lavagem* – esfrega-se uma porção de terra humedecida entre as mãos. Se for possível sentir os grãos com nitidez e as mãos ficarem limpas ao friccionar, a terra é arenosa ou saibrosa; se a amostra for pegajosa, mas é ainda possível limpar as mãos com fricção quando a terra já secou, o solo é siltoso. A terra é argilosa quando se produzir a sensação de "ensaboamento" e só for possível limpar as mãos com água;

– *teste da consistência* – molda-se uma porção de solo húmido configurando um fio com três milímetros de diâmetro; se o fio se partir ou indicar fissuras antes de atingir os três milímetros, significa que a amostra se encontra pouco húmida, devendo acrescentar-se água. De seguida, com a mesma amostra, molda-se uma bola com dois a três centímetros de diâmetro. Se não for possível, ou se a bola se fraccionar com muita facilidade, o conteúdo de areia é muito elevado; a proporção de argila predomina quando é preciso pressionar a bola com força, entre o polegar e o indicador, para a esmagar.

– *teste da bola* – molda-se uma porção de solo, de modo a formar uma bola com quatro centímetros de diâmetro, devendo a terra estar apenas suficientemente húmida. A bola é atirada de uma altura de 1,50m para uma superfície plana; se a bola se desagregar totalmente, o conteúdo de areia é excessivamente elevado e se se achatar superficialmente, denotando poucas fissuras, o seu teor de argila é muito alto;

– *teste da aderência* – molda-se uma porção de terra suficientemente húmida (que não se cole aos dedos), de modo a formar uma bola, onde se introduz uma espátula. Se a espátula perfurar facilmente a bola, o solo é arenoso; se a espátula penetrar sem grande dificuldade e a terra aderir quando esta é retirada, o solo é siltoso. A terra é argilosa se a introdução da espátula for difícil e a terra ficar agarrada, quando o objecto é removido;

– *teste do corte ou do brilho* – molda-se uma amostra de solo húmido de modo a configurar uma bola, que se corta com uma faca. Se a superfície de corte se apresentar opaca ou baça, a terra é siltosa; se denotar um aspecto brilhante, a terra é argilosa;

– *teste da fita ou coesão* – molda-se uma porção de terra húmida configurando um cilindro com três a cinco milímetros de diâmetro e 30cm de comprimento. Este cilindro é colocado na palma de uma mão e empurrado cuidadosamente com a outra mão, fazendo-o deslizar e ficar suspenso, até se partir com o peso próprio. Se a dimensão do pedaço que se parte for inferior a cinco centímetros, a terra denota um considerável défice de argila; se o seu comprimento se situar entre os cinco e os dez centímetros, a percentagem de argila é razoável. Quando este pedaço mede entre 25cm e 30cm, a terra é demasiado argilosa

– *teste de sedimentação* – utiliza-se um frasco de fundo liso, com a capacidade de um litro, que se enche com uma proporção de ¼ de terra fina e ¾ de água; agita-se o conteúdo e deixa-se repousar durante uma hora, repetindo este procedimento duas vezes. Ao fim deste período, as partículas de maior dimensão assentam na base do frasco, estratificando-se sucessivamente, até às mais finas no topo; através da altura das diferentes camadas

estima-se a proporção em que os lotes de terra fina se apresentam no solo. Em *Building with Earth*, Gernot Minke afirma que, apesar deste teste ser frequentemente utilizado e referenciado por vários profissionais, algumas experiências realizadas no *BRL* [87] verificaram que a análise pode apresentar uma grande margem de erro, quando comparados os seus valores com os resultados de laboratório. Os estratos de distribuição granulométrica podem variar e não corresponder com as proporções reais que o volume de solo apresenta;[88]

– *teste de peneiração* – utilizam-se dois peneiros da série ASTM para crivar uma porção de solo seco, de modo a estimar a proporção das fracções de elementos grosseiros e de terra fina. Em primeiro lugar, o solo é crivado no peneiro nº200 (0,074mm): se o conteúdo retido for superior ao que passou, predomina a fracção de elementos grosseiros ou o lote arenoso; caso contrário, o solo será siltoso ou argiloso. De seguida, a porção de solo retida no peneiro nº200 é crivada no peneiro nº10 (2mm): se a quantidade que permanece no crivo for superior à que passou, o solo é pedregoso; na situação inversa, o solo é arenoso.

A bibliografia analisada não menciona qualquer teste de campo que se dirija especificamente para o estudo do tipo de minerais de argila presentes no solo. Na *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra* referiu-se que, de facto, não existe nenhum exame de campo destinado concretamente a este fim, devendo tal característica ser apurada em laboratório. No entanto, através dos testes realizados à consistência do solo, pode fazer-se uma avaliação indirecta da fracção argilosa, estimando a sua composição mineralógica e o seu grau de actividade.

Em laboratório, o estudo da textura do solo é realizado através de diferentes processos de análise mecânica. O lote de areia grossa é determinado por "peneiração", recorrendo a diferentes peneiros seriados; caso se pretenda quantificar um lote de elementos grosseiros (pedras, cascalho ou saibro), emprega-se igualmente este método. A análise dos lotes de areia fina, silte e argila é efectuada por meio de ensaios de "sedimentação";[89] Botelho da Costa descreve os métodos de "sedimentação e decantação" e de "levigação" para a separação do lote de areia fina, e os testes de "pipetagem" e "densimetria" para o estudo dos lotes de silte e argila.[90] Os resultados obtidos são indicados pelas percentagens do peso de cada lote em relação à fracção de terra fina, seca a 105ºC. A caracterização mineralógica das argilas deve preferencialmente recorrer a diferentes técnicas laboratoriais, de modo a intersectar resultados e obter informações mais exactas. Neste âmbito, Botelho da Costa menciona vários testes, entre os quais a "retenção de líquidos polares", a "análise química", a "análise térmica", ou o "exame ao microscópio electrónico".

---

87 "BLR" – *Building Research Laboratory*, Universidade de Kassel, Alemanha.

88 MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:22.

89 Os ensaios de sedimentação fundamentam-se na *Lei de Stokes*, baseada no *conhecimento aproximado de velocidade de sedimentação de partículas terrosas num meio de certa viscosidade, como a água*.

COSTA, Botelho (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 2: 48.

90 idem. 2: 47-54.

1.2 CONSISTÊNCIA

As quatro formas de consistência identificadas no capítulo 2 podem ser avaliadas em campo, testando o comportamento do solo para diferentes teores de água; a sua análise tem como referência o grau de humidade que o solo apresenta na sua "capacidade de campo".[91] Os testes que se realizam para determinar a adesividade e a plasticidade utilizam uma amostra com um teor de humidade ligeiramente superior à capacidade de campo; para apurar a friabilidade, a humidade deve situar-se entre a capacidade de campo e a de solo seco ao ar, enquanto a tenacidade é verificada com solo seco ao ar. De um modo geral, os níveis mais reduzidos de consistência dizem respeito a texturas arenosas, enquanto os mais elevados se reportam a texturas argilosas. Os exames que se mencionam recorrem apenas às mãos, dedos e ao tacto para a sua execução:

– *teste à adesividade* – pressiona-se uma porção de solo entre o dedo indicador e o polegar, atendendo à sua maior ou menor aderência. O solo pode classificar-se em quatro níveis de adesividade: "não pegajoso", se praticamente não aderir aos dedos; "pouco pegajoso", se aderir aos dedos mas, ao afastá-los, o solo se distender e ficar preso apenas a um deles; "pegajoso", se aderir aos dedos e, ao afastá-los, o solo se esticar, pegando-se a ambos; "muito pegajoso", se aderir com veemência aos dedos e, ao separá-los, o solo se dilatar com clareza, colando-se igualmente aos dois dedos;

– *teste à plasticidade* – molda-se uma porção de terra entre o dedo polegar e o indicador, de modo a configurar um filamento. O solo pode denotar quatro níveis de plasticidade: "não plástico", se for impossível moldar um filamento; no caso de ser possível, o solo é "pouco plástico" quando o fio se fragmenta com facilidade, "plástico" se for necessária alguma pressão para o fraccionar e "muito plástico" se for preciso fazer bastante pressão, para o mesmo efeito;

– *teste à friabilidade* – aperta-se uma amostra de solo entre o dedo indicador e o polegar, observando a sua maior ou menor coesão. O solo pode apresentar seis graus de friabilidade: "solto", se não tiver coesão; "muito friável" ou "friável", se se fragmentar sob pressão fraca a moderada, respectivamente, mas voltar a aderir quando apertado; "firme", se se esboroar sob pressão moderada, mas manifestar considerável resistência; "muito firme", se só se fraccionar com dificuldade ou "extremamente firme", se não se conseguir quebrar de todo;

– *teste à tenacidade* – segura-se uma fracção de solo entre os dedos ou na mão, procurando esboroá-la. O solo pode qualificar-se de acordo com seis níveis de tenacidade: "solto", se não for coerente; "brando", se se desfizer sob pressão leve; "ligeiramente duro", se se fraccionar com facilidade; "duro", se não se quebrar entre os dedos, mas se esboroar com destreza na mão; "muito duro", se só com dificuldade se puder fragmentar na mão ou "extremamente duro", se não se fraccionar com a força da mão.

Quando o teor de água existente no solo varia, altera-se a sua consistência e observam-se movimentos de expansão e retracção, cuja intensidade difere devido ao tipo de minerais de argila presentes; através dos testes que incidem na consistência é possível percepcionar estas variações volumétricas. Em *Building with Earth*, Gernot Minke

---

[91] A *capacidade de campo* consiste numa constante de humidade do solo, ou seja, num valor numérico que indica a percentagem de humidade que um solo apresenta, em determinada circunstância; neste caso, diz respeito à capacidade de retenção do solo para a água em pleno campo. *Pode definir-se como o teor de humidade retido pelo solo quando, depois de ter cessado o movimento gravitacional, o movimento de água capilar decresce substancialmente. (…) Expressa como percentagem do peso de solo seco, a capacidade de campo pode não chegar a 5% em areias, ao passo que em solos argilosos pode ir além de 40%. Em solos orgânicos atinge valores muito mais elevados.*

COSTA, Botelho (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004]. 11: 418-419.

refere um teste que incide sobre a retracção do solo, observando o fendilhamento que ocorre:

– *teste à retracção do solo* – moldam-se diferentes tipos de solo no estado muito húmido, com a forma de paralelepípedos de dimensão 10x10x7cm. Posteriormente, as amostras são colocadas a secar num forno à temperatura de 50ºC, de modo a observar as fissuras que sucedem.[92]

Fernando Torgal menciona ainda um teste que incide sobre a capacidade de retenção de água por parte do solo; esta experiência permite adquirir uma noção do grau de expansão e retracção, uma vez que quanto maior for o grau de retenção de água, mais intensos serão esses fenómenos:

– *teste à retenção de água* – criva-se uma amostra de solo num peneiro com uma malha de um milímetro; a porção que passa no crivo é suficientemente humedecida e moldada com a forma de uma bola, com um diâmetro de três a quatro centímetros. Pressiona-se a bola na palma de uma mão e com a outra golpeia-se continuamente: se ao fim de cinco a dez golpes a terra se fragmentar e a água aparecer na superfície, o solo é arenoso e retém pouca água; se forem necessários 20 a 30 golpes para a água surgir e a terra não se fraccionar, o solo é argiloso e retém bastante água.[93]

Em laboratório, o estudo da consistência é efectuado por meio de ensaios que recorrem somente à fracção de terra fina, realizando testes aos "limites de plasticidade" – limite de liquidez e limite de plasticidade, também designados limite superior e inferior de plasticidade, respectivamente –, ao "número de plasticidade" e ao "limite de retracção". Estes exames permitem determinar os limites de consistência do solo, apurando as percentagens de água, a partir das quais, se verificam alterações no seu estado de consistência.[94]

Os limites de plasticidade determinam o intervalo de valores em que o solo permanece plástico e moldável; constituem a definição de dois limites, correspondentes à maior e menor percentagens de água, a partir das quais o solo deixa de manter a forma que se lhe procura atribuir. O limite de liquidez (LL) refere-se à percentagem de água acima da qual o solo manifesta fluidez,[95] enquanto o limite de plasticidade (LP) diz respeito à percentagem de água abaixo da qual o solo se desagrega (quadros 23 e 24).[96] O número ou índice de plasticidade (IP) é calculado através da expressão "IP=LL–LP", correspondendo à diferença entre as percentagens de água dos limites superior e inferior de plasticidade, ou seja, representando o intervalo de teores de água para os quais o solo se mantém plástico (quadro 25). Os limites de plasticidade do solo, especialmente o limite de liquidez, tornam-se mais elevados para solos com maior proporção de argila e para solos com argilas sialíticas; nestas situações, o índice de plasticidade é consequentemente aumentado. *Para teores de argila inferiores a cerca de 10%, no caso de argilas sialíticas, e menores que uns 20%, no caso das ferralíticas, o número de plasticidade é muito pequeno.*[97]

---

92 MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:24-25.

93 TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:58.

94 A determinação dos limites de consistência do solo é definida pela norma portuguesa NP-143.

95 Em laboratório, o limite de liquidez é determinado através de um aparelho específico denominado *Concha de Casagrande*.

96 Obede Faria descreve o limite de plasticidade como o teor de água necessário e suficiente para moldar uma amostra de solo sobre uma placa de vidro, com a forma de um fio cilíndrico de três milímetros de diâmetro e 12 a 15cm de comprimento.

FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:182.

97 COSTA, Botelho (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 10:361.

TEXTURA DA TERRA	LL (%)	LP (%)	IP = LL - LP
ARENOSA	10 - 23	5 - 23	< 5
SILTOSA	15 - 35	10 - 55	5 - 15
ARGILOSA	28 - 150	20 - 50	15 - 95

QUADRO 23_ Valores comuns dos limites de plasticidade e do índice de plasticidade, em função da textura do solo (Minke; 2006).

LIMITES DE CONSISTÊNCIA	RECOMENDADO	MÁXIMO/MÍNIMO
LIMITE DE LIQUIDEZ	30 - 35	25 - 50
LIMITE DE PLASTICIDADE	12 - 22	10 - 25
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	7 - 18	7 - 29
LIMITE DE RETRACÇÃO	< TEOR DE ÁGUA ÓPTIMO	8 - 18

QUADRO 24_ Valores de referência para os limites de consistência de solos utilizados na construção com terra (Doat *et al.*; 1979).

ÍNDICE DE PLASTICIDADE	TIPO DE PLASTICIDADE
5 - 10	FRACA
10 - 20	MÉDIA
> 20	FORTE

QUADRO 25_ Classificação da plasticidade de um solo, a partir do seu índice de plasticidade (Doat *et al.*; 1979).

RETRACÇÃO RELATIVA (%)	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO
> 70	SUSCEPTÍVEL FORTE RETRACÇÃO
50 - 70	RETRÁCTIL
< 50	RETRACÇÃO FRACA

QUADRO 26_ Classificação da retracção relativa de um solo (Houben *et al.*; 1989).

O teste ao limite de retracção incide nos movimentos de expansibilidade e contractibilidade do solo, em função do seu teor de água. De acordo com Obede Faria,[98] o limite de retracção corresponde à percentagem de água abaixo da qual o volume de solo se mantém constante, verificando-se contudo a abertura de fissuras (quadro 26).

Os valores obtidos no índice de plasticidade e na percentagem do lote argiloso (análise granulométrica) permitem definir a "actividade da argila" (Ac), através da equação "Ac = IP / % lote de argila". *É comum considerar que uma «actividade» maior do que 1,25 corresponde a uma argila muito activa, e para valores inferiores a 0,75 considera-se que a argila presente no solo é pouco activa*.[99] (quadro 27).

ACÇÃO MECÂNICA

Os ensaios que se realizam neste âmbito determinam o conjunto de valores de humidade e força de compactação, que permitem alcançar a melhor resistência mecânica dos elementos construídos em terra. Para o efeito, determina-se a designada "humidade óptima de compactação", correspondente ao grau de humidade que permite compactar a maior massa específica seca (baridade máxima). O valor resultante diz respeito à condição em que, para uma dada força de compactação, se reúnem as condições de melhor adensamento, menor porosidade e maior durabilidade da matéria. Todavia, este ensaio dirige-se de modo mais directo para as técnicas construtivas em que a acção mecânica desenvolvida é a compactação (sistema construtivo em taipa); *para algumas técnicas construtivas como o adobe, a mistura de solo e água é usada em estado de consistência plástica, com teores de humidade superiores à humidade óptima de compactação* (…). *Ao secar, o solo atinge massa específica de valor diferente da máxima massa específica obtida por compactação.*[100] A bibliografia analisada refere dois testes de campo que incidem neste tema, abordando simultaneamente a textura do solo:

– *teste da queda* – molda-se uma porção de terra de modo a configurar uma bola, alternando sucessivamente o seu teor de humidade. A bola é atirada de uma altura de 1,10m a 1,50m para uma superfície plana: se a bola não se quebrar, o teor de humidade é excessivo; se a bola se desagregar totalmente, o teor de humidade é muito baixo. A humidade óptima corresponde à situação em que a bola se fracciona em quatro a cinco pedaços. Este teste é análogo ao *teste da bola*, mencionado a propósito da textura, sendo contudo o seu resultado analisado sob o ponto de vista do teor de humidade presente no solo;

– *teste de resistência a seco* – criva-se uma amostra de solo num peneiro com uma malha de um milímetro e com a porção que passa no crivo, suficientemente humedecida, moldam-se três a quatro pastilhas (com um diâmetro de 40 a 50mm e altura de 10 a 13mm). Após secagem ao sol, as amostras são comprimidas entre o polegar e o indicador, testando a sua resistência: se se fragmentarem facilmente, o solo é arenoso; se apenas se desfizerem com algum esforço, indica a predominância de argila siltosa ou arenosa. O solo é argiloso quando, sob pressão, a amostra não se quebra.

---

98 FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:182.

99 FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*; Lisboa: Argumentum. 2:52.

100 FARIA, Obede (2005): *Caracterização de solos para uso na arquitectura e construção com terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:183.

ACTIVIDADE DA ARGILA	TIPO DE ARGILA
Ac < 0,75	POUCO ACTIVA
0,75 < Ac < 1,25	NORMALMENTE ACTIVA
1,25 < Ac < 2,00	ACTIVA
Ac > 2,00	MUITO ACTIVA

QUADRO 27_ Classificação do tipo de argila,a partir do seu grau de actividade (Doat *et al.*; 1979).

MASSA VOLÚMICA SECA (Kg/m^3)	**CLASSIFICAÇÃO DO SOLO**
1650 - 1760	MEDÍOCRE
1760 - 2100	MUITO SATISFATÓRIO
2100 - 2200	EXCELENTE
2200 - 2400	EXCEPCIONAL

QUADRO 28_ Classificação do solo,em função da massa volúmica seca após compactação (Doat *et al.*; 1979).

ENSAIO	NORMA	PREÇO (€)
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA:		
– PENEIRAÇÃO	LNEC E 239	45
– PENEIRAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO	LNEC E 196	100
COMPACTAÇÃO	LNEC E 197	150
EXPANSIBILIDADE	LNEC E 200	45
LIMITES DE CONSISTÊNCIA:		
– LIMITE DE LIQUIDEZ	NP 143	45
– LIMITE DE PLASTICIDADE	NP 143	45
– LIMITE DE RETRACÇÃO	NP 143	45
PESO VOLÚMICO SECO MÁXIMO E MÍNIMO	ASTM D 4354 ASTM D 4254	300
TEOR EM ÁGUA	NP 84	15

QUADRO 29_ Testes de laboratório, normas e preços, de acordo com as indicações do LNEC (In:*www.lnec.pt*)

Em laboratório, a humidade óptima de compactação é avaliada por meio de um aparelho designado "cilindro de *Proctor*", que permite a compactação do solo mediante um grau de energia padronizado, testando diferentes graus de humidade e as massas específicas secas que lhes correspondem (quadro 28). Torgal refere, no entanto, que *alguns autores defendem* (…) *que o ensaio Proctor possui uma baixa energia de compactação, o que faz com que o teor de água óptimo seja superior ao recomendado para a compactação de taipa com equipamentos pneumáticos.*[100] Deste modo, sugere um "ensaio de resistência à compressão simples", semelhante aos testes realizados para outros materiais como o betão ou o tijolo, em detrimento do ensaio de compactação *Proctor*.

> In one experiment the BRL, handmade adobes had, on an average, a compressive strength 19% higher than if produced in a soil block press which imparted a pressure of 20kg/cm^2 to the material. The belief of many researchers and practitioners that pressing in a soil block press leads to an increase of compressive strength may only be true for limited cases. As a rule, it is not.
>
> (…) if there is lesser compaction and higher water, then the same compressive strength may be achieved by using higher compaction and less water (...).[101]

Na opinião de Gernot Minke, a capacidade de atingir uma resistência mecânica superior não se relaciona especificamente com a aplicação do solo no estado húmido por compactação, mas principalmente com uma correcta articulação entre o teor de humidade e a acção mecânica desenvolvida, em função de cada tipo de solo. No que respeita a humidade óptima de compactação, o arquitecto refere ainda que o solo deve ser trabalhado com um teor de água algo superior a este valor e que, na prática, a humidade óptima de compactação deve ser interpretada como o mínimo teor de água que o solo deve apresentar.[102]

2. EXTRACÇÃO E HOMOGENEIZAÇÃO

A terra seleccionada para uma aplicação construtiva é preferencialmente obtida num local próximo da zona de intervenção.[103] O volume de terra necessário deve ser calculado previamente, de modo a verificar se a extracção pode ser realizada sempre no mesmo local, ou se terá de ser efectuada em diferentes pontos do terreno. Em algumas situações, o solo proveniente do desaterro para a fundação do edifício é utilizado para construir, tirando-se um duplo partido da escavação. Após a extracção, o material deve ser crivado, de forma a eliminar raízes e pedras de maior dimensão, que se apresentem no volume de terra; de seguida, procede-se à sua homogeneização.

---

100 TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:62.

101 "Num ensaio realizado no BRL, os adobes executados manualmente apresentavam, em média, uma resistência à compressão superior em 19% em comparação com blocos produzidos através de prensa mecânica, que transmite ao material uma pressão de 20kg/cm^2. A convicção de muitos investigadores e trabalhadores de que a compactação de uma unidade de solo com prensa mecânica conduz a um aumento de resistência à compressão é apenas correcta em casos limitados. Regra geral, não o é. (...) se existir menor força de compactação e maior quantidade de água, pode atingir-se a mesma resistência à compressão que se alcança com maior força de compactação e menor quantidade de água." (tradução livre).

MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:44-45.

102 Idem. 4:45.

103 No caso da construção com adobe, as unidades podem ser prefabricadas, não se verificando nesse caso esta condição.

PAINEL 12 _ Procedimentos manuais para a homogeneização da terra (acção de formação de *Conservação e Recuperação de Construção com Taipa* em Odemira, Maio de 2009).

PAINEL 13 _ Homogeneização da terra através de maquinaria adaptada (a) ou específica para a construção com terra (b a d).

O mecanismo de homogeneização consiste em desagregar e dissipar os torrões existentes no solo, revolvendo e misturando sucessivamente a matéria; esta operação tem por objectivo uniformizar a distribuição das partículas e do grau de humidade que compõem o material, aferindo características idênticas em cada porção do volume de solo. Esta acção pode ser desenvolvida com o auxílio do corpo – mãos e pés –, de força animal ou de instrumentos simples – sachos e enxadas (painel 12). Actualmente, é possível recorrer a maquinaria adaptada – utilizando por exemplo um tractor, que se conduz sucessivamente por cima da terra estendida –[104] ou concebida especificamente para este tipo de construção (painel 13).[105] Em função do grau de humidade que a terra extraída apresente, pode ser útil a adição de pequenas quantidades de água que facilitem a sua homogeneização.[106] De acordo com arquitectos como Gernot Minke, [107] ou Eduardo Carvalho,[108] em algumas circunstâncias pode realizar-se um processo de "cura" com água, que é comum quando se trata de terras bastante argilosas. Nesta situação, o volume de solo extraído é estendido num recipiente plano e coberto de água, deixando repousar a mistura durante dois a quatro dias; no fim deste período, após a expansão das argilas, obtém-se uma massa de consistência trabalhável.[109] De uma maneira geral, o volume de terra deve sempre permanecer em repouso antes da aplicação, por um período de 12h a 48h, para que o grau de humidade se reparta equitativamente por todo o material (Minke; 2006). No decurso do processo construtivo deve ser empregue o mesmo tipo de solo (ou mistura de solos), com a mesma preparação e dosagem de componentes, recorrendo a medidas fáceis de manusear (como baldes e pás).[110]

Nas situações em que os testes realizados verificam a aptidão construtiva da terra, sem necessidade de a corrigir, pode passar-se directamente a uma aplicação construtiva, após terminar a fase de homogeneização; nos restantes casos, a correcção do solo é elaborada durante este processo.

---

104 Em *Building with Earth,* Gernot Minke descreve uma experiência realizada na Universidade de Kassel pelo grupo de investigadores do *Building Research Laboratory* (*BRL*), onde foi construída uma estrutura adaptada para a homogeneização da terra (painel 13 - a). A estrutura era composta por uma viga apoiada num pilar central, que segurava dois pares de pneus antigos (preenchidos com betão no interior); este dispositivo podia ser accionado através de força manual, animal ou mecânica. O rodar progressivo do engenho, juntamente com a adição de água na mistura, produziu 1m³ de terra preparada em 15m. Minke alerta que as misturadoras comuns para betão não devem ser utilizadas para a homogeneização da terra, dado que a sua acção aglomera os torrões em vez de os desfragmentar.

105 A nível internacional verificam-se algumas empresas que produzem aparelhos mecânicos especificamente para este fim, como a Ceratec na Bélgica, a Royer em França e a Heuser na Alemanha.

106 O valor exacto da quantidade de água adicionada, em função da quantidade e tipo de terra, bem como do sistema construtivo, consiste numa informação que não foi encontrada durante esta pesquisa; normalmente é feita referência a uma medida empírica, definida pela equipa que constrói (geralmente pela figura do "mestre taipeiro" ou "mestre adobeiro").

107 MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 3:36.

108 Informação transmitida pelo arquitecto Eduardo Carvalho (Atelier Plano B), no âmbito da *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra* (Conímbriga, Fevereiro de 2010).

109 Em climas frios a existência de gelo pode ser um factor aproveitado neste processo. A terra húmida é amontoada numa altura de 20 a 40cm, deixando-se congelar durante o Inverno; a desagregação dos torrões de terra ocorrerá devido à variação de volume da água nos estados líquido e sólido (Minke; 2006).

110 BEIRÃO, Teresa (2010): *Taipa*. In: *Oficina de Construção em Terra Crua – 6º ATP/ 9º SIACOT*. Coimbra, 20 de Fevereiro de 2010.

FIGURAS 23 E 24_ Componentes para a estabilização do solo: cal aérea (a) e cimento (b).

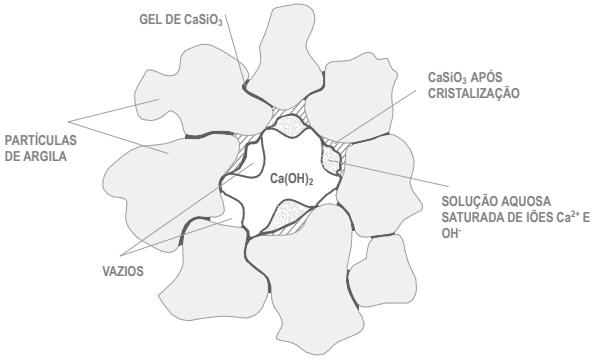


FIGURA 25_ Adição de cal no solo e consequente formação de material cimentício (Cristelo; 2008).

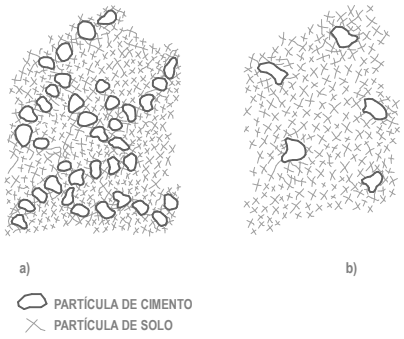


FIGURA 26_ Estabilização do solo com adição de diferentes teores de cimento (Cristelo; 2008):

a) > % de cimento: acção aglutinante das partículas, com aumento da resistência mecânica;
b) < % de cimento: formação de núcleos independentes e diminuição do grau de plasticidade.

A correcção ou estabilização do solo tem como objectivo melhorar o seu desempenho a nível construtivo; é realizada em função dos valores obtidos nos testes de campo ou laboratório e da técnica que se deseja alplicar; esta correcção pode ser efectuada por processos de estabilização mecânica ou química. No primeiro caso, procede--se a uma alteração essencialmente física do solo, intervindo a nível da disposição ou proporção das partículas terrosas; na segunda situação, actua-se principalmente no âmbito da sua estrutura química, adicionando componentes como a cal ou o cimento, que interagem com os minerais de argila (figuras 23 a 26).

> At the BRL, it was discovered that after being mixed for ten minutes in a laboratory mixer, a silty mud mortar acquired a biding force that was 57% higher than the same mixture when mixed for only one minute. Nevertheless, there was an 11% reduction in the binding force after 20 minutes, which suggests the existence of an optimum mixing time.[112]

Propriedades como a resistência à compressão, a resistência à acção da água, o grau de coesão ou de retracção do solo, podem ser melhoradas de modo considerável se a terra for devidamente homogeneizada. A correcta disposição do conjunto de partículas terrosas pode ser aferida, de acordo com Minke, com base num período de tempo ideal em que a terra é amassada, misturada e revolvida; este intervalo de tempo varia de solo para solo e deve ser testado para cada caso.[113]

Nas situações em que a homogeneização do solo é manifestamente insuficiente, é necessário actuar ao nível da constituição da terra, adicionando ou removendo os componentes adequados. As proporções dos diferentes lotes de partículas indicam se o solo carece de elementos inertes ou de um elemento ligante: de um modo geral, pode considerar-se como princípio de correcção a adição de inertes no caso de solos demasiado argilosos e de um ligante no caso de solos excessivamente arenosos. A adição de elementos deve realizar-se durante a homogeneização da terra, para que todos os constituintes se interliguem de modo uniforme; habitualmente, a mistura é feita primeiro a seco (sem adição de água) e só depois é humedecida. A selecção dos componentes, bem como a proporção em que devem ser adicionados, deve ser testada e controlada regularmente com diferentes análises, uma vez que a sua acção pode ser simultaneamente benéfica e nefasta, consoante as propriedades do solo consideradas. *For instance, compressive and bending strength can be raised by adding starch and cellulose, but these additives also reduce the binding force and increase the shrinkage ratio, which is disadvantageous.*[114]

Os solos caracterizados por percentagens demasiado elevadas do lote arenoso ou pela presença inadequada de elementos grosseiros podem, à partida, corrigir-se através da remoção destes componentes com

---

112 MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:42.

113 Para determinar este intervalo, o arquitecto sugere que se moldem diferentes porções de solo, configurando bolas com 5cm de diâmetro, que são lançadas de uma altura de 2m para uma superfície plana e rígida; as amostras devem utilizar o mesmo solo, em igual estado de consistência, variando somente o tempo de homogeneização.

114 "A título de exemplo, a resistência à compressão e à flexão podem ser aumentadas através da adição de amido ou de celulose, mas estes aditivos reduzem simultaneamente a força de ligação e aumentam a proporção de retracção, o que é desvantajoso." (tradução livre).

MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:39.

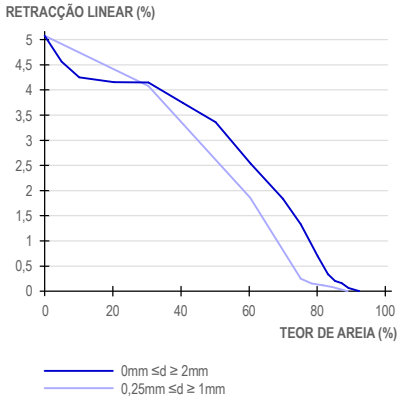


GRÁFICO 1_ Adição de diferentes granulometrias de areia num solo argiloso e consequente diminuição do grau de retracção (Minke; 2006).

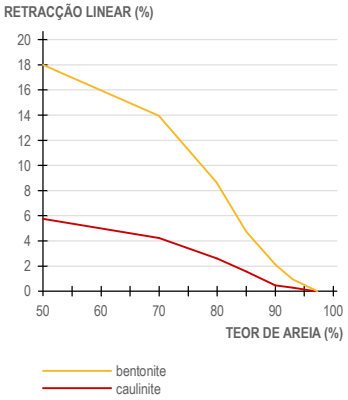


GRÁFICO 2_ Adição de areia (2mm >d>0) em solos argilosos e consequente diminuição do grau de retracção, consoante os minerais de argila (Minke;2006).

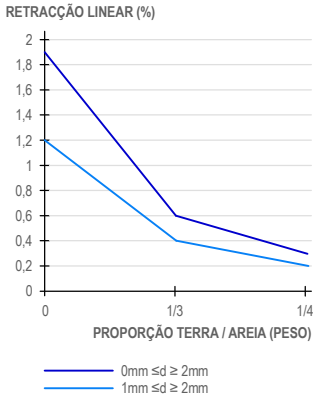


GRÁFICO 3_ Adição de diferentes granulometrias de areia num solo siltoso e consequente diminuição do grau de retracção (Minke; 2006).

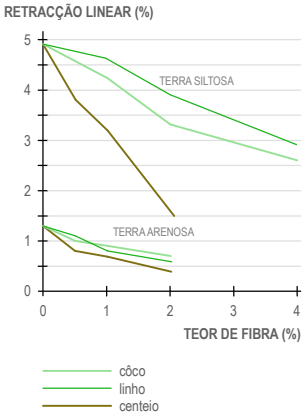


GRÁFICO 4_ Adição de diferentes fibras no solo e consequente diminuição do grau de retracção (Minke;2006).

PALHA (% / MASSA)	**PESO** (Kg/m^3)	**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO** (N/mm^2)
0	1882	2,2
1	1701	1,4
2	1571	1,3
4	1247	1,1
8	872	0,3

QUADRO 30_ Adição de palha cortada (5cm) no solo e consequente diminuição da resistência à compressão (Minke; 2006).

TEXTURA DO SOLO	**TEOR DE CIMENTO (%)**	**RESISTÊNCIA MÉDIA** (MPa)
ARENOSA	6	2,47
	8	3,5
	10	3,7
ARGILOSA	6	1,8
	8	2,1
	10	2,3

QUADRO 31_ Resistência à compressão de solos para construir em taipa, estabilizados com cimento (Torgal;2009).

recurso a crivagem, utilizando peneiros seriados para seleccionar as dimensões das partículas. Quando a remoção destas partículas se manifesta insuficiente para a qualificação do solo, pode optar-se pela adição de um componente ligante, como a argila. No entanto, a incorporação de argila num solo arenoso torna-se várias vezes uma operação árdua, que resulta numa mistura de terra demasiado heterogénea. Para agilizar o processo e aferir uma correcta ligação entre os distintos lotes de partículas, os torrões secos de argila devem permanecer imersos em água durante alguns dias, período após o qual se pode passar à sua agregação no volume de terra.[115] Contudo, é ainda possível optar por outro tipo de ligantes como a cal, tradicionalmente utilizada em construção com terra, ou, mais recentemente, como o cimento.[116] Na opinião de profissionais como Minke [117] ou Torgal,[118] o cimento é um estabilizante mais apropriado para solos arenosos, enquanto a cal se presta melhor à correcção de terras argilosas. Não obstante, a arquitecta Maria Fernandes refere a execução de "adobes de cal", típicos da região de Aveiro, em que se utilizavam terras arenosas (4 a 10% de argila) estabilizadas com cal aérea.[119]

O aperfeiçoamento de uma terra muito argilosa é habitualmente realizado através da adição de percentagens variáveis de seixos, areia (gráficos 1 a 3) ou palha cortada (gráfico 4). Estes componentes corrigem o défice de inertes, conferindo estrutura ao solo e diminuindo o grau de retracção, devido à redução da percentagem de argila. De acordo com Maria Fernandes, a adição de fibras vegetais em solos argilosos (teor superior a 18% de argila) é característica em regiões como os vales do Tejo e do Sado, ou em zonas da Estremadura, Ribatejo e Algarve.[120] No entanto, a opção por este tipo de inertes suscita opiniões divergentes; alguns profissionais destacam o perigo das fibras apodrecerem e corromperem as estruturas de terra, enquanto outros afirmam que essa situação pode ser controlada no processo de preparação do solo. Miguel Mendes refere que a palha deve ser demolhada antes de ser misturada no solo, de modo a libertar substâncias que despoletam a sua decomposição;[121] Torgal menciona uma experiência em que foram empregues *fibras de bagaço de cana-de-açúcar desmeduladas e tratadas com silicato de sódio e sulfato de alumínio*, para solucionar o problema.[122] Minke alerta, contudo, para o facto de que a adição de palha na mistura de terra restringe o seu grau de retracção, mas diminui simultaneamente a sua resistência mecânica: *The oft-mentioned assumption that fibres always increase compressive strength is false. When fine fibres or hair are added in small amounts, tensile strength – and therefore compressive strength – is increased slightly. The addition of cut straw, however, has the opposite effect (…).* (quadro 30).[123] Tal como sucede com terras

---

115 Gernot Minke refere que é também possível aumentar o conteúdo de argila do solo, adicionando terra muito argilosa ou argila pura, em pó, à terra arenosa humedecida.

116 Alguns profissionais discordam da adição de cimento na mistura de terra, como princípio e filosofia deste tipo de construção, enquanto outros consideram que a adição deste componente pode trazer grandes vantagens, em termos de resistência mecânica e solidez do edifício.

117 MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:40.

118 TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:75.

119 FERNANDES, Maria (2005): *O Adobe Moldado*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:46.

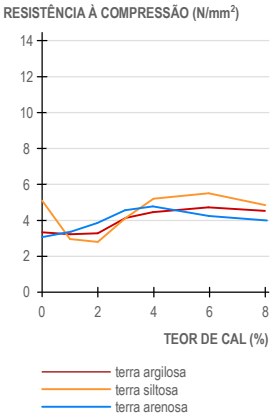
120 Idem. 1:46.

121 Informação transmitida na *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra*. Na mesma acção de formação referiu-se que, nos casos em que a terra argilosa é homogeneizada através de "cura" em água, a palha seca cortada pode ser adicionada directamente nessa "pasta" plástica.

122 TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 2:43.

123 A suposição, várias vezes mencionada, de que as fibras aumentam invariavelmente a resistência à compressão, é falsa. Quando se adicionam pequenas fibras ou cabelo em quantidades reduzidas, a resistência à tracção – e, por isso, a resistência à compressão – é ligeiramente aumentada. Contudo, a adição de palha cortada tem o efeito oposto (...)" (tradução livre.)

MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:47.



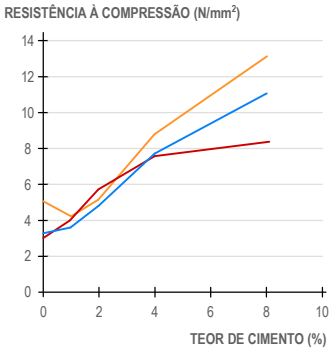
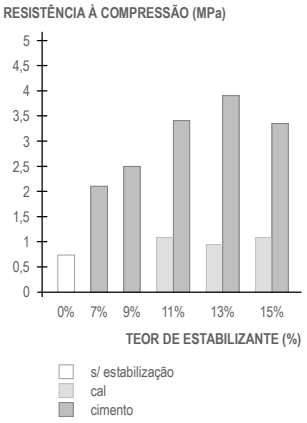


GRÁFICO 5 E 6_ Resistência à compressão em solos estabilizados com cal e cimento (Minke; 2006).



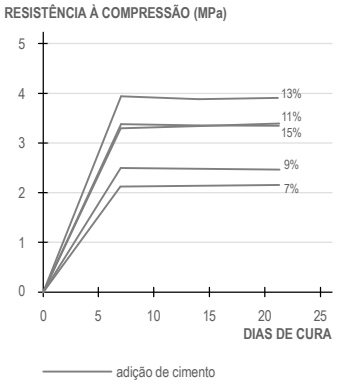


GRÁFICO 7 E 8_ Resistência à compressão de solos da região de Aljezur, estabilizados com cal e cimento (Torgal; 2009).

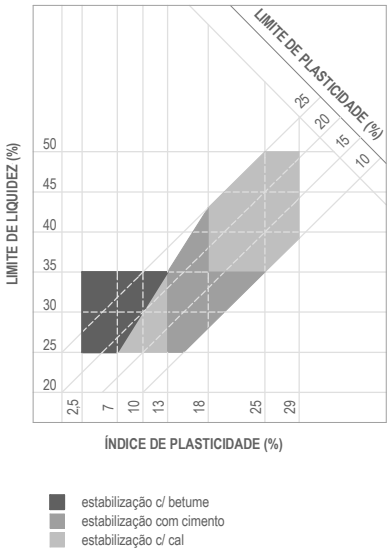


FIGURA 27_ Estabilizantes apropriados para o solo, em função dos limites de consistência (Doat *et al.*; 1979).

demasiado arenosas, os solos em que predomina o lote argiloso podem igualmente ser estabilizados através da adição de cal ou de cimento, componentes que interagem quimicamente com as partículas de argila. Minke afirma que a cal se adequa melhor a solos onde prevalecem minerais montmoriloníticos, enquanto o cimento actua melhor na presença de minerais caulinítico; o grupo *CRATerre* sugere a selecção do estabilizante através da análise dos limites de consistência (figura 27).

> O teor em cal a usar na estabilização dos solos deve ser sempre da ordem de 1 a 10% (…). A utilização de quantidades superiores não é económica nem necessária, mas nunca se deve utilizar menos de 3%, pois mesmo que em laboratório se tenha obtido as modificações pretendidas com um teor inferior, as condições de mistura na obra são sempre mais imperfeitas.
>
> (…) O grupo de estudos *CRATerre* recomenda percentagens de cimento entre 6 a 10% na estabilização de solos para a construção com terra.[124]

As percentagens ideais em que a cal e o cimento devem ser adicionados variam consoante as características de cada solo. Contudo, verifica-se em geral que quer valores reduzidos (inferiores a cerca de 2%), quer valores elevados (superiores a cerca de 6% para a cal e 13% para o cimento), não melhoram – ou chegam mesmo a piorar – o desempenho construtivo, reduzindo por exemplo a resistência mecânica do solo (quadro 31 e gráficos 5 a 8). No âmbito do sistema construtivo em taipa, a arquitecta Teresa Beirão menciona a adição de 3% a 5% de cal no volume de terra, alertando para a importância da homogeneização da mistura, uma vez que a cal pode formar grânulos que aumentam de volume, provocando fissuração.[125] Nas situações em que o cimento é o componente eleito, observa-se que o tipo de interacção que desenvolve com o solo difere em função da percentagem adicionada. Para baixos teores de cimento, destaca-se sobretudo a diminuição da plasticidade, enquanto para teores elevados se evidencia o aumento da resistência mecânica. Após a hidratação de uma mistura de terra estabilizada com cimento, salienta-se que é necessário proceder de imediato à sua aplicação construtiva, uma vez que o endurecimento da massa se inicia de imediato, com processos químicos irreversíveis.

Em Portugal, os elementos mais utilizados na estabilização do solo, a nível construtivo, dizem respeito a lotes de partículas minerais de dimensão igual ou inferior a 50mm (de pedras miúdas a argila), a elementos vegetais como a palha, ou a ligantes hidrófilos como a cal e o cimento. Em *Building with Earth*, Minke faz referência a diversos elementos de origem mineral, animal ou vegetal, que desempenham o papel de ligantes ou de inertes, e que podem ser adicionados à terra em função da propriedade do solo que se pretende melhorar (quadro 32). Apesar de grande parte dos elementos mencionados não ser de uso comum na construção de uma Arquitectura de Terra em Portugal, a sua diversidade abre um vasto número de hipóteses de trabalho; por outro lado, estimula a investigação de outros componentes que possam ser utilizados, consoante os materiais disponíveis em cada contexto específico.

---

[124] TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:75/80.

[125] Durante o processo de estabilização do solo com cal, destacam-se três reacções principais. Em primeiro lugar, efectuam-se permutas iónicas entre a cal e os minerais de argila, a que sucede um período de cimentação (reacção pozolânica), através da ligação das partículas. Por último, assiste-se ao processo de carbonatação, devido à reacção da cal com o dióxido de carbono da atmosfera, que provoca o endurecimento da matéria.

COMPONENTES	REDUÇÃO DE RETRACÇÃO	ISOLAMENTO TÉRMICO	RESISTÊNCIA ÁGUA	NÍVEL DE COESÃO	RESISTÊNCIA COMPRESSÃO	RESISTÊNCIA ABRASÃO
INERTES						
SEIXOS	×					
AREIA	×					
ARGILA EXPANDIDA		×				
PEDRA POMES		×				
PERLITE		×				
PÊLOS	×					
CABELOS	×					
PALHA	×					
CARUMA	×					
CANAS		×				
BAMBÚ		×				
SERRADURA		×				
APARAS DE MADEIRA		×				
CORTIÇA		×				
CASCAS DE CERIAIS	×	×				
CASCAS DE FRUTOS	×	×				
SEMENTES	×					
SISAL	×					
URZE	×					
FIBRAS DE LINHO	×					
FIBRAS DE CENTEIO	×					
FIBRAS DE CÔCO	×					
FIBRAS DE CEVADA		×				
ALGAS		×				
LIGANTES						
ARGILA				×		
CAL			×	×	×	×
CIMENTO			×	×	×	
BETUME			×			
ESTRUME			×	×		
URINA			×	×	×	
SANGUE			×			×
COLA ANIMAL			×			×
QUEIJO BRANCO MAGRO			×	×		×
QUEIJO FRESCO				×		
SORO DE LEITE COALHADO			×	×		
CASEÍNA			×	×		
ÓLEO DE LINHAÇA FERVIDO			×	×		×
MELAÇO			×			
SEIVA DE SISAL			×			
SEIVA DE BANANEIRA			×			
SEIVA DE AGAVE			×			
SEIVA DE *EUPHORBIA*			×			
POZOLANAS					×	
PÓ CERÂMICO					×	
CINZAS VOLANTES					×	
CINZAS DE CASCA DE ARROZ					×	
CERA DE CHÃO						×
PINTURAS						×
PARAFINA			×			
RESINAS SINTÉTICAS			×			
CERAS SINTÉTICAS			×			
LÁTEX SINTÉTICO			×			
SILICATO DE SÓDIO [1]			×			×
ACETATO DE AMÓNIO					×	
GEOPOLÍMERO [2]					×	

QUADRO 32_ Componentes para a correcção da terra, em função da característica que se pretende melhorar, de acordo com Gernot Minke.

