



A Taipa: Otimização de Uma Técnica Antiga

Como Solução de Futuro

Silvino de Brito

2014

## **Agradecimentos:**

Aos orientadores científicos, Professores Sérgio Gonçalves e José Frade, desejo manifestar um especial apreço pelo inestimável apoio e conselhos concedidos no decorrer do desenvolvimento do trabalho. Agradeço o empenho, a constante disponibilidade e amizade que sempre demonstraram.

À firma David& Loução pela devoção e disponibilidade ao longo destes meses durante as visitas realizadas às obras e ao estaleiro.

Ao S.r Américo, promotor da obra onde se realizaram as experiências.

Ao Arq. Henrique Scherck, pelas explicações de dúvidas e pela informação fornecida.

Ao Engº Hugo Leão do Politécnico de Beja pelo interesse, sentido crítico e desempenho demonstrado.

À empresa Jomal na pessoa do Engº David pelo contributo na execução das peças.

À Paula Parruca pela leitura e revisão de texto e ainda, a amizade e incentivo.

Aos meus colegas e amigos de trabalho e de turma, gostaria de agradecer o companheirismo e amizade que demonstraram ao longo da realização deste trabalho e pelos momentos de convívio usufruído, também necessários para a elaboração do trabalho.

Por fim a toda a minha família, pelo carinho, incentivo que sempre me dedicaram.

## **Resumo:**

Temas pertinentes da atualidade, tais como a reabilitação, a recuperação e a conservação do elemento construído servem de base para o desenvolvimento deste trabalho.

Num País que se debate com problemas de desertificação humana no interior, a degradação de núcleos e centros históricos, problemas económicos, sociológicos e de integração em bairros periféricos das grandes urbes do litoral, urge tomar iniciativas concertadas de modo a combater estes impactos negativos.

Desde tempos imemorráveis o ser humano tem utilizado a terra como material de construção, surgindo nas mais variadas latitudes e longitudes do globo e com os mais variados sistemas construtivos. Atualmente a construção em terra é ainda comum em certas zonas do planeta. Noutras é uma técnica abandonada ou esquecida pela poeira dos tempos.

Em Portugal principalmente na região Sul, tem existido um ressurgimento da construção em terra, principalmente o sistema construtivo da taipa de "pilão".

Partindo de metodologias, como estudo de casos práticos, entrevistas a diversos intervenientes nesta problemática, visitas e contactos com casos reais, pretende-se criar produtos acessórios que consigam colmatar várias lacunas existentes neste tipo de construção e otimizar o processo construtivo.

## **Abstract:**

### **Rammed Earth – an ancient optimization technique as a solution for the future**

Themes relevant today, rehabilitation, restoration and conservation of the constructed underpin this work.

In a country struggling with urban problems of desertification in the

interior, the degradation of nuclei and historical centers, economic, sociological and integration of peripherals big cities of the coast, concerted efforts must be taken quickly in order to combat these negative impacts.

Since time immemorial human beings have used the land as a building material appearing in various latitudes and longitudes of the globe and the most diverse building systems. Although currently earth construction is common in certain areas on the planet. Other is a technique abandoned or forgotten by the dust of time.

In Portugal, mainly in the south, there has been a resurgence of construction land, especially the constructive system of rammed earth.

Starting with methodologies such as practical case studies, interviews with various stakeholders on this issue, visits and contacts with real cases, we intend to create ancillary products that are able to fill several gaps in this type of building and optimizing the process.

## **Índice:**

Introdução.....	p. 07
Objetivos.....	p. 09
Metodologia.....	p. 11
Enquadramento geográfico.....	p. 12
A taipa no mundo.....	p. 14
- Ásia.....	p. 17
- Europa.....	p. 19
- Mediterrâneo/África.....	p. 21
- América.....	p. 26
- Oceânia.....	p. 28
Processo Construtivo.....	p. 30
- Equipamentos.....	p. 33
Coberturas.....	p. 39
-Tipo de coberturas em madeira.....	p. 39

-Cobertura inclinada.....	p. 41
-Cobertura de duas águas.....	p. 41
-Cobertura de três águas.....	p. 42
-Cobertura de quatro águas.....	p. 42
-Cobertura cónica.....	p. 43
Construção de asnas.....	p. 44
-Asnas simples.....	p. 45
-Asna composta ou mista.....	p. 45
-Asna pequena.....	p. 46
-Meia – asna.....	p. 46
-Asna de Mansarda.....	p. 47
-Asna de quatro partes.....	p. 47
-Outros tipos de asnas.....	p. 47
Tipos de madeira mais utilizadas em coberturas em Portugal.....	p. 48
-Eucalipto.....	p. 48
-Pinheiro bravo.....	p. 49
-Castanheiro.....	p. 50
Degradação da madeira.....	p. 51
-Térmitas.....	p. 56
-Fungos.....	p. 57
Taipa e sismos.....	p. 59
Desenvolvimento do projeto.....	p. 63
-1ª Proposta.....	p. 66
-2ª Proposta.....	p. 75
-3ª Proposta.....	p. 80
Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	p. 84
Índice das figuras.....	p. 86
Bibliografia.....	p. 90

## **Introdução:**

Em meados do século transato os materiais de construção civil e as técnicas de construção sofreram grandes alterações, quer no aspeto de introdução de novos materiais, quer na execução e colocação em obra, perdendo-se ou caindo em desuso certas técnicas construtivas e materiais, provocando muitas das vezes um corte drástico com os hábitos das comunidades.

Esta rutura repentina com a tradição e o modernismo implantado a todo o custo, teve influências nefastas, levando à perda da identidade de um povo e de uma região que vai perdendo as suas características, que durante tempos pareciam não notar o passar do tempo.

Com o evoluir das sociedades é notório e natural que apareçam novos tipos de exigências, quer sejam elas sociológicas, culturais ou funcionais.

É natural que as edificações também sofram este tipo de evolu-

ção, respondendo assim às necessidades atuais que são muito diferentes das existentes no passado. Deste modo a construção evoluiu a vários níveis, sendo inquestionável a necessidade de aperfeiçoar, melhorar e repensar os seus padrões atuais.

Com a substituição de uma forma abruta dos materiais tradicionais pelos modernos, os primeiros passaram a ser vistos como incapazes de dar resposta aos novos conceitos da arquitetura e das exigências da engenharia. Isto deve-se em grande parte à falta de estudos e análises científicas sobre as potencialidades deste tipo de materiais.

A preocupação cada vez mais crescente com a preservação do meio ambiente levanta as questões que nos levem a atuar em diversas frentes, de modo a travar as várias ameaças a que o globo está sujeito.

Neste sentido a utilização da terra crua na construção, continuará a ser uma opção ecologicamente aceitável, ainda que com vantagens e desvantagens conforme será analisado neste trabalho.

Em geral um dos grandes problemas a nível de conservação e manutenção das construções é a sua cobertura. Por norma o apodrecimento do madeiramento das coberturas ocorre geralmente nas entregas de vigamentos nas paredes.

Apresentam-se vários exemplos deste tipo de construções que se situam na faixa geográfica que percorre todo o sul do distrito de Beja, que vai da raia de Mértola ao litoral de Odemira. Nesta zona geográfica onde a oriente se perdeu por completo o uso da construção em terra, no ocidente de uma forma espantosa, ainda persiste esta técnica de construção tradicional.

### **Objetivos:**

Pretende-se com este trabalho, encontrar soluções a nível de produto para colmatar várias lacunas na construção dita vernacular ou tradicional, nomeadamente na construção em terra crua (taipa).

Baseando-se em vários estudos, procuraram-se soluções para o desenvolvimento de produtos que resolvam ou melhorem situações quer a nível estrutural quer no aspeto de salubridade de habitabilidade e durabilidade neste tipo de construção.

Tendo em consideração as experiências e conhecimentos transmitidas entre gerações, podemos chegar à conclusão que podemos melhorar, adaptar e otimizar técnicas de construção antigas, às necessidades atuais e vindouras de modo a não comprometer a sustentabilidade, a história, a tradição, e a cultura dos povos.

Arranjar ferramentas que ajudem de alguma forma solucionar problemas a nível construtivo.

Assim temos como objetivos principais neste trabalho:

- Contribuir para a recuperação e remodelação do elemento construído.
- Criação de novos produtos que agilizem o processo construtivo de forma a rentabilizar a mão de obra.
- Dinamização de técnicas construtivas tradicionais.

**Metodologia:**

No desenvolvimento do presente projeto, explorámos inúmeros caminhos, ideias, desenhos, pontos de vista, opiniões práticas e teóricas.