[1]- Misturar previamente o silicato de sódio com água, na proporção 1:1.

[2]- Geopolímero: argila+giz+quartzo em pó+silicato de sódio.

III.2 APLICAÇÃO DA TERRA

As técnicas que corporizam o conceito de uma Arquitectura de Terra, apresentam como princípio construtivo comum, a utilização de *terra crua*; esta proposição significa que, a tenacidade dos elementos construídos com terra, é obtida por secagem natural. Ao contrário do que sucede com materiais como o tijolo, que recorre a cozedura artificial,[126] no âmbito de uma Arquitectura de Terra o material adquire coesão através do equilíbrio entre as características do edifício e as do meio envolvente (ar, água, temperatura, grau de humidade). Nestas circunstâncias, o solo empregue na construção não enfrenta transformações irreversíveis a nível físico e químico; durante o ciclo de vida de um edifício, a terra permanece enquanto material não poluente e reciclável, que pode a qualquer momento reintegrar-se no seu lugar de origem.

> A terra como material de construção é utilizada, basicamente, de dois modos: embebida em água, constituindo uma massa de consistência plástica; ou uma mistura húmida de terra e água comprimida, por compactação ou prensagem. (…) Em termos gerais, pode-se considerar que a massa plástica é utilizada para a fabricação de adobe e no preenchimento de "entramados" (...); a mistura comprimida é utilizada para (...) execução da taipa (de pilão).[127]

Os muros que personificam uma Arquitectura de Terra em Portugal, adquirem identidade através do desenvolvimento dos três sistemas construtivos identificados no capítulo 1 – a taipa, o adobe e o tabique. Cada um destes sistemas integra uma das três famílias de construção com terra, mencionadas pelo grupo francês *CRATerre* (figura 28). As técnicas da taipa e do adobe inserem-se nos dois grupos de *sistemas portantes* – a terra é trabalhada como elemento estrutural – consistindo a taipa num sistema monolítico e o adobe num sistema de alvenaria. A técnica do tabique enquadra-se, por sua vez, na família dos *sistemas de enchimento de uma estrutura suporte* – a terra não constitui um elemento estrutural, mas sim o preenchimento de uma estrutura prévia, frequentemente elaborada em madeira. Esta distinção de famílias aponta para a unicidade da terra enquanto matéria-prima nos sistemas da taipa e do adobe, uma vez que o material configura a parede no seu todo, compondo simultaneamente a estrutura e o seu preenchimento. Na técnica do tabique, a terra é todavia empregue a par de outro material, habitualmente madeira, resultando a parede de uma articulação entre um material estruturante e um material de preenchimento.

> Quando numa parede vertical abro uma porta para através dela poder passar, coloco outra parede paralela à primeira e, depois, coloco duas paredes normais de dimensão igual às duas primeiramente colocadas, formando um quadrado em planta, e, para que não chova ou o sol não penetre, coloquemos um tampo superior de forma quadrada; ou, ainda, coloquemos sobre o pavimento do quadrado uma superfície que me abstenha do contacto com o solo;

---

[126] A temperatura de cozedura de um tijolo industrial situa-se habitualmente entre os 800ºC e os 1000ºC. A emissão gasosa de poluentes processa-se durante as fases de secagem e de cozedura, libertando para a atmosfera substâncias como o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO_2), metais pesados e diversos compostos orgânicos.

[127] NEVES, Célia (2005): *O desempenho térmico da edificação de terra*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:185-186.

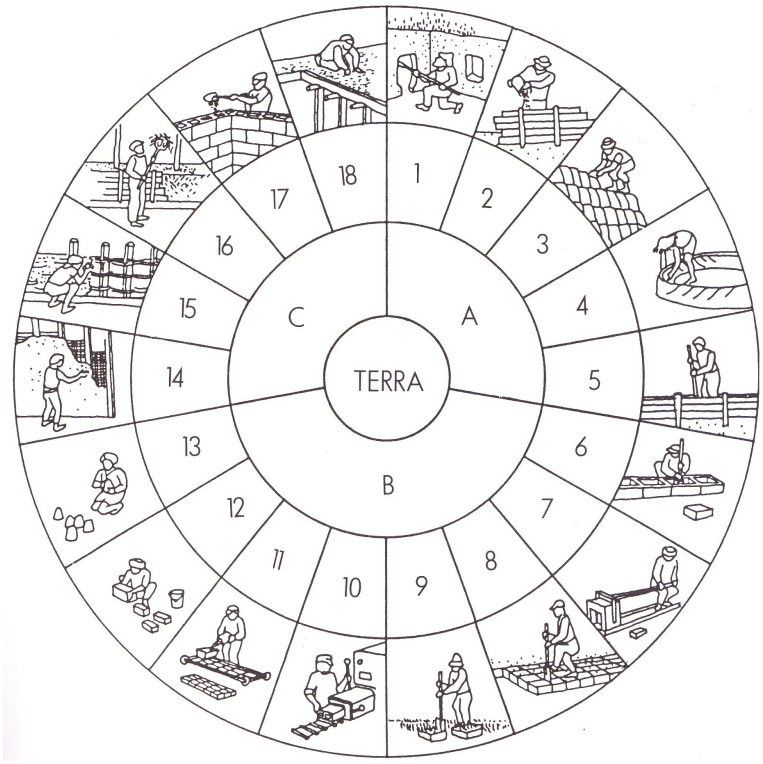


FIGURA 28 _ Sistemas de construção com terra crua: famílias estabelecidas pelo grupo francês *CRATerre*.

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 apiloados;
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.

> ou, ainda, abra um buraco numa das paredes verticais e coloque caixilhos de madeira nos vãos da janela e da porta, que podem assim, ser abertos ou fechados, eis-me em presença de uma peça quadrada, com porta e janela, onde não chove de cima para baixo, o sol não perturba, e eu posso viver, assim, uma vida…[128]

Em Portugal, a aplicação construtiva do material terra realiza-se a nível de diferentes elementos arquitectónicos, onde se salienta a materialização da *parede*, dos *revestimentos* e dos *pavimentos*; o solo é ainda empregue, de modo pontual, na realização de *fundações* e no preenchimento de *coberturas*. O estudo que se apresenta foca, em primeiro lugar, o elemento arquitectónico "parede" como corpo primordial na organização do espaço, que permite diferenciar sistemas construtivos. Num segundo momento, abordam-se outros elementos arquitectónicos – *fundação*, *cobertura*, *vãos*, *revestimentos* e *pavimentos* –, cujos processos de execução se repetem nas três técnicas de construção com terra. Nestes elementos, a aplicação do solo surge associada a diversos materiais, onde se destaca a utilização de pedra, madeira, tijolo maciço e materiais cerâmicos.

Os edifícios construídos com terra no território português contemplam, deste modo, o papel da terra enquanto matéria-prima no desenvolvimento de um sistema construtivo e o seu potencial no diálogo com diferentes materiais, que se reportam sobretudo a uma origem análoga. A estratégia construtiva destes edifícios assenta, maioritariamente, no recurso à "terra do lugar", a par da pedra ou da madeira também "do lugar", firmando assim uma composição que reflecte, na sua essência, o carácter da envolvente natural.

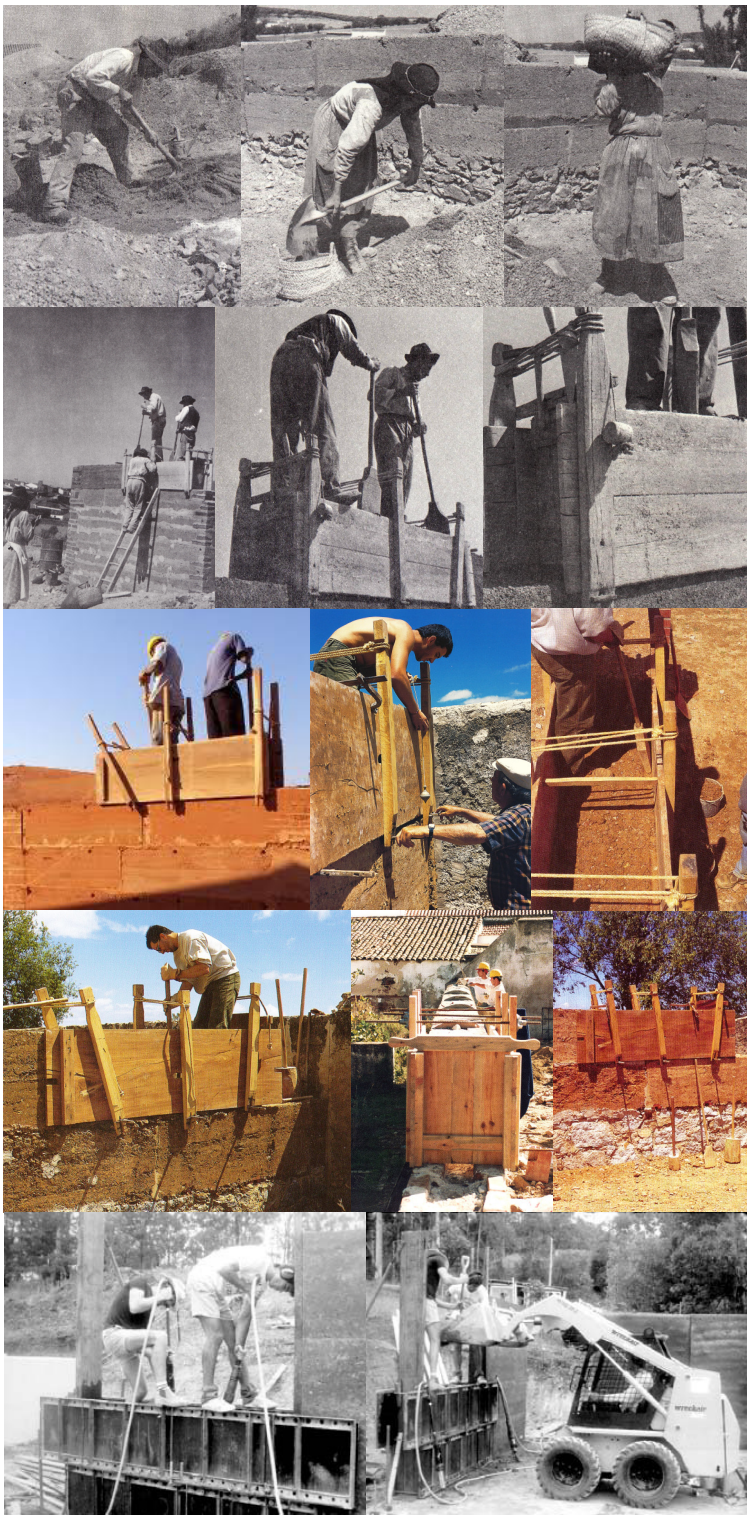
1. O ELEMENTO ARQUITECTÓNICO PAREDE: CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

> Percorramos esses lugares da ausência onde as aves pousam descansadas, as heras crescem livres e o ensurdecedor despertar da primavera é uma forma de sagração da natureza onde se encostam músicos e cães num mesmo uníssono reencontro com a sombra dos lugares, onde se inspiram e ocultam as vocações de toda a sorte de seres, numa pura lógica de peso e verticalidade.
>
> Muros são gigantes solitários presos às origens da sedentária gesta humana. Não apenas dos grandes feitos, mas de todas as realizações, aspirações, desejos e sonhos íntimos, perdidos, esquecidos – passados e presentes – de homens laboriosos que assim buscam na apropriação do espaço a perpetuação da sua própria eternidade transformada em escrita da paisagem. Espelhos de geografias intestinas, os muros (…) são sempre uma fonte silenciosa de histórias que importa deixar contar, expondo-lhe a face viva, refeita, do beijo que, como numa célebre escultura de Rodin, incessantemente ensaiam com a terra que fecundam de memórias.
>
> Os muros (…) são um sinal desta presença humana na paisagem, símbolos do limite entre o espaço interior de alguns e o espaço exterior dos outros, factor de definição de pequenos cosmos individuais, estruturas que nascem da geologia do próprio solo, e que se petrificam como escrita, cujas regras muitas vezes já esquecemos.[129]

---

128 TÁVORA, Fernando (2002): *Desenho, Projecto de Desenho*. Lisboa: IAC.

129 CASELLA, Gabriella (2003): *Gramáticas de Pedra – Levantamento de tipologias de construção murária*. Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.1: 10.



PAINEL 14 _ Sistema construtivo em taipa: compactação manual e compactação mecânica.

1.1 TERRA CRUA SOB A FORMA DE ESTRUTURAS PORTANTES

TAIPA, SISTEMA MONOLÍTICO

Em Portugal, o termo *taipa* [130] é utilizado com diferentes significados, consoante a área geográfica considerada. No Sul do país, refere-se a *taipa de pilão* (sistema monolítico e portante), enquanto no Norte, as expressões *taipa de rodízio* e *taipa de fasquio* dizem respeito ao sistema construtivo em tabique (sistema de enchimento de uma estrutura). No âmbito do presente trabalho, o vocábulo *taipa* é empregue na primeira acepção. Nas regiões a Sul do Tejo, "taipa" pode designar quer o sistema construtivo, quer o material de construção; paralelamente, a palavra "taipal" pode indicar tanto a cofragem utilizada no processo construtivo, como o bloco de taipa produzido.

> Aproximadamente até aos anos 50 do século XX, a taipa era a técnica construtiva mais utilizada no Baixo Alentejo, assim como a sul do Alto Alentejo, apesar de existirem bolsas na região alentejana, onde se utilizava o adobe ou a alvenaria de pedra.[131]

Construir em taipa significa elevar paredes de terra monolíticas comprimindo, *in situ*, um volume de solo húmido dentro de uma cofragem de dois taipais, por meio de compactação manual ou mecânica. A repetição sucessiva desta acção permite executar vários blocos contíguos, que compõem os muros estruturantes de um edifício (painel 14). A compactação manual tradicional utiliza uma cofragem movível, constituída maioritariamente por peças de madeira, sendo realizada com recurso a um maço ou pilão (figura 29).[132] A compactação mecânica

---

130 A técnica de taipa é designada *barro apisonado* ou *tapial* em espanhol, *pisé de terre* em francês e *rammed earth* em inglês.

131 CORREIA, Mariana (2005): *Taipa na Arquitectura Tradicional*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:27.

132 CONSTITUIÇÃO DO TAIPAL – PEÇAS PRINCIPAIS

TAIPAIS OU ENXAIMÉIS – duas pranchas de madeira que funcionam paralelamente, em posição vertical, cujo afastamento define a espessura da parede de taipa. Cada taipal é composto por uma ou várias tábuas de madeira justapostas; próximo das extremidades são fixadas duas travessas, cada uma numa das faces do taipal, que unem as tábuas e travam a comporta de fecho. Os taipais podem apresentar pequenas aberturas no centro e nos extremos, para auxiliar o seu manuseamento, assim como no limite inferior, para o encaixe das agulhas. Após a execução de um bloco, é comum virarem-se os taipais ao contrário, passando a face interior para o exterior, para que possa secar.

COMPORTA OU FRONTAL – duas pranchas de madeira de menor dimensão que se posicionam perpendicularmente aos taipais, nos seus extremos, constituindo o seu fecho. A largura das comportas corresponde à espessura da parede; a sua altura sobressai geralmente em relação aos taipais, numa medida correspondente às pegas para o seu manuseamento. As duas comportas só são utilizadas simultaneamente no momento da execução do primeiro bloco de cada fiada; após a construção de um bloco, o taipal é adossado sem uma das comportas ao bloco anterior.

COSTEIROS, COSTEIRAS OU COSTANEIROS – barrotes de madeira ou perfis metálicos que participam no sistema de armação dos taipais, apertando-os lateralmente. De um modo geral são utilizados quatro a seis costeiros, que se posicionam par a par na superfície exterior dos taipais. A nível inferior estas peças apresentam uma ranhura para o encaixe transversal das agulhas que suportam os taipais. A amarração na parte superior de cada par de costeiros pode ser feita através de cordas, de uma canga em madeira, de ferros ou de uma peça metálica: *É neste sistema de amarração que se encontram as variações mais significativas de região para região* (Correia; 2005). Quando são empregues cordas, estas são apenas entaladas, sem efectuar um nó, para agilizar o processo e poupar tempo de na montagem e desmontagem dos taipais.

AGULHAS – barras de ferro de secção quadrada ou circular, que se posicionam transversalmente em relação aos taipais, intersectando a parede; a sua função reside no suporte e amarração da cofragem. Nos muros de taipa é possível observar com frequência, pequenos orifícios que correspondem aos pontos de encaixe das agulhas; o número de agulhas empregues coincide com o número de pares de costeiros (dois a três). O seu travamento é realizado numa das extremidades através do remate em "T" e na outra, através de várias perfurações onde se insere um *alfinete*, *prego* ou *chaveta* na perpendicular à agulha, permitindo ajustar o seu comprimento à espessura da parede.

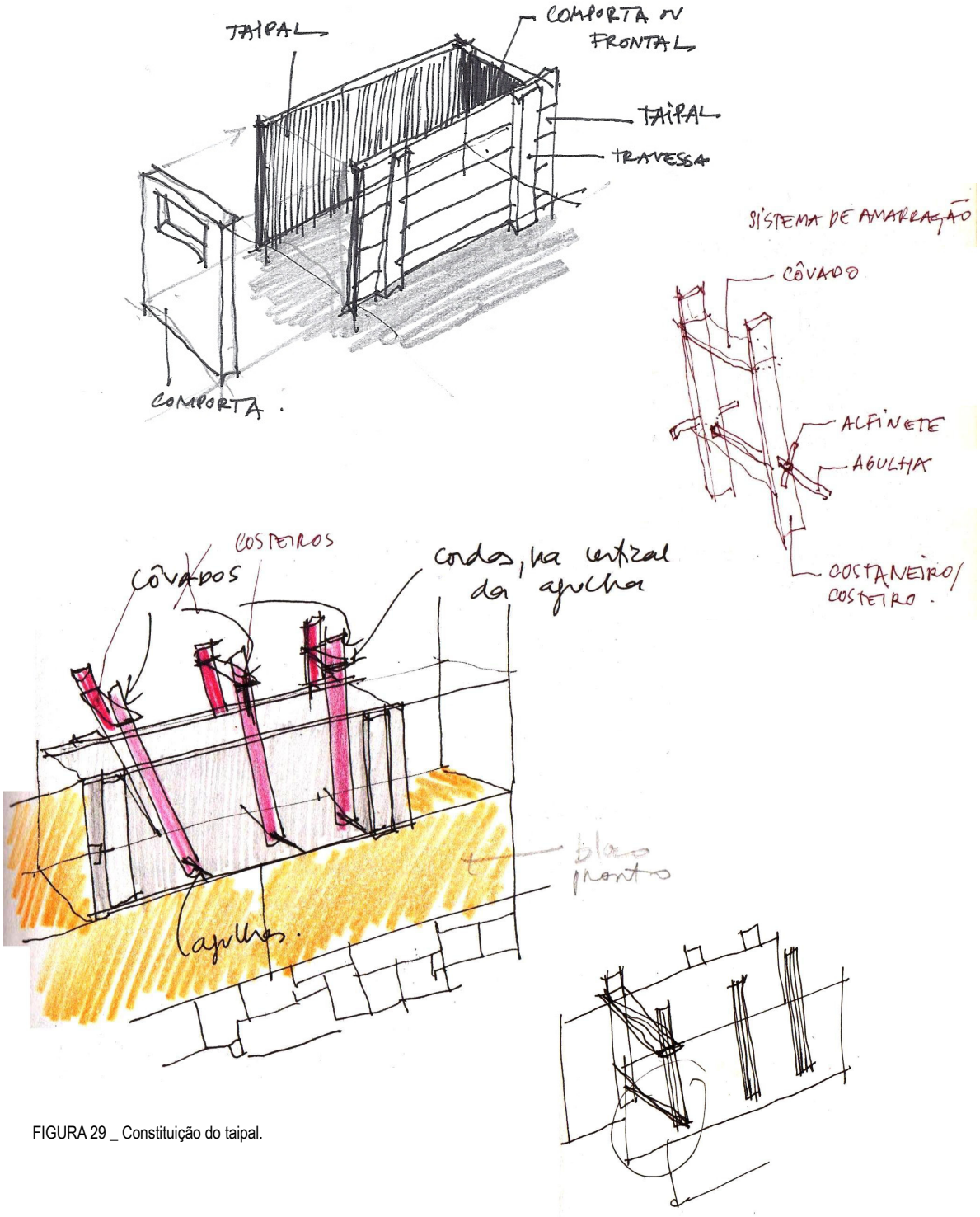


FIGURA 29 _ Constituição do taipal.

consiste num método aplicado em Portugal somente a partir das últimas décadas do século XX; o processo emprega uma cofragem movível ou amovível (consoante as dimensões), em madeira ou metal, e efectua-se através de um compressor pneumático.[133] Os solos seleccionados para a construção com taipa podem, à partida, apresentar diferentes classes de textura; não obstante, esta técnica trabalha sempre o material num estado de consistência friável – solo húmido – através de uma força de compressão. Nos casos em que tal se revele necessário, efectua-se uma correcção do solo, procurando adaptar a sua constituição ao procedimento (invariável) do sistema construtivo.

O bloco de taipa constitui o módulo base desta técnica e as suas dimensões regulam a métrica do espaço projectado (quadro 33). Partindo do número de blocos que compõem o edifício deve delinear-se o decurso do processo construtivo, estimando a quantidade de terra necessária,[134] o tempo e o custo previstos para a intervenção.

A equipa que opera neste sistema é geralmente composta por quatro a cinco pessoas: um a dois indivíduos tratam da preparação da mistura de terra, outro transporta-a até à zona de intervenção e dois actuam na compactação e montagem dos taipais. Se o processo de compactação for manual, o rendimento óptimo de trabalho de uma equipa, num dia de 8h, corresponde à elaboração de 8 blocos de taipa com uma dimensão de 2mx0,50mx0,50m.[135] A altura do ano ideal para construir em taipa decorre entre Março e Setembro (Primavera e Verão), no período "entre chuvas".

O processo construtivo inicia-se com a montagem dos taipais sobre a fundação,[136] habitualmente construída com recurso a materiais como a pedra ou o betão ciclópico. Em função do lugar, a fundação pode elevar-se acima

---

CÔVADO – ripa de madeira introduzida transversalmente no interior e no topo da cofragem, posicionada num alinhamento vertical em relação às agulhas. A sua função reside em manter a equidistância entre taipais, dependendo o seu comprimento da espessura da parede; habitualmente são utilizados dois a três côvados. As agulhas são inseridas nos orifícios que resultam da remoção dos côvados, após a conclusão do bloco de taipa; deste modo, o côvado permite ainda definir, em cada bloco executado, os pontos de apoio do bloco que se segue na vertical. A palavra côvado designa uma medida medieval, correspondente à dimensão do antebraço, equivalente a cerca de 45cm/50 cm (Fonseca; 2007).

MAÇO, PILÃO OU PISÃO – malho de madeira com o qual se compacta a mistura de terra; habitualmente são utilizados dois maços. O maço é composto por um cabo, cujo comprimento varia em função do indivíduo que o utiliza, e por uma peça inferior em forma de cunha, de madeira bastante pesada e resistente (por exemplo azinho). De um modo geral, a forma em cunha é considerada preferível a uma forma mais plana, porque permite melhor compactação; a base desta peça não deve ser muito afiada, para não danificar os taipais, e a sua área deve rondar entre 60cm^2 a 200cm^2 (Minke; 2006).

[133] O compressor pneumático utilizado no sistema em taipa é idêntico ao que se usa na compactação de pavimentos. Contudo, Minke alerta para o facto de que estes últimos não devem ser empregues na construção com terra, devido à sua força de vibração, que é excessiva para a compactação de taipa. As opiniões dos profissionais divergem, quando se comparam os métodos de compactação manual e mecânica: alguns profissionais asseguram que a compactação mecânica permite uma melhor execução e rentabilidade do processo, enquanto outros reforçam que a experiência da equipa permite igualar o desempenho dos dois métodos, sendo que a compactação manual se adapta melhor na compressão da zona das arestas do bloco.

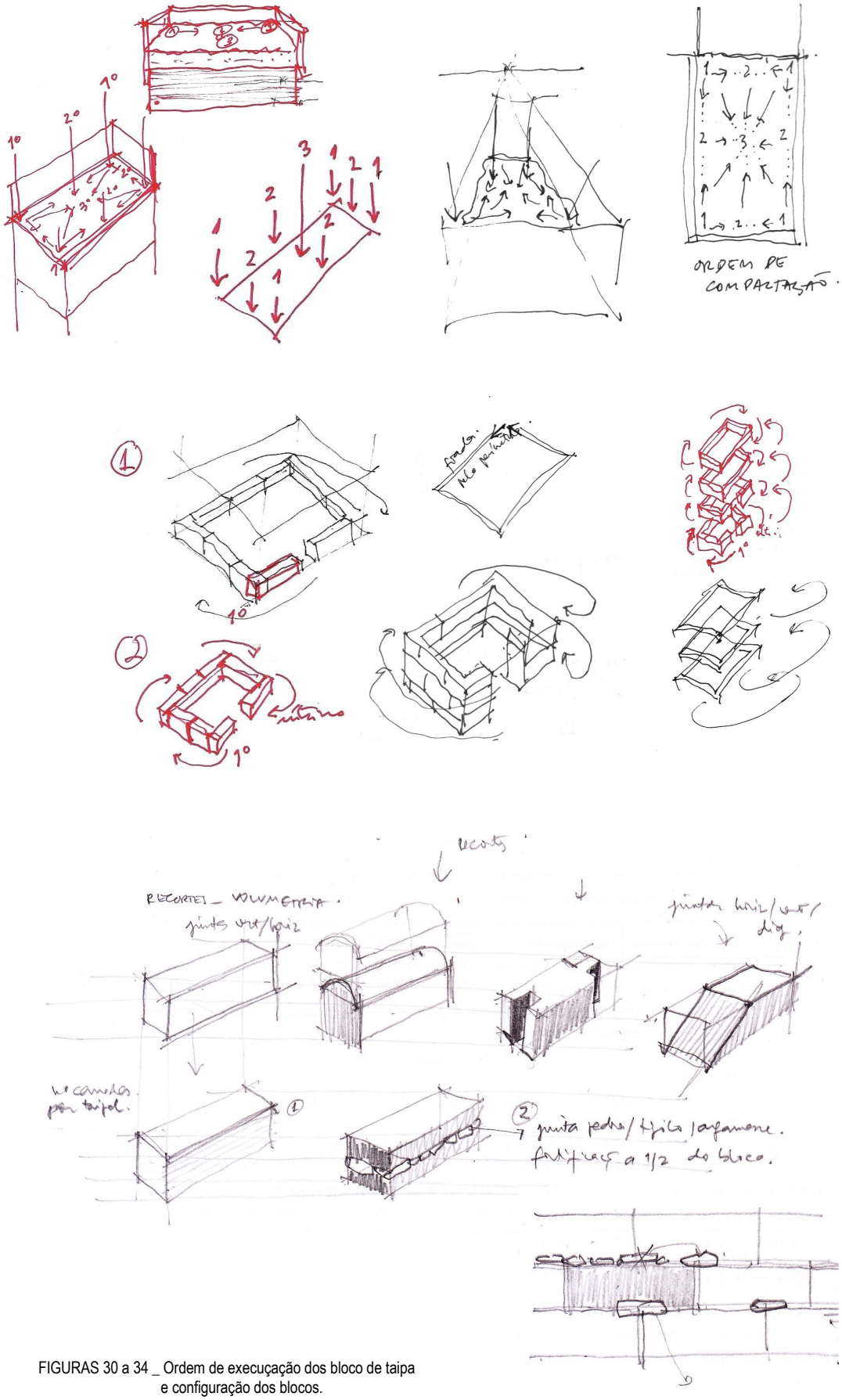
[134] No caso da construção em taipa, *para o volume das paredes a executar deve contar-se, aproximadamente, com o dobro do volume da mistura de terra, já preparada, a compactar*.

BEIRÃO, Teresa (2010): *Taipa*. In: *Oficina de Construção em Terra Crua – 6º ATP/ 9º SIACOT*. Coimbra, 20 de Fevereiro de 2010.

[135] Informação transmitida no âmbito da acção de formação de *Conservação e Recuperação de Construção com Taipa* (Odemira, Maio de 2009). No contexto de uma conversa informal, o arquitecto Henrique Schreck referiu um valor semelhante, considerando que duas equipas de trabalho (grupo de 10 pessoas) podem construir uma área de 600m² (cerca de 300 blocos) num período de 30 dias. A arquitecta Teresa Beirão menciona que, actualmente, uma equipa de quatro operários executa em média quatro a seis blocos de taipa com a dimensão referida, num dia de trabalho.

BEIRÃO, Teresa (2005): *Taipa na Arquitectura Contemporânea*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:38.

[136] Alguns edifícios mais antigos não apresentam fundação, assentando a taipa directamente no subsolo.



FIGURAS 30 a 34 _ Ordem de execução dos bloco de taipa e configuração dos blocos.

do nível do solo, configurando um embasamento que protege a parede de terra da acção da água (incidência da água da chuva e ascensão de água por capilaridade). Nos casos em que o taipal utilizado não apresenta orifícios para o encaixe das agulhas, estes devem ser previstos e traçados durante a execução do embasamento, permitindo assim sustentar a armação da cofragem, para a compressão da primeira fiada de taipa. O taipal deve ser montado de forma rígida e estável, para garantir que as suas peças não sofrem deslocamento nem se soltam durante a compactação.

Após a armação e nivelamento do taipal são vertidas sucessivas camadas de terra no interior do molde, que se compactam individualmente; cada camada mede cerca de uma mão de altura (10 a 15cm). O primeiro gesto consiste em espalhar uniformemente a terra com os pés por toda a área do taipal, antes de se principiar a sua compressão. O movimento de compactação deve iniciar-se pelos cantos da cofragem (vértices), seguindo pelos limites do seu perímetro (arestas) e daí para o interior, até alcançar o centro (figura 30). Esta ordem permite optimizar a compactação do volume de terra, fortalecendo os pontos mais frágeis do bloco – as arestas expostas ao contacto com o exterior. O mecanismo de contínuos embates deve ser regular, servindo-se do peso próprio do corpo; o maço deve rodar ritmicamente, de modo a comprimir a terra de forma constante. Um dos métodos utilizados para compreender se a terra se encontra suficientemente batida, consiste em escutar o som provocado pelo embate do maço; recorrendo à audição, é possível notar as diferentes sonoridades que a pancada profere na terra desagregada – som reverberante – ou bem compactada – som seco.[137] No decurso da compactação, o pilão não deve apresentar terra "colada" na base; se tal suceder deve proceder-se à correcção da mistura, diminuindo o seu grau de humidade excessivo. Quando a primeira camada se encontra bem solidificada, verte-se uma segunda porção de terra, repetindo-se progressivamente a acção descrita.

Ao atingir o topo do molde completa-se um bloco de taipa, sendo então necessário desmontar e deslocar horizontalmente toda a cofragem, de modo a executar o bloco contíguo; o manuseamento dos taipais deve ser realizado com cuidado para não danificar a parede. Os côvados colocados no topo do taipal são retirados quando a cofragem é desmontada; os espaços vazios que resultam da sua remoção proporcionam os orifícios onde vão encaixar as agulhas, que suportam o taipal do bloco superior. Estes orifícios podem ser posteriormente preenchidos com pequenas pedras ou argamassa, sendo também comum encontrar edifícios em que se opta por mantê-los abertos, contribuindo para ventilação natural. A operação descrita – (des)montagem do taipal + compactação da terra – multiplica-se por todo o perímetro do edifício completando sempre, em primeiro lugar, uma fiada horizontal que servirá de base à fiada superior; a acção repete-se sucessivamente, até atingir a altura projectada para a construção (figura 31). A ordem descrita permite que cada bloco finalizado atravesse um período de secagem, adquirindo a resistência mecânica necessária, para receber o impacto da compactação dos blocos superiores.
Os blocos de taipa posicionam-se sempre em fiadas e contra-fiadas, garantindo o travamento da estrutura; deste modo, promove-se uma distribuição repartida de forças verticais e contrariam-se forças horizontais. No plano de fachada, os blocos de cada fila (alinhamento horizontal) encontram-se assim desfasados dos blocos das filas adjacentes (inferior e superior), enquanto ao nível do cunhal, as fiadas convergentes são "endentadas", tipo "lego", articulando um bloco e meio bloco (figura 32). A consolidação dos muros de terra é reforçada pelo emprego de argamassa (frequentemente de terra ou de cal e areia) na transição entre diferentes materiais e na colmatação de juntas entre os blocos de terra – juntas horizontais, verticais e diagonais. As argamassas devem apresentar uma

[137] Informação transmitida no âmbito da acção de formação *Conservação e Recuperação de Construção com Taipa* (Odemira, Maio de 2009) e da *Oficina Teórico Prática de Construção com Terra* (Conímbriga, Fevereiro de 2010).

LUGAR	DIMENSAO DO BLOCO (CxAlt)	ESPESSURA DA PAREDE (L)
REGUENGOS MONSARAZ	1,40 x 0,50	0,47
	1,47 x 0,47	0,50
	1,47 x 0,50	0,56
	1,56 x 0,50	
	1,60 x 0,50	
	1,70 x 0,50	
	2,50 x 0,50	
REDONDO	1,47 x 0,50	0,47
	1,50 x 0,45	0,50
	1,50 x 0,45	0,54
	1,60 x 0,50	
MOURÃO	1,50 x 0,50	0,40
	1,65 x 0,50	0,42
	1,70 x 0,50	0,47
		0,50
MOURA	1,57 x 0,55	0,50
	1,60 x 0,55	0,53
	1,72 x 0,50	0,55
	1,72 x 0,50	
	1,90 x 0,55	
	1,90 x 0,55	
SERPA	1,40 x 0,55	0,46
	1,50 x 0,50	0,50
		0,55
ALMODÔVAR	1,40 x 0,45	0,47
	1,40 x 0,50	0,50
OURIQUE	1,40 x 0,45	0,45
	1,65 x 0,45	0,50
	1,70 x 0,45	
SANTIAGO DO CACÉM	1,50 x 0,45	0,45
	1,50 x 0,50	0,50
ALCÁCER DO SAL	1,60 x 0,40	0,50
	1,70 x 0,40	0,55
	2,00 x 0,40	
VARIAÇAO GERAL (máx—mín)	(2,50—1,40)x(0,55—0,40)	0,56

QUADRO 33_ Dimensões comuns de blocos de taipa (medidas em metros).

quantidade de água controlada, para não impedir a compactação da terra; a sua aplicação nas juntas é efectuada após a montagem do taipal, antes de se verter a primeira camada de terra, contornando as faces dos blocos confinantes (subjacente e lateral) em cerca de cinco a dez centímetros, de cada lado da parede. Este preenchimento contribui ainda indirectamente para a protecção do edifício, uma vez que evita a propagação de fissuras entre blocos e auxilia a aderência dos revestimentos à superfície da parede. Ao longo de juntas horizontais e acima de juntas verticais e diagonais é comum observar-se a inserção de materiais como pequenas pedras ou pedaços de tijolo maciço, envoltos em argamassa, fortalecendo a solidez da alvenaria (figura 33).

O topo das paredes pode ser reforçado com uma viga de cintagem, sendo contudo habitual observar edifícios antigos onde este elemento não se encontra presente; quando existe, esta viga é geralmente realizada em madeira ou betão leve e a sua introdução contribui em grande medida para a consolidação da estrutura. Após a conclusão das paredes é necessário aguardar durante um período de aproximadamente três meses, para se processar a secagem dos muros, antes de se proceder à colocação da cobertura (Fonseca; 2007).

O posicionamento dos vãos num muro de taipa deve ser desencontrado verticalmente e afastar-se dos cunhais; as aberturas podem ser definidas durante a compactação dos blocos ou posteriormente, após finalizar a edificação da parede. No primeiro caso, considerado por alguns profissionais um método mais "limpo" de construção, são introduzidos no interior do taipal moldes de madeira ou tijolos maciços, que configuram o espaço do vão. A terra é compactada regularmente, ajustando-se a estes elementos; o molde pode ser retirado quando o bloco é terminado e se desmonta o taipal, sendo recomendável aguardar a secagem da terra durante um a dois dias, antes de se proceder à sua remoção. No segundo caso, a abertura dos vãos é feita através do corte e extracção dos blocos que correspondem ao volume de vazio pretendido. Em ambas as situações, não devem localizar-se juntas entre blocos imediatamente acima de padieiras.

As paredes de terra podem apresentar revestimento exterior ou manter o paramento à vista, opção que varia principalmente em função das condições climatéricas do lugar. Nas fachadas principais e nas que comportam vãos é frequente observar-se a existência de reboco, permanecendo as restantes sem este tratamento. O revestimento não deve, contudo, ser aplicado na superfície total das paredes; a nível interior e exterior, devem deixar-se áreas não rebocadas que facilitem a sua "respiração" (trocas de vapor de água), uma vez que as argamassas de revestimento são menos permeáveis do que o corpo da parede. De um modo geral, o revestimento interior é aplicado quando se conclui a obra, enquanto o exterior se aplica posteriormente, passado cerca de um ano. Durante este período, a exposição das paredes a ciclos de humedecimento e secagem, nas estações de Inverno e Verão, proporciona maior estabilidade na sua volumetria e maior rugosidade nos paramentos, auxiliando a aderência do revestimento.

> De uma forma geral, as paredes exteriores em taipa eram edificadas com espessuras variáveis entre 0,40m a 0,55m, enquanto (…) as paredes interiores, em adobe ou tabique de caniço, se apresentavam entre 0,07m e 0,30m. Por vezes, são identificados alguns muros interiores em taipa.
>
> Também se pode constatar que apesar das variações locais, os taipais de madeira, no interior dos quais se elevavam os muros em taipa, eram desmontáveis e tinham em geral, 2,00m de comprimento, por 0,50m de altura.[138]

[138] CORREIA, Mariana (2005): *Taipa na Arquitectura Tradicional*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:28.

PAINEL 14 _ Expressividade múltipla de paredes construídas em taipa.

A fisionomia de um bloco de taipa e, consequentemente, a expressão de um muro em taipa, manifesta variações ao longo do território português, que se devem quer à utilização de taipais com distintas dimensões, quer A fisionomia de um bloco de taipa e, consequentemente, a expressão de um muro em taipa, manifesta variações ao longo do território português, que se devem quer à utilização de taipais com distintas dimensões, quer ao emprego de diferentes tipos de solos. Deste modo, é frequente encontrar-se na mesma região ou no mesmo povoado, paredes de taipa onde se distingue uma multiplicidade de cores, texturas e medidas (painel 15).

A volumetria de um taipal corresponde a um paralelepípedo vazado na base e no topo, configurando o espaço do bloco. Apesar de variável, a constituição do molde respeita princípios comuns, que são independentes do espaço físico considerado: a sua métrica expressa, em primeiro lugar, uma relação com o corpo humano. Esta relação transmite-se no peso e na dimensão das peças, que devem ser de fácil transporte e manuseamento, ou na medida da profundidade do taipal (coincidente com a espessura da parede), que tem de possibilitar a presença e a movimentação de um indivíduo no seu interior. Em função das características do solo utilizado, verifica-se a aplicação de algumas estratégias que permitem reforçar a estabilidade do conjunto, como proceder ao "recorte" do bloco, de modo a aumentar a área de contacto entre blocos. O volume do taipal pode ainda ser dividido em duas ou três camadas principais, que são reforçadas entre si através da introdução de outros materiais, como pedras ou elementos cerâmicos. Estas linhas de reforço podem ser aplicadas quer ao nível do bloco de taipa, quer entre diferentes blocos (nas juntas horizontais, verticais ou diagonais), contribuindo para a expressividade da parede. Este método permite, posteriormente, compreender como se desenvolveu o sistema construtivo, bem como estimar que tipo de solo foi empregue na construção. Algumas paredes em taipa expõem várias linhas de reforço, apontando para um solo menos "estruturado", com défice de inertes, ou excesso de partículas finas; noutras situações, os muros apresentam apenas reforços pontuais, indicando um solo de composição equilibrada. A métrica do taipal utilizado é também diversas vezes legível no alçado, ao observar-se atentamente o desenho das juntas e a localização de orifícios de agulhas. O edifício conta como foi construído.

ADOBE, SISTEMA DE ALVENARIA

A nível internacional, a palavra *adobe* designa simultaneamente as unidades de terra moldada que secam ao sol e a alvenaria erigida com recurso a estes módulos. O adobe moldado, designação genérica atribuída à unidade manufacturada, pode adquirir a designação de "adobe de cal", quando são adicionadas na mistura de terra percentagens de cal aérea, permitindo aumentar a sua resistência mecânica. Este tipo de adobes encontra-se, por exemplo, na região de Aveiro (zona Gandaresa e da Bairrada) devido à utilização de solos demasiado arenosos, provenientes de zonas costeiras.

> A prática dos mestres-adobeiros e o recurso ao adobo como material de construção na faixa Atlântica da Beira Litoral foi uma actividade tradicional na região, que viria a ter uma grande expressão, no século XIX e até meados do século XX, materializada pela eclosão no território, entre o Vouga e o Mondego, de várias indústrias de produção de adobos – areeiros.
>
> O desenvolvimento económico e demográfico verificado nesse período e o seu reflexo na crescente urbanização do território, bem como o subsequente aumento da procura de materiais de construção, levaria a que o

PAINEL 16 _ Sistema construtivo em adobe: produção de unidades.

> adobo passasse a assumir na região um carácter de material de eleição, especializado conforme a utilização a que se destinava, sendo um recurso generalizado na arquitectura regional.[139]

Construir em adobe significa erigir paredes de alvenaria portante, moldando um volume de solo plástico dentro de adobeiras, de modo a conformar unidades individuais que secam ao sol. O desenvolvimento do sistema construtivo consiste num processo manual, que utiliza adobeiras de madeira: a produção de várias unidades permite a elevação de paredes, de forma análoga às alvenarias comuns de tijolo (painel 16 e figura 35). Actualmente, à semelhança do que se verifica no sistema construtivo em taipa, a produção de adobes pode ser mecanizada, tirando ainda partido de materiais como o metal ou o plástico, na execução dos moldes. Tal como sucede no sistema em taipa, qualquer classe de textura pode, em geral, ser seleccionada, sendo o solo trabalhado num estado de consistência plástico –solo muito húmido – através de moldagem e pressão. Esta técnica persiste enquanto método generalizado para a manufactura de adobes; porém, contrariamente ao sistema em taipa, o sistema em adobe pode sofrer uma modificação significativa, se as características da terra o exigirem. O emprego de solos excessivamente argilosos conduz, em alguns casos, à compactação da terra dentro do molde, através de um pequeno maço ou pilão; nesta circunstância, o adobe deixa de ser moldado e passa a constituir um "bloco apiloado". *No entanto, adobe era sempre a designação utilizada para os materiais produzidos, quer fossem moldados quer compactados* (manualmente).[140]

Do mesmo modo que o taipal constitui o módulo do sistema construtivo em taipa, o adobe consiste na unidade reguladora da proporção e da métrica de um edifício construído nesta alvenaria. Partindo das características do adobe que será utilizado, deve estipular-se o volume de terra necessário, o número de unidades empregues, bem como definir o tempo e o custo previstos para a obra. Enquanto no sistema em taipa a execução do bloco e do edifício é simultânea – consiste numa mesma acção –, na técnica do adobe esta situação não ocorre; o processo construtivo encontra-se repartido em fases distintas, sendo necessária a elaboração prévia das unidades de terra crua, para posteriormente se proceder à elevação dos muros.

A equipa que opera neste sistema construtivo não apresenta uma estrutura pré-definida, como se verifica para o sistema em taipa; o número de indivíduos é variável, podendo a equipa reduzir-se a dois ou mesmo um elemento. O rendimento de trabalho é igualmente diverso, tendo em conta que depende ainda da capacidade dos moldes utilizados (número de adobes que cada adobeira permite elaborar de uma só vez). Em *Arquitectura de Terra em Portugal* é mencionada a produção de 1500 adobes num dia de trabalho, por uma equipa de três pessoas, utilizando adobeiras de 20 unidades.[141] A produção de adobes é sazonal e decorre habitualmente entre Maio/Junho e o início de Setembro, evitando, tal como a taipa, as estações do Outono e do Inverno.

> O sistema de fabrico é bem primitivo. O barro, depois de trabalhado à enxada, é amassado a pé. Os moldes, toscas formas de madeira, são cheios um a um. A secagem é feita ao sol, em sistema de arrumação, que possibilita uma boa circulação de ar, tomando o empilhamento do material aspectos bem pitorescos.

---

139 SANTIAGO, Luís Branco (2005): *Mestres Adobeiros – O areeiro de Manuel Duarte – Esgueira, Aveiro*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 3:260.

140 FERNANDES, Maria (2005): *O Adobe Moldado*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:48.

141 SEQUEIRA, Isa (2005): *Adobe Artesanal no Barlavento Algarvio*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 3:265.

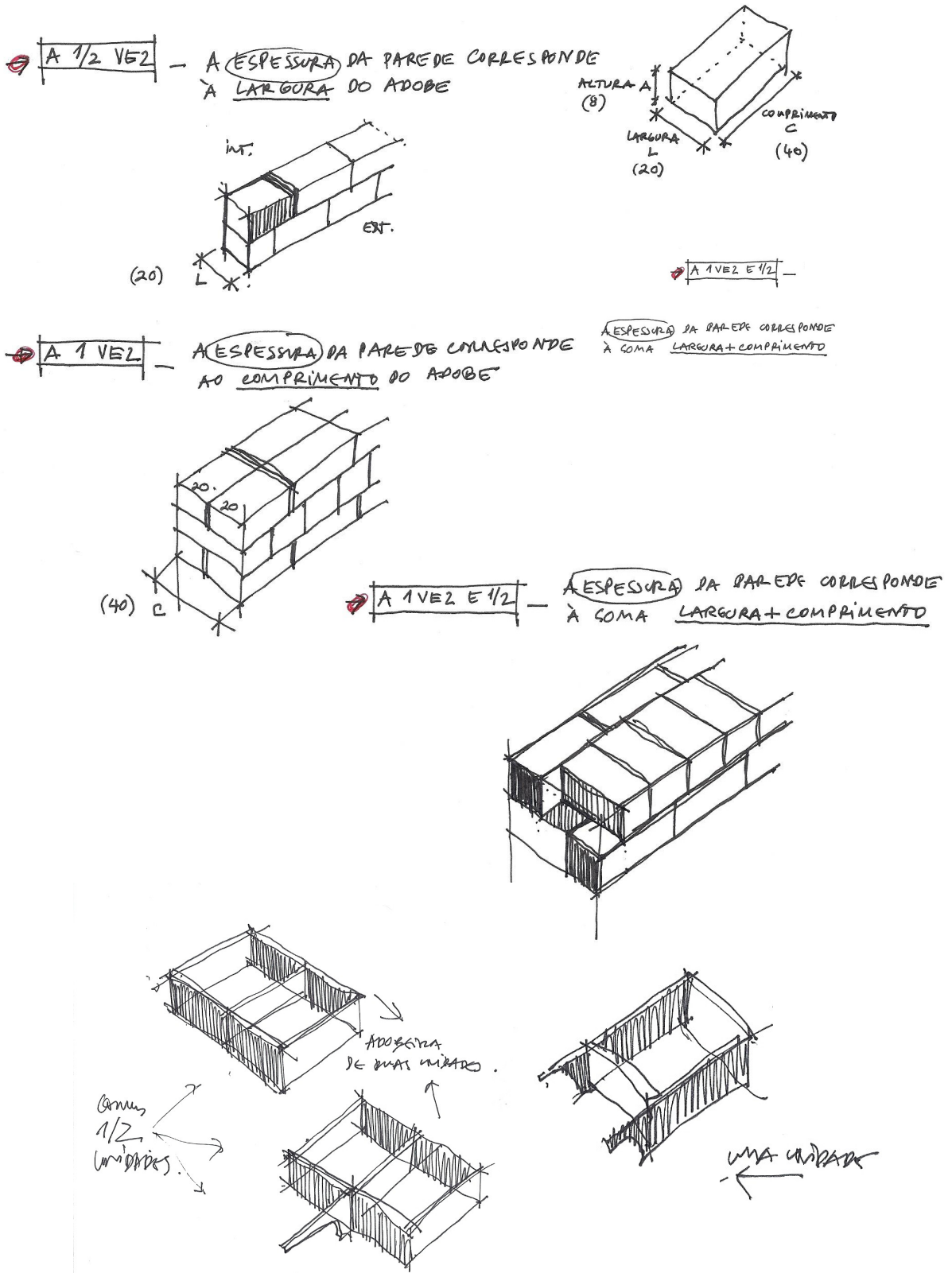


FIGURA 35 _ Adobeiras e colocação das unidades na parede.

> Ao primitivismo do fabrico corresponde uma desigualdade no aspecto e qualidade do material. A variação de porosidade e de cor é enorme. Desde um rosa pálido até ao negro, passando pelos laranjas terrosos e as terras escuras, constitui sempre uma surpresa (...).[142]

A produção de adobes inicia-se com a preparação dos moldes; as adobeiras são habitualmente submersas em água antes de cada utilização, para que se encontrem humedecidas durante a moldagem e permitam desenformar os adobes, sem os danificar. Para além do humedecimento, é possível barrar o interior do molde com areia ou forrá-lo com folha metálica, contribuindo quer para o bom acabamento das unidades, devido à diminuição de aderência do solo moldado, quer para a limpeza e manutenção do molde.

Após a preparação, as adobeiras são colocadas numa superfície regularizada, plana e seca, que pode ser coberta de areia, palha ou serradura, procedendo de seguida ao enchimento do molde. A mistura de terra é vertida no interior da forma e trabalhada com a pressão exercida pelas mãos, devendo estender-se o solo por toda a superfície e calcar com especial cuidado os cantos; nestes pontos deve utilizar-se os polegares para pressionar a terra e conferir resistência às arestas do adobe. O topo da unidade deve ser alisado com colher de pedreiro e o excesso de matéria pode ser raspado e reaproveitado na execução de um novo bloco. Em algumas situações, a face superior do adobe apresenta uma incisão (por exemplo em forma de cruz ou descrevendo uma sigla) que, depois da secagem, contribuirá para a aderência das argamassas de revestimento. No caso de bloco apiloado, a compactação no interior da adobeira pode realizar-se em duas camadas, finalizando a unidade com uma terceira camada de terra não compactada, que apenas se aperta com colher de pedreiro. O gesto de desenformar conclui o processo de execução do adobe; esta acção deve efectuar-se com precisão e sem esforço, de modo a manter a integridade física das unidades manufacturadas. Para este efeito, devem segurar-se as pegas da adobeira e puxar convictamente, removendo o molde num movimento rápido, curto e vertical; as adobeiras devem ser limpas com água antes de nova utilização.[143]

A secagem dos adobes realiza-se habitualmente ao ar livre, em lugar ventilado, que deve ser previamente humedecido; são as condições climatéricas do lugar que ditam o tempo de secagem necessário. Os textos consultados citam diferentes períodos, considerando sempre a secagem das unidades em duas posições. Um método possível consiste em dispor os adobes numa posição inicial, durante três a cinco dias, seguidos de duas semanas em nova posição, garantindo sempre a ventilação das unidades; outro esquema referido menciona dois momentos de 15 dias cada, perfazendo um total de um mês de secagem. Quando se trata de adobes de cal, estes devem permanecer num processo de cura durante cerca de um ano para a cal ganhar "presa", ou seja, solidificar, antes de se aplicar o adobe em obra. Após o período de secagem, os adobes adquirem a resistência mecânica necessária para que possam ser transportados para o local de intervenção e utilizados na elevação das alvenarias; *Adobes de boa qualidade são aqueles cujos blocos não se desintegram numa queda de 1m.*[144] O excesso de produção é armazenado, empilhando os adobes em paletes, de modo a que se mantenham ventilados; as unidades podem permanecer ao ar livre e sem protecção.

---

142 AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988]. Vol.3:38.

143 O acabamento das faces do adobe depende do estado das faces internas do molde; a utilização repetida das adobeiras – encher com terra, desenformar, limpar com água – vai desgastando as superfícies do molde, situação que se traduzirá nas unidades produzidas.

144 SEQUEIRA, Isa (2005): *Adobe artesanal no Barlavento Algarvio*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 3:265.

PAINEL 17 _ O carácter plural das unidades e alvenarias de adobe.

As paredes em adobe assentam preferencialmente, tal como os muros em taipa, sobre fundação realizada num material distinto, como a pedra; este elemento pode elevar-se acima do nível do solo, configurando um embasamento protector da estrutura de terra. É comum observarem-se edifícios antigos que não apresentam fundação, facto que poderá, em alguns casos, associar-se ao emprego de adobes de cal, mais impermeáveis e resistentes à acção da água (Fonseca; 2007).

As alvenarias de adobe são erigidas de modo análogo às de tijolo cozido, sendo principalmente executadas a "meia vez" – a largura do adobe coincide com a espessura da parede – e a "uma vez" – o comprimento do adobe coincide com a espessura da parede (figura 36).[145] Os adobes devem colocar-se de modo desencontrado, de forma a travar correctamente a estrutura; contudo, não se verificam geralmente regras específicas quanto ao posicionamento dos adobes na elevação da parede, nem se encontram relações fixas entre as dimensões do adobe e a sua disposição na alvenaria. A intersecção de planos no cunhal é executada por meio da conjugação de blocos inteiros com peças que correspondem a meio ou um terço de adobe; tal como no sistema em taipa, o cunhal pode ser construído com recurso a materiais como a pedra ou o tijolo cozido, articulados tipo "lego" com os adobes. O remate superior das paredes deve apresentar uma viga de cintagem que agregue os planos verticais e contribua para a distribuição do peso da cobertura. Quando existe beirado, o friso que o suporta é elaborado através de meios adobes ou um terço de adobe.

A ligação entre unidades, bem como entre adobe e materiais distintos (pedra, madeira, tijolo cozido) é realizada através de argamassas de terra ou de cal e areia, que fortalecem a solidez do conjunto. A composição destas argamassas deve aproximar-se da mistura de terra empregue na produção dos adobes, de modo a que o comportamento da parede seja homogéneo. À semelhança do que ocorre no sistema em taipa, é habitual fortificar a alvenaria de adobe com a introdução de pequenas pedras ou fragmentos cerâmicos; estes materiais vão traçar linhas de reforço e de travamento de fissuras, assumindo especial importância quando o solo empregue nos adobes é menos resistente.

O princípio a respeitar na localização de vãos numa alvenaria em adobe é comum ao de um muro em taipa: as aberturas devem distanciar-se do momento do cunhal e o seu alinhamento vertical deve ser evitado. A estratégia de articulação de um, meio e um terço de adobe repete-se para a configuração de vãos, não sendo necessário utilizar um molde em madeira, como sucede com a técnica da taipa. Na Casa Gandaresa,[146] tipologia construída em adobe que caracteriza a região de Aveiro, verifica-se várias vezes um padrão de abertura de vãos na fachada principal, que consiste na sequência "janela/porta/janela/portão/óculos".

Os revestimentos são habitualmente aplicados nas fachadas principais, ocultando a alvenaria de adobe, apenas legível nos alçados laterais e tardoz. Estas argamassas devem ser compostas por uma mistura de terra idêntica à aplicada na execução dos adobes, de acordo com o referido para as argamassas de assentamento. Os edifícios construídos em adobe apresentam uma expressividade cromática particularmente rica, que abrange desde a aplicação de caiação simples sobre o paramento revestido, até à eleição de diversas cores (por vezes com carácter regional) que destacam a base e o topo da parede ou envolvem as aberturas.

---

145 FERNANDES, Maria (2005): *O Adobe Moldado*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:48.

146 A *Casa Gandaresa* constitui um conjunto edificado em adobe, que se implanta no distrito de Aveiro. A sua organização espacial consiste numa tipologia de casa-pátio – planta centrada e aberta para o pátio – com provável filiação árabe, associada ao desenvolvimento de actividades agrícolas por parte dos habitantes.

LUGAR		PAREDE EXTERIOR (CxLxAlt)	PAREDE INTERIOR (CxLxAlt)	ANEXOS / MUROS (CxLxAlt)
BEIRA LITORAL				
	GANDARESA	0,45 x 0,30 x 0,15	0,45 x 0,21 x 0,15	0,45 x 0,25 x 0,15
	MURTOSA	0,40 x 0,30 x 0,10	0,40 x 0,12 x 0,10	0,40 x 0,25 x 0,10
				0,40 x 0,20 x 0,10
	ESGUEIRA	0,45 x 0,30 x 0,12	0,45 x 0,15 x 0,12	0,45 x 0,25 x 0,12
ESTREMADURA (NORTE)				
	LEIRIA, VALE DO LIS	0,50 x 0,35		
	TOMAR	0,30 x 0,25 x 0,20	0,24 x 0,17 x 0,10	
	OURÉM	0,20 x 0,15 x 0,15		
	CALDAS DA RAINHA	0,35 x 0,15 x 0,10		
VALE DO TEJO / RIBATEJO				
	ALCOCHETE	0,35 x 0,25 x 0,10		
	ZONA FOREIRA SUL, MOITA E ROSÁRIO	0,30 x 0,15 x 0,12	0,30 x 0,11 x 0,12	
	ESPINHEIRO	0,50 x 0,30 x 0,10		
		0,40 x 0,30 x 0,10		
	ALPIARÇA	0,30 x 0,20 x 0,10		
	BISCAINHO	0,25 x 0,12		
VALE DO GUADIANA				
	ALDEIA DA LUZ	0,33 x 0,16 x 0,10	0,30 x 0,17 x 0,08	
	MINAS DE S. DOMINGOS	0,32 x 0,16 x 0,10		
	MÉRTOLA	(taipa)	0,15 x 0,15 x 0,06	
ALGARVE				
	PORTIMÃO	(alvenaria pedra)	0,30 x 0,15 x 0,15	
			0,29 x 0,11 x 0,12	
	ALBUFEIRA	(alvenaria pedra)	0,39 x 0,15 x 0,11	0,34 x 0,19 x 0,10
	MONCHIQUE	(alvenaria pedra)	0,34 x 0,12 x 0,08	0,36 x 0,12 x 0,13
	LAGOA	(taipa)	0,28 x 0,15 x 0,09	
	SILVES	(taipa)	0,41 x 0,11 x 0,10	0,40 x 0,12 x 0,08
	VILA DO BISPO	(taipa)	0,30 x 0,12 x 0,12	
	LAGOS	(taipa)	0,28 x 0,14 x 0,11	
VARIAÇÃO GERAL (máx—mín)		(0,50—0,20)x(0,35—0,12)x(0,20—0,10)	(0,45—0,15)x(0,21—0,11)x(0,15—0,06)	(0,45—0,34)x(0,25—0,12)x(0,15—0,08)

QUADRO 34_ Dimensões comuns de unidades de adobe (medidas em metros).

> No areeiro de Esgueira eram produzidos quatro tipos de adobos, de dimensões e formas que variavam consoante a sua utilização específica, fabricados sensivelmente com as seguintes dimensões (comprimento x largura x altura): "*Adobos mendões*" (45x15x12cm) – habitação (paredes interiores); "*Adobos de muro*" (45x25x12cm) – muros; "*Adobos de parede*" (45x30x12cm) – habitação (paredes exteriores); "*Adobos de poço*" (45x25x12cm) – paredes de poços.
>
> Os diversos tipos de adobos produzidos tinham um comprimento comum, cerca de 45cm, incluindo um tipo de adobo curvo, destinado à construção de poços, que apresentava uma forma curva peculiar, adequada à curvatura das paredes a que se destinava.[147]

Os adobes executados no território português demonstram um semblante muito diversificado, sendo possível identificar diversas proporções, cores e texturas (painel 17 e quadro 34): a expressividade do adobe difere em função dos solos seleccionados e dos moldes utilizados na sua confecção. Neste sistema construtivo, salienta-se a variação patente na volumetria de adobes empregues na elevação de poços, pelo seu engenho na associação forma-função. Em *Arquitectura de Terra em Avis*,[148] a arquitecta Inês Fonseca observa que o perfil plural do adobe se relaciona com o seu método de produção artesanal e com o carácter inventivo e singular, que procura adaptar o material ao uso a que se destina. Não obstante, em *Arquitectura de Terra em Portugal*,[149] o arquitecto Luís Santiago afirma que, a nível regional, se verifica por vezes alguma uniformidade nas proporções do adobe, que é partilhada por diferentes estaleiros de produção.

A volumetria dos adobes é, na maioria dos casos, paralelepipédica ou cúbica, variando a sua secção entre formas rectangulares e quadradas; o volume pode ainda ser achatado, demonstrando diferentes secções. No que respeita as dimensões da unidade manufacturada, é comum observar-se a proporção de "2:1" entre a largura e o comprimento ("C=2L"), ou de "3:1" entre a altura e a largura do bloco ("L=3A"). A dimensão do adobe pode variar até ao momento em que implique a sua fragilidade construtiva: a partir de determinadas dimensões não é possível garantir uma secagem correcta do bloco. A configuração dos adobes pode apresentar um encaixe tipo "macho-fêmea" ou perfurações onde se introduzem elementos estruturais (varas de madeira, canas de bambu), reforçando em ambos os casos a união das peças e a solidez da alvenaria (Torgal; 2009). As adobeiras são geralmente de madeira (por exemplo, pinho) e denotam uma capacidade de produção diversa; existem moldes para a execução de uma unidade, assim como para o fabrico simultâneo de várias unidades, permitindo a moldagem individual ou em grupo. Estas formas devem ser guarnecidas com pegas superiores e/ou laterais, que vão auxiliar o seu manuseamento e o acto de desenformar as peças moldadas.

Quando se observa a relação presente entre a métrica de unidades e moldes de adobe com a dimensão do corpo humano, assoma novamente o paralelismo com a construção em taipa, uma vez que ressaltam princípios que são comuns às paredes em terra, independentemente do seu sistema construtivo. Deste modo, apesar de os blocos assumirem dimensões e pesos diversos, esta variação surge delimitada pela capacidade física de transporte e manuseamento por parte de um indivíduo, sendo óbvia a "simbiose" entre a dimensão do adobe e da mão humana.

---

147 SANTIAGO, Luís Branco (2005): *Mestres Adobeiros – O areeiro de Manuel Duarte – Esgueira, Aveiro*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 3:262.

148 FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*. Lisboa: Argumentum. 2:48.

149 SANTIAGO, Luís Branco (2005): *Mestres Adobeiros – O areeiro de Manuel Duarte – Esgueira, Aveiro*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 3:262.

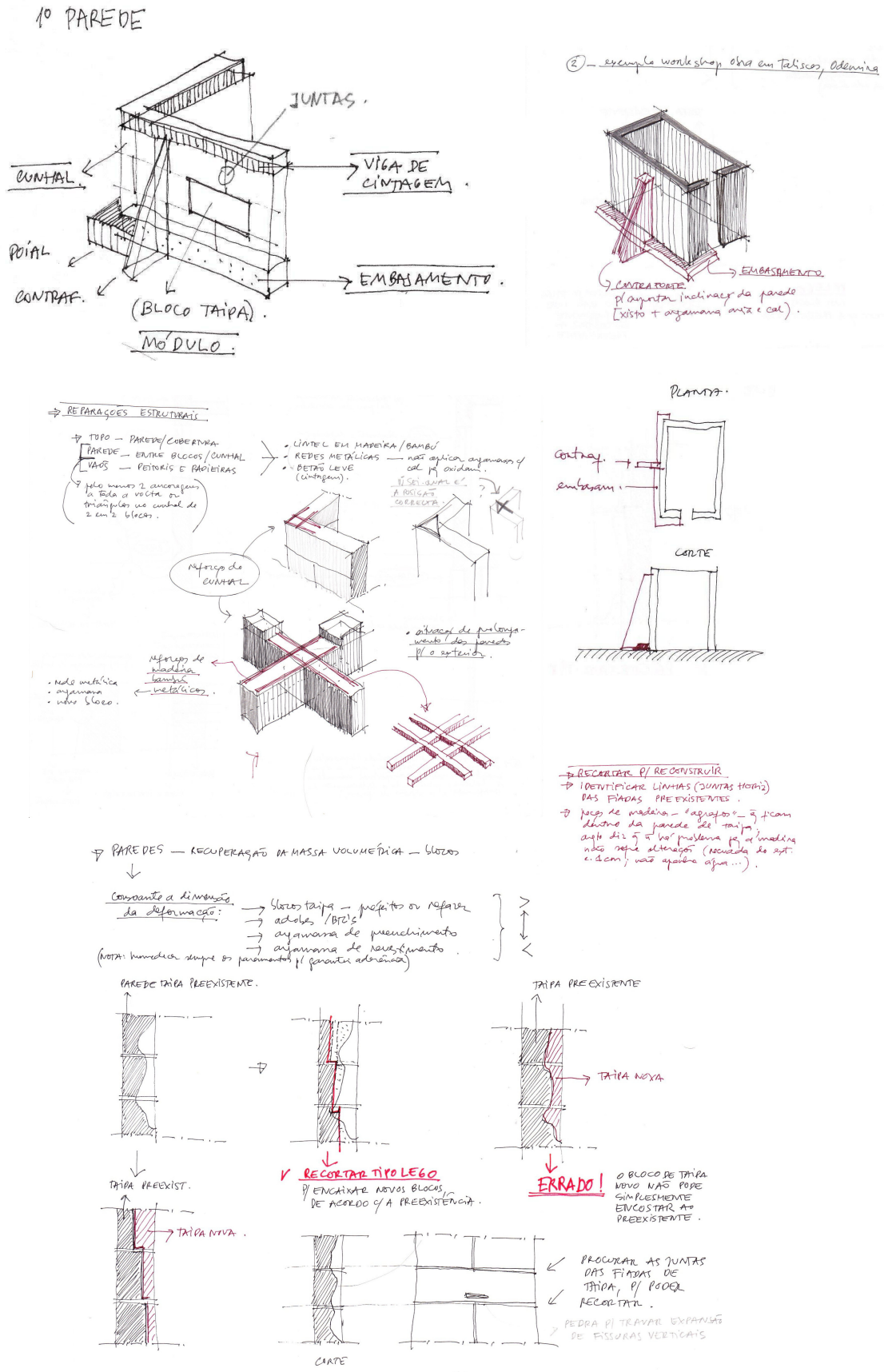


FIGURA 36 _ Paredes em taipa e em adobe: aspectos construtivos comuns.

As paredes em taipa e em adobe são várias vezes elevadas com recurso a estratégias construtivas idênticas, que permitem reforçar a estrutura e melhorar o desempenho mecânico dos edifícios. Estas estratégias assumem grande importância nos casos em que a constituição da matéria-prima apresenta alguma fragilidade, ou em que a organização espacial proporciona pontos de menor estabilidade no edifício (por exemplo, devido à métrica estipulada); a sua aplicação é ainda relevante quando se trata de requalificação de estruturas. Os aspectos construtivos que se focam atentam principalmente na coesão interna da parede, na ligação entre paredes de terra e na capacidade do conjunto resistir a esforços mecânicos que o solicitam.

A presença de elementos como contrafortes ou gigantes, poiais e tirantes metálicos, é frequentemente visível no exterior destes edifícios; a sua função consiste em agregar a estrutura de terra, impedindo a desunião dos muros. Os contrafortes trabalham no sentido de travar a parede onde se encontram adossados; devem localizar-se no prolongamento de uma parede perpendicular à que está a ser apoiada, ou a meio comprimento de uma parede demasiado extensa. A sua fisionomia assemelha-se a um pilar, habitualmente com uma face inclinada, sendo de modo geral construído em pedra; no caso do sistema em adobe, é comum observarem-se contrafortes erigidos no próprio material da alvenaria. Sob um ponto de vista anti-sísmico, a altura de um contraforte deve corresponder, pelo menos, a 75% da altura da parede que reforça, enquanto a sua espessura deve apresentar, no mínimo, 45cm.[150] A configuração do poial coincide com a de um banco exterior, que opera como viga de cintagem, "amarrando" as paredes onde se encontra; este elemento pode surgir no seguimento da fundação, ou ser construído posteriormente. Os tirantes metálicos consistem em esticadores que podem unir paredes paralelas ou perpendiculares, trabalhando à tracção; a sua presença é assinalada na fachada através de uma cruz metálica, que "agrafa" o tirante às paredes que este prende.

No âmbito da resolução do cunhal, a introdução de materiais como a pedra ou o tijolo cozido, mencionados anteriormente, constituem reforços estruturais simples que podem aplicar-se de modo pontual, ou em toda a altura do edifício. A introdução destes materiais deve ser sempre executada "tipo lego", de forma a que fiquem endentados no muro de terra. A estabilidade estrutural pode ser fortalecida através do prolongamento exterior dos muros, cruzando-os para além do cunhal, ou ainda por meio da inserção de redes metálicas e de estruturas forma de "L", reforçando internamente o ângulo que resulta da intersecção de planos.

No interior do corpo da parede, a introdução de armaduras verticais e horizontais compõe um reforço em termos sísmicos; estas estruturas podem ser elaboradas em madeira, canas ou em materiais como o ferro e o aço. No sistema construtivo em adobe, as unidades podem ser produzidas com orifícios, prevendo a entrada do reforço vertical; a nível horizontal, estas malhas são inseridas entre fiadas de blocos de taipa ou de unidades de adobe.

Num contexto de requalificação, procede-se com frequência à restituição volumétrica do corpo das paredes, devolvendo-lhes integridade física. Esta operação é realizada através do emprego de sucessivas camadas de argamassa, que variam consoante a dimensão da fissura a anular; geralmente aplicam-se argamassas constituídas por areia mais grossa no interior da parede e mais fina no exterior. Quando se trata de uma cavidade profunda, a primeira camada de preenchimento utiliza elementos como pequenos blocos de taipa (pré-feitos), unidades de adobe ou pedras. Antes da aplicação de novos materiais efectua-se um tratamento da zona danificada: é necessário

[150] PARREIRA, Daniel (2007): *Análise Sísmica de uma Construção em Taipa*; Lisboa; Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa. 6:74.

PAINEL 18 _ Sistema construtivo em tabique: taipa de fasquio.

retirar todo o material solto, avançando ligeiramente em profundidade (cerca de 10mm), de modo a recortar o muro de acordo com os blocos ou unidades que o compõem. De seguida, a superfície é limpa através de escovagem a seco, sendo posteriormente humedecida no momento de aplicação das novas camadas; em alguns casos a aspersão da parede é feita com água de cal. O humedecimento é fundamental para que os materiais e as argamassas adiram correctamente ao corpo da parede de terra.

No que respeita a dimensão ideal da parede de terra a nível anti-sísmico, a obra *Arquitectura de Terra em Portugal* refere a seguinte proporção: espessura mínima de 0,40m; comprimento livre inferior a dez vezes a medida da espessura (máximo de 5,00m); altura inferior a sete vezes a medida da espessura (máximo 3,50m).[151] No caso específico de paredes em taipa, a espessura da parede deve ser variável, atingindo *um mínimo de 0,30m (...) no topo e um alargamento para a base no exterior com um declive de 1:12*.[152] Para paredes em adobe, o *CRATerre* indica a proporção de "1:12:8"; no que se refere à unidade de adobe, o grupo salienta que a configuração de base quadrada é mais resistente num contexto sísmico, referindo as dimensões de "38 x38 x8".[153]

1.2 TERRA CRUA SOB A FORMA DE PREENCHIMENTO DE UMA ESTRUTURA SUPORTE

TABIQUE

No território português, o sistema construtivo em *tabique* é frequentemente denominado *taipa de fasquio* e *taipa de rodízio*, sobretudo na região norte, onde se implanta de modo preferencial. Este desígnio relaciona-se com o significado do vocábulo "taipa", que se refere a "tapume",[154] referenciando desta forma a utilização de madeira no desenvolvimento da técnica construtiva.[155]

> O tabique tem sido utilizado em Portugal e difundido (…) desde a época dos Descobrimentos. No terramoto de 1755, quando boa parte das edificações tombaram, as construções em tabique foram as que melhor resistiram. Covilhã, na Serra da Estrela, teve tabique nos séculos XVII e XVIII, mantendo exemplares até hoje.[156]

Construir em tabique significa elevar paredes com uma estrutura portante em madeira, cujos interstícios podem ser preenchidos através de materiais de origem terrosa – tijolo burro, adobe, argamassas de terra – e as superfícies são revestidas com argamassas de terra ou de areia e cal (painel 18). O reticulado de madeira – frequentemente de carvalho ou castanho – [157] é composto por pilares, vigas e peças de travamento, que podem ser

---

151 LOURENÇO, Paulo (2005): *As estruturas de terra e os sismos.* In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 2:189.

152 Idem. 2:191.

153 DOAT, Patrice; HAYS, Alain; HOUBEN, Hugo; MATUK, Sylvia; VITOUX, François (1991): *Building with Earth*; Nova Deli: The Mud Village Society. [1ªed. inglesa]. 3:131-132.

154 BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto:
CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais. 2:63.

155 A técnica de tabique é designada "*torchis*" em francês e "*wattle and daub*" em inglês.

156 ARAÚJO, Geraldo (2005): *Terra sobre engrado em Portugal*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:58.

157 *O bambu poderá ser uma solução para a construção com terra sobre engrado, em substituição da madeira, devido não só ao preço alto da mesma como ao longo tempo de reflorestamento para fins comerciais. Além do menor custo e visto que a partir do terceiro ano de vida o mesmo poderá ser aplicado como elemento estrutural, as excelentes características de resistência física qualificam-no para tanto.*

ARAÚJO, Geraldo (2005): *Terra sobre engrado em Portugal*. In: *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum. 1:60.

PAINEL 19 _ Sistema construtivo em tabique: taipa de rodízio.

conjugadas de distintas formas, configurando diferentes tramas ou "engrados". O método de disposição das peças e a sua articulação com a terra ditam variações dentro do mesmo sistema construtivo; neste âmbito, a técnica do tabique pode ser subdividida em dois tipos principais, onde figuram a "taipa de fasquio" e a "taipa de rodízio". Ao contrário do que sucede com as técnicas em taipa (de pilão) e adobe, onde actualmente alguns processos podem ser mecanizados, o tabique persiste enquanto técnica de cariz essencialmente manual e artesanal. O tipo de solo seleccionado pode corresponder a classes de textura mais arenosas ou argilosas; ao nível do preenchimento da estrutura e da aplicação de argamassas, o material é empregue num estado de consistência plástico e trabalhado sob pressão.

Neste sistema construtivo, a identificação de um módulo não se verifica de forma tão linear como nos sistemas anteriores; esta situação acentua-se no caso da taipa de rodízio, onde a disposição das peças de madeira e o preenchimento do engrado podem ser bastante irregulares. Não obstante, a parede de tabique pode ser definida através da repetição de um módulo, que varia em função do desenho da estrutura. Nos casos em que se determina um módulo e se executa um modelo prévio (ou quando a experiência dos profissionais o permite), é possível estimar a quantidade total de material necessário, prevendo também o tempo e o custo da obra.

A bibliografia analisada não faz referência a um grupo pré-definido no que respeita a equipa de trabalho, nem menciona um rendimento médio diário; a época mais adequada do ano para a construção em tabique não é igualmente indicada. Contudo, no enquadramento dos sistemas construtivos estudados, o tipo de acção a desenvolver adapta-se preferencialmente ao período entre o início da Primavera e o término do Verão, evitando deste modo momentos de precipitação.

A técnica do tabique é geralmente associada a edifícios que se desenvolvem em altura; o piso zero é erigido em alvenaria de pedra, sendo o tabique empregue nos pisos superiores. O sistema inicia-se com a colocação de vigas mestras, que são cravadas directamente nos muros de pedra; estas vigas suportam a parede de tabique, constituindo simultaneamente um ponto de encaixe para as traves que apoiam o soalho. Partindo da estrutura do pavimento, elabora-se o reticulado de madeira que conforma o tabique, assentando primeiramente as "vigas soleiras" (peças horizontais), que compõem a base da parede. Nestas vigas são então pregadas as "soleiras ao alto" (peças verticais), que vão definir o pé-direito do espaço; no topo das "soleiras ao alto" dispõem-se novamente "vigas soleiras", fechando a estrutura principal de "pilar e viga". Concluída esta fase, a trama de madeira pode desenvolver-se de acordo com a técnica de fasquio ou de rodízio. Deve contudo notar-se que a composição da parede de tabique denota uma série de variantes regionais, tanto a nível estrutural como de preenchimento, que apesar de partirem dos princípios referidos, podem não corresponder de modo exacto à narração que se apresenta. A descrição que se expõe tem por base informações da obra *Diálogos de Edificação.*[158]

De um modo geral, na técnica de fasquio o preenchimento da parede prossegue com a fixação de tábuas de madeira, dispostas no sentido vertical, que são pregadas às "vigas soleiras" – "tábuas aprumadas". A medida destas peças ronda os 20cm de largura e os 30mm de espessura; entre elas deve deixar-se um afastamento de cerca de 40mm, para permitir os movimentos de expansão e retracção da madeira. Sobre este plano de tábuas que encerra a estrutura de "pilar e viga", pregam-se novas peças para o travamento do conjunto, que se posicionam agora no sentido diagonal – "cruzadas". A última camada de madeira fixada consiste num ripado ou fasquio horizontal, que atribui a designação à técnica construtiva; este plano é composto por ripas de secção quadrada ou trapezoidal (cerca de 20mm de aresta), distanciadas entre si aproximadamente 30mm. A finalização da parede é executada

158 BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais. 2:62-66.

PAINEL 20 _ Elementos arquitectónicos de um edifício construído com terra.

através da aplicação de argamassa de terra ou de cal e areia, sobre o fasquio. A espessura desta camada é de cerca de 15mm; para facilitar a sua aderência ao paramento, é comum aplicar-se previamente na parede uma rede de galinheiro. A constituição da argamassa é variável, consoante o tipo de terra disponível e a experiência do mestre responsável pela obra; em *Diálogos da Edificação* propõe-se o seguinte traço: "2 de saibro + 1 de areia de rio + 1 de cal hidráulica + 1,5 de cal aérea". O acabamento da parede é dado através de uma segunda camada de argamassa aplicada à talocha, com cerca de 10mm de espessura, cujo traço pode aproximar-se de "3 de areia fina + ½ cal hidráulica + ½ cal aérea".

Na técnica de rodízio, o espaço entre pilares é preenchido com "vigas a prumo", que são pregadas nas "vigas soleiras", distanciadas entre si cerca de 50cm; após a sua colocação, a estrutura pode ser preenchida com elementos terrosos, ou proceder-se ainda à adição de peças de madeira, visando um correcto travamento do conjunto. Este travamento pode ser simples ou múltiplo: no primeiro caso, são colocadas peças no sentido diagonal entre as "vigas a prumo", configurando um "N"; no segundo, as peças são dispostas na perpendicular e na diagonal em relação às "vigas a prumo". Finda esta etapa, os interstícios da estrutura são frequentemente preenchidos com tijolo maciço e argamassas de terra ou de cal e areia, podendo ainda recorrer-se somente ao emprego de uma pasta de terra no estado plástico. A mistura de terra pode ser argilosa e incorporar fibras vegetais, de modo a controlar a fissuração; nestas situações deve dar-se algum tempo de cura à argamassa, para que possam ocorrer os movimentos de expansão e retracção. Antes de se aplicar o reboco é comum proceder-se a diferentes acções para optimizar a sua aderência, como golpear as madeiras com um machado, cravar pregos de caibrar (dobrando a cabeça do objecto), ou inserir uma rede de galinheiro. O emprego do reboco processa-se de acordo com o mesmo método descrito para a taipa de fasquio.

No sistema construtivo em tabique, a definição dos vãos é traçada durante a execução do reticulado em madeira; as peças que conformam o vazio são armadas no momento de elevação da estrutura da parede. A nível de revestimento exterior, para além das argamassas de terra ou de areia e cal, é comum observar a aplicação de telhas, placas de lousa ou chapas metálicas, que contrastam com a alvenaria de pedra dos pisos subjacentes.

2. MATERIALIZAÇÃO DE OUTROS ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS – CONSIDERAÇÕES GERAIS

FUNDAÇÃO

As observações que se tecem a propósito da fundação dirigem-se para os sistemas construtivos em taipa e em adobe; no sistema em tabique, a fundação relaciona-se com a alvenaria de pedra que configura o piso térreo.

De um modo geral, a fundação constitui um elemento realizado com recurso a materiais diferentes da terra, destacando-se a utilização de pedra, betão ciclópico e argamassas de ligante hidráulico; a opção por materiais impermeáveis procura impedir a ascensão de água por capilaridade. A implantação destes edifícios deve evitar terrenos com pendente pronunciada; a fundação não deve assentar em diferentes níveis do terreno, sobretudo se se tratar de zona sísmica, mas sim em superfícies niveladas.

Este elemento arquitectónico deve desenvolver-se de forma contínua em todo o perímetro do edifício, prolongando o alinhamento vertical dos muros que suporta. A sua espessura deve corresponder, no mínimo, à espessura da parede e a sua profundidade deve atingir, pelo menos, 40cm. Em função do lugar, a fundação pode

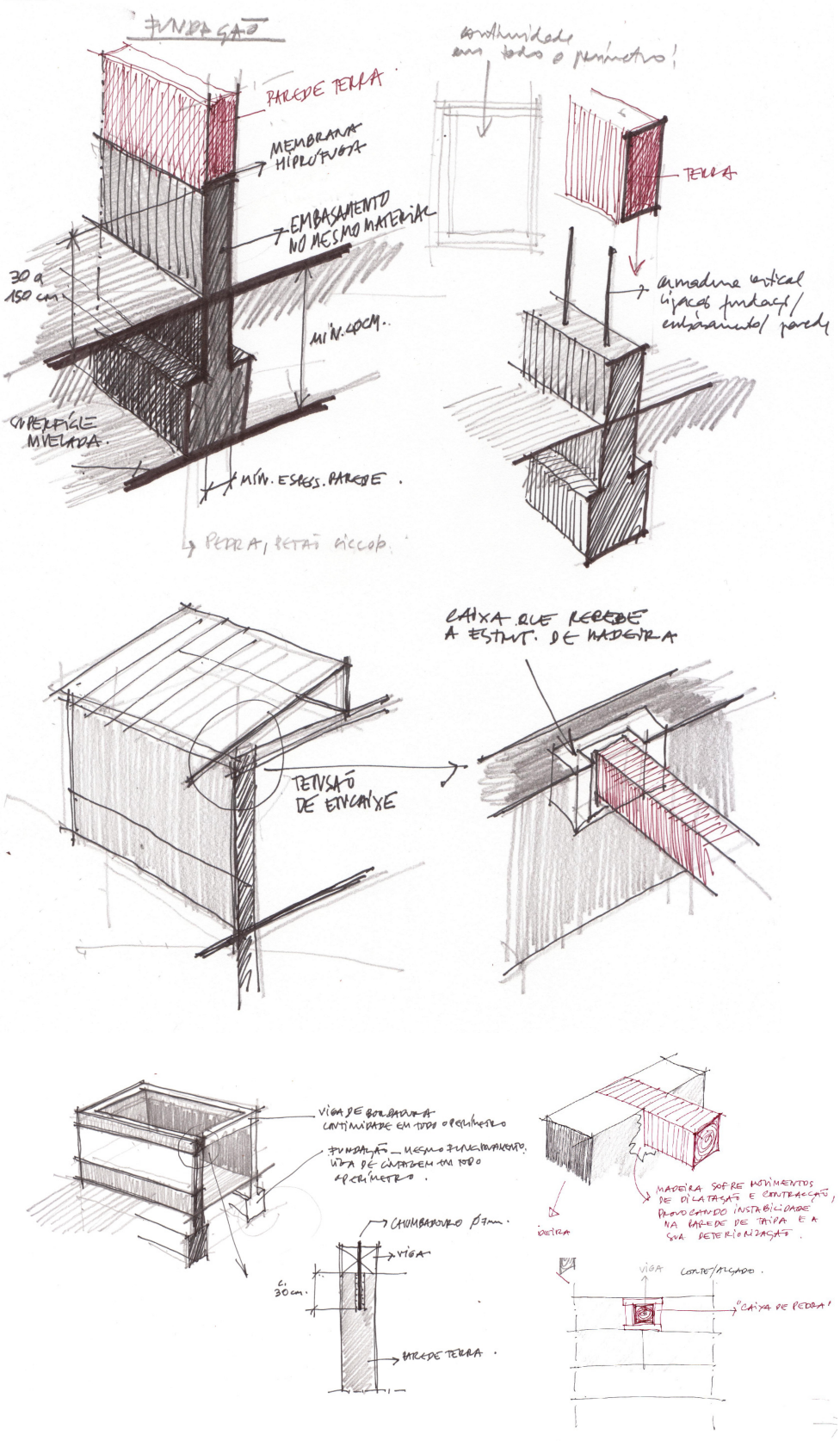


FIGURA 37 _ Elementos arquitectónicos: considerações .

elevar-se acima do nível do solo, mantendo o mesmo material, de modo a configurar um embasamento. A dimensão do embasamento deve corresponder a uma altura suficiente para a protecção das paredes, perante a acção da água; esta medida varia consoante as condições climatéricas e as características do solo, fixando-se geralmente entre os 30cm e os 150cm (Correia; 2005). A ligação entre a fundação e a parede pode ser reforçada através de uma armadura vertical (medida anti-sísmica) que é embebida na fundação e se estende pela altura do muro (Parreira; 2007); o contacto entre o embasamento e a parede deve realizar-se através de uma membrana hidrófuga.

No caso de edifícios antigos que não apresentam fundação, pode reforçar-se o conjunto introduzindo, a nível exterior, elementos construtivos como os contrafortes ou o poial; no interior do edifício pode inserir-se uma viga de cintagem ou uma laje no piso térreo, que promovam a união das paredes.

COBERTURA

A cobertura assume grande importância no âmbito de edifícios construídos com terra, uma vez que protege toda a estrutura face a acção dos agentes atmosféricos; o seu papel é principalmente relevante no que respeita a restrinção da incidência de água da chuva e a sua escorrência nos paramentos. Este elemento requer, porém, um especial cuidado a nível da distribuição de cargas: a cobertura deve ser o mais leve possível, de forma a não provocar pesos concentrados em determinados pontos das paredes de terra, conduzindo à sua fissuração.

A estrutura da cobertura é habitualmente executada em madeira e revestida em telhas de canudo, ou de aba e canudo; no caso de ser acessível, a estrutura deve ser realizada por meio de abóbadas (Lourenço; 2005). A cortiça e as argamassas de terra constituem materiais possíveis em termos de isolamento,[157] sendo contudo comum observar a ausência desta camada protectora em edifícios antigos.

As peças de madeira da cobertura despoletam frequentemente tensões de encaixe e consequente fissuração nas paredes, devido a diferentes movimentos de dilatação e retracção que caracterizam a terra e a madeira. Este problema pode ser solucionado através da introdução de um terceiro material, que evite o contacto directo entre os anteriores. Neste âmbito, podem executar-se pontualmente caixas em pedra ou em tijolo que recebam as peças estruturais da cobertura, ou, nos casos em que o topo das paredes é rematado com uma viga de cintagem, aproveitar a presença deste elemento para articular os diferentes materiais.

A viga de cintagem ou bordadura pode ser projectada enquanto medida anti-sísmica, sendo materializada em betão ou madeira. Este elemento deve percorrer todo o perímetro do edifício, à semelhança do que ocorre com a fundação; a secção preferencial desta viga deve aproximar-se de 40 x 40cm (Parreira; 2007). Para garantir uma correcta ligação entre a viga e o muro de terra, deve aumentar-se a superfície de contacto entre estes elementos; para o efeito, o encaixe pode ser realizado através de "dentes", ou introduzindo chumbadouros que cravem a viga à

[157] No território português persistem ainda hoje construções circulares em pedra com falsa cúpula, preenchida com terra, associadas a *uma prática construtiva ancestral,* que constituem um exemplo remoto de aplicação de terra na cobertura. Nestes edifícios eram utilizados solos argilosos, ricos em pedras pequenas (talisca) que ajudavam a assentar e segurar a terra no topo; a terra actua como isolamento térmico, equilibrando simultaneamente a estrutura da falsa cúpula em pedra. Na ilha de Porto Santo regista-se também o emprego de terra na cobertura das designadas "Casas de salão". Estas coberturas apresentam uma estrutura em madeira, onde assenta um forro de tabuado ou de mato seco; sobre o forro é espalhada uma espessura de sete a dez centímetros de "salão" – solos argilosos derivados da decomposição de material vulcânico – que cobre de modo uniforme o telhado. A terra empregue *apresenta um apreciável grau de "goma natural"*, que lhe permite agregar-se na presença de água, tornando-se impermeável; em período seco e quente, a terra retrai e abre fissuras, promovendo a ventilação natural da habitação.

MESTRE, Victor (2005): *Terra de cobertura.* In: *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 1:62.

parede. O chumbadouro consiste num elemento metálico, semelhante a um parafuso, que deve apresentar um mínimo de 70mm de diâmetro, entrando em profundidade na parede, pelo menos 30cm (Parreira; 2007).

O remate da cobertura é geralmente efectuado através de um beirado que surge nas fachadas principal e tardoz. Este elemento pode ser executado de diversos modos, assentando a telha directamente no paramento, ou articulando o beirado com cornija e cimalha; a protecção da parede será tanto mais eficaz, quanto maior for a saliência do beirado em relação ao paramento.

VÃOS

Nos edifícios construídos em taipa e em adobe, a localização de vãos deve evitar a proximidade aos cunhais e a sobreposição em altura, mantendo um desalinhamento vertical das aberturas. A dimensão dos vãos deve ser proporcional ao corpo da parede onde se inserem; como medidas de referência pode citar-se uma largura máxima correspondente a 1/3 do comprimento da parede (rondando geralmente 120cm), um afastamento entre vãos no mínimo de 120cm e uma distância ao cunhal no mínimo de 100cm.[158]

Ao nível da padieira, os vãos apresentam habitualmente um lintel elaborado em materiais como a pedra, a madeira, o tijolo ou o betão leve. No caso de reforço anti-sísmico, o lintel é preferencialmente materializado em madeira ou betão, devendo prolongar-se para além da largura do vão, em cerca de 30cm a 50 cm para cada lado. À semelhança do que ocorre com viga de cintagem no topo dos muros, a ligação entre o lintel e a parede deve efectuar-se por meio de "dentes" que aumentem a superfície de contacto, bem como através de chumbadouros (Parreira; 2007). As zonas da padieira e do peitoril podem ser reforçadas com redes metálicas ou com peças de madeira em forma de "L", conforme as considerações tecidas a propósito do reforço estrutural de cunhais. No caso do peitoril é necessário ter especial atenção à sua drenagem, de modo a evitar a presença e a acumulação de água, bem como a sua escorrência nos paramentos.

Tal como sucede com a padieira, as ombreiras são executadas em pedra, madeira ou tijolo maciço; em alguns casos verificam-se soluções mistas que articulam diferentes materiais (por exemplo, verga de madeira e ombreiras em tijolo maciço). A introdução destes materiais permite regular as tensões que ocorrem entre a caixilharia e a alvenaria de terra. No que respeita a caixilharia, esta é geralmente executada em madeira; quando as ombreiras não possuem nenhum tratamento especial, as peças dos aros são chumbadas com elementos em ferro, directamente na parede. A introdução de caixilharias com um elevado grau de isolamento, aliada à não abertura regular dos vãos para ventilação, pode levar a fenómenos de condensação no interior.

REVESTIMENTOS

A aplicação de revestimentos numa parede de terra constitui uma medida opcional, que varia principalmente em função das condições climatéricas do lugar. A sua presença é sobretudo frequente em fachadas principais ou nos muros onde se rasgam vãos, permanecendo os restantes planos com o paramento à vista. As argamassas de revestimento devem ser entendidas como "camada de sacrifício" que detém o papel de protecção da parede, perante a acção dos agentes atmosféricos. Neste âmbito, é aconselhável proceder à sua manutenção regular, colmantando fissuras e outras patologias que surgem com a passagem do tempo.

[158] LOURENÇO, Paulo (2005): *As estruturas de terra e os sismos.* In: *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 2:191.

A permeabilidade dos revestimentos é essencial para garantir a "respiração" dos muros de terra, evitando que a humidade permaneça e se acumula no interior da alvenaria; contudo, a sua composição confere-lhes sempre menor permeabilidade do que a do corpo da parede, devido à sua função protectora. Neste sentido, alguns profissionais defendem que o revestimento nunca deve ser aplicado na superfície total dos muros, sendo importante considerarem-se planos em que a alvenaria permanece à vista, para facilitar as trocas gasosas entre o interior e o exterior. Em zonas de água, como cozinhas e instalações sanitárias, deve revestir-se a superfície apenas pelo interior, com materiais mais impermeáveis (por exemplo, azulejos); nestes pontos, a parede deve ser protegida por dentro, deixando-a respirar por fora. O emprego de argamassas que integram materiais como o cimento na sua constituição revela-se bastante nefasto para as alvenarias de terra, uma vez que este tipo de revestimentos se torna excessivamente impermeável e demasiado rígido, não acompanhando o funcionamento da parede.