Desenvolveram-se modelos à escala real que foram ensaiados em obra de forma a verificar o seu funcionamento.

Criaram-se expectativas, umas que resultaram conforme esperado, outras que necessitam de continuidade em trabalhos futuros.

A consulta de bibliografia especializada permite fundamentar as tomadas de decisão ao longo do projeto e as conclusões finais.

### **Enquadramento geográfico:**

A zona em estudo localiza-se no Alentejo (NUT II), no Sul do Alentejo Litoral e Baixo Alentejo (NUT III), na separação do Alentejo e Algarve.

Localiza-se um espaço de transição, a sua morfologia é variada. A Norte, zona de planície e pene planície, enquanto a Sul é marcado pela zona serrana que divide as regiões alentejana / algarvia. É uma faixa que percorre no sentido transversal todo o Sul do Baixo Alentejo e Alentejo Litoral que vai da fronteira com Espanha até à costa do oceano Atlântico.

A ocupação populacional apresenta-se numa escala crescente de oriente para ocidente, como é geral no contexto nacional. O interior apresenta menos população que o litoral (Mértola apresenta cerca de 6.28 hab./ Km<sup>2</sup>, enquanto Odemira 14.93 hab./ Km<sup>2</sup>).

A maior parte dos solos desta região é constituída por terras pou-

co aptas para agricultura, apelidadas por terras "galegas". Terras formadas por solos magros, pobres e pedregosos, que tiveram origem em resíduos de rochas eruptivas, que se depositaram sobre o terreno do maciço antigo.

Durante séculos, Portugal tem sido sujeito a atividade sísmica que se tem feito sentir mais a Sul que a Norte, mais no Litoral que no Interior. Os sismos de maior intensidade concentram-se geralmente no litoral. Os sismos que ocorrem na faixa atlântica fazem-se sentir na faixa costeira portuguesa, as zonas de maior intensidade sísmica encontram-se na bacia hidrográfica do tejo, assim como na zona litoral algarvia.

### **A Taipa no Mundo:**

Das várias técnicas construtivas monolíticas em terra, a taipa é um sistema relativamente recente na história da construção, que se julga que tenha evoluído a nível tecnológico a partir do sistema de terra em cofragem.

Do oriente ao mar mediterrâneo, deste às américas, foi e é um sistema utilizado ao longo da história que durou até aos meados do século passado, tendo sido recuperada, melhorada e mecanizada para a construção contemporânea.

De um sistema construtivo confinado a uma região ou a um local delimitado historicamente, passou a uma técnica construtiva atual, produzida em paredes pré moldadas e transportáveis,

Este sistema é utilizado na Austrália e nos Estados Unidos da América, as construções de Rick Joy são exemplos disso. Na Europa (fig. nº 1) as edificações de Martin Rauch e de Roger Boltshauser reinterpretam a atualidade de uma técnica antiquíssima que é a



**Fig. nº 1 – Casa em Schlins, Áustria**

taipa.

Há pouco tempo Pedro Sousa apresentou um projeto de construção económica para Luanda, (fig. nº 2) cujo processo construtivo è baseado na taipa de pilão.



Fig. nº 2 – Habitações económicas em Luanda, Angola

## **A Ásia:**

Existem ainda troços de taipa na grande muralha da China, na região das estepes ou no deserto de Gobi, (fig. nº 3) construídos a partir de sucessivas camadas de terra compactada com adição de fibras vegetais (folhas de palmeira), os hortos e quintas fortificadas na província de Fujian ainda habitadas, são exemplos desta técnica construtiva.



**Fig. nº 3 - Troço da muralha da China no deserto de Gobi**

Desde que exista manutenção e conservação, pode ser habitável e contemporânea. Em todo o território chinês desenvolveu-se a construção em taipa, quer na arquitetura vernacular, quer na monumental. Foi nesta região onde a arquitetura de taipa conheceu maior diversidade e escala nos elementos construídos.

Na zona da Índia através da influência portuguesa na região de Goa existem construções em taipa, nas zonas mais a Norte. Junto à cordilheira dos Himalaias, foram elevados mosteiros budistas nesse sistema construtivo. Algumas vezes estes edifícios de geometria simples, são decorados por pinturas, elementos escultóricos e tetos planos, com estrutura de madeira e vegetal intercalada

por camada de terra argilosa compactada.

No Iémen, (fig. nº 4) e em toda a zona do golfo pérsico este processo construtivo é quase inexistente.



**Fig. nº 4 – Cidade de Shibam, Iémen**

Nesta área por motivos culturais, históricos e sociológicos predominam as técnicas monolíticas de terra moldada ou empilhada. Exceccionalmente a taipa foi utilizada em fortificações onde se denotou maior influência colonial (Irão, Omã).

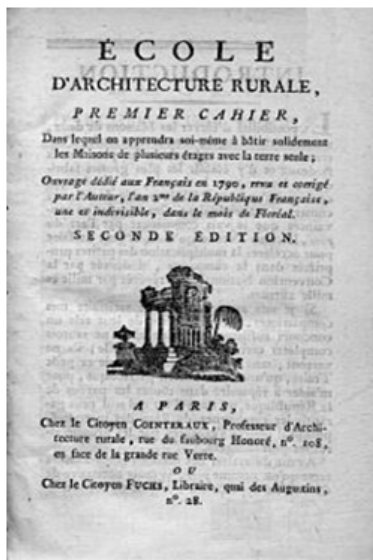
### **Mediterrâneo / Médio Oriente:**

Em todo o espaço da região mediterrânica, o sistema construtivo da taipa é comum em muitos países. Em alguns ainda em perfeito uso garantindo a conservação e recuperação de construções históricas assim como edificações de arquitetura vernacular, ou ainda na elevação de novas construções, num contexto de continuidade histórica, onde os processos construtivos se vão adaptando a novas realidades ou permanecendo ainda um tanto artesanais.

## Europa:

Em França, além de outras culturas construtivas em terra, a taipa, tradicionalmente usada nas regiões a sul do Loire, foi recuperada e impulsionada a partir dos meados do século XVIII, com a publicação dos Cahiers d'Architecture Rurale (1793) de François Cointeraux (1740-1830). Estes manuais contribuíram para a difusão e expansão da construção em taipa, em inúmeras regiões de França, assim como em outros países europeus, após a sua tradução em várias línguas.

Estes cadernos tiveram o contributo de reverter a tendência da construção em terra, alterando o sistema tradicional, confinado a certas zonas e de precária construção, para uma aplicação organizada e sistematizada em edificações religiosas, públicas e habitacionais para qualquer extrato social.



**Fig nº 5 - Cahiers de François Cointeraux**

Foi sem dúvida, uma revolução no âmbito da construção em taipa que François Cointeraux designou por “nouveau pisé”.

Alguns dos avanços tecnológicos significativos descritos e desenhados nos Cahiers (fig. nº 5), são os métodos Lyonnaise, Bugey e Auvergnate, que preconizam formas distintas de construção, com e sem juntas, com ou sem agulhas para apoio dos taipais, ou a sistematização de diferentes maços para a compactação das camadas de terra e a utilização de cal nas juntas horizontais ou oblíquas.

Este período destaca-se pelo surgi-

mento de novas tipologias como: casa em altura, nas regiões de Rhône e Drôme, escolas e outros edifícios públicos urbanos com cerca de 3 pisos, os famosos castelos, fábricas e numerosas construções rurais.

Na década de setenta do século XX, após várias ações de sensibilização em prol da construção em terra e o surgimento da fundação "Craterre" nos finais da década, um centro de formação e pesquisa ligado à universidade de Grenoble, dedicou-se à construção de novos projetos, a partir do desenvolvimento da técnica da taipa.

Na região Italiana onde a construção em adobe é preponderante, nas zonas de Piemonte e Toscana, são conhecidas construções rurais em taipa, tipos arquitetónicos simples e compactos em altura nas planícies de Marengo e edificações longitudinais de um só piso na Toscana, são exemplares de uma arquitetura rural associada a extratos mais baixos da sociedade.

Em Espanha o processo construtivo da taipa é usual em toda a costa mediterrânica e no interior nas regiões de Aragão, Castela, Estremadura entre outras. Foi o sistema utilizado para erigir paredes em habitações, edifícios públicos, religiosos, eruditos e vernaculares. Terra com adição de cal foi utilizada na construção de fortes e castelos, a denominada "taipa Militar".