A aplicação de revestimentos interiores pode efectuar-se após a conclusão da obra, aguardando contudo cerca de um ano até proceder ao revestimento exterior das paredes. Tal facto advém da vantagem que a exposição dos muros às condições climatéricas imprime: durante os ciclos de humedecimento e secagem, a volumetria da parede adquire estabilidade, libertando partículas menos agregadas e alcançando uma rugosidade desejável ao assentamento dos revestimentos. Não obstante, antes da aplicação de qualquer revestimento é fundamental proceder a uma preparação prévia dos paramentos. Esta preparação inclui uma escovagem das superfícies para extrair elementos soltos e criar faces ásperas, possibilitando uma melhor aderência das argamassas; os paramentos devem estar bem humedecidos no momento da aplicação, de modo a auxiliar a fixação dos materiais que são introduzidos.

O corpo do revestimento subdivide-se em diferentes camadas com distintas granulometrias, que são aplicadas sucessivamente; devem considerar-se pelo menos duas camadas, uma de preenchimento e outra de acabamento. Idealmente, recomenda-se um período de uma semana de espera entre a colocação de cada estrato, de forma a permitir a sua retracção, bem como a carbonatação da cal que compõe a argamassa. Este método permite que as fissuras que ocorrem numa camada, sejam fechadas e reapertadas durante a aplicação da camada seguinte; a espessuras de cada estrato deve situar-se por volta de 10 a 20mm. A primeira camada, em contacto com a parede, é geralmente constituída por granulometrias de areia mais grossa, podendo inclusivé integrar palha, nos casos em que a terra é argilosa; no que respeita a camada final, as granulometrias são mais finas e não deve haver incorporação de fibras.[159] Não obstante, a composição de cada estrato deve combinar diferentes granulometrias (por exemplo grossa+média; média+fina), contribuindo para uma melhor distribuição e agregação das partículas terrosas. Os solos de textura muito argilosa devem ser evitados na última camada, devido à probabilidade de alterações volumétricas e consequentes fenómenos patológicos.

Em termos de acabamentos exteriores, é comum verificar-se a caiação das superfícies, que pode ser simples ou policromática.[160] A aplicação de cor é habitualmente introduzida em elementos como cunhais e vãos, destacando o seu contorno, ou ainda em socos, cimalhas e frisos.

---

[159] Na acção de formação *Conservação e Recuperação de Construção com Taipa* (Odemira, Maio de 2009), sugeriu-se que esta primeira camada detenha na sua composição um volume de terra crivada numa malha de 10mm, o mesmo volume de terra e areia e uma adição de cal em pó entre 5% a 7%. Na
camada final, a terra deve ser crivada numa malha 4mm (máximo).

[160] A caiação consiste na aplicação de uma fina camada de leite de cal, na proporção de ½ ou 1/3 de pasta de cal e água, onde se acrescentam pigmentos no caso de se desejar cor. A aplicação pode ser feita sobre reboco, sobre salpico grosseiro ou directamente sobre a alvenaria. No caso das argamassas de revestimento serem constituídas por cal, a parede pode ser caiada logo após a sua aplicação, com o reboco ainda húmido.

PAVIMENTOS

O grupo de materiais que se destacam na execução de pavimentos em edifícios de terra repete, de um modo geral, o conjunto já identificado para os restantes elementos arquitectónicos: a pedra, a madeira e a terra. O solo seleccionado na realização de pavimentos detém habitualmente uma textura argilosa e pode ser cozido em forno, seco ao sol ou apenas batido. As unidades fabricadas são geralmente muito porosas e algo sensíveis em termos de resistência ao desgaste. Estas unidades apresentam dimensões bastante variáveis; a título de exemplo, podem citar-se as medidas de 15x15cm, 20x20cm e 15x30cm para unidades de tijoleira de barro cozida,[161] e as dimensões de 50x50x4cm e 80x35x10cm para ladrilhos como as baldosas.[162]

No piso térreo são utilizados os três materiais mencionados, sendo habitual a execução de um pavimento somente em terra batida. Nestes casos, o pavimento pode ser humedecido nas estações quentes, de modo a refrescar o espaço interior, através da evaporação de água. Nas situações em que se aplicam outros materiais, estes podem dispor-se directamente na superfície de terra batida e nivelada, recorrendo ao uso de argamassas de terra para a sua colocação. Nas estruturas antigas é comum assentar o pavimento sem qualquer camada de impermeabilização ou isolamento.

Nos pisos superiores é frequente a presença do sobrado, assente em estrutura de madeira, bem como a utilização de elementos terrosos. Quando se empregam unidades de terra, a distrubuição das vigas que suportam o piso deve ser pensada de acordo com o tamanho e o peso das peças de terra.

III.3 REFLEXÃO – A PREPARAÇÃO E A APLICAÇÃO DO SOLO NAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM PORTUGAL

No contexto português, os solos seleccionados para uma construção com terra são habitualmente obtidos no local de intervenção, ou no espaço próximo da envolvente. Preferencialmente, deve efectuar-se uma recolha de várias amostras de solos, de modo a testá-los e a optar pelo que mais se adequa ao sistema a desenvolver; consoante as situações, pode utilizar-se apenas um tipo de solo, ou proceder a uma mistura de diferentes solos devido, por exemplo, à quantidade de material disponível. A extracção do solo é realizada a cerca de 50 cm de profundidade (horizonte B), garantindo a ausência de material orgânico. Os mecanismos de preparação do solo são comuns nos vários sistemas construtivos: a análise do material, a sua homogeneização e, em alguns casos, a sua correcção, constituem etapas essenciais no decorrer das três técnicas.

Em termos da análise às características da terra verifica-se que, no território português, esta operação ocorre frequentemente em campo, consistindo sobretudo numa experiência sensorial. Os testes de campo fomentam um contacto directo e sensível entre o indivíduo que trabalha o solo e o corpo do material, revelando a importância de uma relação próxima, que se constrói através dos sentidos. O corpo humano e alguns instrumentos simples compõem as ferramentas necessárias para efectuar uma série de testes ao solo, permitindo apurar características essenciais no domínio construtivo. Neste âmbito, os exames que se efectuam incidem sobretudo na

---

161 RIBEIRO, Vítor (2008): *Materiais, Sistemas e Técnicas de Construção Tradicional – Contributo para o Estudo da Arquitectura Vernácula da Região Oriental da Serra do Caldeirão*; Porto: Edições Afrontamento. Pg.80.

162 BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais. 2:98.

textura do solo, na sua consistência e na optimização da acção mecânica. No primeiro caso, identifica-se a granulometria do material, averiguando o predomínio de areia ou de elementos mais finos, como a argila; no segundo, verifica-se a sua reacção perante diferentes teores de água; por último, procura-se definir um equilíbrio entre a quantidade de água presente e a força que é aplicada para trabalhar o solo. Se os testes confirmarem a aptidão da terra, procede-se à uniformização do volume de matéria, a que se sucede a aplicação construtiva; nas situações em que a análise constata um desequilíbrio nos constituintes do solo, é fundamental proceder à sua correcção, durante o processo de homogeneização.

A homogeneização constitui uma tarefa de grande importância no processo construtivo, uma vez que interfere com o desempenho do material. O objectivo desta acção reside em garantir uma correcta distribuição granulométrica das partículas e do grau de humidade presente no solo, de modo a que cada porção da matéria apresente as mesmas características. Em algumas situações, uma correcta homogeneização do solo, realizada num período de tempo adequado, pode ser suficiente para corrigir pequenos desajustes da composição do material.

No contexto português, a correcção do solo recorre principalmente a materiais como o saibro, a areia ou a palha, enquanto elementos inertes, para a estabilização de texturas demasiado argilosas; componentes como a argila, a cal e o cimento são empregues como ligantes, no melhoramento de texturas excessivamente arenosas. A cal e o cimento prestam-se, contudo, à correcção quer de texturas arenosas – funcionando como ligantes –, quer de texturas argilosas – onde actuam sobre as propriedades dos minerais de argila. As percentagens em que os vários componentes são adicionados deve ser testada para cada caso, através de realização de diferentes experiências.

No domínio da aplicação construtiva da terra destaca-se, enquanto princípio para a compreensão e utilização do material, o trinómio "textura + consistência + acção mecânica": cada sistema construtivo utiliza determinado tipo de solo, ao qual adiciona certa quantidade de água, trabalhando-os por meio da força de uma dada acção. Os três temas identificados, constituem a base do desenvolvimento de cada técnica de construção com terra, assumindo diferentes associações, em função do tipo de solo seleccionado e do sistema a aplicar. Deste modo, para além das propriedades inerentes à matéria-prima, salienta-se um factor cultural, no que respeita o conhecimento e a experiência construtiva que os indivíduos detêm e que lhes permite adaptar diferentes circunstâncias, ao resultado que se pretende atingir.

O território português é caracterizado por muros de terra onde se observam fisionomias diversas. Algumas estruturas apresentam múltiplas linhas de reforço, enquanto outras são pontuados pela sua ausência; os planos de terra denotam desde rugosidades carregadas, a superfícies quase lisas; as suas tonalidades podem ser mais ou menos claras, com uma intensidade de cor variável, predominando sobretudo amarelos, laranjas, vermelhos e castanhos. Estas expressões reflectem a escolha de solos claramente distintos, que apresentam diferentes classes de textura, com granulometria mais arenosa ou mais argilosa. Apesar de entidades como o *CRATerre* indicarem uma composição "ideal" para o solo, consoante a sua utilização em sistemas como a taipa ou o adobe, tal não significa que solos de constituição divergente, não possam ser empregues no âmbito construtivo. De acordo com a investigação realizada pode afirmar-se que, a despeito de determinados solos serem considerados mais adequados no âmbito de uma técnica específica, as várias texturas podem ser trabalhadas no desenvolvimento de diferentes técnicas. Em cada um dos sistemas que se implantam em Portugal, verifica-se a utilização quer de texturas arenosas, como de texturas argilosas; a questão essencial parece residir na capacidade de adaptar os solos disponíveis à acção construtiva que será desenvolvida.

O sistema construtivo em taipa utiliza diferentes classes de textura, trabalhando-as invariavelmente no estado húmido (consistência friável), através de compressão: a intensidade da força aplicada corresponde, de modo lógico, a uma reduzida quantidade de água no solo. Por sua vez, o sistema em adobe, que recorre também a distintas classes de textura, emprega-as principalmente no estado muito húmido (consistência plástica), através de pressão e moldagem: a maior percentagem de água presente no solo correlaciona-se com a menor intensidade da força aplicada. Na técnica do tabique, as diferentes texturas do solo são aplicadas entre um estado muito húmido e húmido (conforme se tratem de argamassas de preenchimento ou de revestimento), através de pressão e moldagem. Contudo, no que respeita o sistema em adobe, nas situações em que os solos anunciam a presença de argilas muito expansivas, a técnica pode sofrer uma adaptação às características do material; assim, o solo passa a ser trabalhado, à semelhança do que ocorre na taipa, no estado húmido por meio de compressão. O produto final – o "bloco apiloado" – constitui uma unidade com as dimensões do adobe, executado em adobeiras, mas com o auxílio de um pequeno pilão. Sob este ponto de vista, o sistema em adobe, que tem vindo a ser associado, em termos de características do espaço físico, a um lugar geográfico de transição, assoma simultaneamente como um sistema mais versátil, que altera os parâmetros "consistência + acção mecânica", de forma potenciar o desempenho do solo disponível no lugar.

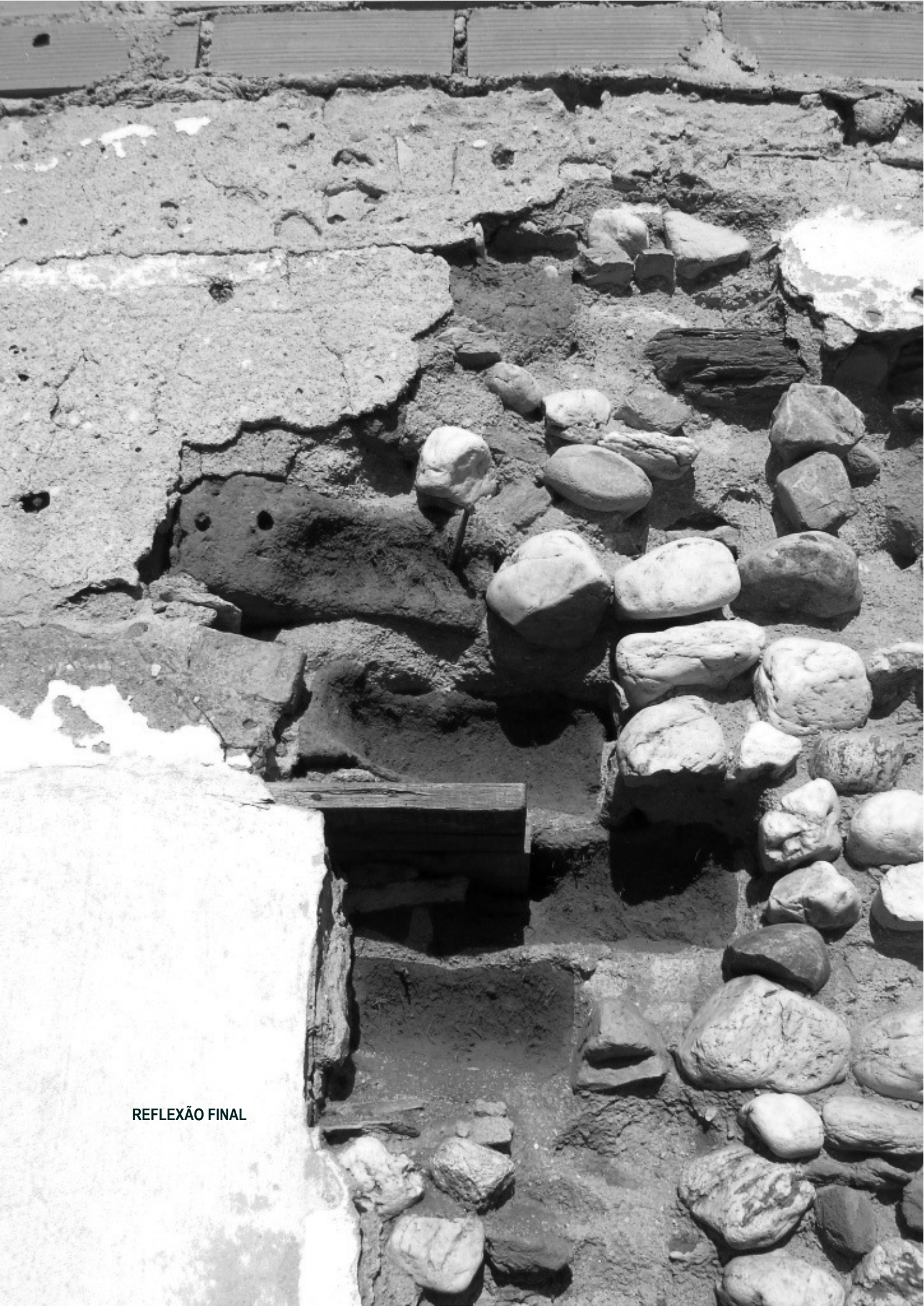
Neste contexto, observa-se que, num lugar quente e seco como o Alentejo, onde predominam solos com argilas expansivas e a presença de água é escassa, o sistema em taipa utiliza uma menor quantidade de água na sua concepção. Por outro lado, em zonas frescas e húmidas do litoral, ou nas bacias do Tejo e do Sado, onde se encontram solos com argilas pouco expansivas e a presença de água é abundante, o sistema em adobe utiliza no seu desenvolvimento uma maior quantidade de água. A Norte, nas paisagens acidentadas do interior, onde se destacam solos em diferentes fases de formação, com distintas percentagens de argilas expansivas, e onde a precipitação é frequente, o sistema em tabique é aplicado num piso elevado, protegido por uma base em alvenaria de pedra, sendo o solo aplicado com diferentes teores de água. Neste âmbito, ressalta-se uma vez mais o papel do lugar, enquanto factor primordial na definição do corpo de uma Arquitectura de Terra: a fixação de cada técnica numa área preferencial do território, onde predominam certas características pedológicas, parece ocorrer de acordo com a lógica de um equilíbrio "inato", "inevitável" ou "natural", entre o lugar, o material e o sistema construtivo. Este equilíbrio é reforçado pela flexibilidade pontual da técnica do adobe, quando se modifica e ajusta ao solo demasiado argiloso de alguns lugares. Não obstante, a invariabilidade da acção do sistema em taipa, que trabalha diferentes solos no estado húmido por compressão, salienta o factor cultural – o conhecimento e a opção do homem – enquanto agente concomitantemente relevante.

A materialização dos elementos arquitectónicos que compõem um edifício em terra, recorre à utilização de outros materiais, onde prevalece a opção por pedra, madeira, tijolo maciço, elementos cerâmicos e, por vezes, elementos vegetais. O conjunto de materiais frequentemente associados à terra provêm em geral, tal como esta matéria, do lugar onde ocorre a intervenção. Compreende-se assim, que as estruturas construídas em terra sintetizem o carácter do lugar, ao proceder, através da acção construtiva, a uma reorganização dos materiais que se encontram disponíveis. Repetindo metaforicamente a própria condição de origem do solo, estes edifícios reúnem e reflectem, no corpo da sua matéria, o espaço que os envolve.

A utilização de materiais com propriedades distintas induz a necessidade de atentar no modo como se define o contacto entre eles. Neste âmbito, uma vez que a terra e a madeira são matérias susceptíveis de sofrer variações volumétricas, deve eleger-se um terceiro material mais estável (como a pedra ou o tijolo maciço)

na transição entre ambas, de modo a travar movimentos de expansão e retracção que despoletem a fissuração dos elementos terrosos.

Durante a realização do projecto de arquitectura, podem traçar-se estratégias ao nível da configuração dos elementos arquitectónicos, de modo a salvaguardar o edifício de determinadas fragilidades construtivas do material terra, nomeadamente a débil resistência aos esforços horizontais e à acção da água. Deste modo, desde o correcto dimensionamento dos elementos, ao seu adequado posicionamento no edifício, ou a uma drenagem eficiente do conjunto, a fisionomia e a articulação dos vários elementos arquitectónicos devem colaborar no sentido de evitar e contra-balançar os pontos sensíveis do material terra no domínio construtivo.



REFLEXÃO FINAL

reflexão final

reflexão final

> Condicionamentos e soluções são aspectos inseparáveis na Arquitectura regional (...). O fenómeno é comum (...) a todas as regiões diferenciadas do País (...). Nem doutro modo teria sentido a restrição imposta ao substantivo «Arquitectura» com o adjectivo «regional». Restrição que envolve limites territoriais, mas ao mesmo tempo uma relação íntima com os factores naturais e os de intervenção humana que caracterizaram uma região e a distinguem doutras.
>
> Não é acidentalmente que os tipos, as formas e as expressões dos edifícios se assemelham em áreas definidas, mas com nítidas diferenças de umas zonas para outras. Nem podemos atribuir tal circunstância à exclusiva intervenção dos homens, embora sejam eles que constroem esses edifícios, aparentemente com a liberdade de os erguerem de acordo com os seus desejos e preferências. Certos factores inerentes à região condicionam essa liberdade: encaminham-na, desindividualizam-na e encontram-se desse modo na base das feições características das edificações e do seu agrupamento.[163]

O domínio de uma Arquitectura de Terra em Portugal refere-se a um conjunto de técnicas construtivas que elegem a *terra crua* enquanto matéria-prima; estas técnicas incorporam o grupo de expressões arquitectónicas que compõe o conceito de uma Arquitectura regional no território português. O excerto retirado da obra *Arquitectura Popular em Portugal* permite identificar o *lugar* enquanto factor que define, de modo primordial, o significado desta Arquitectura, imprimindo-lhe uma singularidade implícita. No âmbito de uma Arquitectura de Terra, as soluções construtivas proferidas pelos indivíduos, reflectem *sempre* as condições que caracterizam o lugar de intervenção; esta *relação íntima com os factores naturais* processa-se, em primeira instância, ao nível do material que é escolhido para configurar o espaço, neste caso, a *terra* que existe no *lugar*.

No território português, o semblante da Arquitectura de Terra compreende três sistemas de construção, onde se enquadram a *taipa*, o *adobe* e o *tabique*. O sistema construtivo em taipa trabalha o solo através de uma força de compressão, enquanto as técnicas do adobe e do tabique aplicam o material através de pressão e moldagem. A taipa e o adobe constituem sistemas portantes – o primeiro monolítico e o segundo de alvenaria –, ao passo que a técnica do tabique se reporta a um sistema de enchimento de uma estrutura prévia, frequentemente realizada em madeira.

A observação dos mapas de implantação da Arquitectura de Terra em Portugal destaca a sua forte presença no território: as técnicas de construção com terra ocupam cerca de 70% da superfície de área total. Esta extensão de área corresponde, no seu conjunto, a um lugar caracterizado por um perfil bastante amplo; no âmbito nacional, o lugar de uma Arquitectura de Terra integra um intervalo muito significativo de condições físicas (climatéricas, hipsométricas, litológicas e pedológicas). Em todos os temas estudados, salvo a "insolação média anual" e a "precipitação total", este intervalo coincide em 100% com a variedade que se apresenta no país, indicando uma adaptação a circunstâncias muito diversas. Nos dois temas que constituem excepção, verifica-se que a implantação desta Arquitectura tende a evitar lugares onde ocorrem baixos valores de insolação e elevados valores de precipitação e hipsometria. De facto, a Arquitectura de Terra é praticamente inexistente ao longo de uma linha

[163] AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988]. Vol 2, pg.45.

montanhosa que atravessa, de Noroeste para Sudeste, serras como Peneda, Gerês, Alvão, Marão, Caramulo, Estrela e Gardunha – lugares onde se destaca a utilização do material pedra.

A análise do mapeamento das técnicas construtivas evidencia três espaços principais, portadores de uma grande coesão individual no âmbito das características estudadas: cada um destes lugares encontra-se associado a um sistema de construção com terra, desenvolvido no território português.

A técnica da taipa, que engloba a maior superfície de área, localiza-se sobretudo a Sul do rio Tejo. No espaço de implantação da Arquitectura de Terra, o lugar que corresponde ao sistema em taipa apresenta, em comparação com os restantes sistemas, valores mais elevados de insolação e de temperatura do ar, a par de um menor número de dias em que ocorre precipitação, em menor quantidade total. A altitude deste lugar assume valores intermédios, destacando-se a nível litológico o predomínio de areias, arenitos e rochas essencialmente xistentas. Neste contexto, os tipos de solos mais frequentes consistem em luvissolos, podzóis e litossolos, reunindo deste modo diferentes texturas, finas e grosseiras, onde pode figurar a presença de argilas mais ou menos activas, bem como a ausência desta fracção.

O sistema em adobe focaliza-se no Centro litoral, apresentando valores mais elevados de temperatura do ar e de precipitação (número de dias e quantidade total), a par de valores mais reduzidos de insolação e de hipsometria. Ao confrontar este lugar com o do sistema em taipa, sobressaiem quer características similares – temperatura do ar – quer características opostas – insolação e precipitação. As classes de hipsometria que descrevem o espaço do adobe reflectem a condição de zona costeira, onde o sistema preferencialmente se implanta. Neste lugar, salientam-se formações sedimentares como aluviões, areias, arenitos, cascalheiras, calcários e margas; as unidades pedológicas mais frequentes consistem em podzóis e luvissolos. Estes solos repetem as unidades identificadas no sistema em taipa, apurando diferentes texturas, arenosas e argilosas, onde se encontram argilas mais ou menos activas, consoante se tratem de podzóis ou de luvissolos, respectivamente.

A técnica do tabique concentra-se no Norte interior, onde ocorrem valores mais reduzidos de insolação e de temperatura do ar, a par de valores mais elevados de hipsometria e de número de dias com precipitação, em quantidade total intermédia. Quando comparado com os espaços da taipa e do adobe, o espaço do tabique distingue-se de ambos no que se refere aos valores predominantes de temperatura do ar e de hipsometria; por outro lado, este lugar aproxima-se do lugar do adobe, no que respeita as características de insolação e de número de dias em que ocorre precipitação. As rochas essencialmente xistentas, granitos e rochas afins constituiem os complexos litológicos principais, sendo as unidades pedológicas mais frequentes os grupos de cambissolos e litossolos.
O sistema em tabique apresenta, deste modo, um quarto tipo de solo predominante; em conjunto; estas unidades correspondem a texturas diversas, desde grosseiras a finas, onde pode participar uma percentagem variável de argilas activas, bem como uma ausência desta fracção.

Os núcleos geograficamente distintos do território que correspondem às três técnicas de construção com terra, realçam uma lógica de intervenção comum que se fundamenta, para casa caso, no lugar de implantação. A horizontalidade que caracteriza os edifícios construídos em taipa e em adobe parece inspirar-se nas plácidas regiões planas que os sustêm; por seu lado, o sistema em tabique repete o sentido vertical dos maciços montanhosos que o envolvem. As cores alaranjadas, repletas de textura, que se observam nos blocos de taipa da região alentejana, traduzem o espaço quente onde afloram taliscas de xistos argilosos; as tonalidades claras e amarelas dos adobes da zona Centro, remetem para os extensos areais que terminam na linha do mar.

A diversidade do corpo terroso que preenche a estrutura de tabique, aponta a maior amplitude de características que ocorrem no espaço deste sistema, que se distribui porém na menor superfície de área total.

A divergência de características que se registam no espaço de cada sistema construtivo, confere às técnicas um desenvolvimento e uma expressão singular; neste contexto, salienta-se a oposição patente sobretudo entre os espaços da taipa e do tabique. Não obstante, verificam-se simultaneamente características que se repetem nos lugares de diferentes sistemas; deste modo, o espaço do adobe destaca-se pela analogia de características com os sistemas anteriores, individualizando-se apenas no que respeita a precipitação total e a hipsometria. Esta observação surge em concordância com a sua posição espacial no território: o espaço onde se implanta o adobe fixa-se enquanto rótula de transição entre o Norte e o Sul, bem como entre o interior e o litoral do país.

A investigação pedológica desenvolvida visou compreender a constituição do solo, de modo a relacioná-la com as principais propriedades que definem o carácter do material. Na sua essência, o solo é um material fundamentalmente poroso e permeável, que é susceptível a sofrer variações volumétricas, em função do teor de água presente. Em termos de localização espacial, o solo constitui um elemento de transição entre os "volumes" que o envolvem: na sua composição, reúne, transforma e reorganiza elementos provenientes das camadas contíguas. Situado entre a litosfera e a biosfera, o solo estrutura-se de acordo com várias faixas horizontais, aproximadamente paralelas à superfície, que definem o perfil do solo. O material utilizado em Arquitectura de Terra encontra-se no horizonte B do solo, onde as proporções de matéria mineral, matéria orgânica, ar e água são ideais para a sua aplicação no domínio construtivo.

A componente mineral do solo é determinante no comportamento do material: no seu corpo distinguem-se duas fracções principais, que integram partículas de diferentes dimensões: a fracção de elementos grosseiros (diâmetros superiores a dois milímetros) e a fracção de terra fina (diâmetros inferiores a dois milímetros). No contexto construtivo, as partículas correspondentes à fracção de terra fina detêm-se um papel perponderante; neste grupo definem-se três lotes, onde se enquadram a areia, o silte e a argila. Os lotes arenoso e siltoso constituem o material inerte do solo, enquanto o lote argiloso sobressai como componente quimicamente activa, funcionando como o ligante que, na presença de água, agrega as partículas que compõe a terra.

Dentro do complexo universo do lote de argila, onde cada material argiloso parece irrepetível, é fundamental reter a noção de que o comportamento físico do solo depende das propriedades químicas dos diversos minerais de argila. No âmbito da bibliografia consultada, ressalta a ideia de que a caulinite apresenta um perfil mais apto para a construção com terra; não obstante, o uso de argilas montmoriloníticas é também comum no território português, sobretudo na região do Alentejo. Deste modo, sustém-se a ideia de que a questão essencial se resume em saber como interagir com cada tipo de material disponível, nomeadamente, com a variedade de minerais de argila.

O primeiro passo que se profere no desenvolvimento de um sistema construtivo consiste, neste âmbito, em seleccionar o melhor tipo de solo presente no local de intervenção. Para o efeito, devem efectuar-se várias perfurações de modo a observar diferentes tipos de solos, efectuando testes em campo ou em laboratório para apurar o comportamento dos materiais e eleger o mais adequado. Em Portugal, a análise do solo ocorre sobretudo em campo, decorrendo de um contacto directo entre o material e os indivíduos que o trabalham. O apuramento dos sentidos do corpo humano adquire uma grande importância neste processo, que é geralmente auxiliado pelo recurso a instrumentos simples, que se adaptam aos testes efectuados.

Em função dos resultados desta análise determina-se, quando necessário, uma estratégia para proceder à correcção do material. Como ponto de partida, deve considerar-se que, no caso de texturas excessivamente arenosas, o solo carece de um elemento ligante (p.e. argila, cal, cimento); de modo inverso, quando se trata de solos demasiado argilosos, devem adicionar-se componentes inertes (p.e. saibro, areia, palha). Note-se, porém, que a cal e o cimento constituem materiais com um papel duplo, podendo funcionar quer enquanto ligantes, quer como agentes que interagem com outro ligante, como a argila. Deste modo, tanto a cal como o cimento se prestam à estabilização de texturas arenosas e argilosas, sendo habitualmente a cal considerada um melhor estabilizante quando se trata de argilas montmoriloníticas e o cimento no caso de argilas caulinítica.

No âmbito da aplicação construtiva da terra salienta-se o trinómio "textura + consistência + acção mecânica", que define de modo primordial o desenvolvimento de cada técnica: tanto texturas arenosas como argilosas se prestam a ser trabalhadas no estado húmido por compressão, ou no estado plástico por pressão e moldagem.

O sistema construtivo em taipa aplica, invariavelmente, diferentes texturas de material no estado húmido, trabalhando-o através de compressão, enquanto na técnica do adobe, as texturas arenosas são principalmente trabalhadas no estado plástico, por meio de moldagem. Contudo, no caso de solos em que predominam argilas muito expansivas, a técnica do adobe pode alterar-se substancialmente, passando a aplicar a terra no estado húmido, por compressão. No sistema em tabique, as diferentes texturas são trabalhadas, geralmente, num estado mais ou menos plástico, através de pressão. A resposta construtiva proferida em cada sistema surge nitidamente condicionada pelo tipo de solo disponível e sob influência das características do espaço natural. Neste âmbito destaca-se, por um lado, o tipo de minerais de argila que integram o solo e, por outro, a presença mais ou menos intensa de água no território. Na região do Alentejo, onde predominam luvissolos com argilas expansivas e o recurso hídrico escasseia, o sistema em taipa utiliza menor quantidade de água no modo como trabalha a terra, controlando assim as variações volumétricas do material. Na zona Centro litoral, onde se salientam podzóis de argilas pouco expansivas, o sistema em adobe utiliza maior quantidade de água na aplicação do solo.

Os sistemas construtivos em taipa e adobe partem, na sua concepção, da repetição de um módulo – o taipal, no primeiro caso, e a unidade de adobe, no segundo. No que respeita ao sistema em tabique, a identificação de um módulo não é tão imediata, encontrando-se dependente do ritmo da estrutura de madeira que a terra preenche. A métrica que regula as dimensões dos sistemas construtivos em terra encontra a sua base em medidas do corpo humano; num bloco de taipa, por exemplo, a espessura da parede coincide com a largura suficiente para que um indivíduo possa permanecer no interior do taipal, realizando um movimento de compressão da terra. As unidades de adobe apresentam volumes menores, que se adaptam do modo notável ao seu transporte e manuseamento pelas mãos humanas.

Os elementos arquitectónicos que configuram um edifício em terra são erigidos com recurso a um grupo de materiais onde figuram, principalmente, a pedra, a madeira, o tijolo maciço e elementos cerâmicos. O material terra é sobretudo aplicado ao nível da parede, dos revestimentos, dos pavimentos e, pontualmente, da cobertura. A interacção da terra com materiais passíveis de sofrer alterações volumétricas, deve ser mediada pela presença de um terceiro material, que tamponize os movimentos de expansão e retracção.

A partir do momento em que se define o projecto de um edifício construído em terra, devem considerar-se debilidades inerentes ao material em termos construtivos, nomeadamente a dificuldade em resistir a esforços horizontais e à acção da água. Assim, é necessário promover uma acção conjunta por parte dos vários elementos

arquitectónicos, garantindo que todas as partes trabalham no sentido de suprimir ou minimizar as fragilidades da terra.

> (...) as potencialidades da terra parecem grandes quando observamos os fantásticos edifícios em altura no Yémen ou Marrocos, os palácios da Europa, os castelos de Portugal e Espanha, as aldeias na América do Sul, no Mali ou no Médio Oriente. Nestes exemplos encontramos respostas a problemas de resistências aos esforços mecânicos,ao clima e às intempéries, aos desastres naturais e à erosão. O material que procuramos usar hoje é o mesmo que realizou todos esses edifícios e conjuntos urbanos.(…) Provavelmente a questão mantém-se: porquê agora – ou ainda – a terra? O objectivo – e talvez a resposta - é afinal que se produza uma arquitectura adequada: ao local, ao programa, aos recursos, às pessoas.[164]

No actual contexto português, identificam-se dois cenários de acção no domínio de uma Arquitectura de Terra, salientando-se a requalificação de estruturas pré-existentes e a construção de estruturas de raíz. A primeira situação reporta-se a um conjunto de edifícios elevados sobretudo na primeira metade do século XX, que persistem hoje num estado de deterioração notável, num lento retorno à condição de terra. O segundo caso refere-se à opção pelo material terra que figura novamente, com certa determinação, no contexto português; esta escolha decorre sobretudo desde a década de 90, fixando-se predominantemente no Alentejo, onde propõe e reafirma a sua longínqua existência e constante viabilidade.

Os argumentos tecidos no presente, em benefício do material terra, passam maioritariamente pela sua disponibilidade a custo energético e económico reduzido, uma vez que não há necessidade de transporte, dado que se trata de um material local e sem transformação industrial. Por outro lado, esta matéria apresenta a vantagem de poder ser aplicada com um baixo impacto ambiental, visto que se reintegra naturalmente no lugar de origem, podendo ser reutilizado pelo homem ou por outros organismos vivos. Na perspectiva de alguns profissionais, a estes factores soma-se ainda um bom desempenho térmico e acústico, características que são porém alvo de discórdia na discussão em torno desta matérial. Tais divergências devem certamente relacionar-se quer com o carácter múltiplo e heterogéneo que a terra apresenta, que varia em função do lugar considerado, quer com o facto do material persistir ainda, na actualidade, como um material pouco investigado cientificamente.

As limitações próprias do material manifestam-se sobretudo a nível da necessidade de espaço, transmitida na espessura que caracteriza as suas paredes; por outro lado, em Portugal o material não é utilizado tendo por base uma lógica de desenvolvimento em altura, apesar de o ser em outros contextos. A opção pelo material terra requer tempo, testes e experimentação, visto se tratar de um material pouco "catalogável"; por outro lado, existem actualmente poucos indivíduos que detenham um conhecimento teórico e prático do tema, que surge sobretudo enraizado numa tradição oral.

O âmago de uma Arquitectura de Terra fixa-se no seu carácter de prolongamento do lugar onde se impalnta: em certa medida, ela "é" em si mesma o lugar, manifestando uma reorganização dos materiais existentes em cada espaço considerado. Esta é uma *Arquitectura do Lugar* em termos matéricos, enquanto repetição do

---

164 CARVALHO, Eduardo; FREIRE, Francisco; GAMA, Luís (2004): "Arquitecturas de Terra: Reflexão Contemporânea". *A Ideia. Revista Libertária. II Série, Volume 5.* (#60). Lisboa: Abril.

sentido do espaço – tipo de solo, presença ou ausência de água, formas horizontais ou verticais, cores e texturas. O sentido de uma Arquitectura de Terra reside no sentido do lugar: é ele que sobressai enquanto referência principal; não existe necessidade de criar um novo sentido (recorrendo, por exemplo, à aplicação de materiais de outros lugares ou de um lugar indiferenciado). A arquitectura de terra vem "a cru", vem despida e rendida aos próprios limites, buscando referências no seu espaço de acção.

O território português "pede" Arquitectura de Terra no momento presente: os lugares e o material mantêm-se, as pessoas e os meios existem. O factor que está em falta e que tem de ser trabalhado, é essencialmente a vontade. A vontade de reinventar*, desenhando em gesto antiquíssimo, desdenhando de si (...), de súbito voando.*[165]

[165] SIZA, Álvaro (1999): *A propósito de um velho artesão*. In: BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.

O EDIFÍCIO

informação em anexo

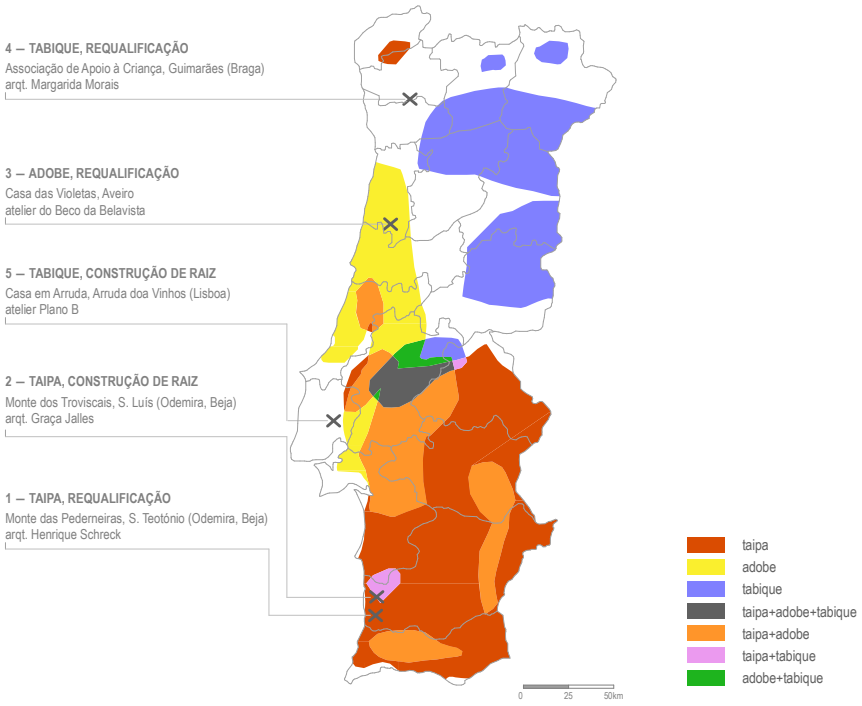


FIGURA 38_ Localização geográfica dos casos de estudo.

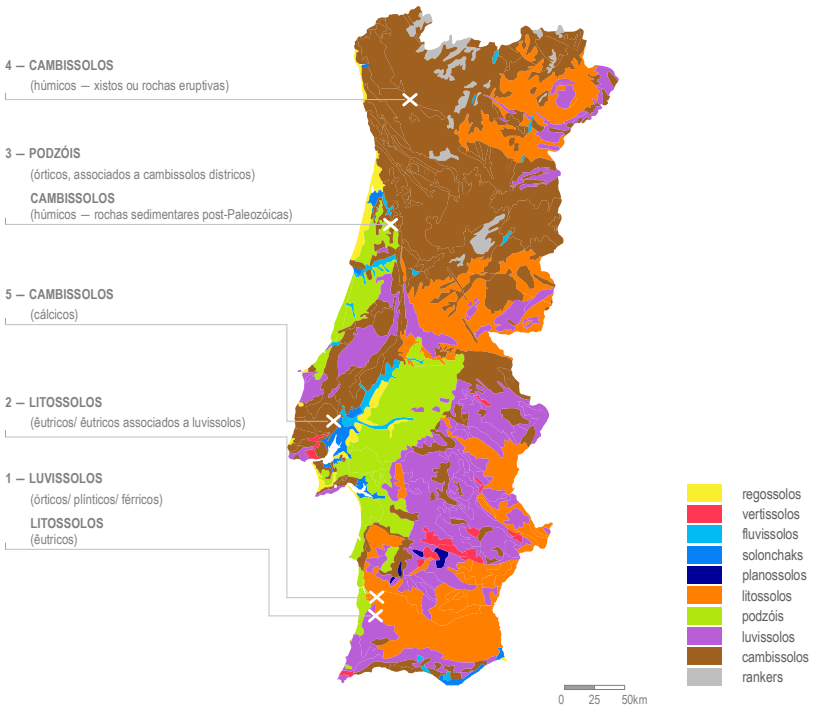
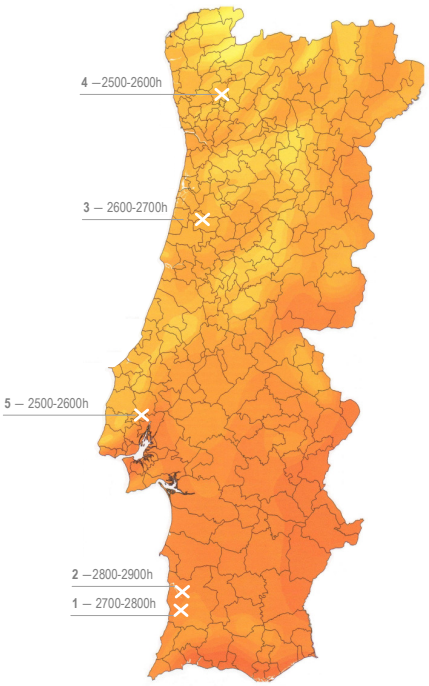
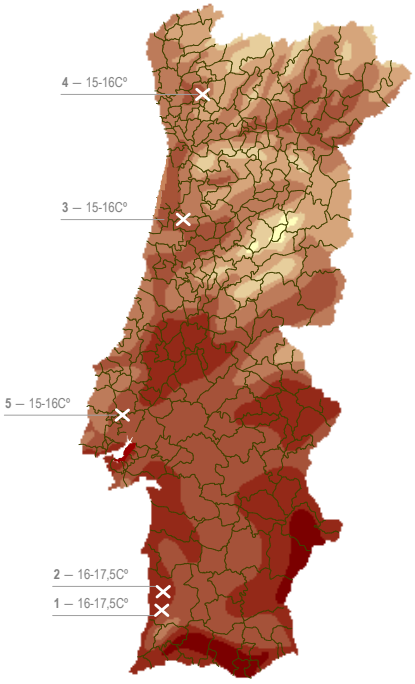
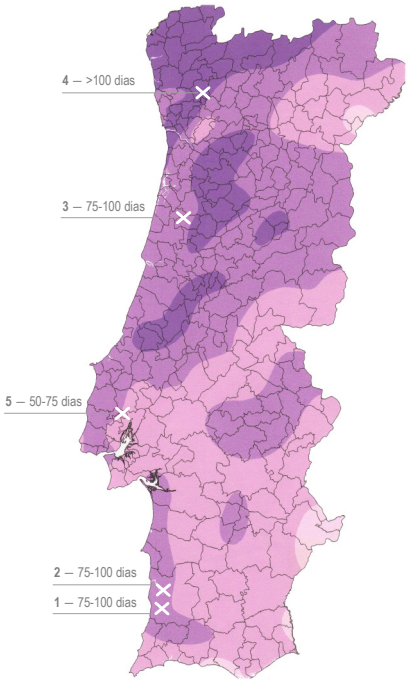


FIGURA 39_ Unidades pedológicas referentes aos casos de estudo.







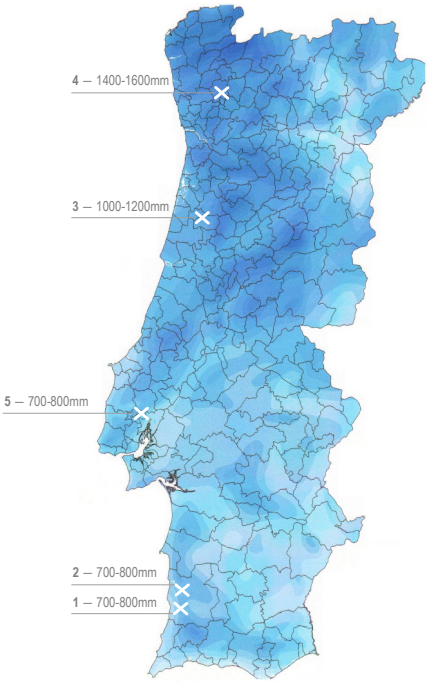
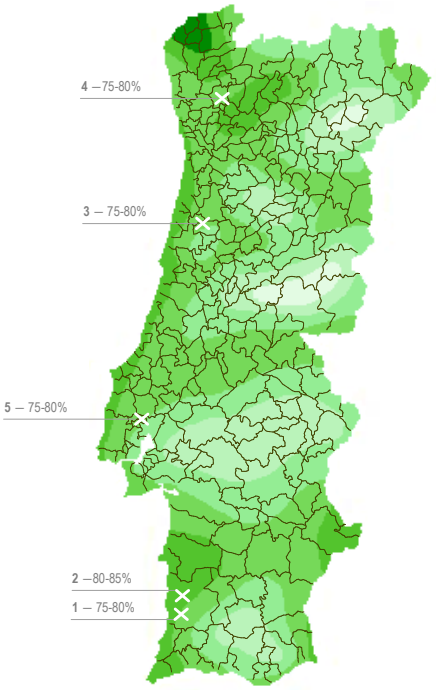
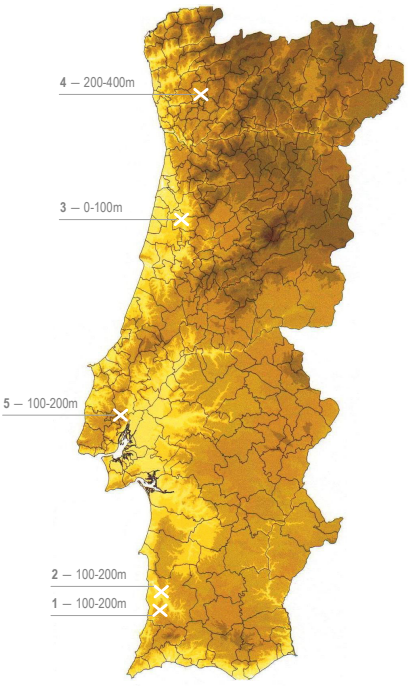
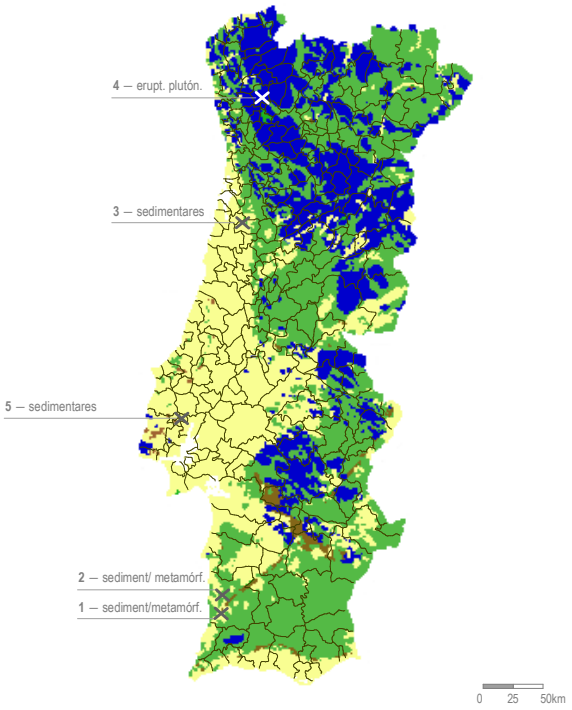


FIGURA 40 a 46_ O perfil do lugar de cada caso de estudo: insolação média anual (40); temperatura média anual do ar (41); precipitação-nºdias (42); precipitação total (43); humidade relativa do ar (44); hipsometria (45); complexos litológicos (46) .