Ligantes como a cal e o gesso foram utilizados nos ângulos inferiores dos taipais, formando uma curvatura esticada em meia-lua quando compactada a terra no seu interior. Estes efeitos decorativos conferiam uma resistência às paredes nas zonas de maior fragilidade.

A aplicação de cal em pasta alternando com blocos de taipa em camadas de 0,10 m de terra compactada ou forrando o taipal em bandas contínuas, são procedimentos que permitem melhorar a resistência mecânica da alvenaria, assim como a adesão entre

camadas de terra.

Os Países do Norte da Europa só conheceram o processo construtivo da taipa após a tradução e importação dos cadernos de François Cointeraux. Parece ter sido o caso da Alemanha, Dinamarca, Reino Unido e outros países do norte da Europa.

A construção em taipa ajudou a resolver inúmeros casos relacionados com os problemas habitacionais decorrentes com a II Guerra Mundial. Tendo já aderido a este tipo de construção no século XVIII, impulsionado pelos manuais franceses e pelas vantagens de risco de incêndio, a Alemanha recorreu de novo a este sistema construtivo desde os meados dos anos quarenta e cinquenta do século transato. Habitação unifamiliares, equipamentos coletivos, levantados em paredes de taipa de cofragem contínua, permitiram resolver a construção nesse período extremamente difícil do pós-guerra, onde faltavam meios materiais e abundava mão-de-obra disponível. O avanço tecnológico da cofragem contínua e a racionalização da construção em taipa, permitiu a elevação da construção em terra, que de outra forma seria impossível concretizar.

Com este impulso e outro na década de oitenta, levou à criação de regulamentos, normas construtivas e organizou-se legislação sobre construção em terra e outros materiais alternativos. É um dos países europeus que maior avanço preconizou, no que respeita à industrialização do processo construtivo em terra.

### **Mediterrâneo/ África:**

Em toda a costa mediterrânica a taipa é um sistema construtivo comum em muitas regiões e países.

Na zona mais Oriental, nomeadamente no Egipto a taipa é residual, e aparece nomeadamente na orla costeira nos aglomerados rurais e apenas se encontra em construções de pombais ou em

habitações.

Mais a ocidente, no espaço ocupado pela Argélia, e Líbia (fig. nº 6), este processo construtivo é pouco expressivo e muito alterado, mas o mais comum são as paredes com juntas alternadas com alvenaria de pedra.



**Fig. nº 6 - Ghadamés, Líbia**

Ainda hoje em Marrocos e Tunísia (fig. nº 7) a construção em taipa é uma realidade. Edifícios históricos do tipo Ksar e Kasbha erguem-se com a arquitetura popular e a arquitetura contemporânea, tendo como base a continuidade construtiva em terra. A presença da construção em terra denota-se mais no interior do país. Em numerosos sítios e cidades podem ser mencionados como exemplos de património em terra como as Medinas de Fez, a cidade de Meknes e muitos mais.



**Fig. nº 7 - Ksar ouled soltane, Tunísia**

Mais a Sul nos restantes países africanos, por exemplo no Burkina Faso( fig. nº 8) e Gana( fig. nº 9) o processo construtivo da taipa é uma técnica secundária, muitas vezes resultante dos processos de colonização a que foram sujeitos. Sistemas de terra empilhada e moldada, ou sistemas mistos predominam neste continente desde tempos imemoráveis.



**Fig. nº 8 - Mesquita de Bobodjulasso, Brukina Faso**



Fig. nº 9 - Construções em Sirigu, Gana

## **América:**

A taipa, vulgar na Península Ibérica, foi introduzida por missionários por toda a América, onde erigiram complexos missionários, compostos por habitações e locais de culto.

Embora, já existisse construção em terra (adobe) na região da Califórnia (fig. nº 10), os colonos optaram pela técnica construtiva da taipa.



**Fig nº 10 – Construção na Califórnia, Estados Unidos**

Devido à influência colonial portuguesa (300 anos) no Brasil, este apresenta o maior património construído nesta técnica monolítica.

As cidades de Ouro Preto e Tiradentes (fig. nº 11) no estado de Minas Gerais são exemplos onde se encontra construção oitocentista.

ta e novecentista, construída em técnicas de taipa de pilão, pau a pique e adobe (Rodrigues, 2007, p285-290). Além das habitações a técnica da taipa ou taipa de pilão também terá sido utilizada na construção de edifícios públicos, igrejas e fortificações. Durante o século dezanove, vários viajantes descrevem no estado de S. Paulo inúmeras construções em taipa, como as casas bandeiristas no meio rural e edifícios de alguma dimensão como o colégio da companhia de Jesus na cidade em Piratininga. Goiás foi outro estado brasileiro, onde a construção de taipa foi predominante. Nos estados do Nordeste e do Sudoeste esta técnica construtiva é também uma constante em edificações históricas. São exemplos de construções em taipa de influência portuguesa no outro lado do Atlântico.



**Fig nº 11 - Rua em Tiradentes, Brasil**

A colonização na América do Sul e Central, fez-se sentir por via da engenharia militar em muitos outros países deste continente. Em meados do século XVIII, recorreu-se muitas vezes à taipa real e à taipa militar para a construção dos mais diversificados edifícios.

Exemplos disso são construções no México, Guatemala e Chile que apresentam soluções “art déco” e modernistas. O Capitólio de Caracas é um dos melhores exemplos conhecidos. Construído nos inícios do século transato, as suas paredes exteriores foram construídas em taipa.

Desde o início dos anos 2000, com o objetivo de incentivar e desenvolver o uso da terra como material de construção, procedeu-se à realização de eventos, publicações, cursos e outras atividades como o Programa Ibero – americano de ciência e tecnologia para o Desenvolvimento (Investigação temporal de 4 anos).

Este projeto de investigação promoveu várias publicações e eventos e agregou mais de uma centena de especialistas na área, provenientes de Portugal, Espanha e outros Países latino americanos. Quando se finalizou este trabalho de investigação, criou-se a Rede ibero-americana PROTERRA, com quase todos os membros do extinto grupo de investigação, além de outros interessados, mesmo fora do limite espacial ibero – americano.

### **Oceânia:**

Na zona da Oceânia principalmente na Austrália a construção em taipa só foi implantada após a tradução dos cahiers por Henry Holland publicados na Gazeta de Sidney em 1832. Sendo coincidente com a fundação da povoação colonial de Bathurst, onde os numerosos imigrantes aderiram a este novo método construtivo. O arquiteto Louis Perret oriundo de França, mais precisamente da cidade de Lyon, projetou nos finais da década de 30, início de quarenta do século XVIII, o edifício da Missão Católica em Koroareka na Nova Zelândia, introduzindo esta técnica no arquipélago. Na segunda metade do século XIX, a taipa torna-se uma técnica extremamente popular em inúmeras regiões da Austrália, como em Nova Gales do Sul, Vitória e Adelaide.

Existindo várias outras técnicas de construção em terra neste continente, como estruturas mistas, onde se usava a terra com madeira e vegetais, o adobe, os blocos cortados, o certo é que a técnica da taipa se impôs na construção contemporânea australiana, sendo este o país onde mais se investiu na investigação universitária, na regulamentação e na implementação de muitos projetos de construção em taipa.

### **Processo construtivo da Taipa:**

O homem sempre esteve ligado à terra, material ao alcance de todos, fácil de trabalhar e duradouro, quando tomadas as devidas precauções.

Existem diversas técnicas de construção em terra. Cada técnica está ligada diretamente ao tipo de solo disponível e à cultura construtiva de cada região. A aqui apresentada é uma técnica monolítica, tradicionalmente conhecida como taipa ou taipa de pilão, utilizada para o levantamento de paredes exteriores ou "paredes-mestras". O processo de produção da alvenaria, resumidamente, consiste em destorroar o solo, adicionar algum aglomerante se necessário, acrescentar água até obter um ponto de humidade ótimo, e colocar dentro do taipal (em madeira, embora ultimamente, também se utilizem metálicos) e finalmente compactar até atingir uma densificação máxima, utilizando maços em madeira ou compactadores mecânicos.

Uma das principais características da taipa como elemento estrutural moldado in loco, é a sua elevada resistência à compressão e uma baixa resistência à tração. Devem-se prever componentes de reforço para situações em que a alvenaria esteja sujeita a momentos de torção ou flexão.

A terra para a construção da taipa deve de ter uma boa distribuição granulométrica, apresentar um teor de argila entre os 15 a 30% e admite cascalho desde que a sua dimensão não seja superior a 0.020,0.025 m, isenta de matéria orgânica.

Para verificar se a terra origina uma boa qualidade de taipa, deve-se começar por fazer uma amassadura da terra com água e encher um molde prismático de madeira de (0.50m x 0.50m) em camadas de 0.10m de espessura, bem trabalhada e compactada. Ao passar uma semana, quando a terra estiver bem seca retira-se o material do molde. Decorridos tempos (1 hora) examina-se se a consistência do material aumentou ou diminuiu. Averiguando-se empiricamente as boas capacidades mecânicas desse material. Existem também diversas misturas, um exemplo é a mistura de areia com argila com 1/3 de terra franca. A terra franca reconhece – se quando ao encher a mão de terra e apertando-a, esta mantêm as marcas dos dedos.

Existem outros modos de observação expedita para verificar as características do solo no terreno, realizando os seguintes ensaios:

**Teste do tato** – Esfrega-se uma amostra do solo entre os dedos, depois de retirar as partículas maiores. Um solo siltoso sente-se áspero mas apresenta uma certa coesão quando se humedece. Solos arenosos são ásperos e não têm aderência quando sujeitos a humidade. Torrões duros, resistentes ao esmagamento quando secos, mas tornando-se pegajosos, plásticos e viscosos quando humedecidos, indicam uma alta percentagem de argila;

**Teste à lavagem** – Ao lavar das mãos após a realização dos tes-

tes, o modo como o solo é eliminado, fornece-nos a indicação suplementar da sua composição. A argila torna-se difícil de retirar, tem que ser esfregado, enquanto a areia e o silte são fáceis de remover;

**Teste do cheiro** – Em caso algum deve de ser usados na construção, solos que contenham matéria orgânica. De imediato após a extração, a terra deve de ser cheirada para detetar matéria orgânica, cheiro que se amplifica se for aquecido ou humedecido o solo;

**Teste da aderência** - Quando um objeto perfurante ou cortante penetra facilmente numa bola de terra, a proporção de argila é geralmente baixa, porque os solos argilosos tendem a resistir à penetração e aderem ao objeto quando retirado;

**Teste da cor** - A cor dos solos depende da sua constituição química, sendo a sua primeira característica a sobressair. Assim os solos pálidos indicam a presença de areias feldspáticas ou quartzosas. A coloração parda indica a presença de óxidos de ferro hidratados ou óxidos de ferro associados a matéria orgânica. A cor amarela é causada por óxidos de ferro mais ou menos hidratados. O vermelho, fornece a indicação de óxidos de ferro hidratado. A cor escura, indicia a presença de matérias orgânicas;

**Teste do brilho** – Uma porção de solo ligeiramente humedecido e formando uma bola, utilizando um canivete procede-se a uma cortagem da referida bola, se apresentar uma superfície brilhante indica uma predominância de argila, se exibir uma superfície opaca, indica a predominância de silte;

**Teste da mão** - Encher a mão com a mistura e apertar com muita força. Em seguida abrir a mão. O bolo formado deve apresentar a marca dos dedos com nitidez. Se não apresentar marcas há falta de água na mistura. Nesse caso, deve-se acrescentar, aos poucos, mais água na mistura e repetir o teste até aparecer a marca dos dedos

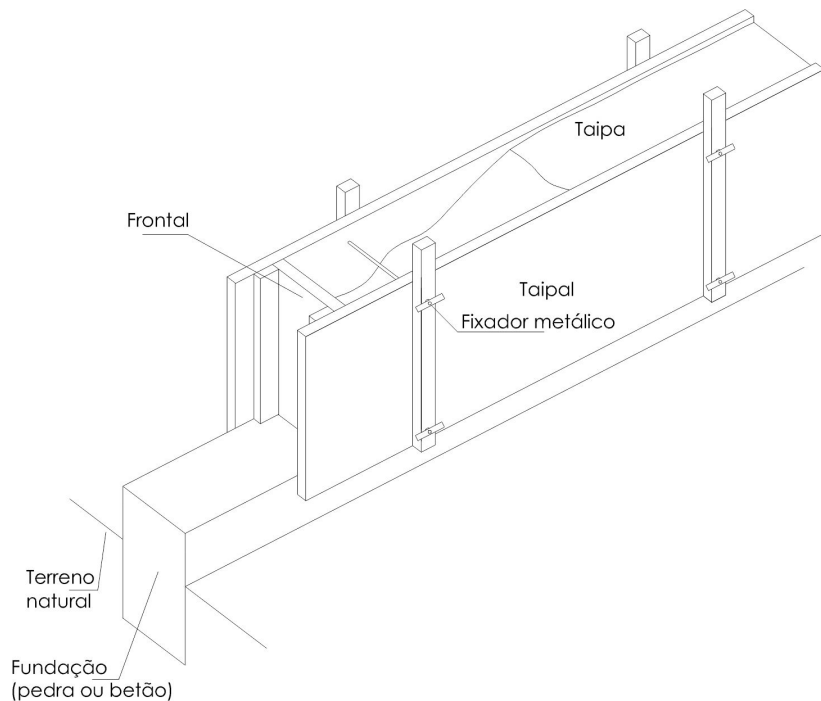
### **Equipamentos:**

Os principais equipamentos para a execução da taipa são o taipal, (fig. nº 12, 13 e 14) (madeira, ou metálico), maço ou pilão (fig. nº 15) (madeira) e com várias configurações, conforme o trabalho a executar. Existem ainda versões pneumáticas do pilão usadas em construções de grande escala.

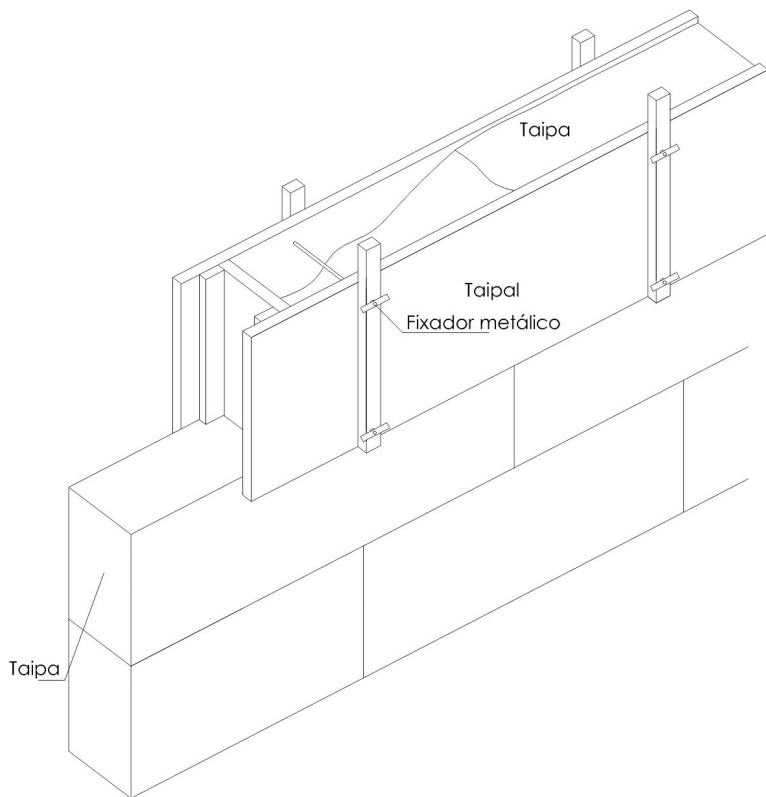
Existem equipamentos que podem ser adotados para a produção da taipa, tais como o misturador ou o destorroador. O misturador indicado é o chamado misturador de pás rotativas. É adequado para misturar material seco ou humedecido. Este equipamento reduz o tempo de preparação da argamassa e conseqüentemente o tempo de produção da parede. O destorroador é utilizado para reduzir os torrões facilitando o trabalho para obter partículas soltas do solo.

Sendo a taipa uma técnica ancestral e empregue em muitas zonas do globo, é mais que evidente que existem vários e diferentes

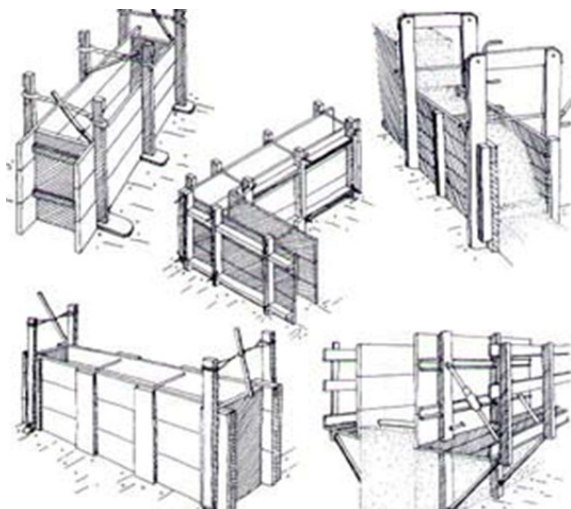
tipos de formas e compactadores. Estas formas ou taipais devem ser resistentes ao impacto do processo de compactação e à pressão que o material exerce sobre as paredes dos moldes.