4 — 75-80%
3 — 75-80%
5 — 75-80%
2 — 80-85%
1 — 75-80%


4 — 200-400m
3 — 0-100m
5 — 100-200m
2 — 100-200m
1 — 100-200m


4 — erupt. plutón.
3 — sedimentares
5 — sedimentares
2 — sediment/ metamórf.
1 — sediment/metamórf.
0 25 50km

	TAIPA		ADOBE	TABIQUE	
	1	2	3	4	5
LOCALIZAÇÃO (DISTRITO)	Beja	Beja	Aveiro	Braga	Lisboa
INSOLAÇÃO MÉD. ANUAL	⊘	●	⊘	∅	∅
TEMPERATURA MÉD. AR	●	●	∅	∅	∅
PRECIPITAÇÃO (Nº DIAS/ANO)	∅	∅	∅	●	○
PRECIPITAÇÃO TOTAL	∅	∅	⊘	●	∅
HUMIDADE RELAT. AR	∅	●	∅	∅	∅
HIPSOMETRIA	∅	∅	○	●	∅
C. LITOLÓGICOS	■	■	■	■	■
U. PEDOLÓGICAS	■■	■	■■	■	■

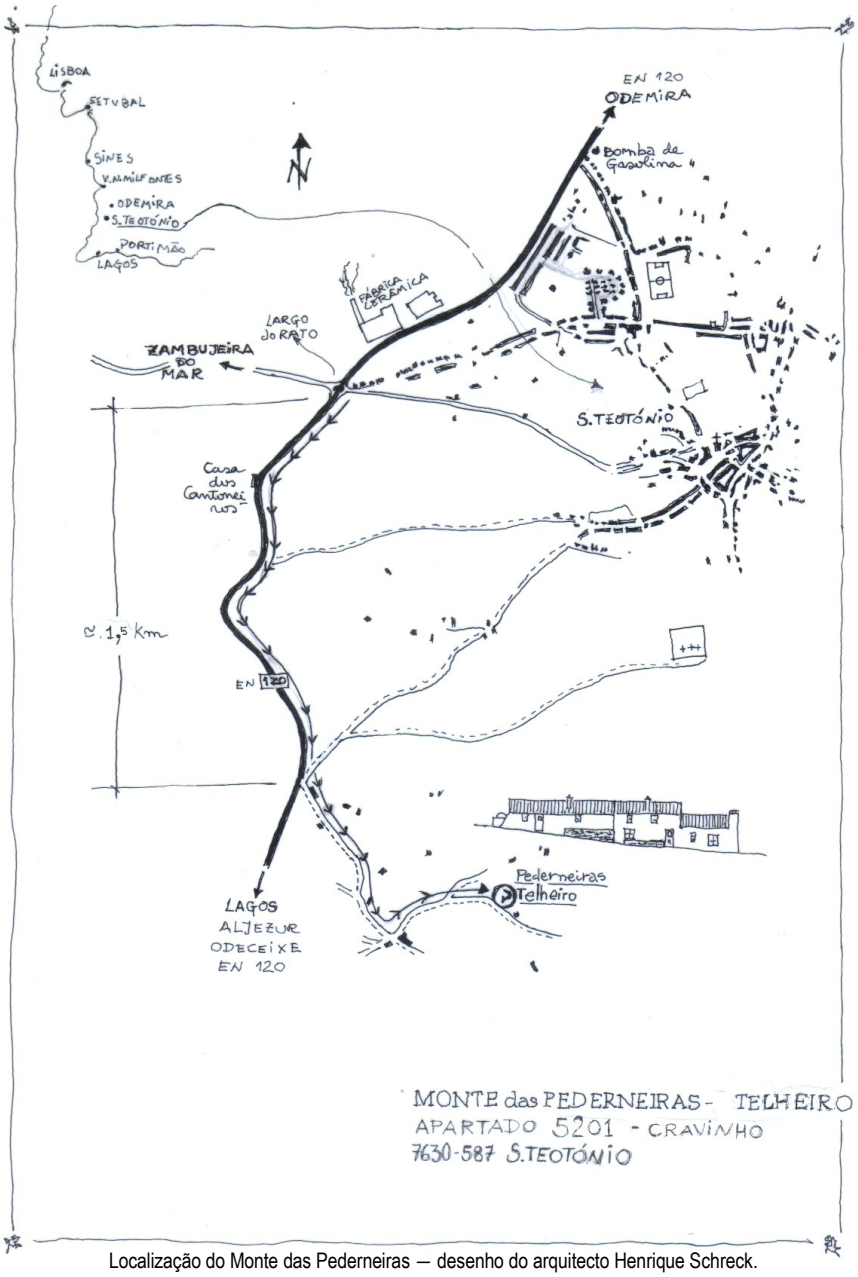
	TAIPA	ADOBE	TABIQUE
LOCALIZAÇÃO (DISTRITO)	zona Sul do rio Tejo	zona Centro litoral	zona Norte interior
INSOLAÇÃO MÉD. ANUAL	●	∅	∅
TEMPERATURA MÉD. AR	●	●	○
PRECIPITAÇÃO (Nº DIAS/ANO)	○	●	●
PRECIPITAÇÃO TOTAL	○	●	⊘
HUMIDADE RELAT. AR	∅	∅	∅
HIPSOMETRIA	⊘	○	●
C. LITOLÓGICOS	■■	■	■■
U. PEDOLÓGICAS	■■■	■■	■■

QUADROS 35 E 36_ Comparação entre as características do perfil do lugar de cada caso de estudo (35); o perfil predominante do lugar, em função do sistema construtivo (36).

● valor mais elevado
⊘ valor intermédio
○ valor mais reduzido

● valor mais elevado — repetido noutro caso de estudo
⊘ valor intermédio — repetido noutro caso de estudo
∅ valor mais reduzido — repetido noutro caso de estudo

MONTE DAS PEDERNEIRAS, S. TEOTÓNIO (BEJA) _ ARQT. HENRIQUE SCHRECK



Localização do Monte das Pederneiras — desenho do arquitecto Henrique Schreck.

INFORMAÇÃO GERAL	
PROGRAMA E LOCALIZAÇÃO	*Monte das Pederneiras* — habitação unifamiliar S. Teotónio, Beja
PROJECTO DE ARQUITECTURA	arqt. Henrique Schreck (www.arquitecturadeterra.com)
PROJECTO DE ESPECIALIDADES	eng. Fernando Campos
DATA INÍCIO/FIM DA OBRA	1997— 1998
CUSTO DA OBRA	60.000 euros
ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO	283,77m^2

Informações gerais acerca do caso de estudo.

Fotografias cedidas pelo arquitecto Henrique Schreck.

O PERFIL DO LUGAR	SISTEMA CONSTRUTIVO — TAIPA		
	CASO DE ESTUDO 1	PADRÃO	VARIAÇÃO
LOCALIZAÇÃO	S. Teotónio, Beja	Sul do rio Tejo	Sul do rio Tejo / bolsas lit. — N e C
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	2700-2800h	2900-3000h	2100- >3100h
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	16-17,5ºC	15-17,5ºC	10- >17,5ºC
PRECIPITAÇÃO — Nº DIAS/ANO	75-100 dias/ano	50-75 dias/ano	<50- >100 dias/ano
PRECIPITAÇÃO TOTAL	700-800mm	500-800mm	<400- 2400mm
HUMIDADE RELATIVA DO AR	75-80%	70-80%	65- >85%
HIPSOMETRIA	100-200m	100-400m	0-1000m
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	sedimentares / metamórficas	sedimentares / metamórficas	tds os complex. litológicos
UNIDADES PEDOLÓGICAS	luvissolos / litossolos	luvissolos / litossolos / podzóis	tds as unid. pedológicas, excepto rankers

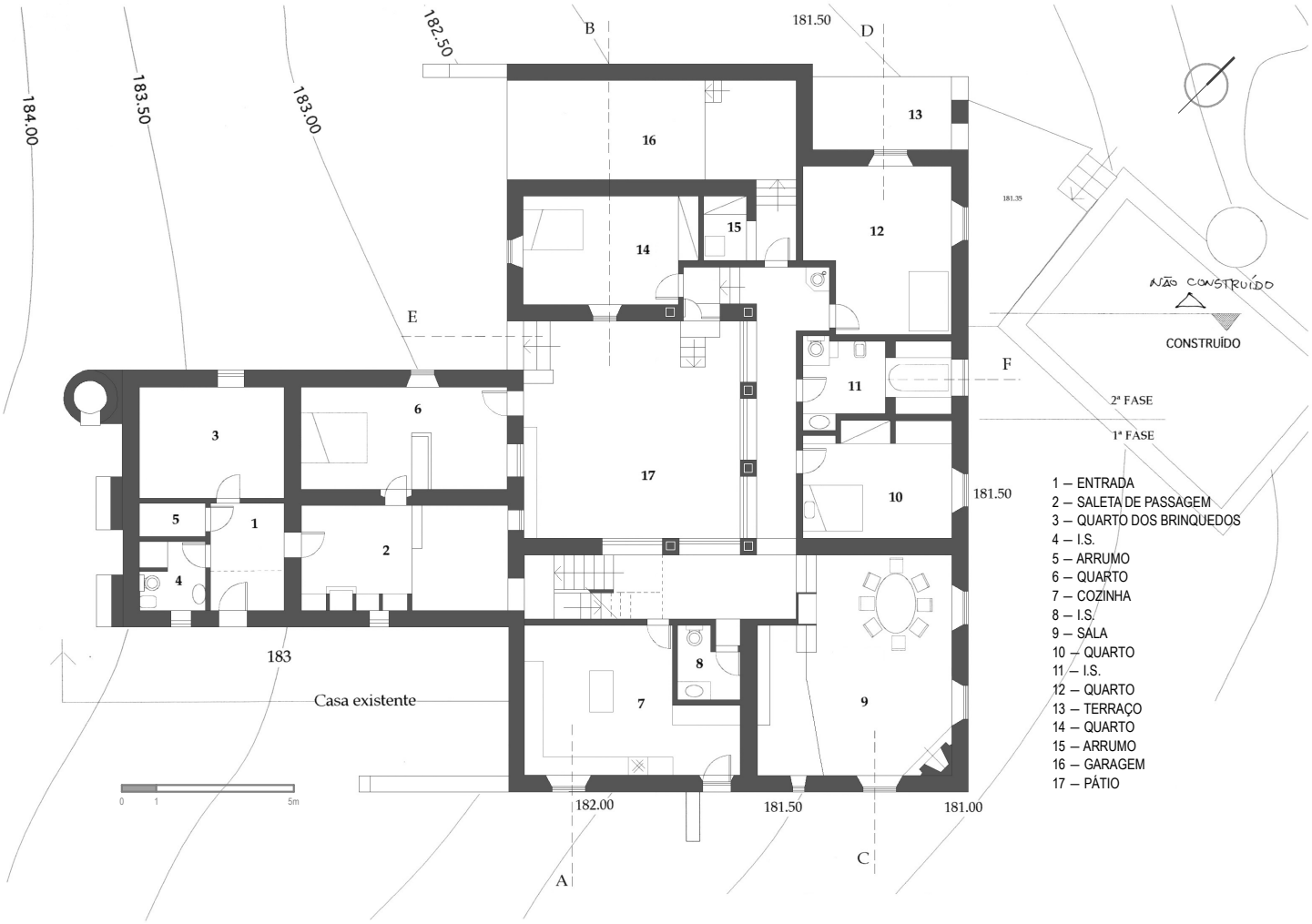
Características do perfil do lugar em estudo.

O MATERIAL E A ACÇÃO	
PREPARAÇÃO DA TERRA	
TESTES CAMPO/LABORAT.	— campo: "bola" e "rolo"
TEXTURA	— textura argilosa
LOCAL E FORMA DE EXTRACÇÃO	— extracção mecânica no local das fundações
HOMOGENEIZAÇÃO E CORRECÇÃO	— adição de pequena quantidade de seixos (pedra - brita 2); — terra misturada à mão e c/ enxada, após dias de humedecimento (homogeneização manual)
APLICAÇÃO DA TERRA	
SISTEMA CONSTRUTIVO	— taipa de pilão_ compactação manual (pilão em madeira de azinho)
Nº ELEMENTOS DA EQUIPA	— 4 elementos
DURAÇÃO	— 33 dias (6 blocos de 2,00x0,50x0,50m / dia)
VOLUME DE TERRA	— cerca de 300 m^3

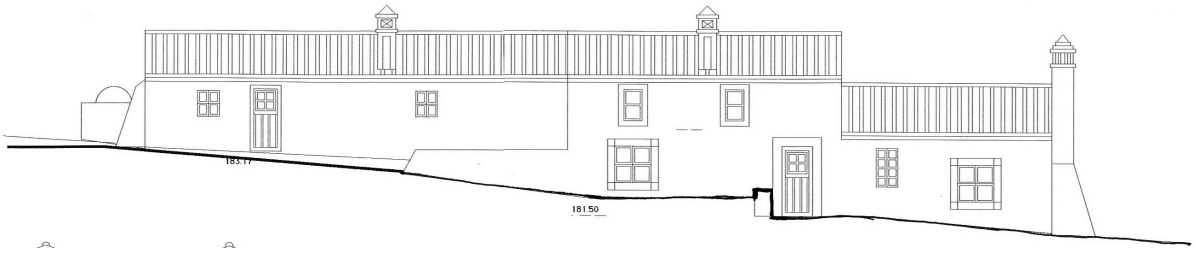
O material e a acção.

FACHADA	**DIMENSÃO DAS PAREDES** (Compr. x Alt. x Esp.)
SUDESTE	P1 — 11,70m x 2,05m x 0,50m
	P2 — 7,20m x 3,75m x 0,50m
	— 6,10m x 2,20m x 0,50m
NORDESTE	P3 — 7,40m x 1,55m x 0,50m
	P4 — (14,20m x 2,70m) + (7,40m x 1,30 / 2) x 0,50m
NOROESTE	P5 — 11,70m x 2,05m x 0,50m
	P6 — 7,20m x 2,60m x 0,50m
	P7 — 6,60m x 2,70m x 0,50m
SUDOESTE	P8 — (4,80m x 2,00m) + (4,80 x 1,10m / 2) x 0,50m

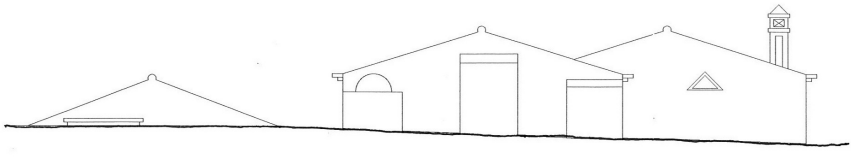
Dimensão das paredes de taipa.



planta piso 0 (escala 1:200).

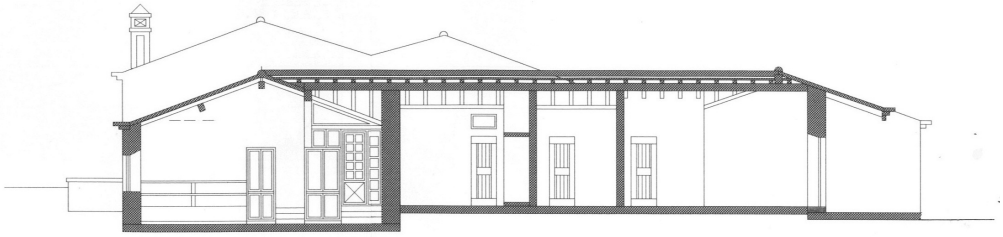


alçado sudeste (escala 1:200).

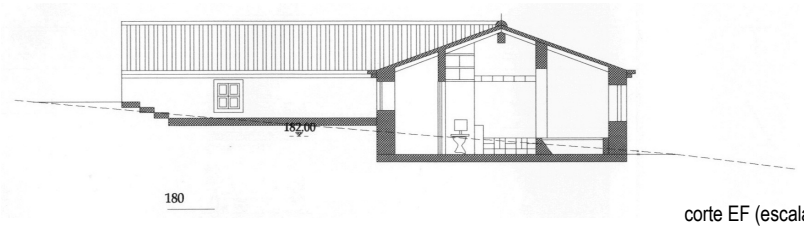


alçado sudoeste (escala 1:200).

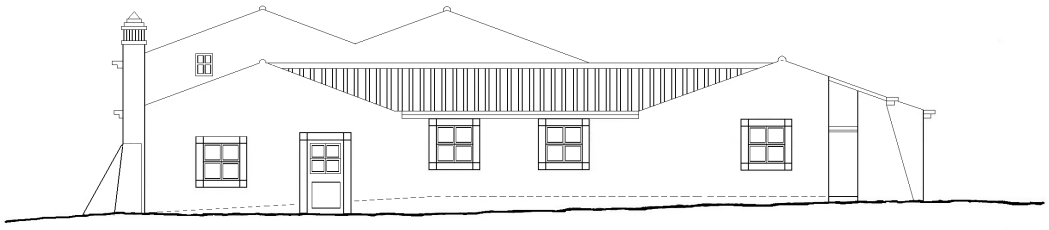
corte AB (escala 1:200).



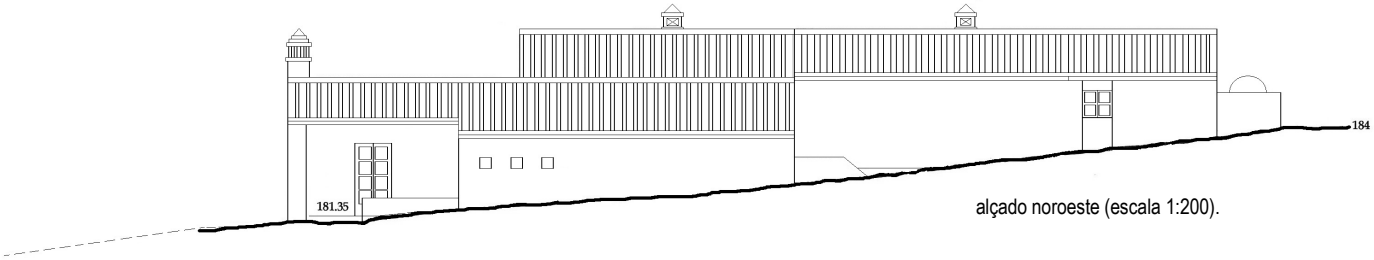
corte CD (escala 1:200).



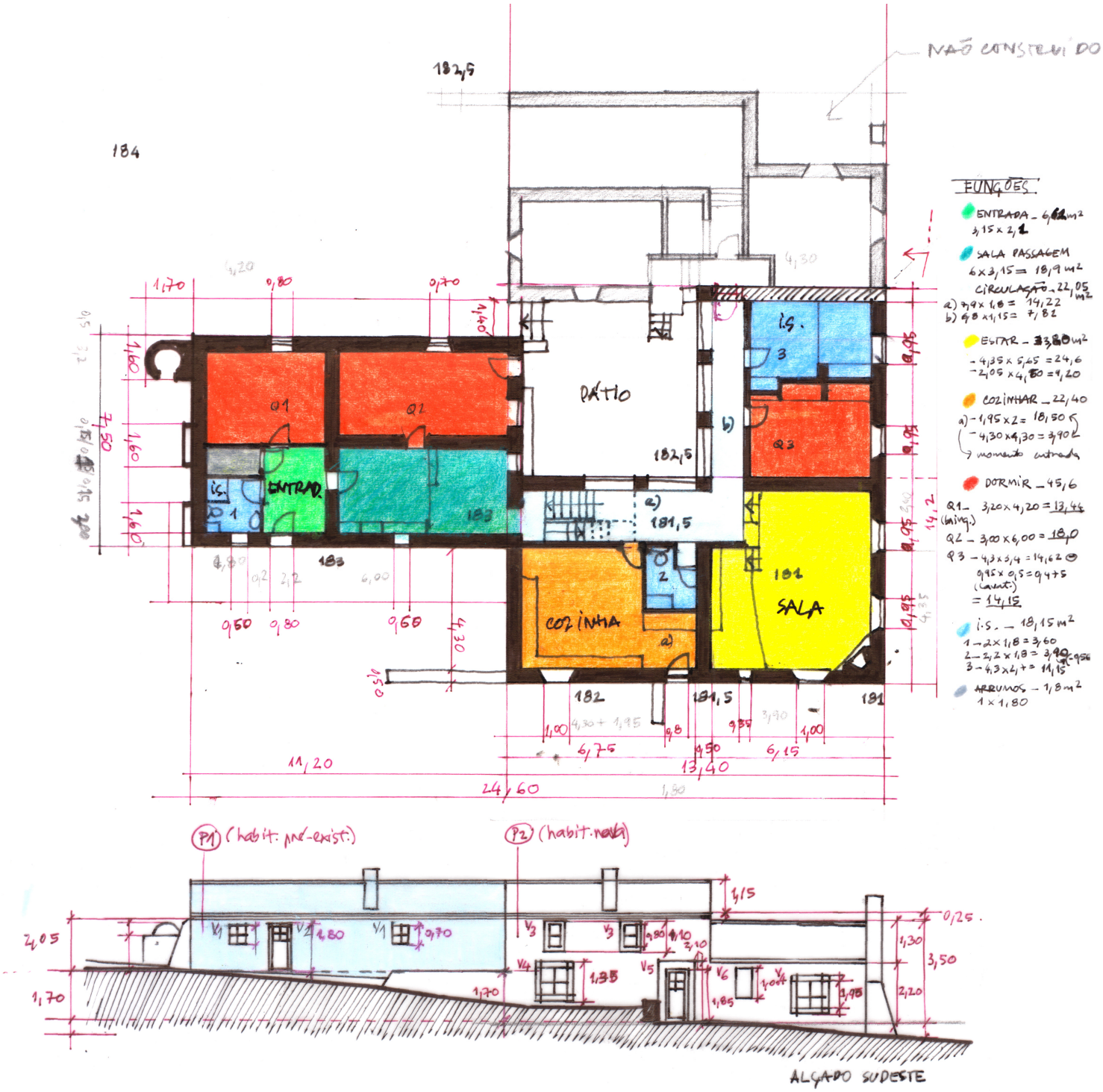
corte EF (escala 1:200).

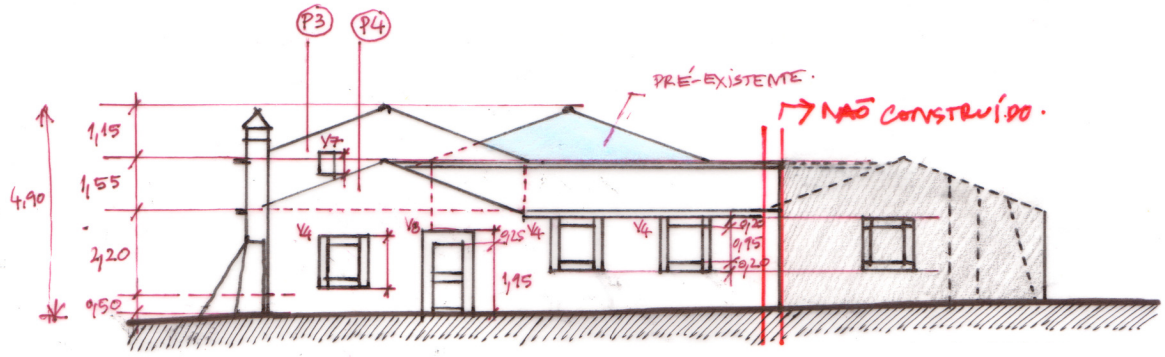


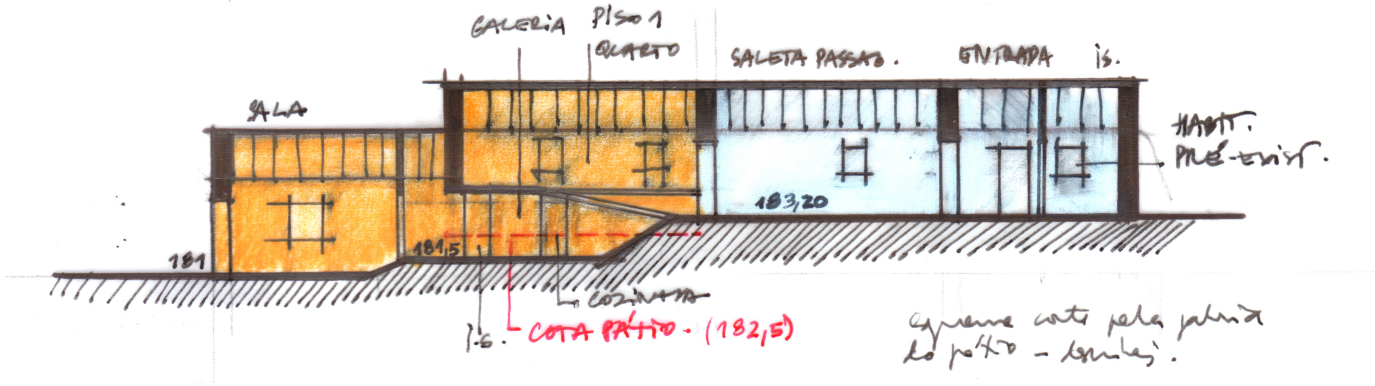
alçado nordeste (escala 1:200).

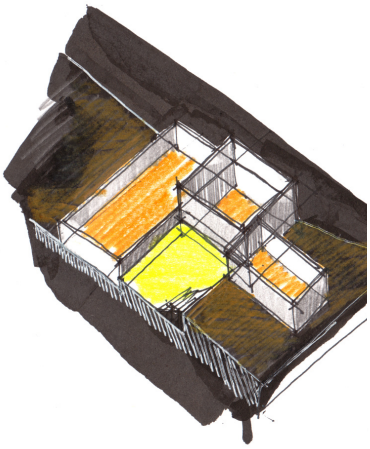


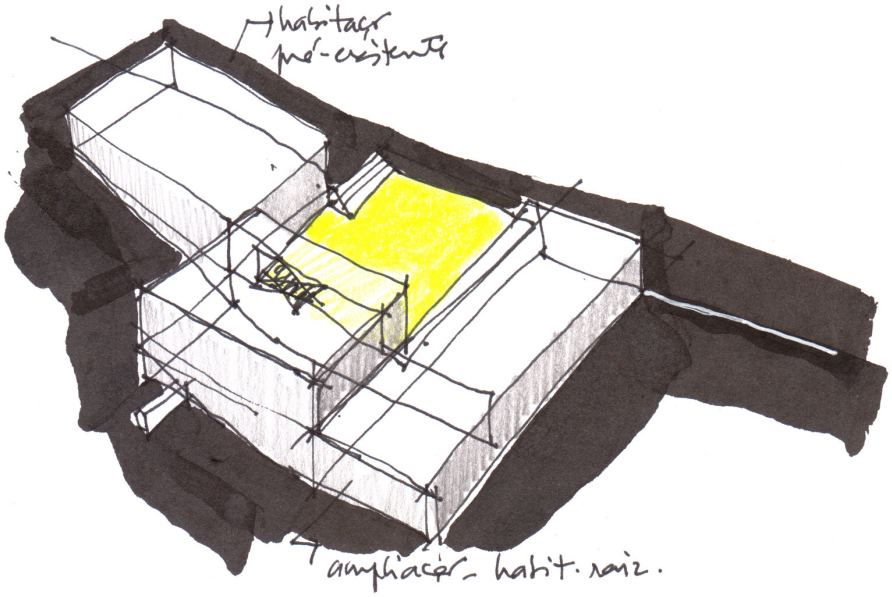
alçado noroeste (escala 1:200).

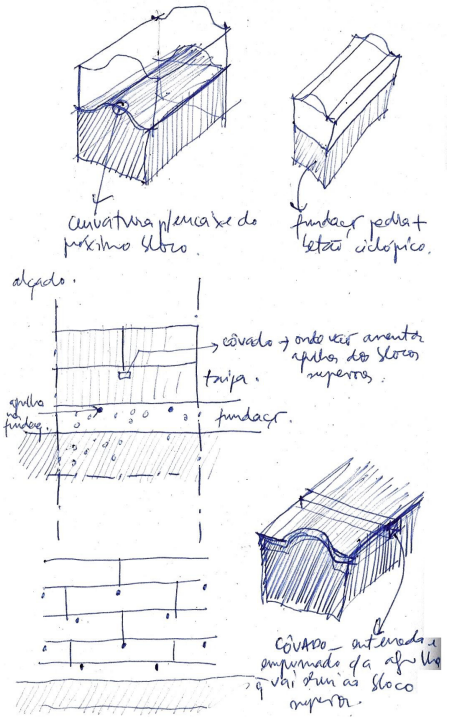

NÃO CONSTRUÍDO
182,5
184
FUNÇÕES
ENTRADA – 6,62 m²
3,15 x 2,1
SALA PASSAGEM
6 x 3,15 = 18,9 m²
CIRCULAÇÃO – 22,05 m²
a) 7,9 x 1,8 = 14,22
b) 9,8 x 1,15 = 7,82
ESTAR – 33,80 m²
– 4,35 x 5,65 = 24,6
– 2,05 x 4,80 = 9,20
COZINHAR – 22,40
a) – 1,95 x 2 = 18,50
– 4,30 x 4,30 = 3,90
↳ momento entrada
DORMIR – 45,6
Q1 – 3,20 x 4,20 = 13,44
(maior)
Q2 – 3,00 x 6,00 = 18,0
Q3 – 4,3 x 3,4 = 14,62
0,95 x 0,5 = 0,475
(canto)
= 14,15
i.s. – 18,15 m²
1 – 2 x 1,8 = 3,60
2 – 2,2 x 1,8 = 3,96
3 – 4,3 x 2,7 = 11,15
ARRUMOS – 1,8 m²
1 x 1,80
PÁTIO
ENTRAD.
COZINHA
SALA
Q1
Q2
Q3
i.s.
182,5
181,5
182
181
11,20
24,60
13,40
6,75
6,15
1,70
0,80
0,70
4,20
4,80
4,30
6,00
0,50
0,60
1,40
1,90
0,95
14,2
1,00
4,30 + 1,95
9,8
9,35
3,90
P1 (habit. pré-exist.)
P2 (habit. novo)
2,05
1,70
1,15
0,25
1,30
3,50
2,20
1,80
0,70
1,35
1,85
3,95
2,10
ALÇADO SUDESTE
PRÉ-EXIST.
PÁTIO.
VOLUME NOVO.
COTA 0
COTA 1
N
sudeste
sudeste

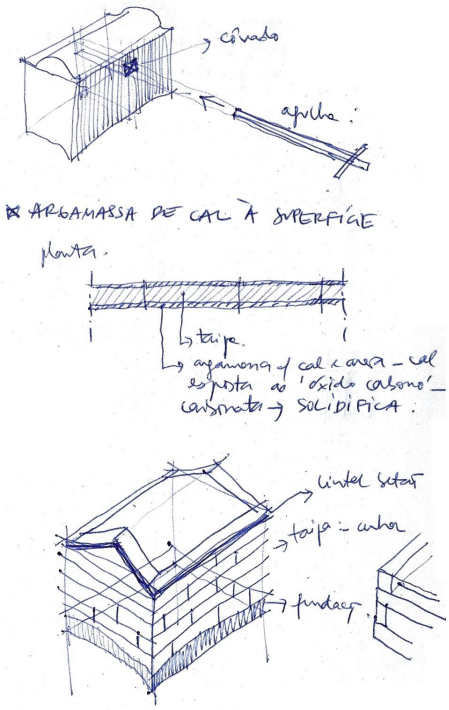

P3
P4
PRÉ-EXISTENTE.
NÃO CONSTRUÍDO.
4,90
1,15
1,55
2,20
0,50
V7
V4
V8
0,25
1,95
0,75
0,95
0,20

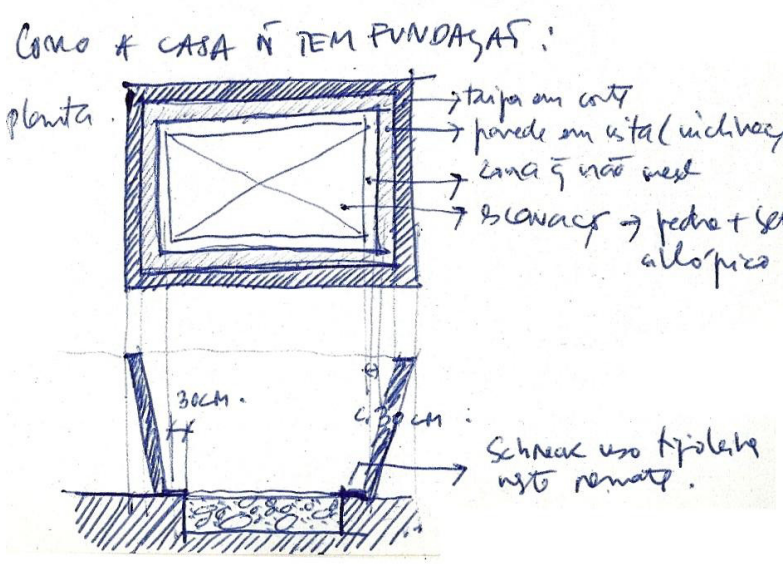

GALERIA
PISO 1
QUARTO
SALETA PASSAG.
ENTRADA
IS.
SALA
HABIT.
PRÉ-EXIST.
183,20
181
181,5
COZINHA
COTA PÁTIO · (182,5)



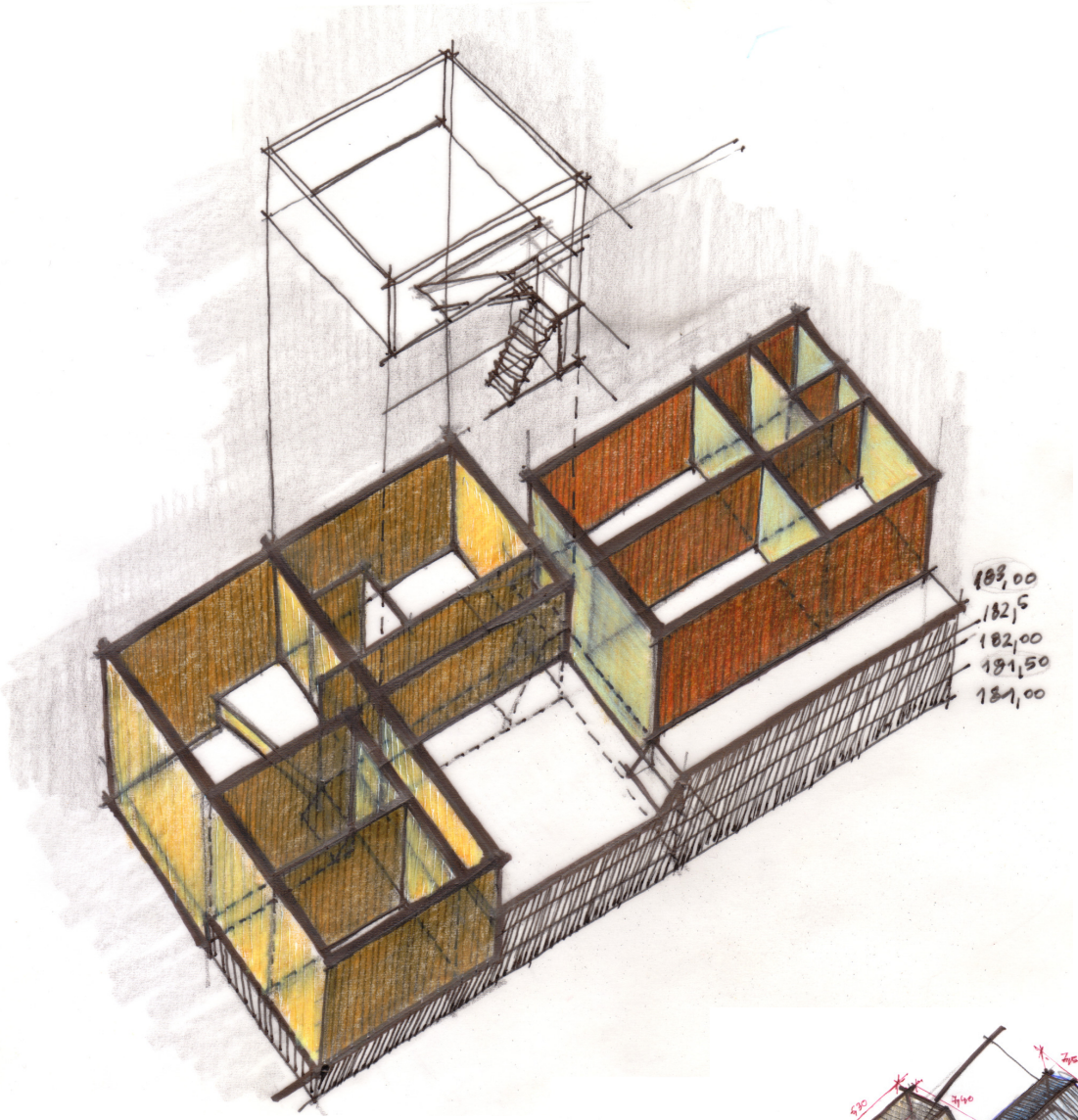

habitação
pré-existente
ampliação - habit. raiz.

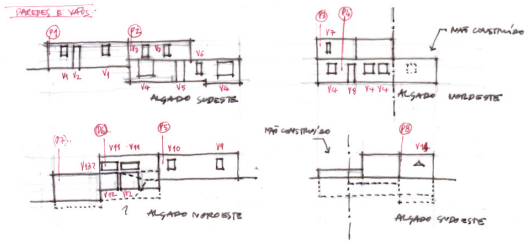


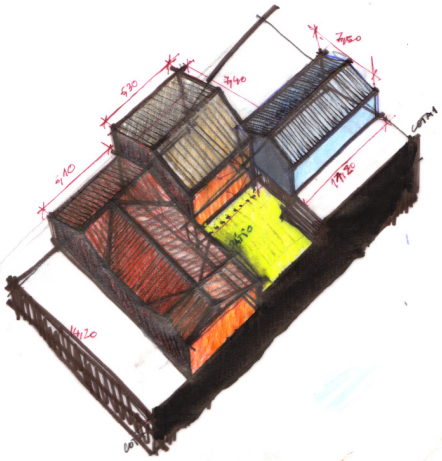


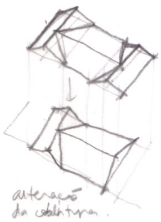


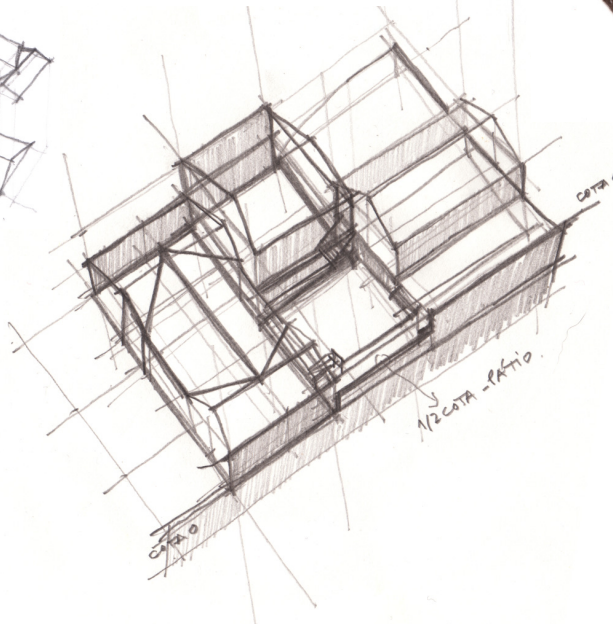
Esquissos de uma conversa com o arquitecto Henrique Schreck.

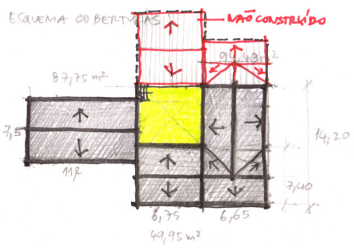

183,00
182,5
182,00
181,50
181,00


PAREDES E VÃOS
ALÇADO SUDESTE
MAR CONSTRUÍDO
ALÇADO NOROESTE
ALÇADO SUDESTE


7,40
4,20
7,40
14,20


alteração da cobertura


1/2 COTA - PÁTIO
COTA 0


ESQUEMA DO BERTRAMS
VÃO CONSTRUÍDO
87,75 m²
7,5
11,7
14,20
7,40
8,75
6,85
49,95 m²

MONTE NOVO DOS TROVISCAIS, S. LUÍS (BEJA) _ ARQT. GRAÇA JALLES

Monte Novo dos Troviscais: fotografias do espaço exterior.

INFORMAÇÃO GERAL	
PROGRAMA E LOCALIZAÇÃO	*Monte Novo dos Troviscais* — habitação unifamiliar S. Luís, Beja
PROJECTO DE ARQUITECTURA	arqt. Graça Jalles (www.arquitecturadeterra.com)
PROJECTO DE ESPECIALIDADES	eng. Fernando Campos
DATA INÍCIO/FIM DA OBRA	Fevereiro'2002 — Janeiro'2003
ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO	161,30m^2

Informações gerais acerca do caso de estudo.

Fotografias do espaço interior.

O PERFIL DO LUGAR	**SISTEMA CONSTRUTIVO — TAIPA**		
	CASO DE ESTUDO 2	PADRÃO	VARIAÇÃO
LOCALIZAÇÃO	S. Luís, Beja	Sul do rio Tejo	Sul do rio Tejo / bolsas lit. — N e C
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	2800-2900h	2900-3000h	2100- >3100h
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	16-17,5ºC	15-17,5ºC	10- >17,5ºC
PRECIPITAÇÃO — Nº DIAS/ANO	75-100 dias	50-75 dias/ano	<50- >100 dias/ano
PRECIPITAÇÃO TOTAL	700-800mm	500-800mm	<400- 2400mm
HUMIDADE RELATIVA DO AR	80-85%	70-80%	65- >85%
HIPSOMETRIA	100-200m	100-400m	0-1000m
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	sedimentares / metamórficas	sedimentares / metamórficas	tds os complex. litológicos
UNIDADES PEDOLÓGICAS	litossolos	luvissolos / litossolos / podzóis	tds as unid. pedológicas, excepto rankers

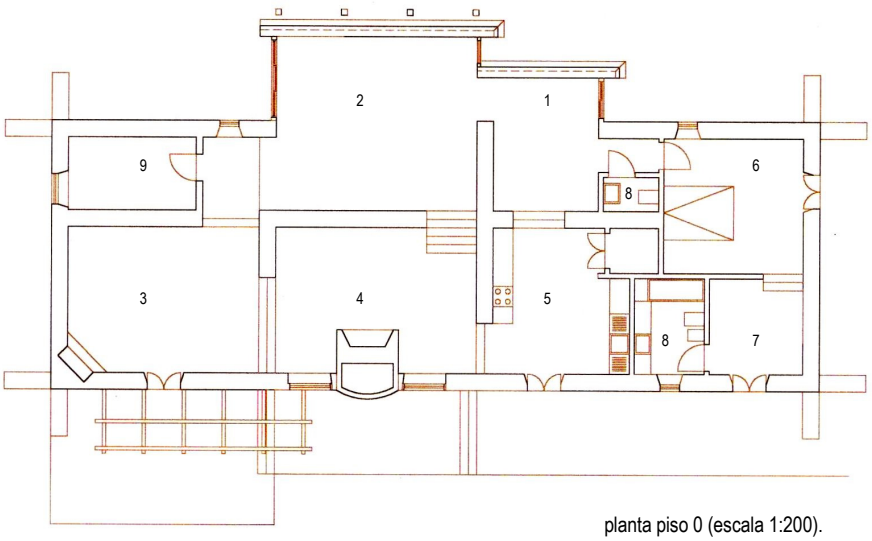
Características do perfil do lugar em estudo.

O MATERIAL E A ACÇÃO	
PREPARAÇÃO DA TERRA	
TESTES CAMPO/LABORAT.	— testes de campo
TEXTURA	— textura argilosa
LOCAL E FORMA DE EXTRACÇÃO	— extracção mecânica no local das fundações
HOMOGENEIZAÇÃO E CORRECÇÃO	— adição de seixos (homogeneização manual)
APLICAÇÃO DA TERRA	
SISTEMA CONSTRUTIVO	— taipa de pilão_ compactação mecânica
Nº ELEMENTOS DA EQUIPA	— 4 elementos

O material e a acção.

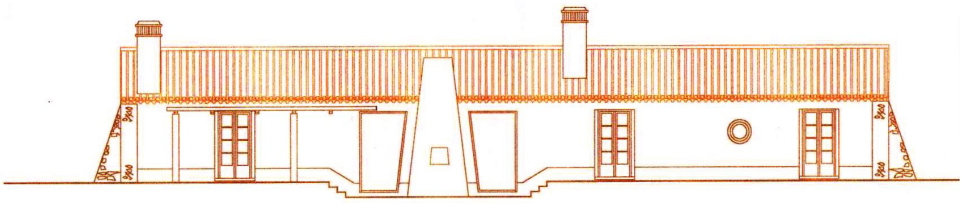
FACHADA	**DIMENSÃO DAS PAREDES** (Compr. x Alt. x Esp.)
NASCENTE	P1 — 5,80m x 2,20m x 0,45m
	P2 — 5,90m x 2,20m x 0,45m
NORTE	P3 — (7,05m x 2,20m) + (5,40m x 0,85m / 2) x 0,45m
POENTE	P4 — (20,10m x 2,10m) + (6,10m x 0,60m) x 0,45m
SUL	P5 — (7,05m x 2,20m) + (5,40m x 0,85m / 2) x 0,45m

Dimensão das paredes de taipa.

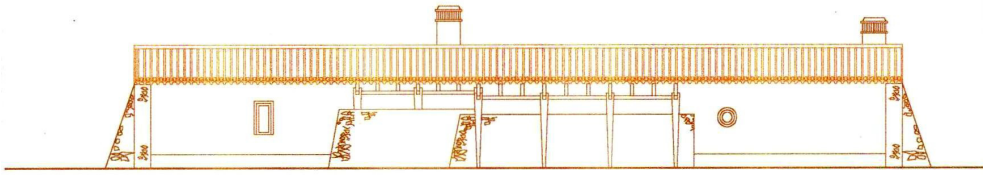


1_ entrada
2_ jardim de Inverno
3_ sala estar
4_ sala jantar
5_ cozinha
6_ quarto
7_ quarto de vestir
8_ instalações sanitárias
9_ arrumos

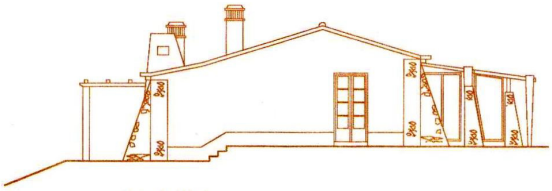
planta piso 0 (escala 1:200).



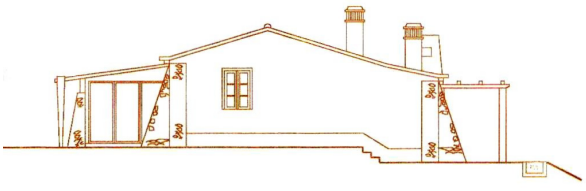
alçado poente (escala 1:200).



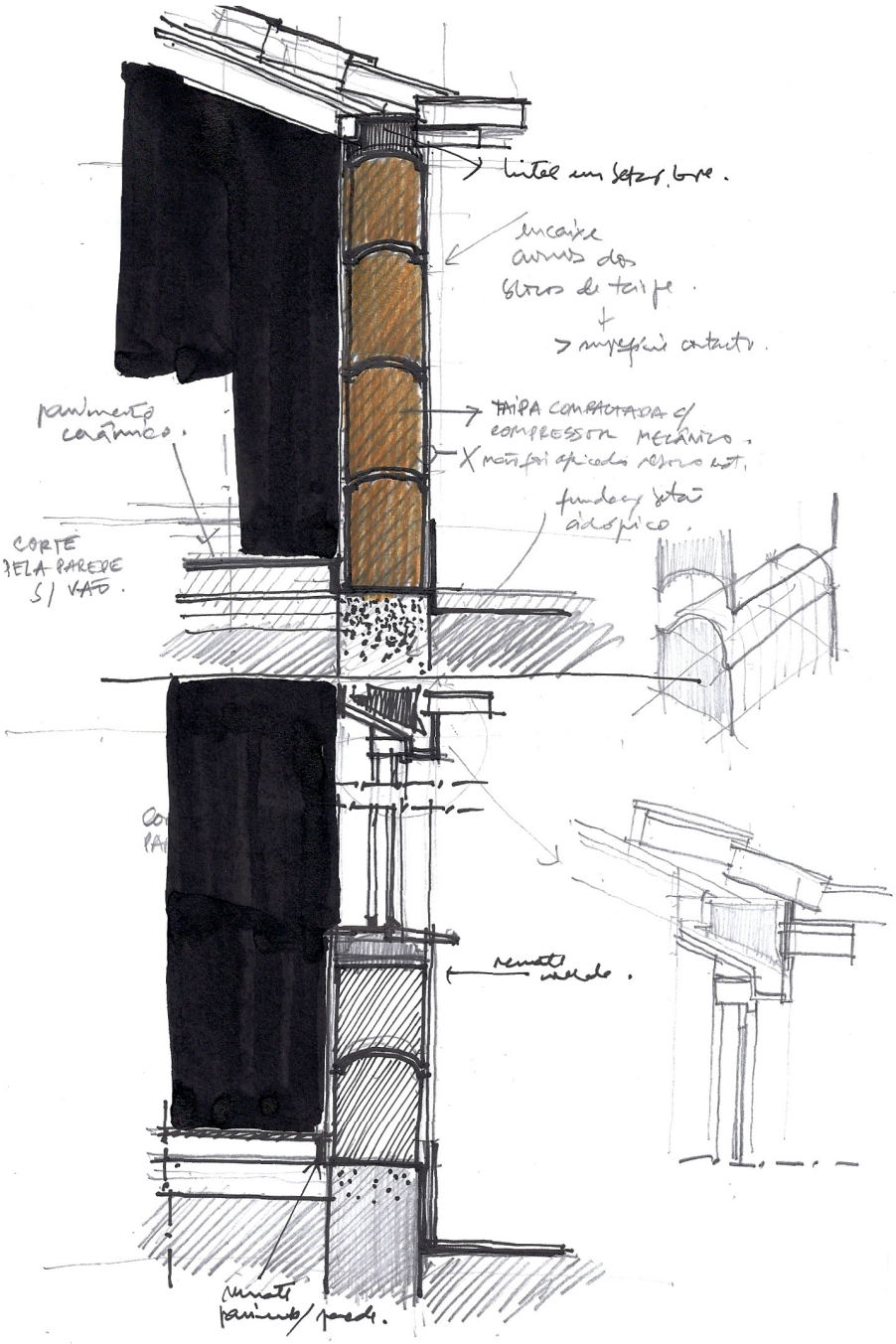
alçado nascente (escala 1:200).

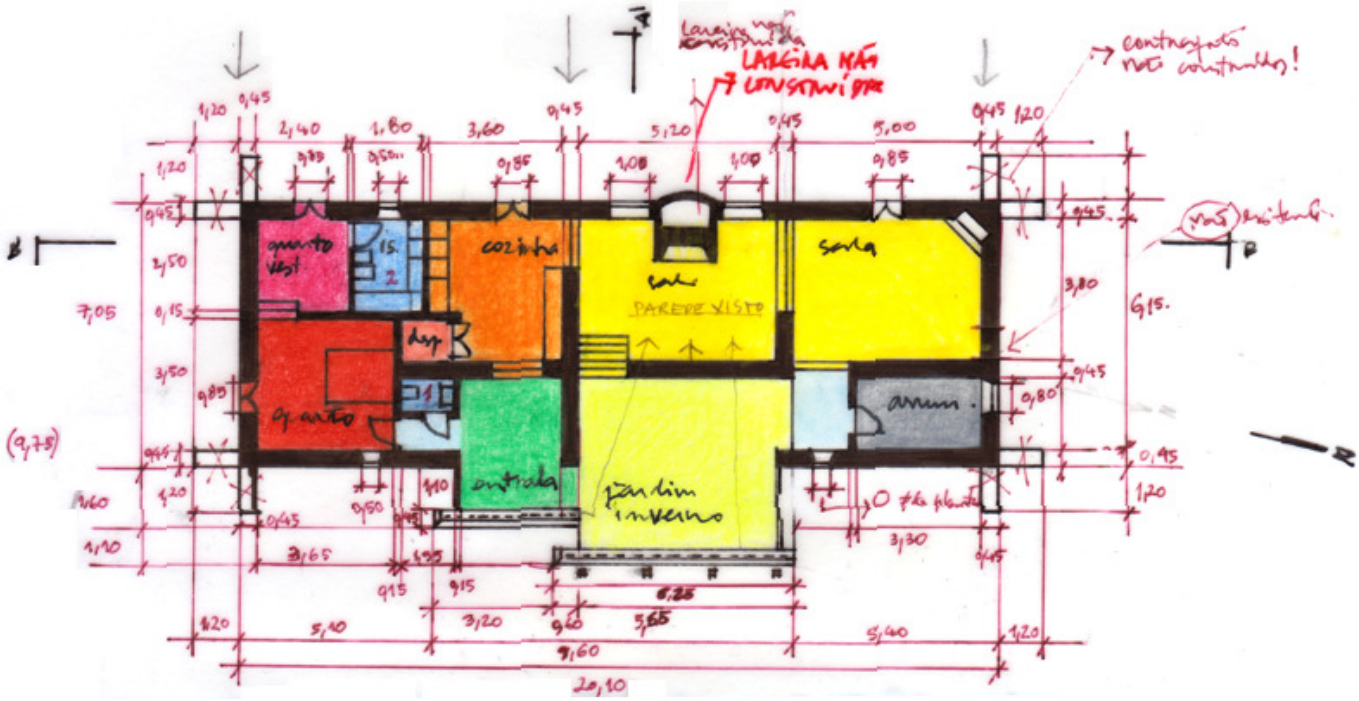


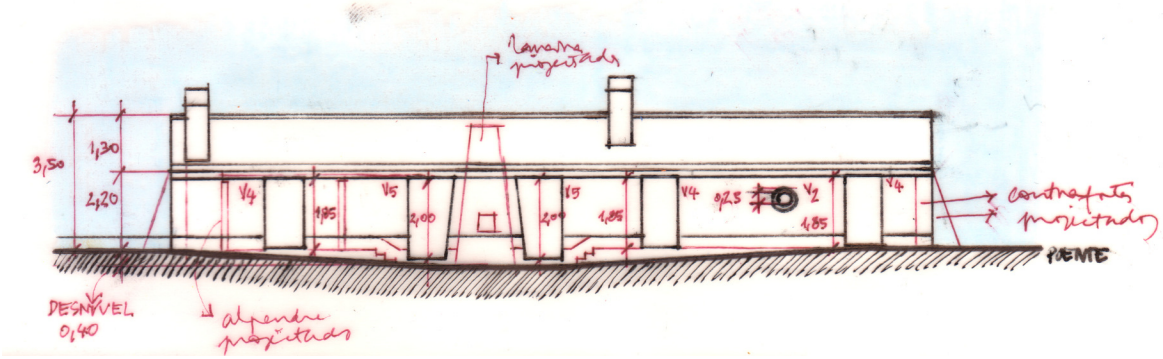
alçado sul (escala 1:200).

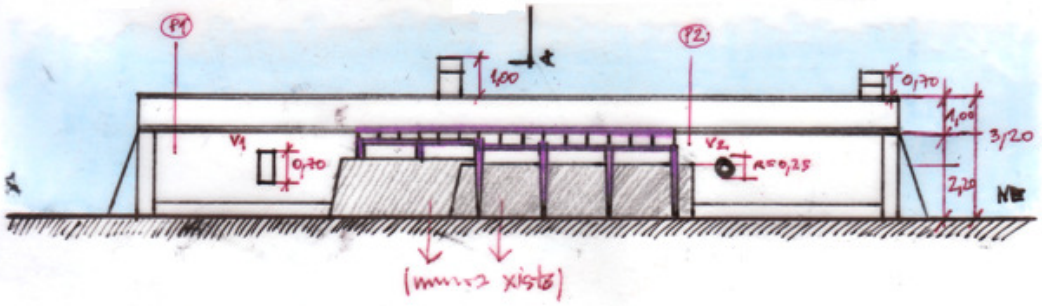


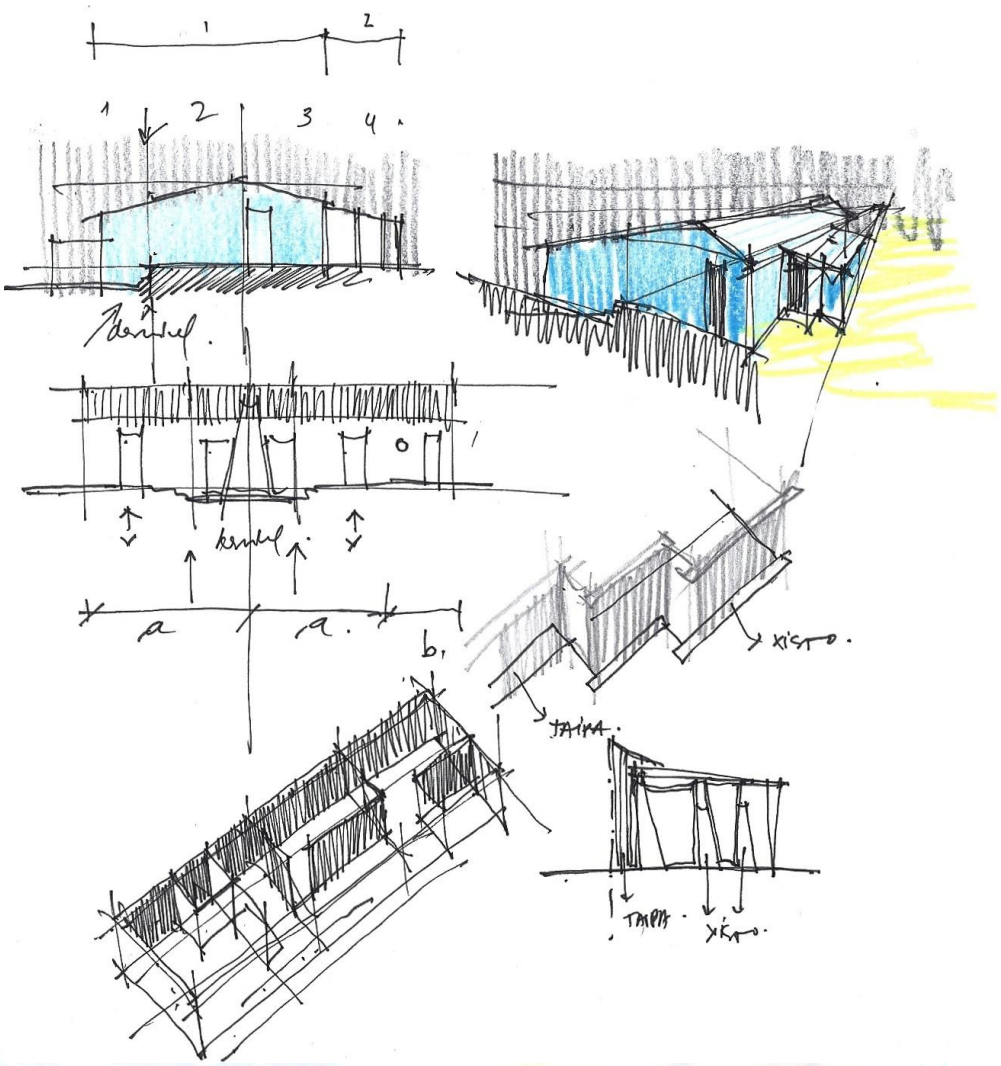
alçado norte (escala 1:200).

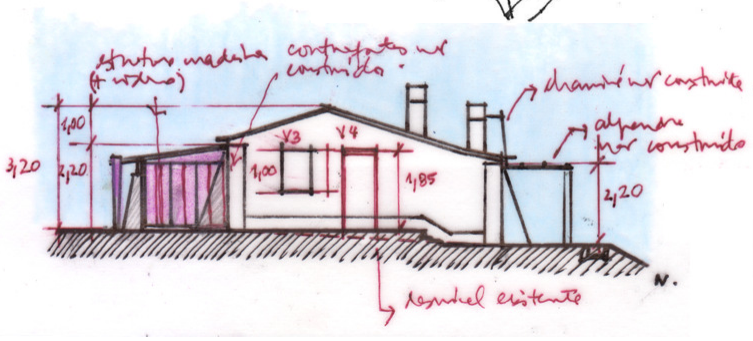

pavimento cerâmico.
CORTE PELA PAREDE S/ VÃO.

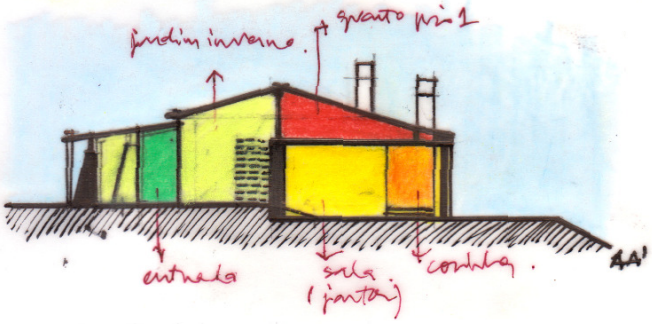

LARGURA MÁX
PAREDE VISTA
cozinha
sala
quarto
entrada
jardim inverno
arrum.
7,05
(9,75)
20,10

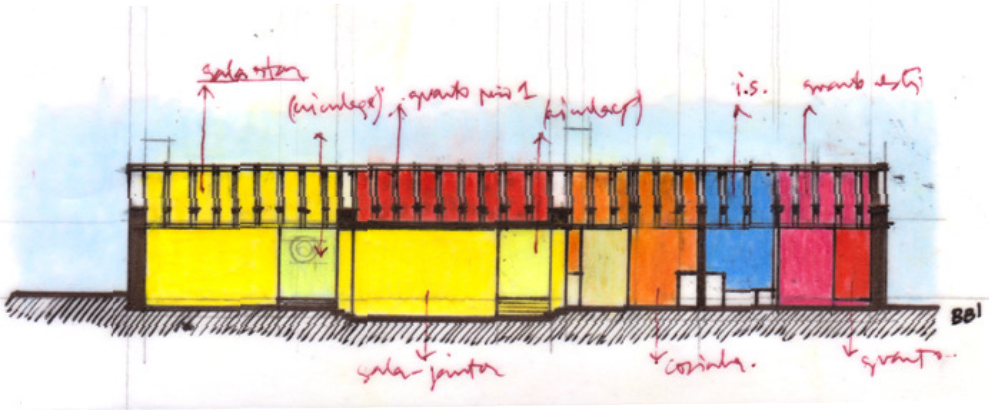

lavanda projectada
DESNÍVEL 0,40
PEITIL

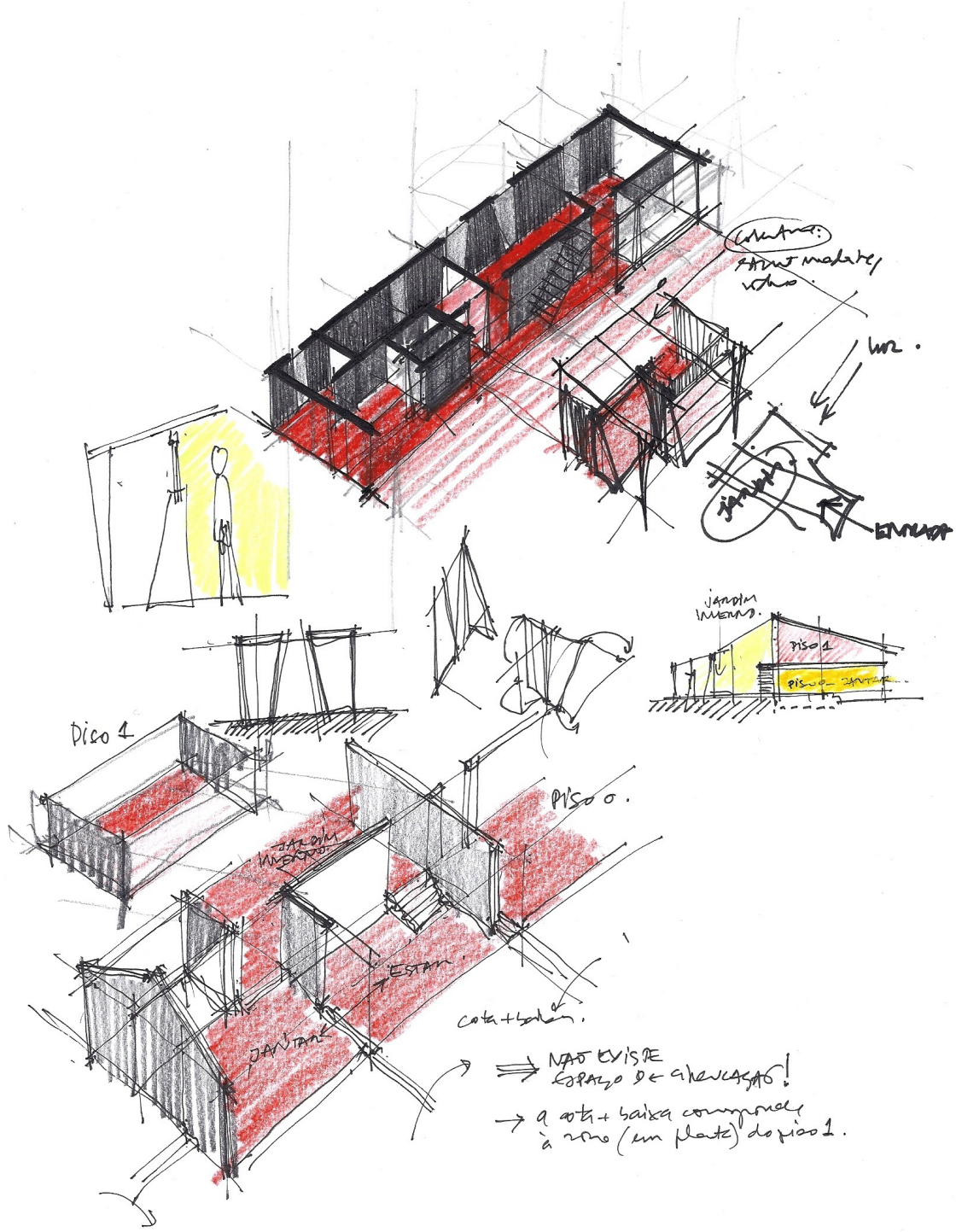

1,00
0,70
3,20
2,20

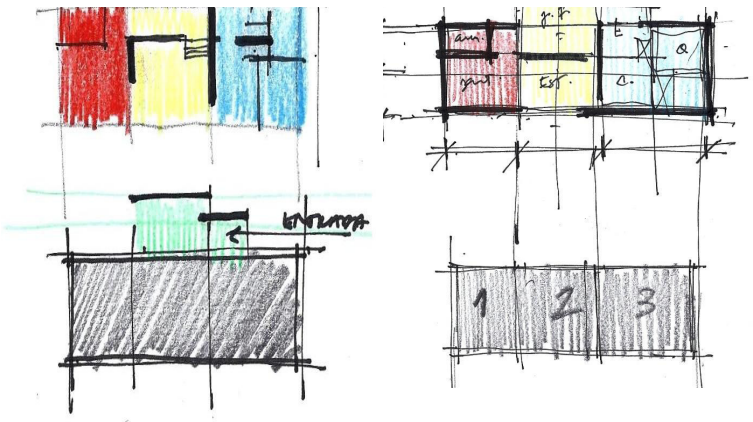

1
2
1
2
3
4
a
a
b
xisto
taipa
tapia
xisto


estrutura madeira (a vistas)
contraplacado ou contraído
chapa ou contraído
alpendre ou contraído
V3
V4
1,00
1,00
1,85
2,20
3,20
2,20
residual existente
N.


fundo inverno
quarto pais 1
entrada
sala (janta)
cozinha
AA'


sala estar
(circulação)
quarto pais 1
(circulação)
i.s.
quarto filhos
sala-jantar
cozinha
quarto
BB'


Piso 1
Piso 0.
ESTAR
JANTAR
cota + baixa
NÃO EXISTE ESPAÇO DE CIRCULAÇÃO!
→ a cota + baixa corresponde à zona (em planta) do piso 1.


1
2
3

CASA DAS VIOLETAS, FOGUEIRA (AVEIRO) _ ATELIER DO BECO DA BELA VISTA

Casa das Violetas: fotografias do espaço exterior.

INFORMAÇÃO GERAL	
PROGRAMA E LOCALIZAÇÃO	*Casa das Violetas* — habitação unifamiliar na Fogueira, Aveiro
PROJECTO DE ARQUITECTURA	atelier do Beco da Bela Vista
DATA INÍCIO/FIM DA OBRA	em fase de projecto
ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO	280m^2

Informações gerais acerca do caso de estudo.

O PERFIL DO LUGAR	SISTEMA CONSTRUTIVO — ADOBE		
	CASO DE ESTUDO 3	PADRÃO	VARIAÇÃO
LOCALIZAÇÃO	Bairrada, Aveiro	Centro litoral	Centro litoral / bolsas S, lit. e int.
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	2600-2700h	2400-2900h	2300- >3100h
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	15-16ºC	15-17,5ºC	10- >17,5ºC
PRECIPITAÇÃO — Nº DIAS/ANO	75-100 dias	50-100 dias/ano	50- >100 dias/ano
PRECIPITAÇÃO TOTAL	1000-1200mm	600-1000mm	400-1600mm
HUMIDADE RELATIVA DO AR	75-80%	70-80%	65-85%
HIPSOMETRIA	0-100m	0-400m	0-1000m
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	sedimentares	sedimentares	tds os complex. litológicos
UNIDADES PEDOLÓGICAS	podzóis / cambissolos	podzóis / luvissolos	tds as unid. pedológicas, excepto planoss. e rankers

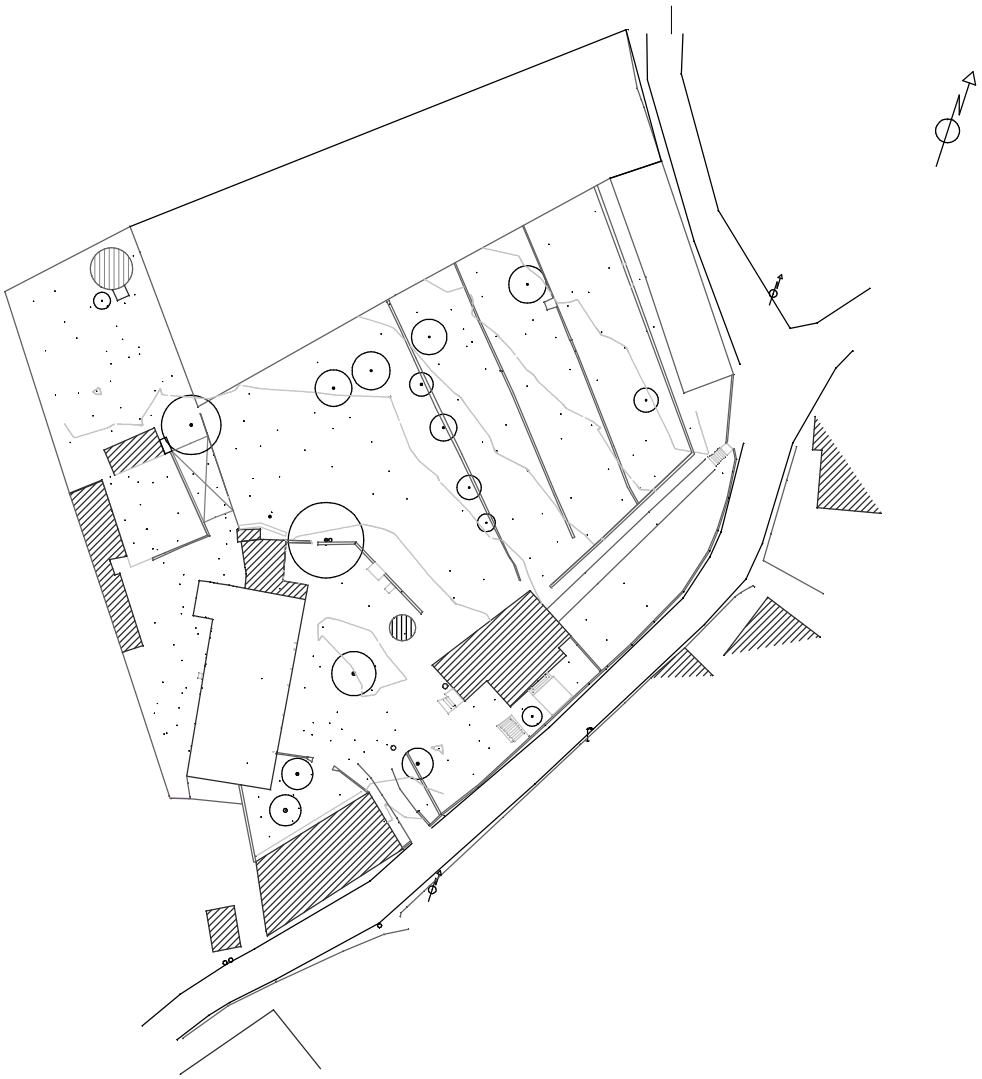
Características do perfil do lugar em estudo.

O MATERIAL E A ACÇÃO	
PREPARAÇÃO DA TERRA	
TESTES CAMPO/LABORAT.	— testes de campo; — experiências: execução de adobes e argamassas de revestimento
TEXTURA	— textura arenosa / saibrosa
LOCAL E FORMA DE EXTRACÇÃO	— extracção mecânica na região de Aveiro
HOMOGENEIZAÇÃO E CORRECÇÃO	— adição de cal aérea (homogeneização manual)
APLICAÇÃO DA TERRA	
SISTEMA CONSTRUTIVO	— adobe manual _ pressão e moldagem
Nº ELEMENTOS DA EQUIPA	— 2 a 3 elementos

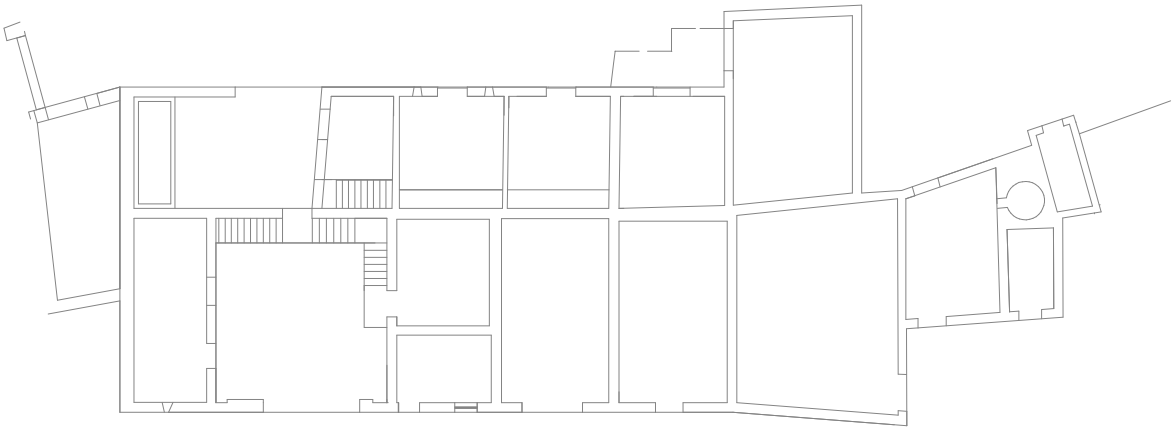
O material e a acção.

FACHADA	DIMENSÃO DAS PAREDES (Compr. x Alt. x Esp.)
NASCENTE	P1 — 21,20m x 3,60m x 0,34m
	P2 — 6,00m x 3,45m x 0,34m
	P3 — 5,55m x 2,60m x 0,34m
POENTE	P4 — 21,20m x 3,60m x 0,34m
	P5 — (4,85m x 3,60m x 0,34m) + (4,85m x 1,40m/2 x 0,34m)
	P6 — 1,40m x 2,80m x 0,34m
	P7 — 2,85m x 2,35m x 0,34m
SUL	P8 — (9,20m x 3,70m x 0,34) + (9,20m x 1,80m / 2) x 0,34m) + (2,20m x 3,30m x 0,34m) + (2,20m x 0,70m/2 x 0,34m)
	P9 — 2,70m x 3,50m x 0,34m

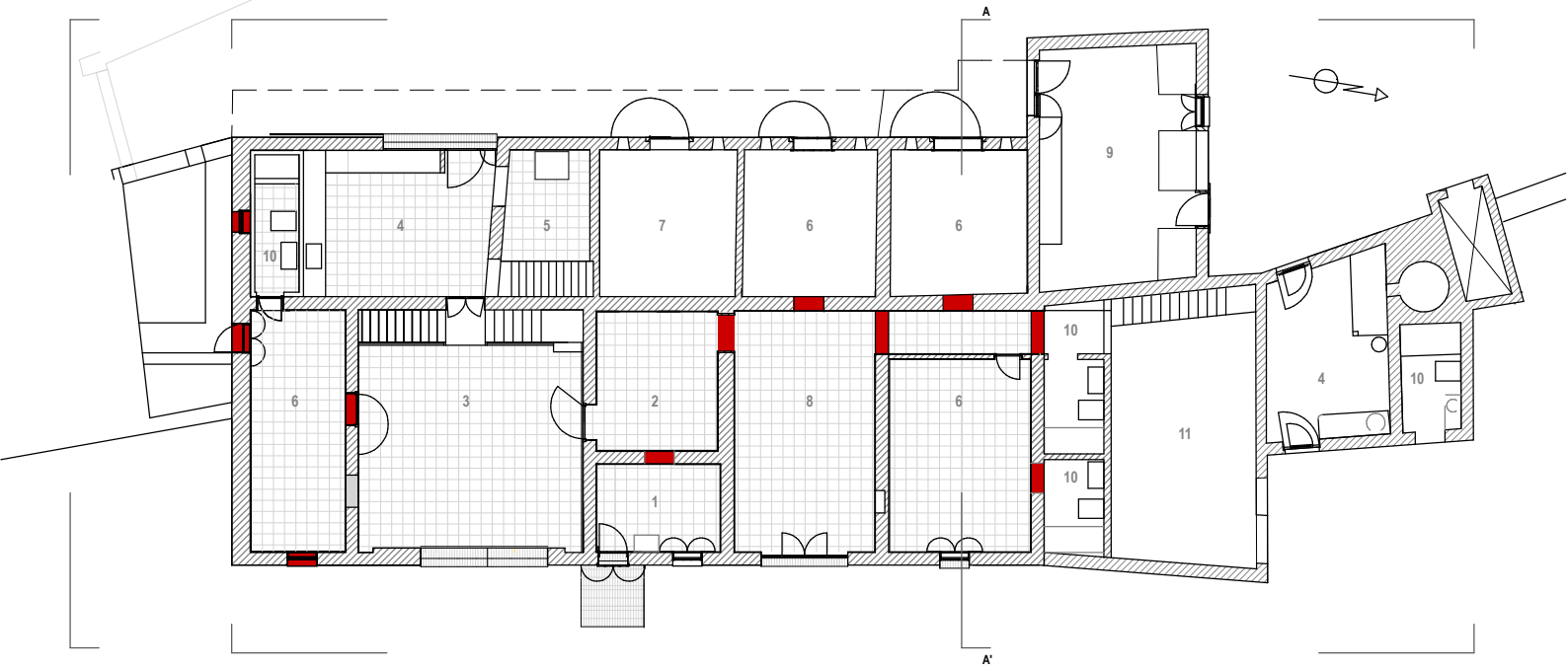
Dimensão das paredes de adobe.



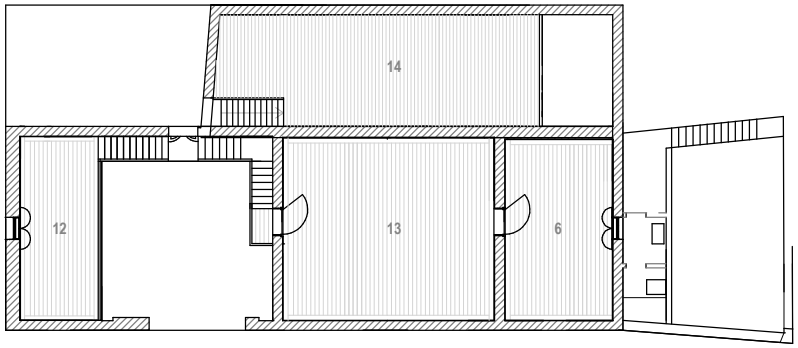
planta de implantação (escala 1:1000)



planta piso 0_ levantamento do edifício pré-existente.

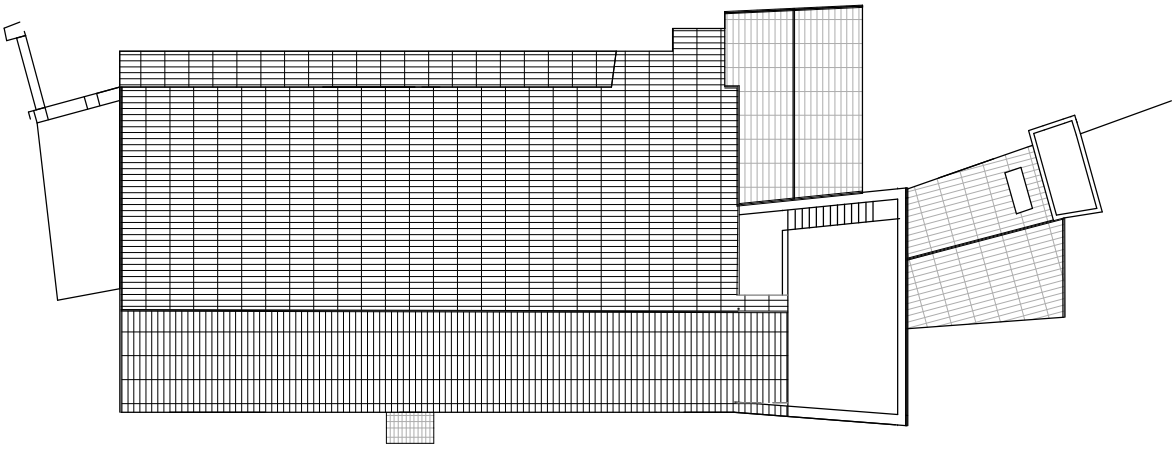


planta piso 0 (escala 1:200)

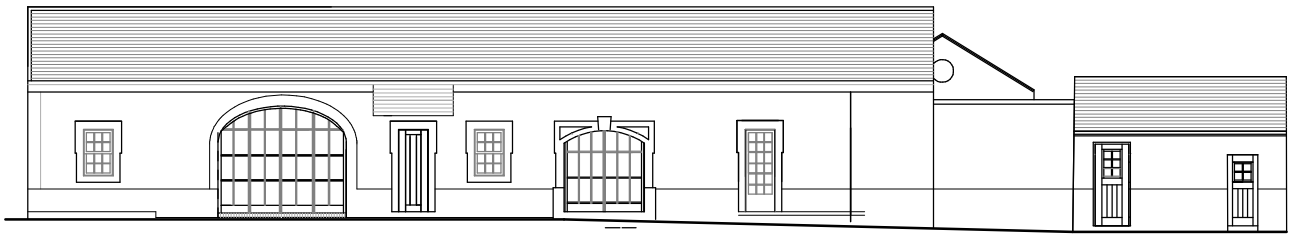


planta piso 1

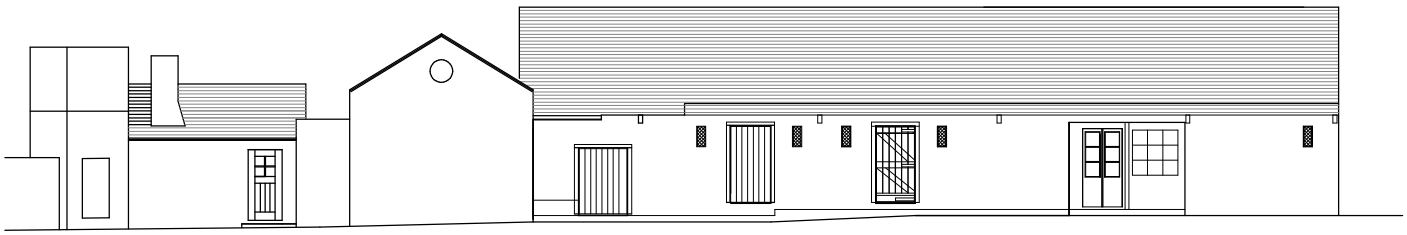
1_ vestíbulo
2_ átrio
3_ salão do arco
4_ cozinha
5_ garrafeira
6_ quarto
7_ casa da ferramenta
8_ sala de jantar
9_ jardim de Inverno
10_ sala de banho
11_ pátio
12_ biblioteca
9_ jardim de Inverno
10_ sala de banho
11_ pátio
12_ biblioteca
13_ sala / quarto
14_ sótão



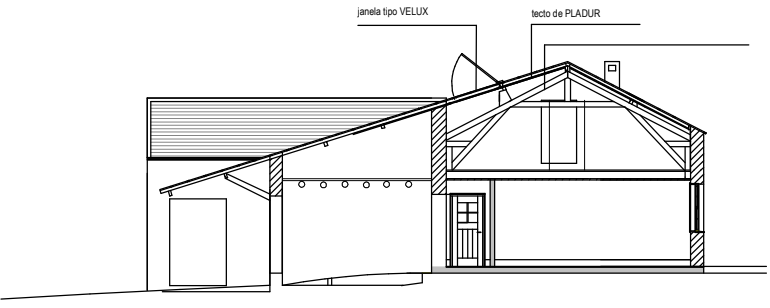
planta de cobertura



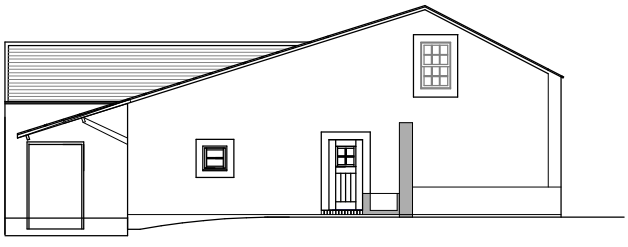
alçado nascente (escala 1:200)



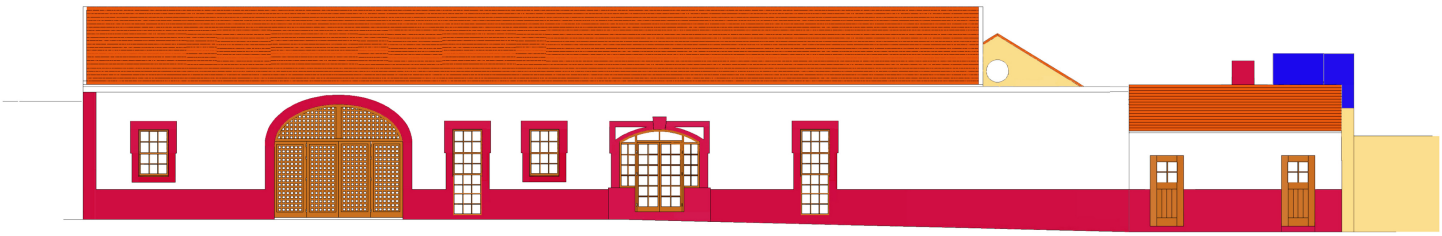
alçado poente (escala 1:200)



corte AA' (escala 1:200)

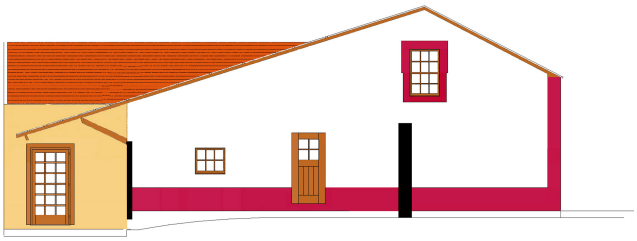


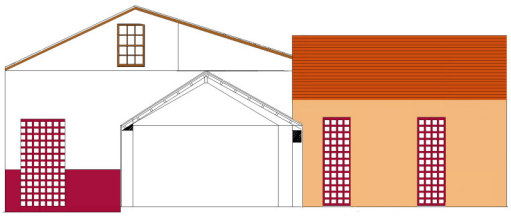
alçado sul (escala 1:200)