**Fig. nº 12 - Parede em fase inicial**

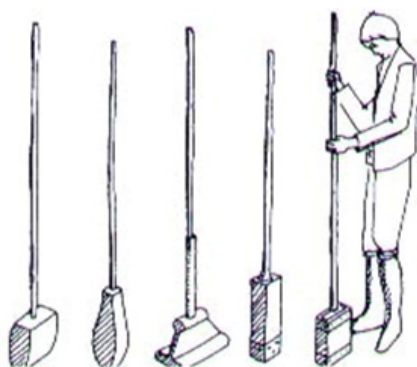


**Fig. nº 13 - Parede em elevação**



**Fig. nº 14- Várias posições de colocação dos taipais**

Geralmente a taipa é feita no próprio local. É muito importante discriminar todas as atividades desenvolvidas no processo de produção, pois delas depende o sucesso na construção.



**Fig. nº 15 - Tipos de maço ou pilão**

A primeira decisão será a escolha do local de recolha da terra que define a distância até à obra. Depois da extração é necessário destorroar e espalhar a terra de modo a secar.

Deve-se executar o peneiramento da terra seca e, quando necessário, a correção com outro solo e o adição do aglomerante (cal, cimento, pozolanas ou outro) selecionado. Toda a mistura deve de ser preparada em seco, até se obter uma coloração uniforme. De seguida adicionar água, aos poucos, até atingir um ponto de humidade ótimo para a compactação (consegue saber se atingiu o ponto ótimo de humidade, elaborando um “bolo” com a argamassa da terra e deixa-lo cair ao solo. No impacto o bolo deve desmanchar-se, se isso não ocorrer há excesso de água na mistura. Neste caso deve-se espalhar e revolver a mistura para que o excesso de água se evapore. Testar novamente até chegar ao ponto correto).

Depois dos taipais colocados, nivelados e aprumados deverá começar o processo de compactação da terra que será lançada no interior dos taipais e espalhada até formar uma camada nivelada com aproximadamente 0,10 m de altura (fig. nº 16). A terra é compactada continuamente até o som da taipa emitir um estampido seco, no impacto do maço, sinal que a terra alcança o ponto ideal da compactação.



**Fig. nº 16 - Batendo taipa**

## **Coberturas:**

### **Introdução:**

Este capítulo refere-se a anomalias de coberturas de madeira utilizadas nas construções tradicionais, nomeadamente nas de taipa e de pedra

Sendo frequentes as anomalias derivadas de humidades existentes nas construções e que afetam de maneira substancial, este tipo de coberturas, abordaremos de um modo sintético as patologias das coberturas em madeira e propomos uma solução para a criação de um produto que seja exequível com as necessidades. De seguida apresentam-se os principais tipos de coberturas:

### **Tipo de coberturas em madeira:**

Em Portugal as coberturas em madeira, são geralmente simples, na maior parte das vezes apresentam duas ou quatro águas. O

seu principal elemento construtivo apresenta-se sob a forma de um simples toro ou tronco de madeira, que se designa por pau rolado, geralmente com as medidas de 0.18 a 0.25 m de diâmetro e com comprimento máximo de cerca de 6.00 a 7.00m.

Na generalidade estas estruturas são subdivididas em dois segmentos: estrutura principal e a estrutura secundária ou subestrutura.

A estrutura principal, (fig. nº 17) é formada por elementos que suportam a cobertura, constituídas por travamentos ou asnas. O travamento é composto pelo frechal, madre, fileira e diagonal. As asnas são constituídas por pernas, linha, escoras e pendural.

A subestrutura ou a estrutura secundária, suporta o revestimento da cobertura (geralmente telha, revestimento vegetal, chapas, ou lajetas de pedra) conforme a geografia da construção. É constituída por varas e ripado, em casos de construção de elite também aparece o guarda-pó na subestrutura, um modo de melhorar termicamente e não só a habitabilidade da construção.



**Fig. nº 17 - Esquema de estrutura principal da cobertura**

**Cobertura inclinada:**

Uma versão simplificada consiste num conjunto de asnas paralelas (de uma ou duas águas), complementadas no topo das edificações por meias asnas nos casos de construções com a cobertura de três ou quatro águas. Geralmente estas asnas são simétricas e apresentam um ou dois nós ao longo da perna, entre a cumeeira e o apoio.

Em termos construtivos, as coberturas de uma só água são mais simples, quando a largura da construção é reduzida, o varedo apoia simplesmente nos frechais. A partir de certa largura, geralmente a 4.00m é necessário a colocação de uma madre, apoiada nas empenas ou em prumos.

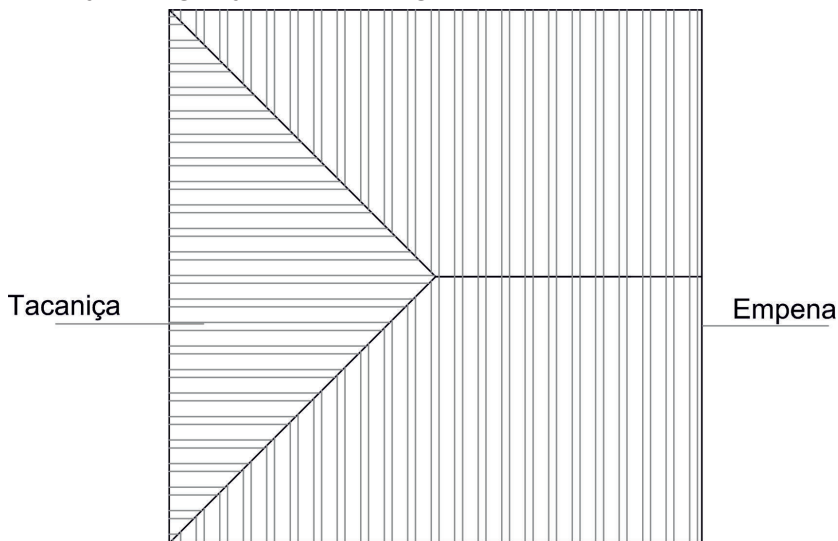
**Cobertura de duas águas:**

A cobertura mais comum, é utilizada em quase todas as construções ditas tradicionais, constituídas frequentemente por paus rolados, apoiados nas paredes de meiação e espaçados entre si cerca de 1.30 a 1.50m. Sobre esta estrutura era colocado o varedo devidamente pregado e no sentido transversal o ripado que servia para suportar as telhas.

### **Cobertura de três águas:**

Caracterizada por um dos lados da cobertura ter forma triangular, que geralmente fica oposta à empena. A essa água dá-se o nome de tacaniça.

Tacaniça designação dada à água oposta à empena.



**Fig. nº 18 - Esquema de cobertura de três águas**

### **Cobertura de quatro águas:**

Tradicionalmente utilizada nas casas de classes abastadas, é formada por uma armação simples de duas vigas, ou pernas dispostas em forma de tesoura, unidas superiormente a meia madeira, apoiadas numa viga transversal, ou linha, que por sua vez se apoia nas alvenarias. Com certa frequência esta armação era travada transversalmente por outra viga de dimensão mais reduzida – o nível – aproximadamente a dois terços da altura, apoiada na tesoura ou pernas, por encaixe a meia madeira. No travamen-

to no sentido longitudinal, localizam-se superiormente, ao nível da cumeeira e a meio vão das duas pernas, o pau de fileira e as madres. Na transição das vertentes principais com a tacaniça, existe uma viga denominada por rincão que se apoia na fileira e no contra-frechal, entre as paredes de meão e as paredes das fachadas. Todas as vigas que formam esta estrutura, consistem em paus rolados, mas de diversos diâmetros. É sobre esta armação que é pregado o varedo ou caibros, geralmente aparados em duas faces, sobre os quais é pregado no sentido transversal o guarda – pó, ao qual é pregado o ripado ou uma argamassa de cal, para apoio e colocação das telhas.

### **Cobertura cónica :**

Com uma planta geralmente circular, estas estruturas de cobertura são revestidas com um material moldável (chapas metálicas), no caso de utilização de telhas cerâmicas o telhado é construído por águas triangulares, como nas coberturas piramidais. Os frechais formam no lado interior um conjunto de segmentos retos.

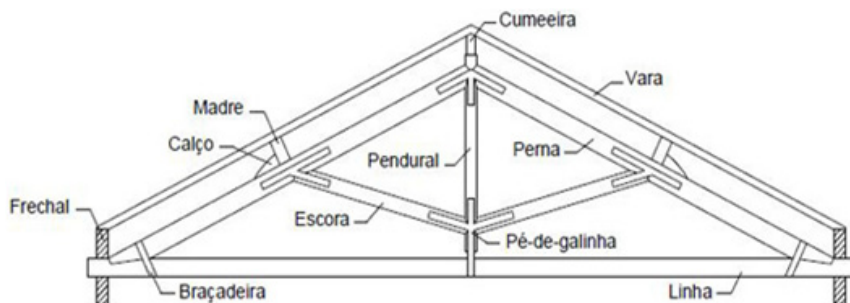
## **Construção de asnas:**

### **Introdução:**

As madeiras mais utilizadas na construção de coberturas em Portugal são o Pinho Bravo (*Pinus pinaster*, Ait. ), o Castanho (*Castanea sativa*, Mill. ) e o Eucalipto (*Eucalyptus globulus*, Labill. ). O Eucalipto e o Pinho Bravo são as madeiras mais frequentes na construção. O eucalipto dado o seu baixo custo e por ser uma espécie de crescimento rápido, tornou-se o mais vulgar a utilizar neste tipo de construções. Em relação às outras madeiras, o pinheiro bravo é também utilizado de modo apreciável, devido à sua disseminação geográfica no território nacional. A madeira de castanho geralmente utilizada em edifícios de um certo valor monumental e económico, caiu em desuso devido principalmente ao seu elevado valor comercial.

A execução de asnas deve ter em atenção a interceção das linhas de eixo da perna e da linha da asna que deverá cair so-

bre um terço da espessura da alvenaria onde a linha da asna se apoia. Deve existir uma entrega de vinte a trinta centímetros no encastramento do topo das linhas. As madres, os frechais, contra – frechais e fileiras são os elementos de ligação das asnas entre si formando assim uma cobertura completa (fig. nº 19).



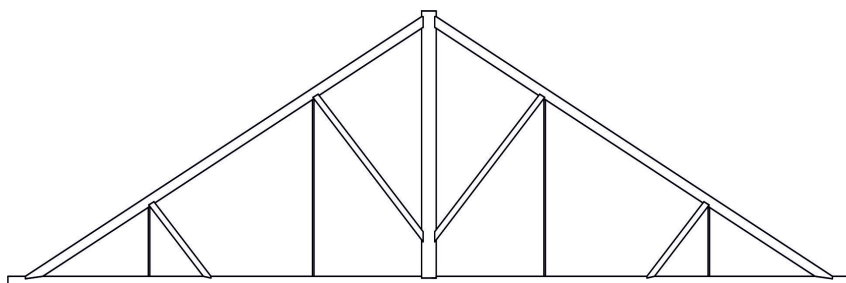
**Fig. nº 19 - Esquema de asna simples**

### **Asna Simples:**

Asna vulgar, simples ou de paládio. Composta por linha, duas pernas, um pendural e duas escoras. Em pequenas coberturas usam-se asnas desprovidas de escoras. Em edificações onde é necessário ter uma determinada altura, pode suprimir-se a própria linha utilizando um ângulo de abertura linha/perna de  $26/27^\circ$ . A ligação entre asnas, executa-se a nível das pernas de força, fazendo –se através de longarinas e travessanhos.

### **Asna composta ou mista:**

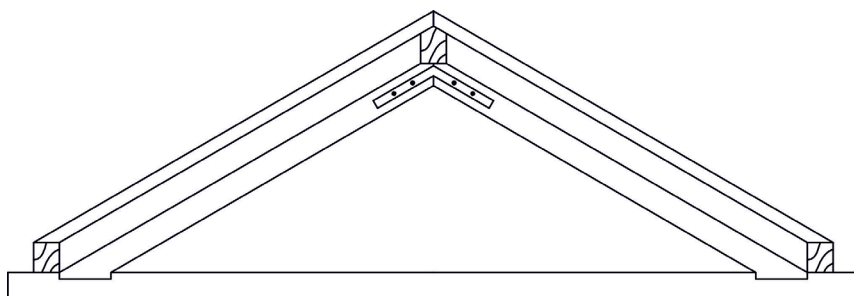
Constituída por mais escoras e tirantes que a asna vulgar é utilizada em vãos de maior dimensão. Uma das suas características é a de comportar quatro ou mais escoras cujo travamento é feito utilizando tirantes de aço. (fig. nº 20)



**Fig. nº 20- Esquema de asna composta**

**Asna pequena:**

Utilizada em vãos pequenos como o seu próprio nome indica é utilizada em vãos de pequena dimensão: composta por linha e duas pernas, pode ter a variação de apresentar um pendural. (fig. nº 21)



**Fig. nº 21 -Esquema de asna pequena**

**Meia-asna:**

Utilizada em corpos salientes das edificações, alpendres e varandas cobertas. As secções dos elementos constituintes são idênticas aos das asnas.

**Asnas de mansarda:**

Utilizada em telhados dobrados devem o seu nome a Francisco Mansard, arquiteto do rei francês Luís XIV. Os telhados têm a vantagem de comportarem o pavimento dentro da sua própria estrutura.

A mansarda comporta na sua parte superior uma asna do tipo simples. Acima da linha temos as pernas, pendural e escoras e abaixo da linha as pernas de força.

**Asnas de quatro partes:**

Utilizadas em locais de culto (igrejas) ou em salões, tem a particularidade de não ter linha. É este tipo de asna que se usa para a execução de tetos arqueados, pregando combotas sobre as faces das asnas, onde por sua vez assenta o fasquiado ou outro revestimento.

**Outros tipos de asna:**

Existem ainda outros tipos de asnas que não são tão usuais, como as asnas de nível, de tesoura ou as meias- asnas de rincão, meias – asnas simples.

## **Tipo de madeiras mais utilizadas em coberturas em Portugal:**

### **Introdução:**

Como atrás se mencionou, as madeiras mais utilizadas em Portugal nas coberturas são as de pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e a de castanheiro (*Castanea sativa*).

### **Eucalipto (*Eucalyptus globulus*):**

Sendo uma árvore de crescimento rápido e de fácil adaptação climática estas árvores são originárias da Oceânia. Algumas das suas espécies foram difundidas para os outros continentes, onde tem ganho importância económica relevante, nomeadamente na produção de pasta de celulose, madeira e carvão vegetal.

O tronco de algumas espécies destas árvores, são geralmente longos atingindo por vezes consideráveis proporções que se adaptam facilmente à indústria da construção nomeadamente na fei-

tura de coberturas de madeira.

Segundo o 6º inventário florestal nacional 2013, nos seus resultados preliminares este tipo de floresta já suplantou a floresta de pinheiro bravo. (fig. nº 22)

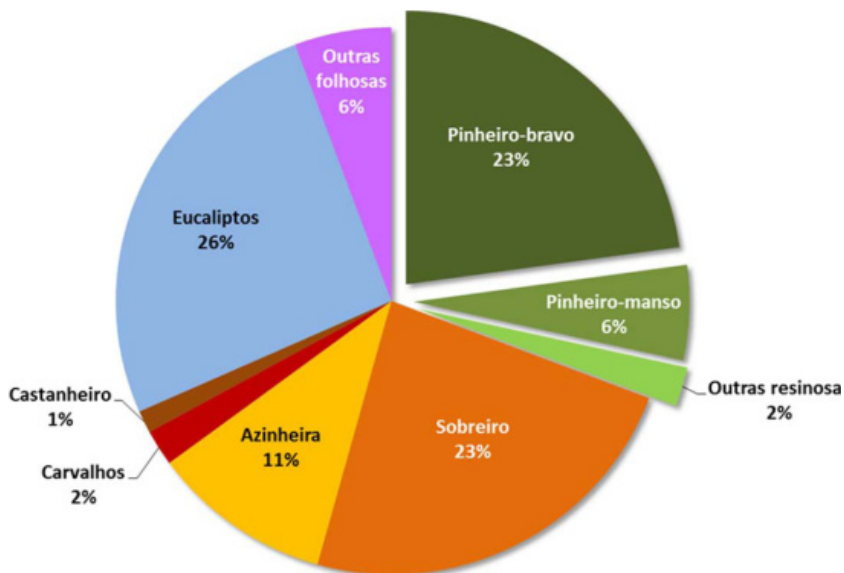


Fig. nº 22 – Composição da floresta Portuguesa

### **Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*):**

Originário da Europa e Mediterrâneo é uma árvore de tamanho médio, atingindo facilmente os 20.00m de altura.