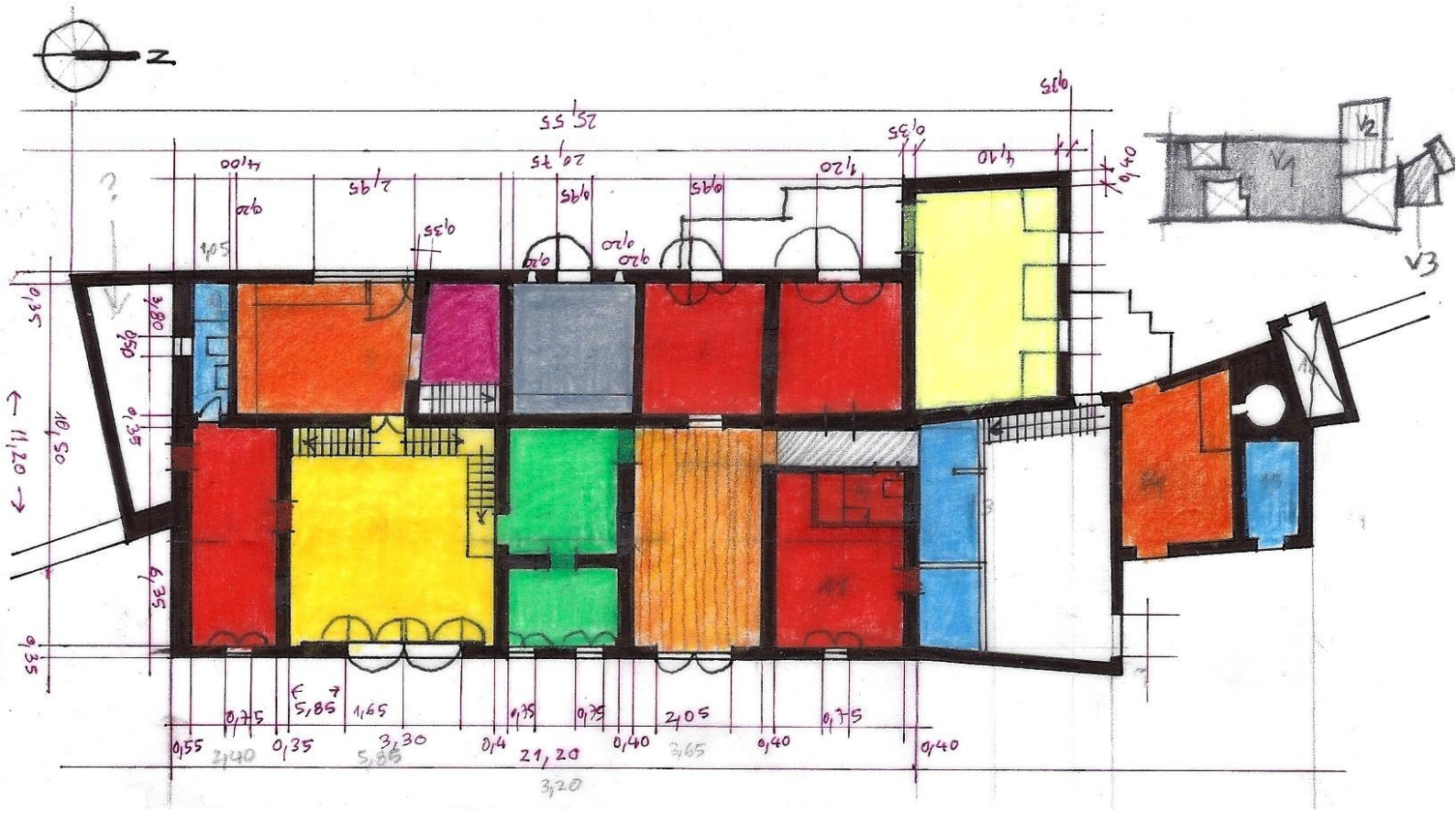
alçado nascente_ estudo de cor

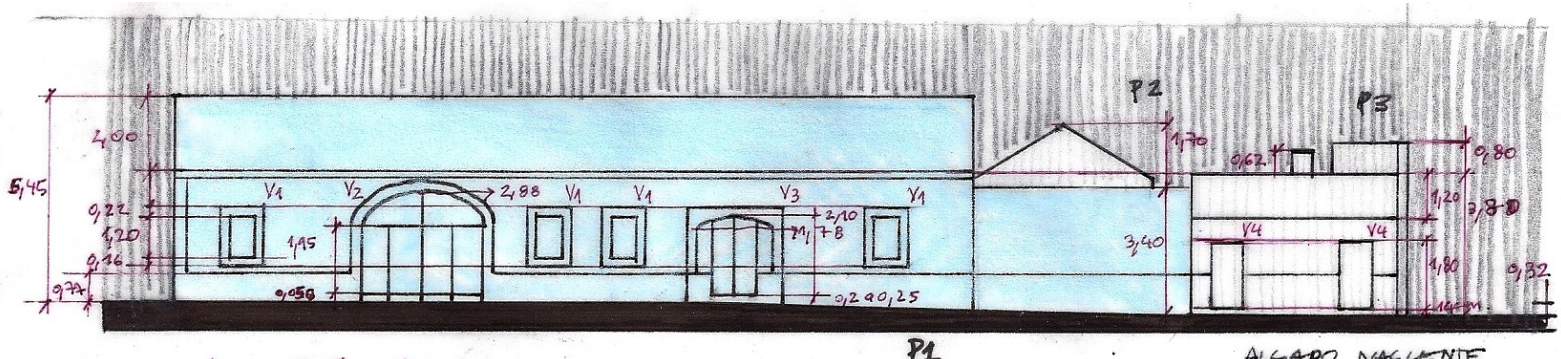
alçado poente_ estudo de cor

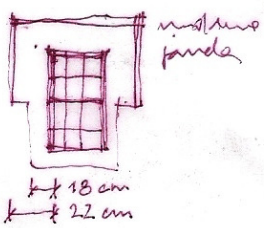




alçado sul_ estudo de cor

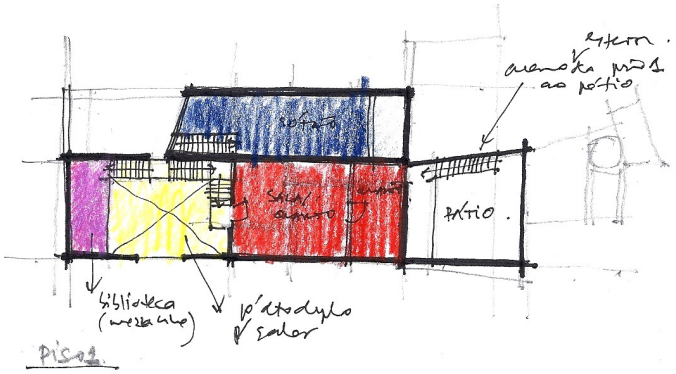

N
V1
V2
V3
0,75
5,85
1,65
0,75
0,75
2,05
0,75
0,55
0,35
3,30
0,4
21,20
0,40
0,40
0,40
3,20

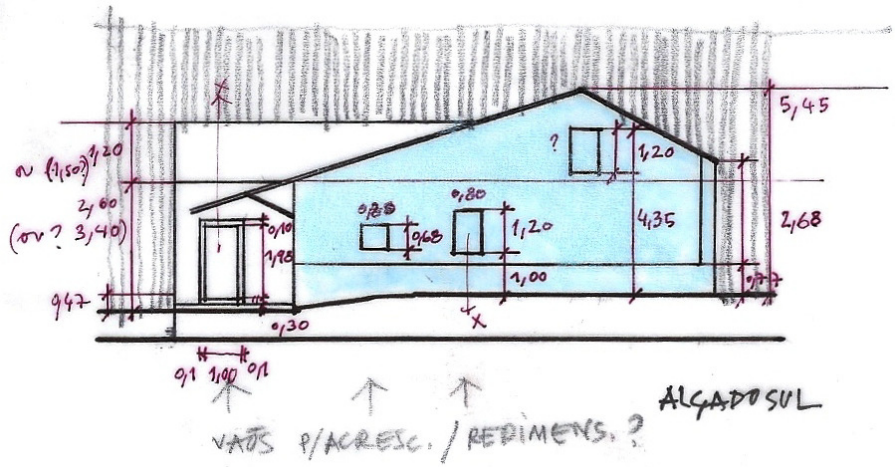

P1
P2
P3
V1
V2
V3
V4
2,88
2,10
1,70
0,62
0,80
1,20
2,80
3,40
1,80
0,32
5,45
4,00
0,22
1,20
0,16
0,77
1,15
0,25
ALZADO NASCENTE

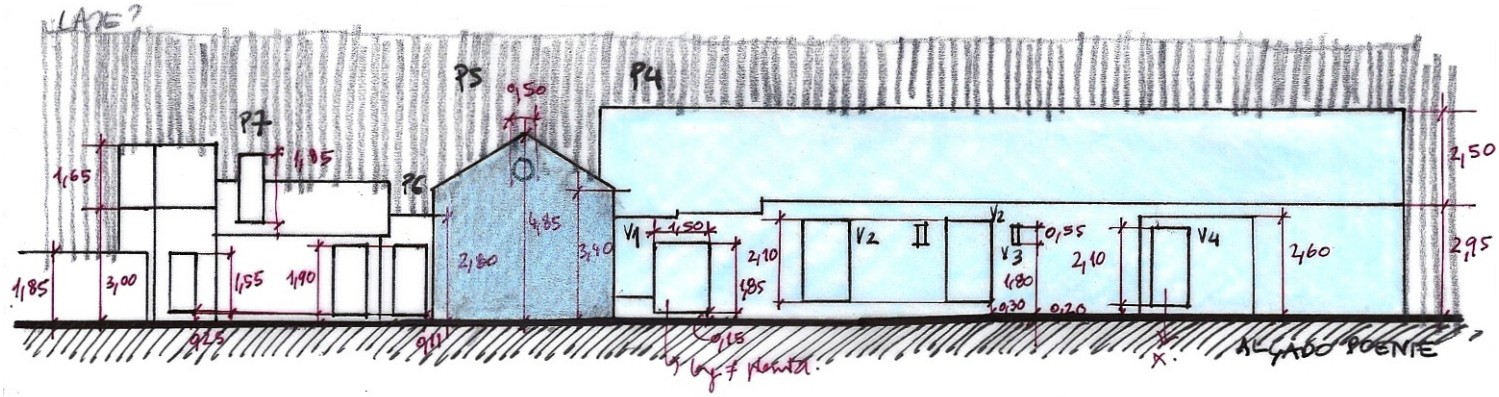

madeira
janela
18 cm
22 cm

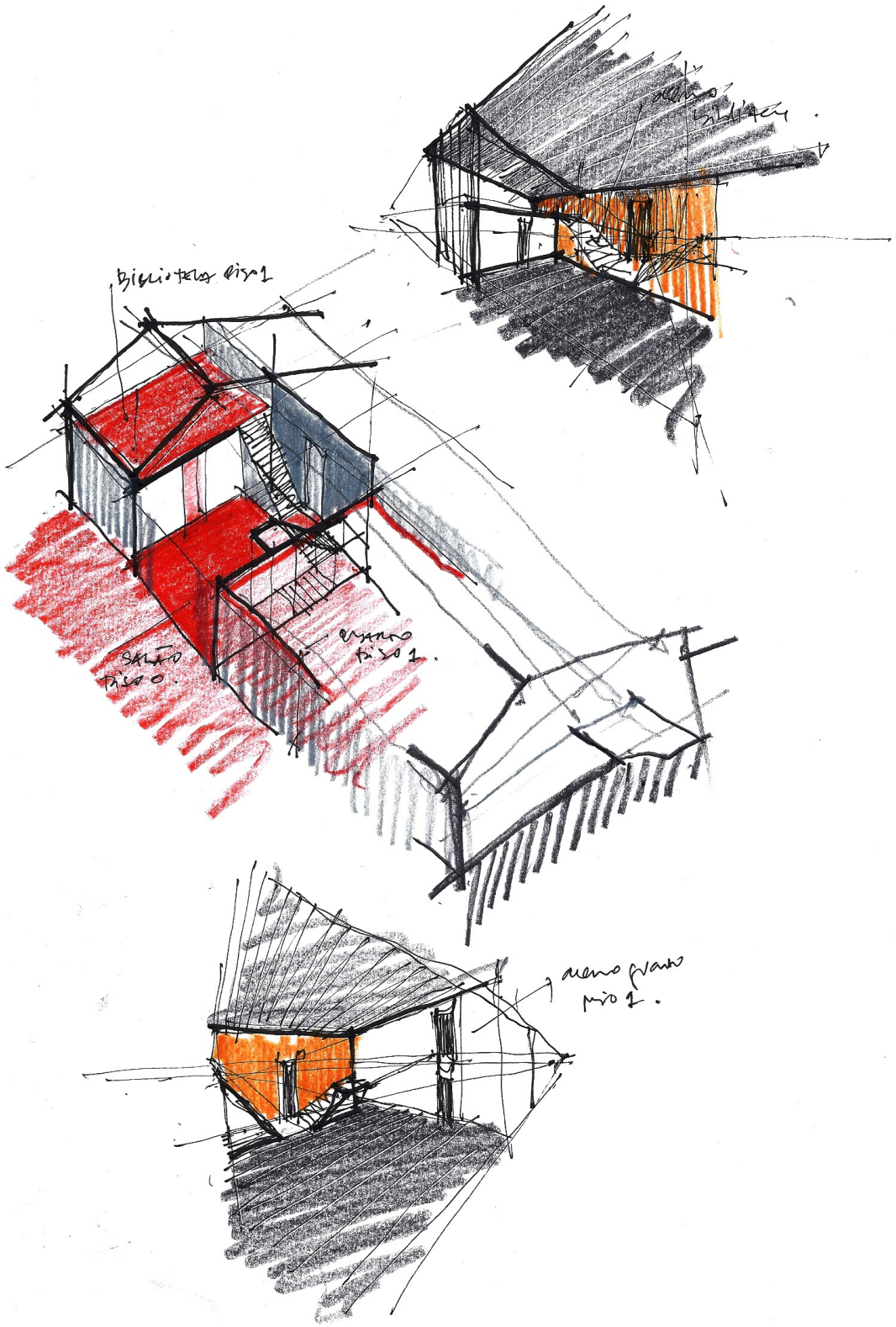
- VESTÍBULO + ÁTRIO – 11,35 + 13,5 = 24,70 m²
- SALA DO ALTO – 37,15 m²
- COZINHAR – 18,65 m² + 14,35 = 33 m²
- DORMIR – 13,30 + 13,50 = 26,80 m² + 15,25 → 39,05 + 17,5 → 56,55
- SALA JANTAR – 23,20 m²
- INST. SANITÁRIAS – 13,60 m²
- CIRCULAÇÃO – 4 m² + (2,90 + 9,60) + 5,15 → 18,75 m²

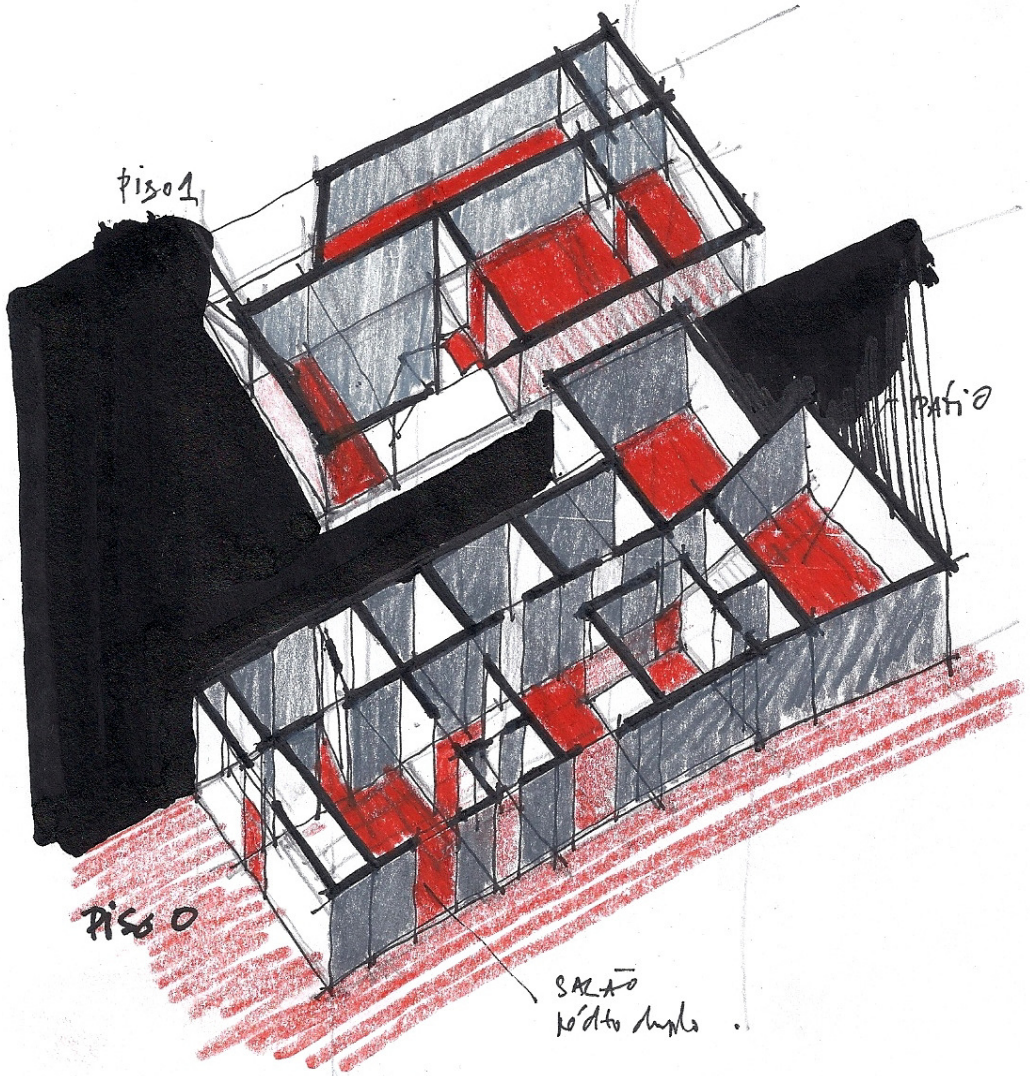
- GARRAFEIRA – 13,30 m²
- CASA FERRAMENTAS – 8,35 m²
- JARDIM DE INVERNO – 25,30 m²
- PÁTIO – c. 25 m²

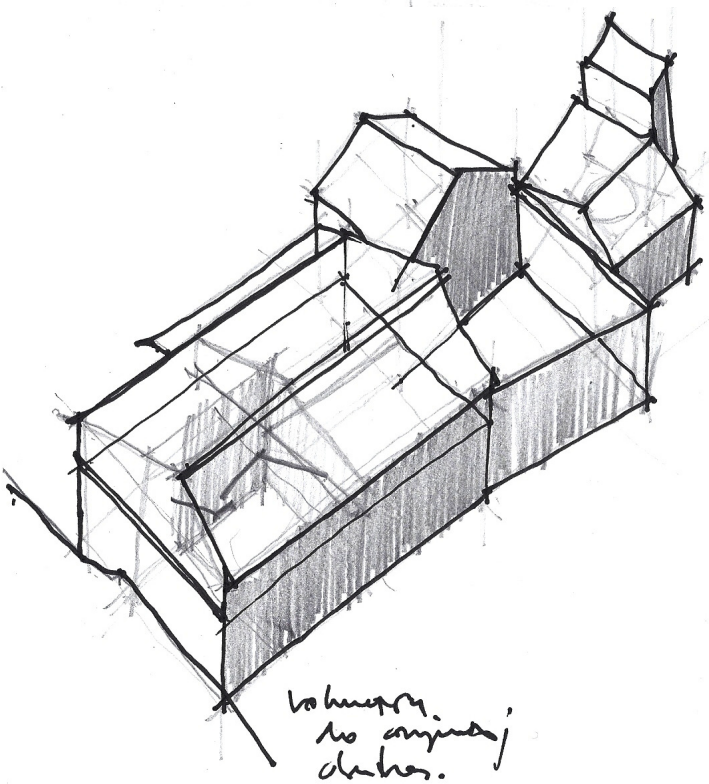







Biblioteca piso 1
Salão piso 0
Espaço piso 1


piso 1
pátio
PISO 0
SALÃO



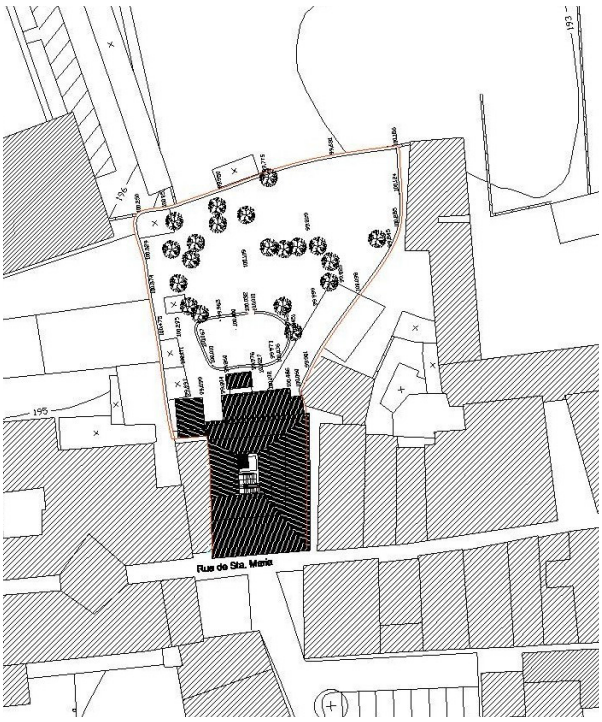
ASSOCIAÇÃO DE APOIO À CRIANÇA, GUIMARÃES (BRAGA) _ ARQT. MARGARIDA MORAIS

INFORMAÇÃO GERAL	
PROGRAMA E LOCALIZAÇÃO	*Associação de Apoio à Criança* — habitação de acolhimento de crianças em Guimarães, Braga
PROJECTO DE ARQUITECTURA	arqt. Margarida Morais
PROJECTO DE ESPECIALIDADES	eng. António Emílio Ribeiro
DATA INÍCIO/FIM DA OBRA	Junho'2005 — Setembro'2006

Informações gerais acerca do caso de estudo.

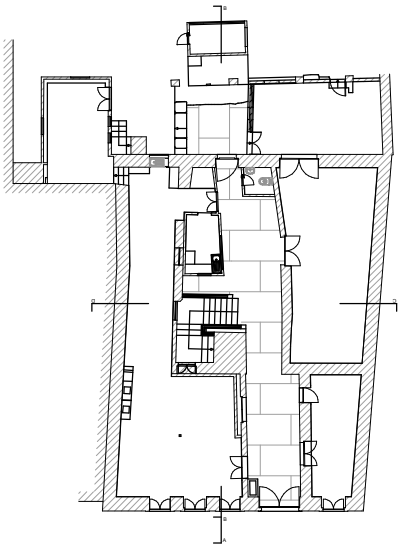
O PERFIL DO LUGAR		**SISTEMA CONSTRUTIVO — TABIQUE**	
	CASO DE ESTUDO 4	PADRÃO	VARIAÇÃO
LOCALIZAÇÃO	Guimarães, Braga	Norte interior	Norte interior / bolsas C e S lit.
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	2500-2600h	2500-2800h	2100- 3000h
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	15-16ºC	10-16ºC	<7,5-17,5ºC
PRECIPITAÇÃO — Nº DIAS/ANO	>100 dias	50-100 dias/ano	<50- >100 dias/ano
PRECIPITAÇÃO TOTAL	1400-1600mm	400-1000mm	<400- 2400mm
HUMIDADE RELATIVA DO AR	75-80%	70-80%	<65-85%
HIPSOMETRIA	200-400m	100-1000m	0-1800m
IDADE FORMAÇ. GEOLÓGICAS	paleozóico / pré-câmbrico	paleozóico / pré-câmbrico	formaç. de tds os períodos. excepto mesozóico
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	eruptivas plutónicas	sediment / metamórf / erupt. plutón.	tds os complex. litológicos
UNIDADES PEDOLÓGICAS	cambissolos	cambissolos / litossolos	tds as unid. pedológicas, excepto vertiss., planoss. e solonchaks

Características do perfil do lugar em estudo.

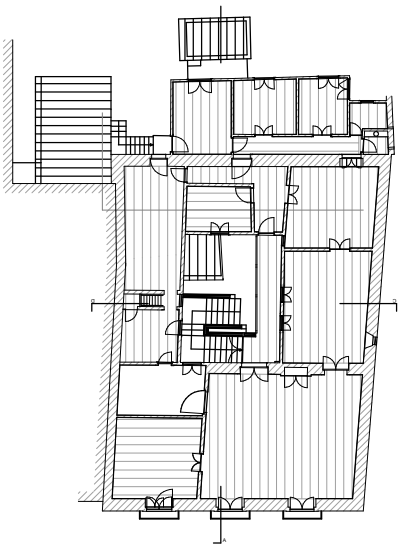


PLANTA DE IMPLANTAÇÃO_ EDIFÍCIO PRÉ-EXISTENTE

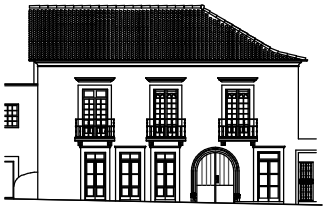
PLANTA DE IMPLANTAÇÃO_ PROPOSTA



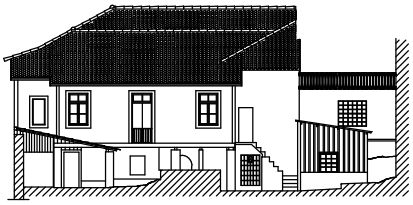
EDIFÍCIO PRÉ-EXISTENTE_PISO 1



EDIFÍCIO PRÉ-EXISTENTE_PISO 2

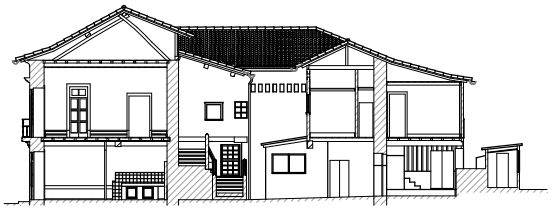


ALÇADO PRINCIPAL (ESC 1/200)

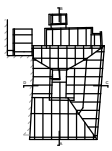


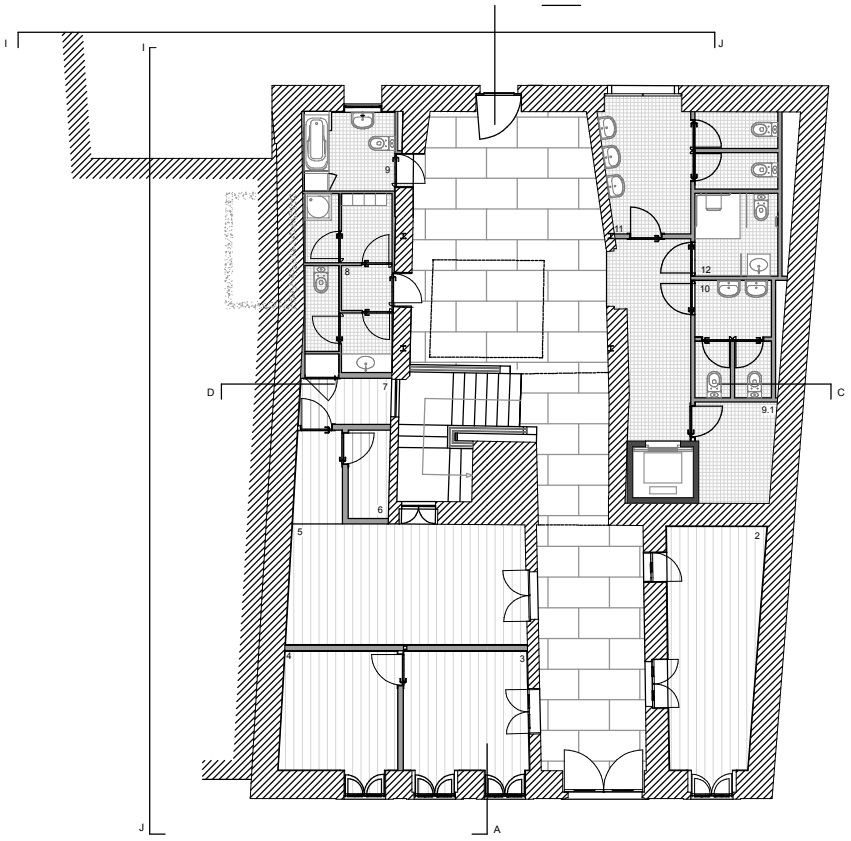
ALÇADO POSTERIOR (ESC 1/200)

CORTE CD (ESC 1/200)



CORTE AB (ESC 1/200)





PLANTA PISO 0 (ESC 1/200)

PISO 1
DIRECÇÃO/TÉCNICA /ADMINISTRATIVA

1 - Entrada	
2 - Gab. Direcção	(15.40 m2)
3 - Sala visitas	(17.11 m2)
4 - Gab. Assistentes Sociais	(10.39 m2)
5 - Secretaria	(23.34 m2)
6 - Sala Técnica	(2.65 m2)
7 - Arquivo	(3.20 m2)
8 - Instalações sanitárias pessoal	(11.55 m2)
9 - Instalações sanitárias crianças	(5.07 m2)
10 - Inst. sanit. meninas	(6.30 m2)
11 - Inst. sanit. meninos	(12.28 m2)
12 - Inst. sanit. deficientes	(4.84 m2)

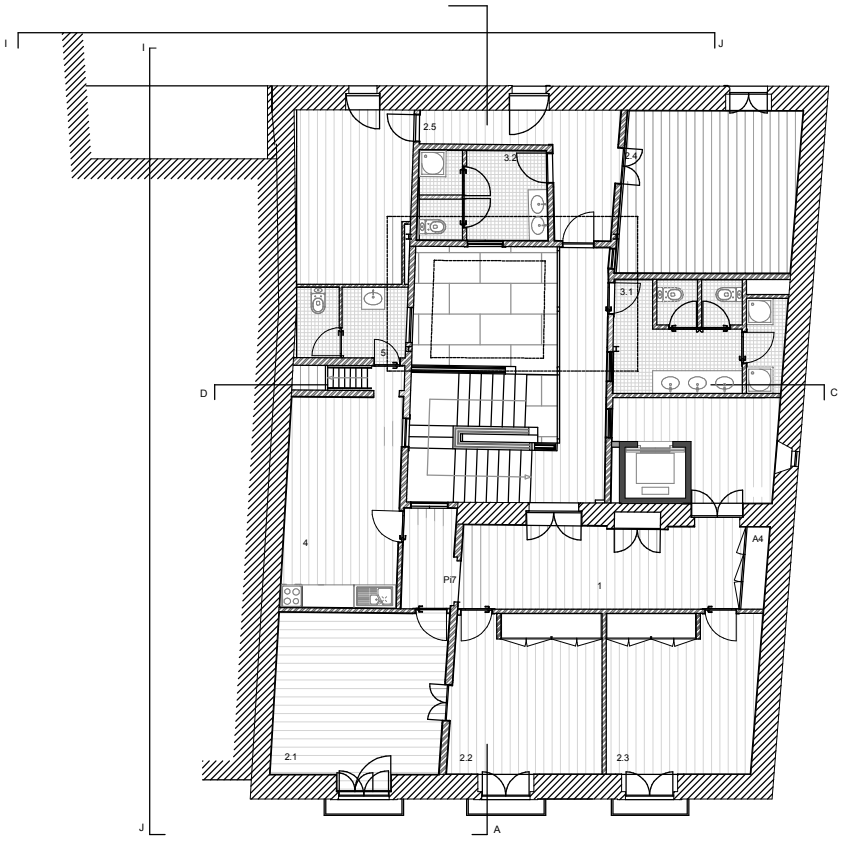
PISO 2
ÁREA CRIANÇAS

1 - Hall distribuição	(16.61 m2)
2 - Quartos	
2.1 - Quarto 1	(19.17 m2)
2.2 - Quarto 2	(16.70 m2)
2.3 - Quarto 3	(16.90 m2)
2.4 - Quarto 5	(19.90 m2)
2.5 - Quarto 6	(13.75 m2)
3 - Instalações sanitária	
3.1 - Instalações sanitárias crianças	(13.75 m2)
3.2 - Inst. sanit. deficientes	(8.13 m2)
4 - Sala vigilante	(16.03 m2)
5 - Instalações sanitária vigilante	(5.50 m2)

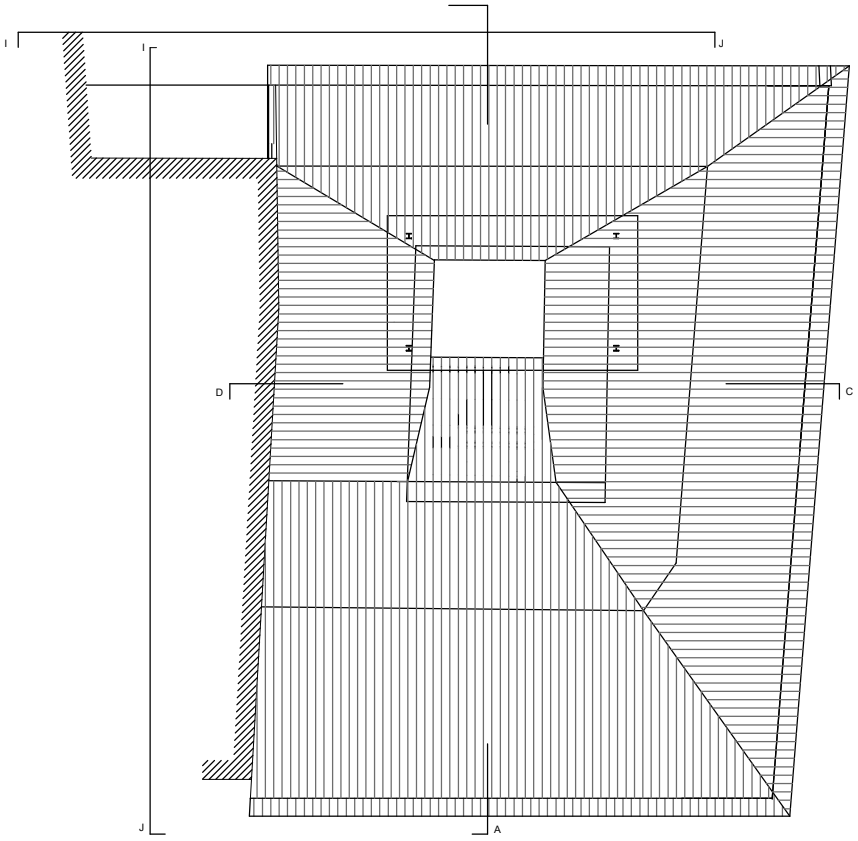
PISO 3
ÁGUAS FURTADAS

1 - Arrumos	(91.71 m2)

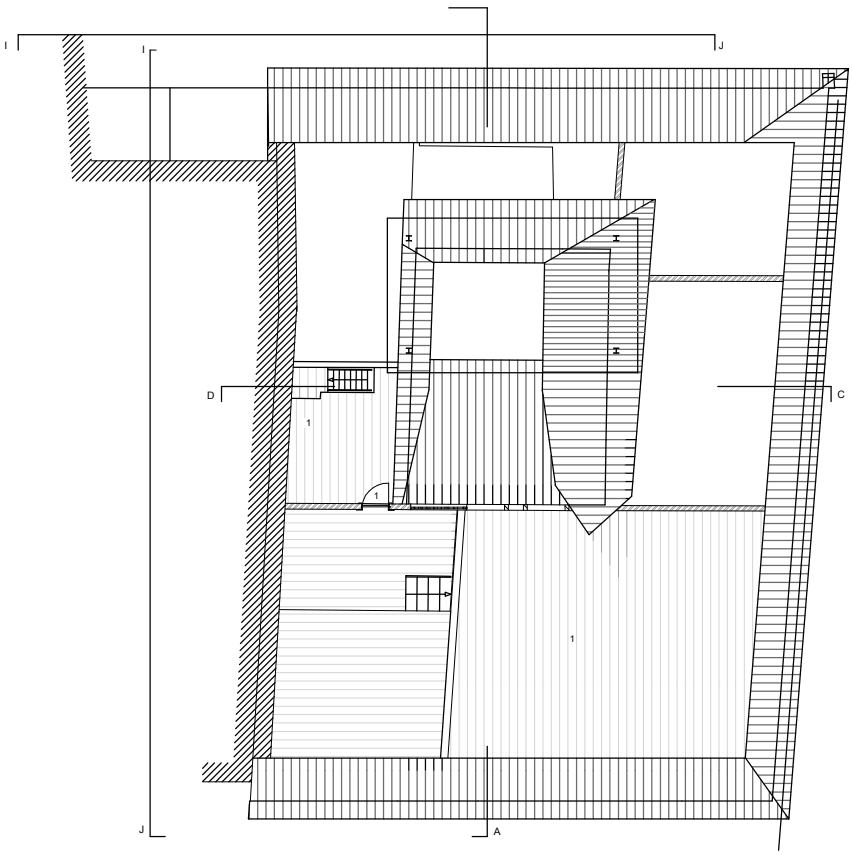
- Alvenaria de Granito
- Alvenaria de Tijolo
- Betão Armado
- Taipa de Rodízio



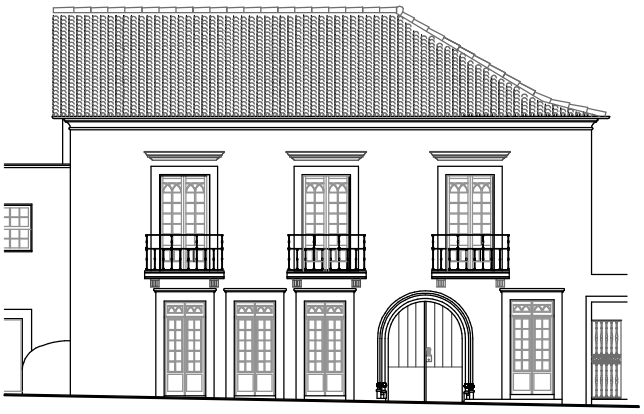
PLANTA PISO 2 (ESC 1/200)



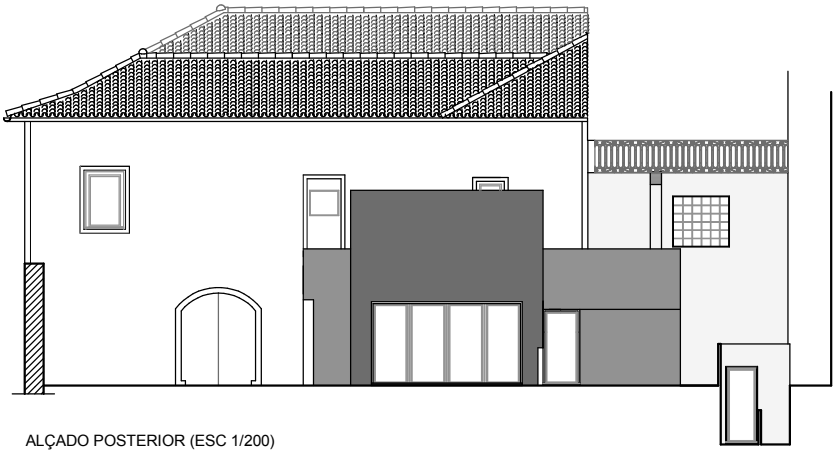
PLANTA DE COBERTURA (ESC 1/200)



PLANTA PISO 2 (águas-furtadas) (ESC 1/200)

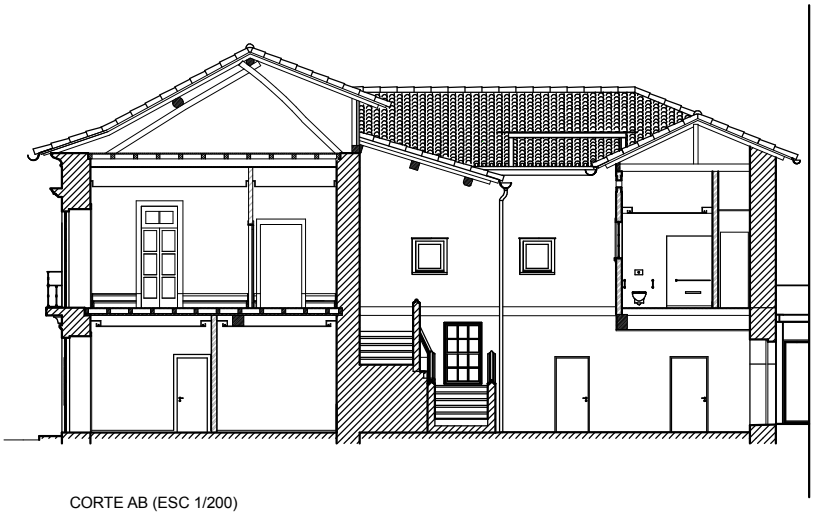


ALÇADO PRINCIPAL (ESC 1/200)



ALÇADO POSTERIOR (ESC 1/200)

CORTE CD (ESC 1/200)

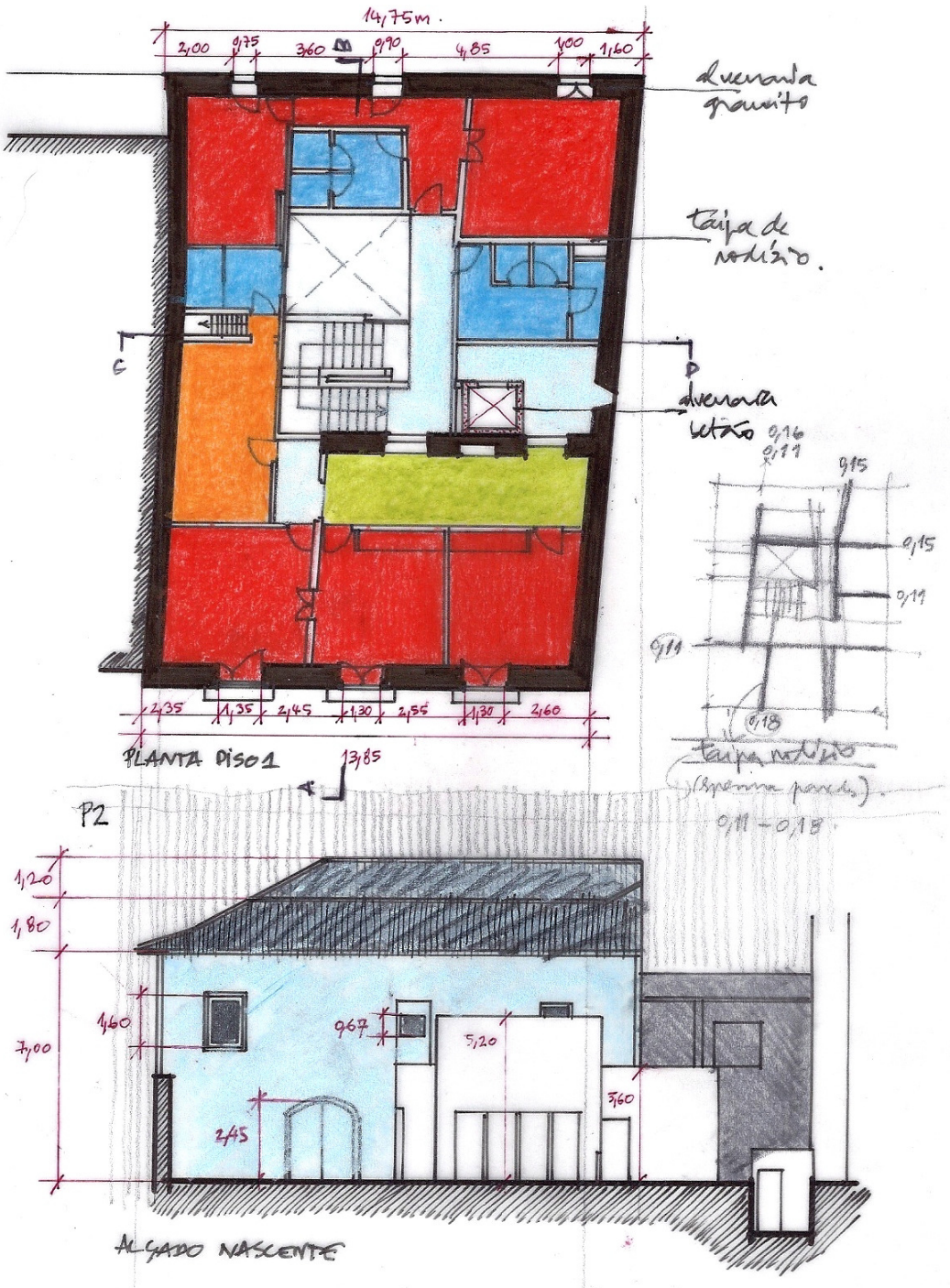


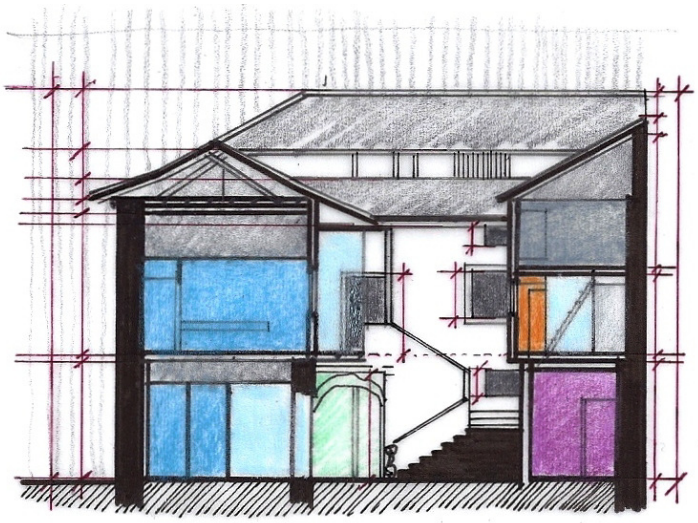
CORTE AB (ESC 1/200)

LEGENDA:

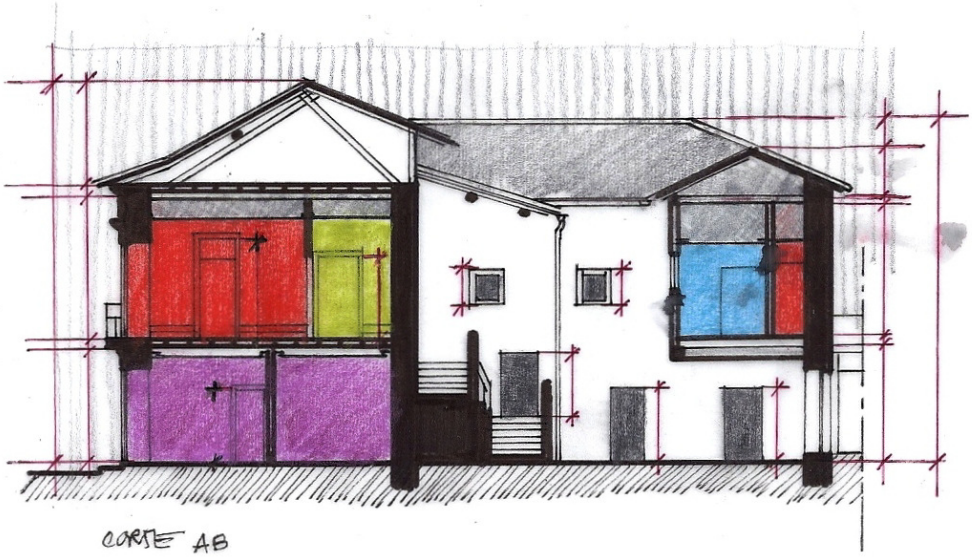
- ENTRADA – 15,40 m²
- SERVIÇOS ADMINISTR. – 56,70 m²
- INST. SANIT – 67,40 m²
- CIRCULAÇÃO – 42,40 + 34,5 = 76,90 m²
- SALA VIGILANTE – 16,03
- DORMIR – 86,40 m²
- HALL DISTRIBUIÇÃO – 16,60

ESC. 1/200.