Espécie espontânea em Portugal nomeadamente a norte do rio Tejo na faixa costeira onde encontra condições fito climáticas ideais para o seu desenvolvimento. Por ação humana está atualmente representado em quase todo o país.

A madeira, resinosa, de cor castanho – avermelhado, avermelha-

da, ou clara, apresenta bastantes nós, macia e durável, pesada e pouco flexível, tem várias utilizações, nomeadamente na industria de aglomerados, carpintaria, celulose, construção naval e civil.

**Castanheiro (*Castanea sativa*):**

Proveniente da orla mediterrânica da europa e da ásia, esta árvore de folha caduca tem um porte médio – grande (20.00 a 30.00m). Pode aparecer em povoamentos mono específicos, ou conjuntamente com carvalhos.

De grão médio a madeira apresenta um fio direito, ocasionalmente pode apresentar-se ondulado. Sendo uma madeira branda e fácil de trabalhar é utilizada atualmente na carpintaria de interiores, tanoaria de envelhecimento, lamelados colados, contraplacados, carroçarias de luxo, deixando de ser usual a sua aplicação em coberturas de madeira.

## **Degradação da madeira:**

### **Introdução:**

A deterioração ou a degradação da madeira aparece como resultado da ação de agentes químicos, físicos mecânicos ou biológicos aos quais é sujeita ao longo da sua vida.

A conjugação da luz solar com a chuva provoca alteração na madeira a nível de cor e textura que se traduzem numa tonalidade acinzentada da mesma. Estas alterações são devidas à ação dos raios ultra – violeta que provocam uma decomposição química dos compostos do material lenhoso, correspondem apenas a uma deterioração superficial, mais a nível estético e sem consequência apreciável no comportamento físico do material.

Um dos problemas na madeira reside no contacto com a humidade. É de esclarecer que a humidade, por si só, não provoca a degradação da madeira, mas sim eleva potencialmente o risco

da degradação da mesma por determinados agentes biológicos, visto que estes agentes só atacam a madeira quando o teor de água atinge certos valores. Por exemplo, quando a madeira permanece em condições de elevada humidade por longos períodos, pode sofrer ataques por fungos ou por térmitas subterrâneas que dela se alimentam.

De referir ainda, que as variações de humidade ambiental, e a conseqüente alteração de teor da água da madeira, provocam variações reversíveis na sua resistência mecânica e nas suas dimensões. A madeira recupera a sua resistência inicial e as suas dimensões logo que o seu teor de água volte ao valor inicial. Estes ciclos de humedecimento e secagem podem produzir desenvolvimento de empenos e fendilhação, que geralmente não alteram a resistência mecânica do material.

As condições de carga afetam a estrutura ( fig. nº 23). Sabe-se que elementos estruturais sujeitos a esforços elevados (perto da tensão de rutura), poderão sofrer danos internos capazes de reduzir ou diminuir a sua capacidade de suporte de carga. Sabe-se que a humidade elevada amplia os fenómenos da fluência da madeira, originando grandes deformações sob ação de cargas, pelo que pode ser especialmente gravosa uma história de carga severa associada a níveis de elevada humidade.

Importa reter que são os agentes biológicos a causa mais frequente da degradação e deterioração das estruturas de madeira, sendo mesmo responsáveis pela maioria das situações de rotura parcial ou total das estruturas. Os fungos de podridão, carunchos e térmitas são alguns dos agentes que se destacam pela sua importância na deterioração do material lenhoso.

São vários os problemas causados pelos referidos agentes.



**Fig. nº 23 - Cobertura degradada**

Por exemplo, uma infestação por caruncho, independentemente da sua intensidade, afeta zonas extensas da construção, podendo constituir um problema generalizado de todo o madeiramento da edificação. O desenvolvimento de podridão ou a infestação por térmitas afetam geralmente espaços circunscritos na construção (junto de fontes de humidade). Podem causar fortes danos estruturais.

O ataque por agentes biológicos na madeira, só se verifica se existirem condições favoráveis para o seu surgimento, como sejam a humidade, a temperatura ambiente e ar em quantidades adequadas ao seu desenvolvimento.

Segundo Helena Cruz (2001) estão definidas as seguintes classes de risco biológico, em função das condições de aplicação da madeira:

1 – Sem contato com o solo, sob coberto e seco (com teor em água  $h \leq 20\%$ ).

2 – Sem contato com o solo, sob coberto mas com risco de humidade (ocasional  $h > 20\%$ )

3 – Sem contato com o solo, não coberto (frequentemente  $h > 20\%$ )

4 – Em contato com o solo ou com água doce (permanentemente  $h > 20\%$ )

5 – Na água salgada (permanentemente  $h > 20\%$ ).

Como é óbvio as diferentes classes de risco determinam exigências específicas quanto à durabilidade natural da madeira a utilizar ou quanto ao eventual tratamento preservador a aplicar. Esta informação pode ser encontrada nas normas europeias EN335-2 (1) e EN460 (3).

### **Carunchos:**

Insetos de ciclo larvar, tais como os carunchos atacam geralmente a madeira seca, embora possam ter razoável tolerância em relação a valores elevados de humidade. A eclosão dos ovos postos em fendas ou nos poros da madeira dão origem a larvas que penetram na madeira abrindo galerias. Quando este período se aproxima do final, a larva imobiliza-se próximo da superfície da madeira, ocorrendo aí a transformação em pupa e finalmente em inseto adulto, que sai para o exterior dando origem ao orifício de saída (fig. nº 24) com dimensões e forma características.



**Fig. nº 24 - Madeira atacada por caruncho**

Em Portugal é frequente o *Hylotrupes bajulus* (caruncho grande) que ataca madeira das resinosas, normalmente o borne. O adulto mede entre 0.001 a 0.003m e a duração do ciclo de vida é em média de cinco anos. De entre os carunchos pequenos salienta-se o *Anobium* que ataca o borne de Folhosas e Resinosas indiferentemente. O ciclo de vida deste é de cerca de 2 anos e quando adulto mede geralmente 0.002 a 0.004m.

De certo modo é fácil identificar o ataque destes, a existência de orifícios de forma circular ou elíptica de saída dos insetos adultos, a presença de "serrim" por debaixo dos elementos infestados ou sobre a superfície da madeira afetada, pelo ruído característico da atividade da larva no interior da madeira, no caso do caruncho grande é ainda corrente o empolamento da superfície das peças pelo efeito do serrim compactado no interior das galerias.

A perda de resistência de um elemento atacado por caruncho é função da perda da seção correspondente à abertura de galerias, que em geral são localizadas na camada exterior do borne, mantendo-se inalterável o restante material. A gravidade do ataque depende em primeiro lugar do tipo de inseto, já que a quantidade de alimento ingerido varia consoante o caruncho específico.

A disponibilidade de alimento acessível, é determinante nas possibilidades de progressão do ataque, em alguns casos a infestação poderá extinguir-se quanto toda a madeira suscetível de ataque for consumida.

É um tanto difícil a realização de tratamentos curativos à madeira aplicada em construções (que consistem no tratamento superficial dos elementos, complementados com injeção de produto preservador no seu interior). O tipo de caruncho é determinante para a eficácia da intervenção.

### **Térmitas:**

Insetos sociais que vivem em colônias numerosas as térmitas subterrâneas (*Reticulitermes lucífugos*) que atacam a madeira húmida (geralmente acima de 20%), de preferência em contato com o solo ou na sua proximidade, utilizando – a como abrigo e alimento.

Este tipo de infestação geralmente é detetada em fases já bastante adiantadas da agressão. Contudo vários sinais que podem ser detetados, tais como o surgimento de “tubos” ou galerias características no exterior dos elementos atacados, que executam com terra e no interior dos quais se deslocam num ambiente húmido e ao abrigo da luz. Outro sinal frequente é a ocorrência de enxameações, durante as quais centenas de insetos adultos alados saem por frinchas ou juntas da madeira e esvoaçam para a luz, libertan-

do – se das asas e acasalando, podendo infestar outras madeiras que se apresentem em condições propícias.

Estas infestações geralmente constituem um grave problema e de difícil resolução. A perda de resistência depende do volume de material lenhoso consumido.