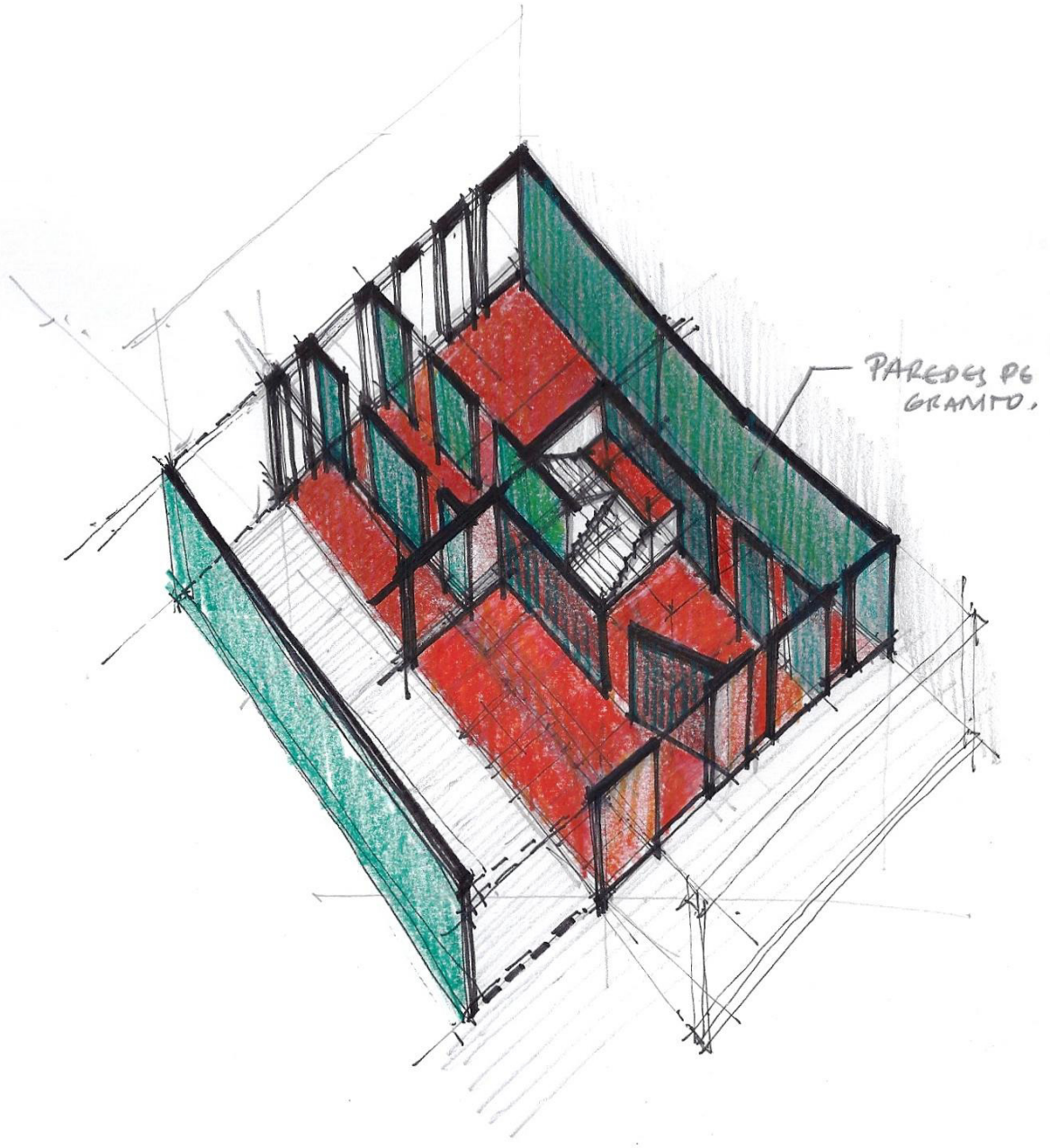

14,75m.
2,00
0,75
3,60
0,90
4,85
1,00
1,60
alvenaria granito
taipa de adobe.
E
P
alvenaria betão
0,16
0,11
0,15
0,15
0,11
0,11
0,18
taipa adobe
(espessura parede).
0,11 - 0,15
2,35
1,35
2,45
1,30
2,55
1,30
2,60
PLANTA PISO 1
13,85
P2
1,20
1,80
7,00
1,60
0,67
5,20
3,60
2,45
ALÇADO NASCENTE



CORTE CD



CORTE AB


PAREDES PG
GRANITO.

Casa em Arruda: estrutura de tabique; preenchimento com terra.

INFORMAÇÃO GERAL	
PROGRAMA E LOCALIZAÇÃO	*Casa em Arruda* — habitação unifamiliar em Arruda dos Vinhos, Lisboa
PROJECTO DE ARQUITECTURA	Atelier Plano B, arqts. Eduardo Carvalho, Francisco Freire e Luís Gama (www.planob.com)
PROJECTO DE ESPECIALIDADES	Focus Group (www.focusgroup.com.pt)
DATA INÍCIO/FIM DA OBRA	Março'2007 – Março'2008
ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO	64m^2

Informações gerais acerca do caso de estudo.

O PERFIL DO LUGAR	SISTEMA CONSTRUTIVO — TABIQUE		
	CASO DE ESTUDO 5	PADRÃO	VARIAÇÃO
LOCALIZAÇÃO	Arruda dos Vinhos, Lisboa	Norte interior	Norte int. / bolsas C e S lit.
INSOLAÇÃO MÉDIA ANUAL	2500-2600h	2500-2800h	2100- 3000h
TEMPERATURA MÉDIA DO AR	15-16ºC	10-16ºC	<7,5-17,5ºC
PRECIPITAÇÃO — Nº DIAS/ANO	50-75 dias	50-100 dias/ano	<50- >100 dias/ano
PRECIPITAÇÃO TOTAL	700-800mm	400-1000mm	<400- 2400mm
HUMIDADE RELATIVA DO AR	75-80%	70-80%	<65-85%
HIPSOMETRIA	100-200m	100-1000m	0-1800m
COMPLEXOS LITOLÓGICOS	sedimentares / eruptivas vulcânicas	sediment / metamórf / erupt. plutón.	tds os complex. litológicos
UNIDADES PEDOLÓGICAS	cambissolos	cambissolos / litossolos	tds as unid. pedológicas, excepto vertiss., planoss. e solonchaks

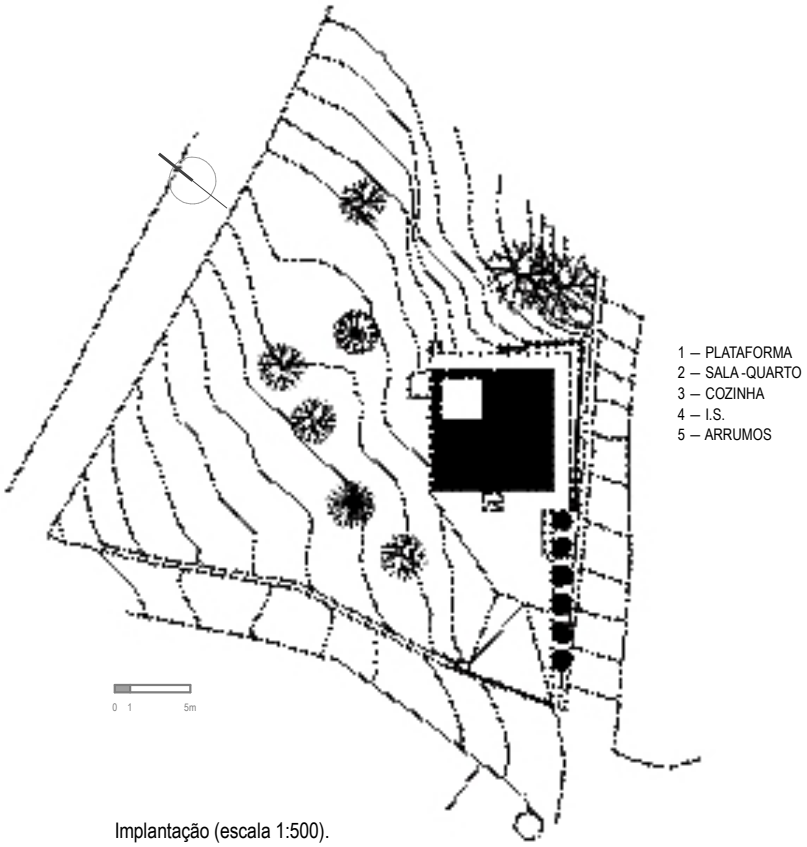
Características do perfil do lugar em estudo.

O MATERIAL E A ACÇÃO	
PREPARAÇÃO DA TERRA	
TESTES CAMPO/LABORAT.	— sedimentação (campo)
TEXTURA E CONSISTÊNCIA	— textura argilosa
LOCAL E FORMA DE EXTRACÇÃO	— extracção mecânica no local das fundações
HOMOGENEIZAÇÃO E CORRECÇÃO	— adição de palha cortada — crivagem; — terra amassada com palha e água (homogeneização manual)
APLICAÇÃO DA TERRA	
SISTEMA CONSTRUTIVO	— tabique ("taipa de fasquio")
Nº ELEMENTOS DA EQUIPA	— cerca de 120 participantes
DURAÇÃO	— 9 dias
VOLUME DE TERRA	— cerca de 15 m^3

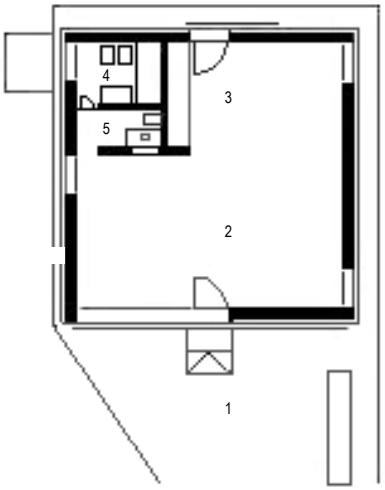
O material e a acção.

FACHADA	DIMENSÃO DAS PAREDES
SUDOESTE	P1 — 8,00m x 3,80m x 0,50m
NOROESTE	P2 — 8,00m x 3,80m x 0,50m
NORDESTE	P3 — 8,00m x 3,80m x 0,50m
SUDESTE	P4 — 8,00m x 3,80m x 0,50m

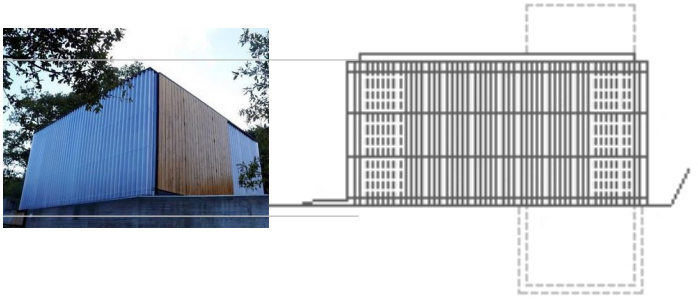
Dimensão das paredes de tabique.



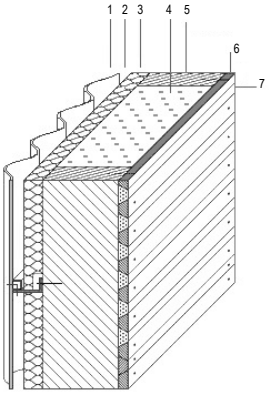
Implantação (escala 1:500).



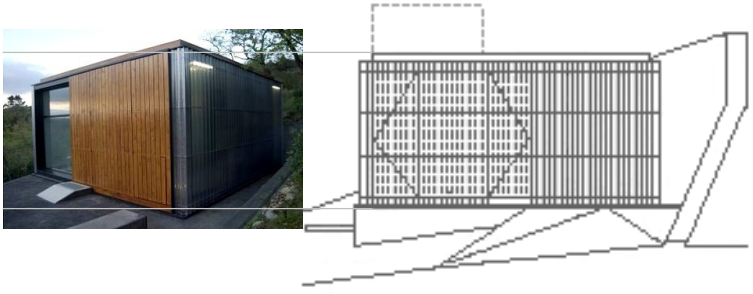
Planta piso 0 (escala 1:200).



Alçado Sudeste (escala 1:200).

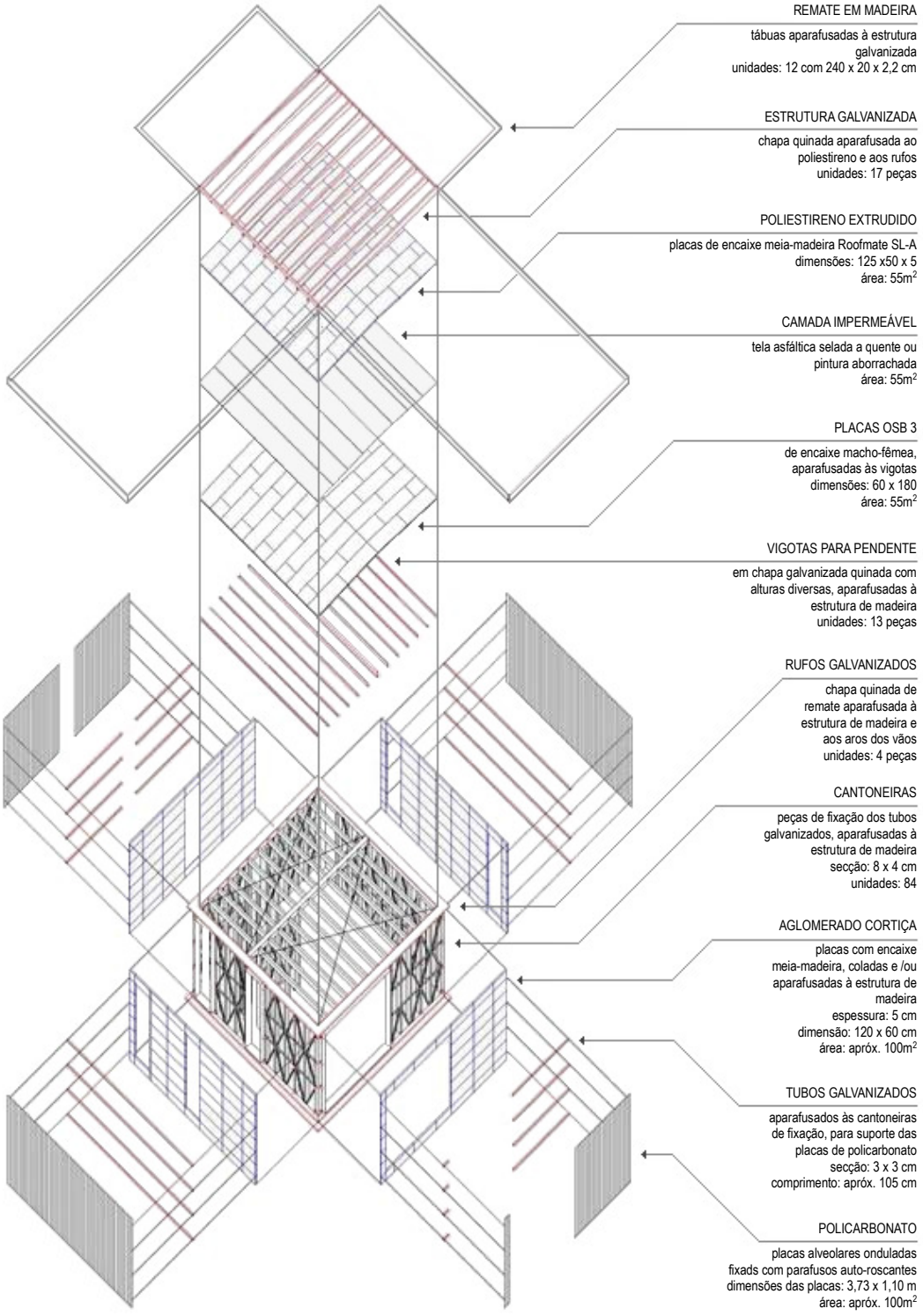


Pormenor construtivo: secção da parede (escala 1:20).

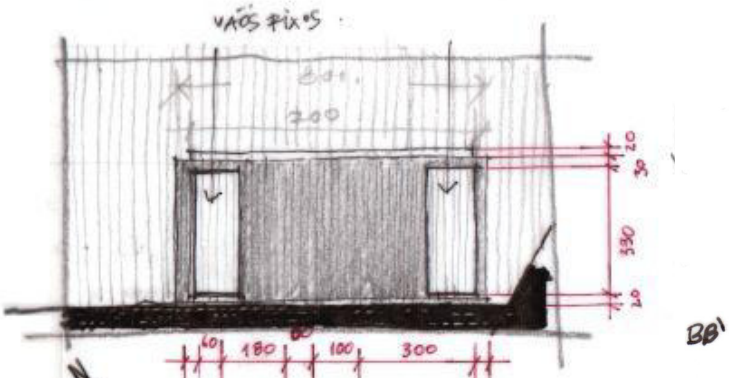


Alçado Sudoeste (escala 1:200).

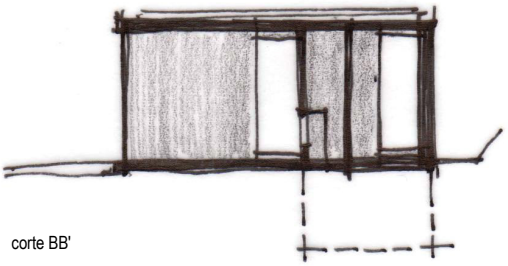
1 — POLICARBONATO ALVEOLAR_ 3 mm espessura
2 — CAIXA DE AR VENTILADA_ 3-7 cm espessura
3 — AGLOMERADO NEGRO DE CORTIÇA_ 5 cm espessura
4 — TERRA AMASSADA COM PALHA_ 20 cm espessura
5 — ESTRUTURA EM MADEIRA DE EUCALIPTO_ 20 x 10 cm secção
6 — RIPA EM MADEIRA DE PINHO_ 5x 2,5 cm secção trapezoidal
7 — REBOCO DE CAL AÉREA E AREIA_ 2,5 cm espessura



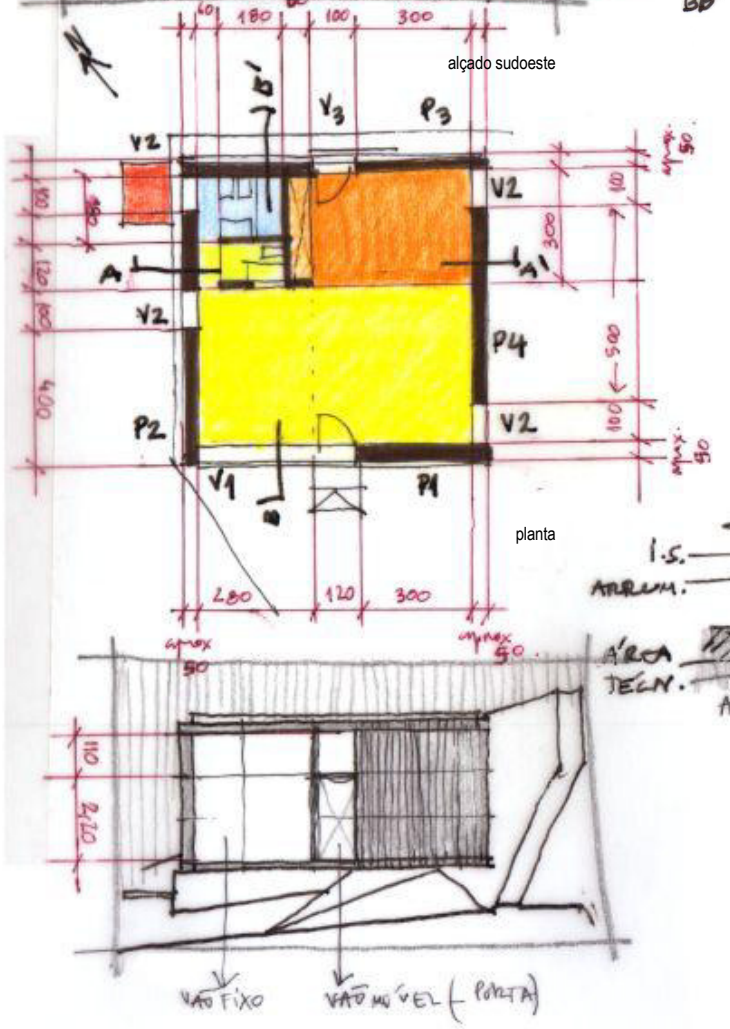
Revestimentos exteriores.



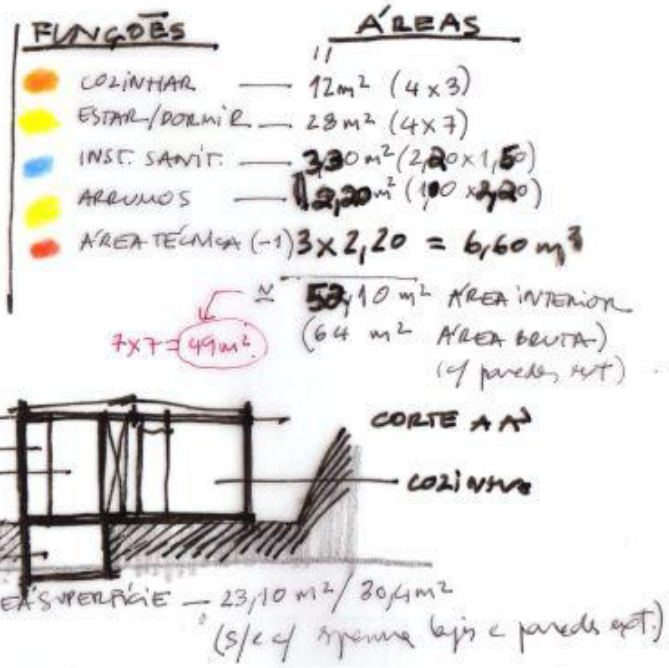
alçado sudoeste

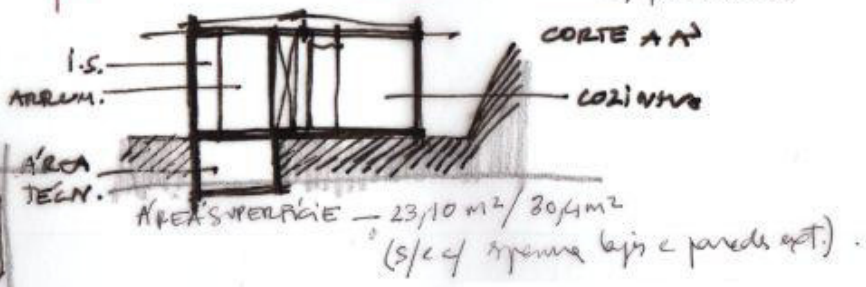


corte BB'

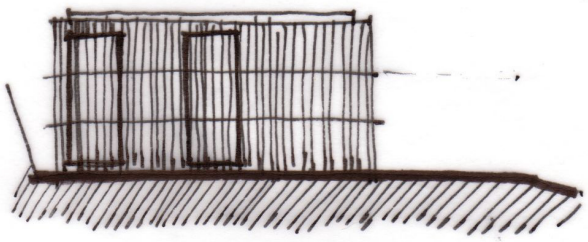


planta

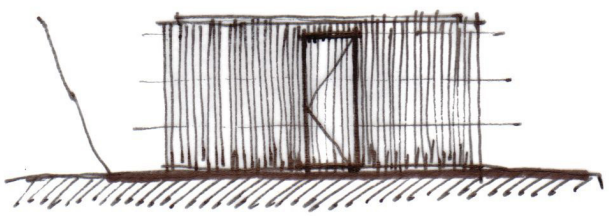




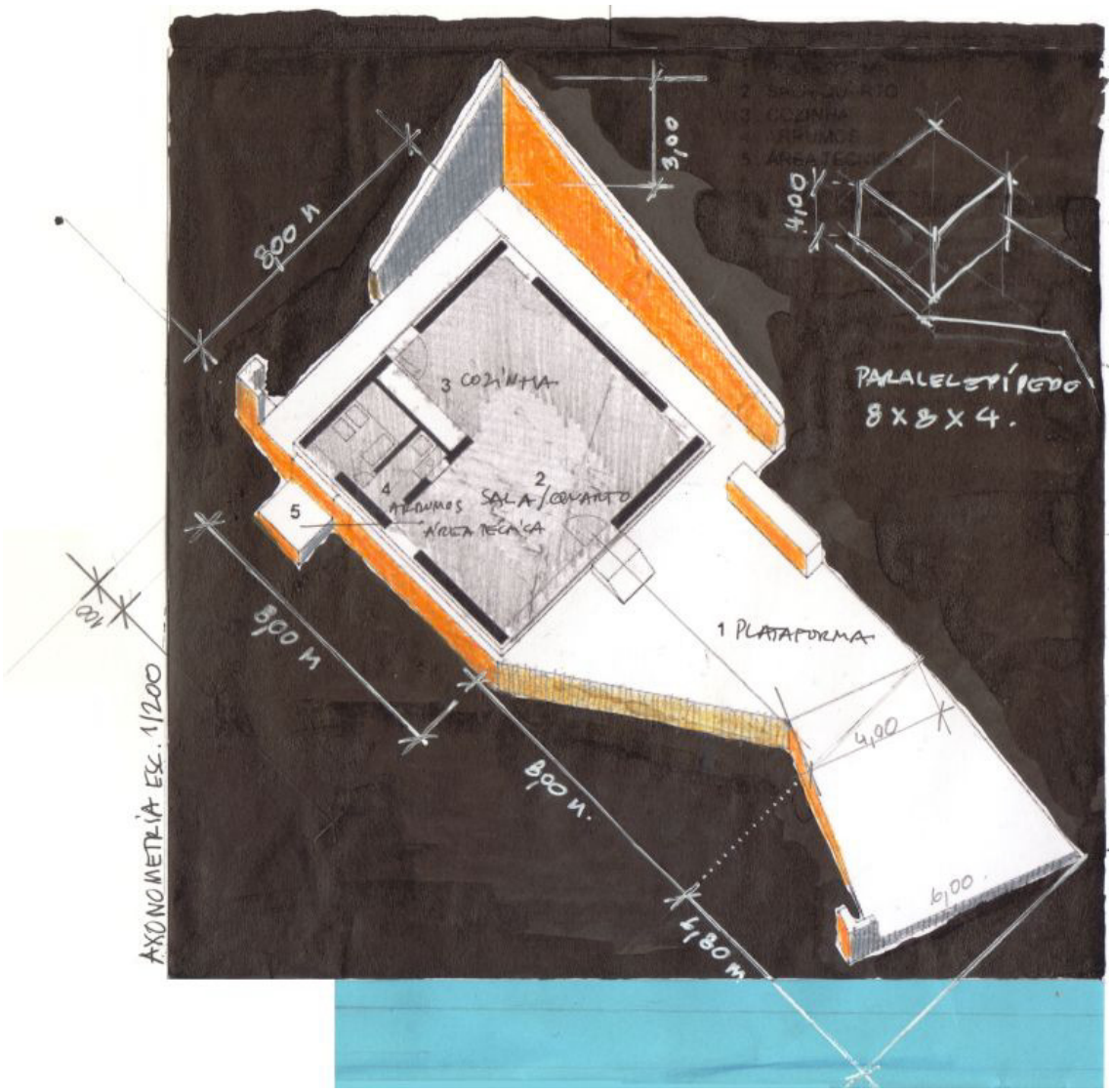
alçado sudoeste

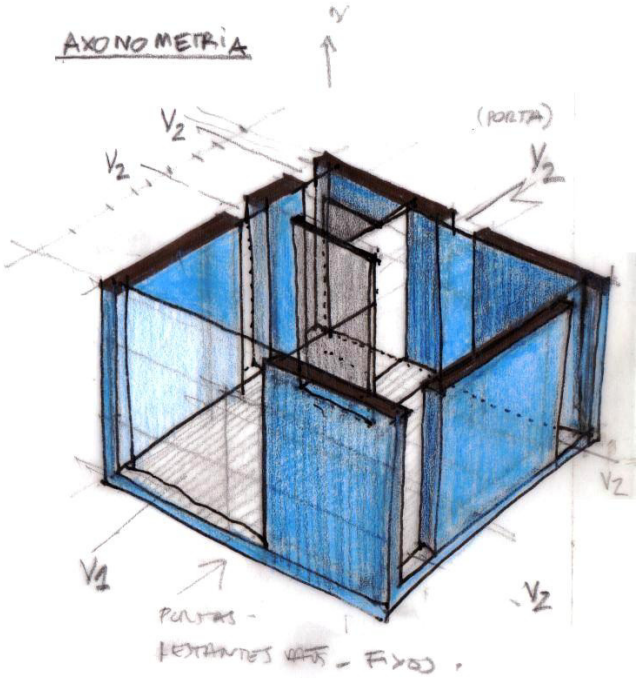


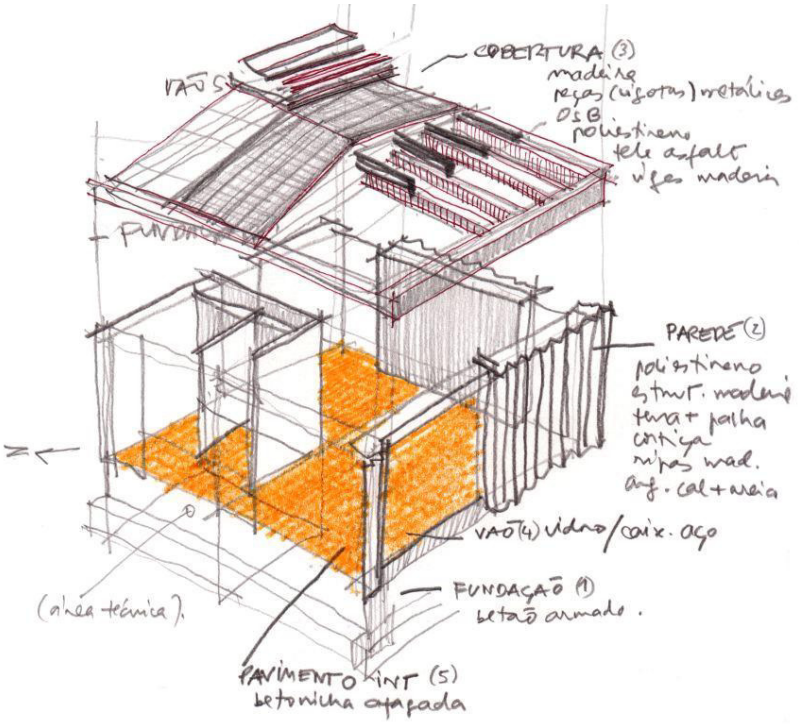
alçado noroeste



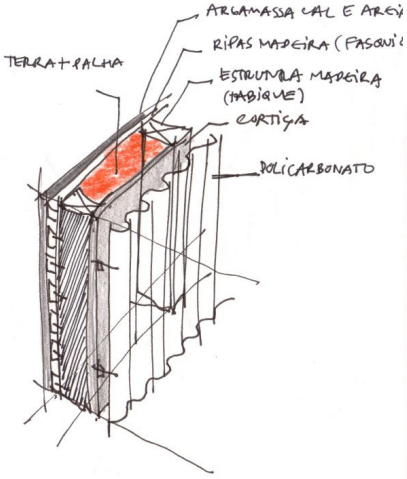
alçado nordeste

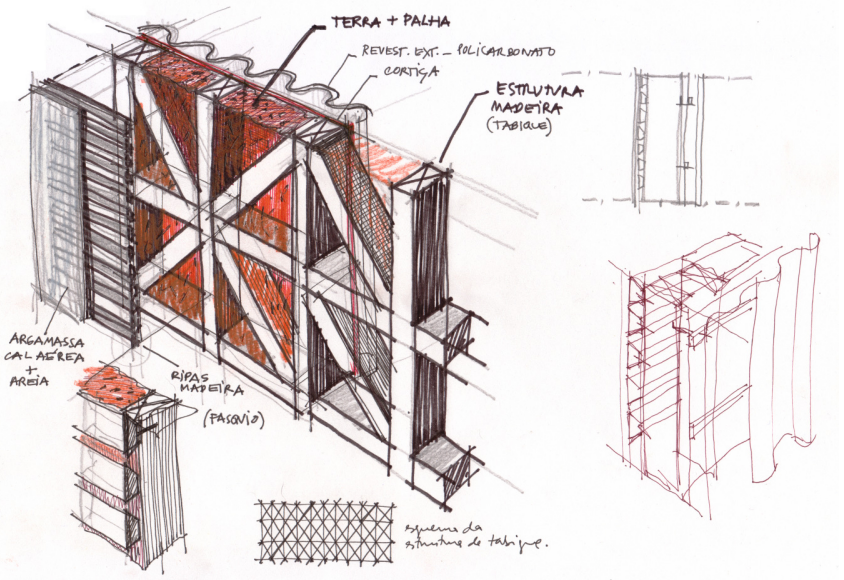

3,00
8,00 m
4,00
PARALELEPÍPEDO
8 x 8 x 4.
3 COZINHA
4 ARQUIVOS
2 SALA/COMANDO
5 ÁREA TÉCNICA
1 PLATAFORMA
8,00 m
8,00 m.
4,90
6,00
4,80 m
AXONOMETRIA ESC. 1/200


AXONOMETRIA
V2
V2
(PORTA)
V2
V1
V2
V2

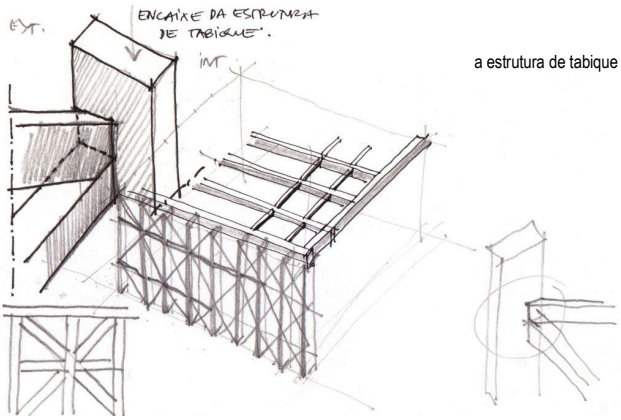


elementos arquitectónicos





a parede



a estrutura de tabique

ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS		MATERIAIS	DIMENSÕES
FUNDAÇÃO	sapatas	betão armado	
	impermeab.	tela tipo fondaline / flintkote	
	isolamento	poliestireno extrudido floormate 200A	3 cm
PAREDES			
EXTERIORES	estrutura	madeira de eucalipto (tabique)	prumos de secção 20x10cm (espaçados 60cm) barrotes de secção 10x10cm
	preenchimento	terra argilosa+palha	espessura 20cm
	isolamento	cortiça	placas 120x60x5cm
	revestimento	policarbonato alveolar ondulado *thermonde*	espessura 3mm
INTERIORES	estrutura de tabique	madeira de eucalipto	prumos de secção 20x10cm (espaçados 60cm) barrotes de secção 10x10cm
	preenchimento	terra argilosa+palha	espess. 20cm
	isolamento	cortiça	placas 120x60x5cm
	revestimento	madeira de pinho	ripas c/ secção trapezoidal 5x2,5cm
		cal e areia	argamassa espess. 2,5cm (3 areia de rio+1 cal aérea+c. 15% aditivo pozolânico)
		tinta de água (cor branca)	
COBERTURA	estrutura	madeira de eucalipto	
		viga "sandwich" 2 folhas madeira+ alma em barra metálica	(vão 4,20m)
		vigotas em chapa metálica	várias alturas p/ traçar a pendente
		rufos em chapa quinada galvanizada	
		cabos de aço - esticadores p/ escoramento diagonal	
	preenchimento	placas OSB (aparas de madeira)	180x60x1,5cm (3 a 4% de inclinação)
	impermeabilização	tela asfáltica / pintura aborrachada	
	isolamento	poliestireno extrudido	placas 120x60x5cm
	revestimentos (ext)	madeira	tábuas 240x20x2,20cm
	(int)	...	...
VÃOS		vidro duplo	
		caixilharia de aço	
		portadas em madeira de pinho	
PAVIMENTOS	(exterior)	asfalto	espess. 5cm, 40% permeável a águas pluviais
	(interior)	betonilha afagada	
INFRA-ESTRUTURAS			

Os elementos arquitectónicos: materiais e dimensões.

François Loze, *Association Terre Construite*.

Arquitecto Luís Pedro Silva.

Arquitecta Maria Fernandes.

Arquitecto Henrique Schreck.

Arquitecta Graça Jalles.

Arquitecta Teresa Beirão.

Arquitecta Margarida Morais.

Câmara Municipal de Guimarães e Associação de Apoio à Criança de Guimarães.

Arquitecta Helena Albuquerque, Atelier do Beco da Belavista.

Nuno Guerreiro, Arquitecta Patrícia Marchante.

Arquitecta Catarina Pinto.

Associação Matriz, Raúl Almeida e Arquitecta Susana Sequeira.

Geógrafo Fernando Martins.

Engenheiro Fernando Torgal.

Padre António Seixeira (Salzedas).

Margot, Zé, Catarina.

Anita, Belucci.

Beatriz, Margarida e Olinda.

Cristóvão.

A todos aqueles, ao lado de quem cresci, no percurso dos últimos 10 anos.

A minha gratidão.

fontes bibliográficas

MONOGRAFIAS

AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*; Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

AAVV (1992): *Arquitecturas de Terra – Triunfos e Potencialidades, Materiais e Tecnologia, Lógica do Restauro, Actualidade e Futuro: Actas do Seminário*; Conímbriga: Museu Monográfico de Conímbriga/ Alliance Française/ Comissão de Coordenação da Região Centro.

BARDOU, Patrick; ARZOUMANIAN, Varoujan (1986): *Arquitecturas de Adobe*; México: Ediciones GG.

BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.

BERGE, Bjorn (2007): *Ecologia dos Materiais de Construção – Volume I*; Guimarães: Universidade do Minho.

BRAIIZINHA, Joaquim José et alii (1992): *Bâtir en terre en Méditerranée, Construir em terra no Mediterrâneo: actas do Colóquio, Silves, 1992;* Silves: C.M.Silves.

CALVINO, Italo (1972): *As cidades invisíveis*; Lisboa: Editorial Teorema. [4ªed. 2000].

CASELLA, Gabriela (2003): *Gramáticas de Pedra – Levantamento de Tipologias de Construção Murária*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.

CERQUEIRA, Joaquim (1992): *Solos e Clima em Portugal*; Lisboa: Clássica Editora. [2ª ed. 2001].

CORREIA, Mariana (2007): *Taipa no Alentejo*; Lisboa: Argumentum.

CORREIA, Mariana; JORGE, Vítor Oliveira (coord.) (2006): *Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia.

CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*; Lisboa: Argumentum.

COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*; Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ª ed. 2004].

COSTA, Joaquim Botelho da (1950): *Estudo e Classificação das Rochas por Exame Macroscópico*; Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [10ª ed. 2001].

CRISTELO, Nuno; JALALI, Said (2007): *Estabilização de Solos com Cal*; Guimarães: Universidade do Minho.

DETHIER, Jean (1986): *Architectures de Terre: atouts et enjeux d'un matériau de construction méconnu: Europe: Tiers Monde: États Unis*; Paris: C.G.P.

DETHIER, Jean (1981): *Des Architectures de Terre ou l'avenir d'une tradition millénaire*; Paris: CGP/CCI.

DOAT, Patrice; HAYS, Alain; HOUBEN, Hugo; MATUK, Sylvia; VITOUX, François (1991): *Building with Earth*; Nova Deli: The Mud Village Society. [1ªed. inglesa].

FATHY, Hassan (1973): *Architecture for the Poor – An Experiment in Rural Egypt*; Chicago: The University of Chicago Press.

FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*; Lisboa: Argumentum.

GOMES, Celso Figueiredo (1988): *Argilas, O que são e para que servem*; Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

JORGE, Filipe; CORREIA, Mariana (2006): *Terra: Forma de construir: arquitectura, antropologia, arqueologia: Mesa-Redonda de Primavera, 10, Lisboa, 2006*; Lisboa: Argumentum.

KAPFINGER, Otto (2001): *Rammed Earth*; Berlim: Birkhauser.

MATEUS, João Mascarenhas (2002): *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias – A Literatura Técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação de edifícios históricos*; Lisboa: Livros Horizonte.

MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture.

MINKE, Gernot (2001); *Construction Manual for Earthquake-Resistant Houses Built of Earth*; Eschborn: GATE - BASIN.

MORRIS, James; BLIER, Suzanne Preston (2004); *Butabu: Adobe Architecture in West Africa*; Nova Iorque: Princeton Architectural Press.

MOUTINHO, Mário (1979): *A Arquitectura Popular Portuguesa*; Lisboa: Editorial Estampa. [3ªed. 1995].

OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando (1992): *Arquitectura Tradicional Portuguesa*; Lisboa: Publicações Dom Quixote. [4ªed. 2000].

OLIVEIRA, Ernesto Veiga; GALHANO, Fernando; PEREIRA, Benjamin (1969): *Construções Primitivas em Portugal*; Lisboa: Publicações Dom Quixote.

RAEL, Ronald (2009): *Earth Architecture*; Nova Iorque: Princeton Architectural Press.

RIBEIRO, Orlando (1961): *Geografia e Civilização. Temas Portugueses*; Lisboa: Livros Horizonte. [2ªed. 1979].

RIBEIRO, Vítor (2008): *Materiais, Sistemas e Técnicas de Construção Tradicional – Contributo para o Estudo da Arquitectura Vernácula da Região Oriental da Serra do Caldeirão*; Porto: Edições Afrontamento.

RIO, Gonzalo Bauluz del; BARRIOS, Pilar Bárcena (1992): *Bases para el Diseño y Construcción con Tapial*; Madrid: Ministério de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

SARAMAGO, José (2006): *As Pequenas Memórias;* Lisboa: Editorial Caminho.

STEELE, James (1997): *Na Architecture for People – The Complete Works of Hassan Fathy*; Londres: Thames and Hudson.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; COELHO, Ana (2009): *A Cal na Construção*; Guimarães: Universidade do Minho.

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO / TESES

MARCHANTE, Patrícia (2008): *Vers une Architecture Contemporaine Située – Le Pisé dans la Culture Constructive de la Région de Abrantes, Portugal* ; Grenoble ; Mémoire du Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.

PARREIRA, Daniel (2007): *Análise Sísmica de uma Construção em Taipa*; Lisboa; Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa.

PÁGINAS WEB

http://agricultura.isa.utl.pt

http://www.arquitecturadeterra.com

http://arquitecturasdeterra.blogspot.com

http://www.aseg.net

http://www.centrodaterra.org

http://www.confagri.pt

http://craterre.org

http://www.geocities.com/arc.hassanfathy

http://www.iambiente.pt

http://www.joseforjazarquitectos.com

http://lauriebaker.net

http://www.matriz-adl.blogspot.com

http://www.mumemo.blogspot.com

http://www.planob.com

http://planob-arruda.blogspot.com

http://www.rammedearth.blogspot.com

http://www.sirewall.com

http://sites.google.com/site/researchterra/home/portugal

http://terrapalha.blogspot.com

http://terreconstruite.unblog.fr

fontes iconográficas

CAPA – fotografia de Cristóvão Figueiredo.

SEPARADORES – fotografias do autor.

PÁGINAS 8 e 9 – desenho do autor.

[INTRODUÇÃO]

PÁGINA 12 – esquissos do autor.

PAINEL 1 – composição do autor; fotografias de João Brites e do autor.

PAINEL 2 – composição e fotografias do autor.

PAINEL 3 – composição e fotografias do autor (excepto fila 4, imagens retiradas de *www.google.com*).

PAINEL 4 – composição do autor; imagens retiradas de *www.google.com* .

PAINEL 5 – composição do autor, imagens da obra:

. CORREIA, Mariana; JORGE, Vítor Oliveira (coord.) (2006): *Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia.

PAINEL 6 – composição e fotografias do autor.

PAINEL 7 – composição do autor, fotografias da obra:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

PAINEL 8 – composição do autor; fotografias do autor, retiradas de *www.google.com* e da obra:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

[CAPÍTULO 1]

FIGURA 1 – mapa do autor, baseado na informação disponível em:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

FIGURAS 2 e 3 – mapa do autor, baseado na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

FIGURA 4 – mapas do autor, baseados na informação disponível em:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal*. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

FIGURAS 5 a 12.1 – mapas do autor, baseados na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

. *www.iambiente.pt /www.igeo.pt*.

QUADRO 1 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

QUADROS 2 a 4 – quadros do autor, baseados na informação disponível em:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal.* Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

QUADROS 5 a 14 – quadros do autor.

PAINEL 9 – composição do autor, fotografias da obra:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal.* Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

[CAPÍTULO 2]

FIGURAS 13 e 14 – desenhos do autor.

FIGURA 15 – In: CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 1:82.

FIGURA 16 – In: COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo*. Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian. [7ªed. 2004]. 2:57.

FIGURA 17 – desenhos do autor, baseados na informação disponível em:

. COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian. [7ªed. 2004].

. GOMES, Celso Figueiredo (1988); *Argilas, o que são e para que servem*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

FIGURA 18 – imagem retirada de *www.google.com*.

FIGURA 19 – desenho do autor.

QUADRO 15 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian. [7ªed. 2004].

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

. FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*. Lisboa: Argumentum.

. MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture.

QUADRO 16 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

. COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian. [7ªed. 2004].

. *www.confragi.pt.*

QUADROS 17 a 20 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004]

PAINEL 10 – composição do autor; imagens retiradas de *www.google.com* .

PAINEL 11 – composição do autor; imagens retiradas de *www.google.com* .

[CAPÍTULO 3]

FIGURAS 20 e 21 – fotografias do autor.

FIGURA 22 – diagramas do autor, baseados na informações disponível em:

. TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho.

FIGURA 23 – fotografia do autor.

FIGURA 24 – imagem retirada de *www.google.com.*

FIGURAS 25 e 26 – (redesenhado pelo autor) In: TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:73/78

FIGURA 27 – (redesenhado pelo autor) In: MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 4:48.

FIGURA 28 – In: CORREIA, Mariana; JORGE, Vítor Oliveira (coord.) (2006): *Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia*; Lisboa: Argumentum e Escola Superior Gallaecia. 1:21.

FIGURAS 29 a 37 – desenhos do autor.

QUADRO 21 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. COSTA, Joaquim Botelho da (1975): *Caracterização e Constituição do Solo.* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. [7ªed. 2004] 2:46.

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 2:180.

. MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:23.

. TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho.

QUADRO 22 – quadro do autor, baseado na informação disponível em:

. TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho.

QUADRO 23 – In: MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:26.

QUADROS 24 a 28 – In: TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:63-65.

QUADRO 29 – quadro retirado de *www.lnec.pt*.

QUADRO 30 – In: MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:26.

QUADRO 31 – In: TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said; EIRES, Rute (2009): *A Construção em Terra*; Guimarães: Universidade do Minho. 3:64-65.

GRÁFICOS 1 a 8 – In: MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture. 2:26.

QUADRO 32 – quadro do autor baseado na informação disponível em:

. MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture.

QUADRO 33 – quadro do autor baseado na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 2:180.

QUADRO 34 – quadro do autor baseado na informação disponível em:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum. 2:180.

. FONSECA, Inês (2007): *Arquitectura de Terra em Avis*; Lisboa: Argumentum.

PAINEL 12 – composição e fotografias do autor.

PAINEL 13 – composição do autor, fotografias da obra:

. MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture.

PAINEL 14 – composição do autor, fotografias das obras:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal.* Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

. MINKE, Gernot (2006): *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*; Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture.

PAINEL 15 – composição e fotografias do autor.

PAINEL 16 – composição do autor, fotografias retiradas de:

. AAVV (1961): *Arquitectura Popular em Portugal.* Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. [3ªed. 1988].

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

. *www.google.com.*

PAINEL 17 – composição e fotografias do autor.

PAINEL 18 – coposição do autor, fotografias do autor e retiradas de:

. BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.

. *www.google.com.*

PAINEL 19 –composição do autor, fotografias do autor e retiradas de:

. BELÉM, Margarida da Cunha; TEIXEIRA, Gabriela de Barbosa (1998): *Diálogos de Edificação – Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*; Porto: CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais.

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

PAINEL 20 – composição e fotografias do autor.

[INFORMAÇÃO EM ANEXO]

MAPAS, QUADROS e DESENHOS DE ESTUDO _ composição do autor.

DESENHOS RIGOROSOS_ dessenhos da autoria dos arquitectos de cada projecto.

FOTOGRAFIAS_ fotografias do autor, de Cristóvão Figueiredo, e retiradas de:

. CORREIA, Mariana; FERNANDES, Maria (coord.) (2005): *Arquitectura de Terra em Portugal.* Lisboa: Argumentum.

. *www.google.com.*