As medidas a adotar devem de ser ponderadas caso a caso, podendo envolver o tratamento local das madeiras, ou a substituição por madeiras duráveis, ou a introdução de barreiras químicas e físicas.

### **Fungos:**

O seu desenvolvimento aparece em madeira com o teor de água superior a 20%, estando o limite máximo tolerado de teor de água relacionado com as necessidades de oxigénio livre de cada um dos fungos em causa.

Estes fungos da podridão alimentam-se diretamente da parede celular da madeira, sendo a podridão facilmente identificada com a perda de resistência e de peso da madeira, acompanhada por alterações de aspeto e de cor.

O desenvolvimento dos fungos está fortemente dependente das condições de humidade. Por norma o apodrecimento da madeira ocorre geralmente em zonas críticas da construção, nomeadamente nas entregas de vigamentos nas paredes exteriores, pontos singulares das coberturas ou junto às canalizações.

Estes tipos de problemas são frequentemente circunscritos na edificação, mas geralmente implicam a necessidade de fazer a substituição do elemento afetado. Outra solução é a eliminação definitiva das fontes de humidificação, promover a secagem da madeira e sustar a progressão do ataque dos fungos.

Tendo em conta que a secagem pode ser lenta devido às secções do madeiramento e das alvenarias envolventes, é possível a

progressão do apodrecimento durante mais algum tempo após a resolução dos problemas que estiveram na sua origem. Por vezes não é possível garantir com segurança a eliminação completa das fontes de humedificação. Sendo assim é necessário adotar medidas corretivas específicas, passando pela limpeza e tratamento preservador curativo e preventivo do elemento de madeira.

## **Taipa e Sismos:**

Os sismos, são geralmente uma consequência nefasta neste tipo de construção. Deve-se colmatar a sua fraca capacidade de resistência a estes fatores naturais, com a estabilização de materiais e adoção de medidas construtivas adequadas a minimizar os seus impactos.

Estes problemas têm merecido a atenção de vários autores. Os investigadores da PUCP Marcial Blondet, Gladys Villa Garcia e César Loaiza (2003) criaram oito modelos à escala real de uma construção que foram ensaiados num simulador de sismos.

Os resultados destes estudos demonstraram que o reforço vertical e horizontal utilizado, nomeadamente com elementos vegetais (cana de bambu) em simultâneo com uma viga de bordadura, podem prevenir e atenuar a separação das esquinas da construção, aquando o registo de um acontecimento sísmico de alguma

intensidade, mantendo assim a integridade estrutural do edifício. Em 2001 aquando do sismo de Arequipa (Perú), as construções que tinham sido reforçadas com uma malha metálica electro soldada e revestidas por uma argamassa de terra e cimento, resistiram ao abalo sem qualquer dano visível, enquanto as outras edificações colapsaram ou ficaram severamente danificadas, segundo os autores. Provou-se que quando estas estruturas são reforçadas se pode reduzir o impacto negativo da ação sísmica. Uma distribuição estrutural homogénea é um princípio básico a ter em conta na construção sismo- resistente em terra, É de vital importância uma geometria adequada para a estabilidade da edificação. Sabendo-se que a ação dos sismos dá-se em todos os sentidos, há que estudar uma forma correta de implantação, da distribuição da geometria, e da construção, dispondo das alvenarias em mais do que uma direção, a fim de assegurar um bom comportamento a este tipo de ações.

Uma forma circular é melhor que uma quadrada que por sua vez é melhor que uma forma retangular segundo Gernot Minke (2001). Se a opção for de forma irregular deve-se utilizar elementos quadrangulares ou retangulares separados. Os vãos devem de ter pequenas dimensões, e devem estar bem distribuídos, com espaços regulares em ambas as direções.

Nas construções em terra as paredes são os principais elementos portantes, pelo que o seu dimensionamento deve ser tido em atenção e obedecer a regras que ofereçam garantia de um bom comportamento ao sismo. Por isso deve-se ter em consideração algumas recomendações empíricas nos dimensionamentos das alvenarias para que sejam resistentes aos abalos. Segundo Blondet, M. e os seus colegas (2003) as paredes devem ter as seguintes características:

- A sua altura não deve exceder oito vezes a espessura da sua

base, e em caso algum deve de exceder 3.50m;

- A razão entre distância e espessura das paredes não deve ultrapassar um valor máximo de 7.00m;

- O comprimento dos vãos (portas e janelas) não deve ser superior a um terço do comprimento total da parede, com um comprimento mínimo de 1.20m entre vãos, sendo esta recomendação mencionada no Regulamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones, RESESCO (1997);

As fundações das construções em taipa devem ser bem executadas, uma vez que são primordiais neste tipo de estruturas; devem ser consideradas, regra geral, com largura de uma vez ou duas vezes a espessura da parede. As fundações devem apresentar uma profundidade mínima 0.40m, dependente da sua própria altura e da qualidade do terreno de implantação. As fundações devem ser em pedra, utilizando argamassa com ligante hidráulico. É essencial existir um plinto ou embasamento executado da mesma matéria com uma altura mínima de cerca de 30 cm acima do terreno natural, que levará uma membrana hidrófuga para de seguida se proceder à construção da alvenaria de taipa, isto segundo Pena e Lourenço (2007);

Também Roberto Morales, Rafael Cabrejos ,Luís Rengifo e Candiotti (1993) defendem a importância das fundações nestes tipos de construção. Sugere uma altura mínima de 0.25m a nível do solo a fim de proteger a alvenaria de terra da erosão.

A distância entre um cunhal e um vão não deve se ser inferior a três vezes a espessura da parede e nunca inferior a 0.90m. As vergas de portas e janelas devem-se prolongar para além do vão cerca de 0.40m no mínimo, segundo o mesmo autor.

Existem autores como Pinto,M.; Payalich,E.; Wamsler,C.(2003) que defendem a construção de uma viga de bordadura e uma viga de soleira em betão armado aumentando a resistência aos sismos.

Uma geometria e uma distribuição adequadas são de grande importância para a estabilidade da edificação, mas não são por si só suficientes. É preciso melhorar o desempenho da construção a partir dos reforços horizontal e vertical, usando para isso material como: a pedra, a madeira, o aço e mesmo o betão armado. Assim as alvenarias funcionam solidariamente e apresentam uma maior resistência para suportarem a ação das forças em qualquer direção. O uso de reforço vertical ajuda a manter a integridade da alvenaria melhorando a resistência ao esforço de corte. O esforço horizontal ajuda na distribuição dos esforços e a transmitir as forças de inércia, minimizando a propagação de fissuras verticais segundo Blondet, M (2003).

## **Apresentação e Enquadramento do Projeto:**

### **Introdução:**

Num lugar denominado por Foros do Locário, nos confins do concelho de Santiago do Cacém na freguesia de S. Domingos, existe um povoado que cresceu da base de um aforamento de uma grande propriedade rústica, como o próprio nome indica. (fig. nº 25)

Terra de charneca, (fig. nº 26) onde vegetam enormes montados de sobro, espaço calmo e sossegado, onde se pode usufruir o silêncio da natureza e o orvalho matinal das manhãs estivais do mês de Julho.



Fig. nº 25 - Localização



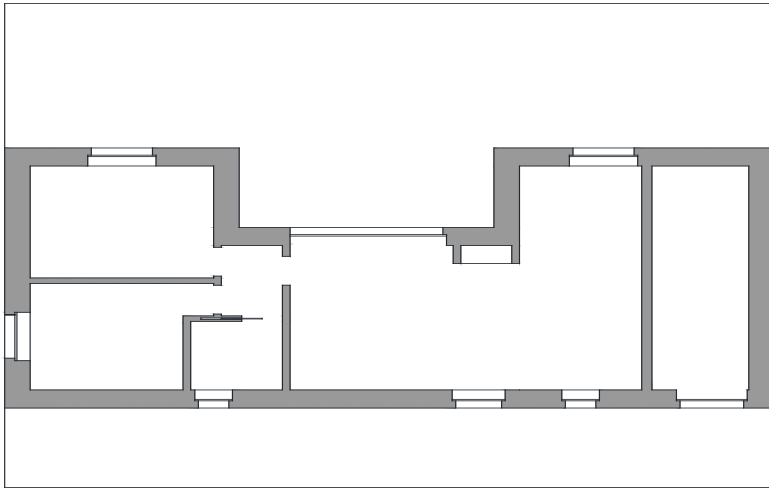
**Fig. nº 26 - Local da obra – terra de charneca**

Pretende-se construir uma habitação em taipa, ( fig. nº 27) com o intento de promover o seu arrendamento em turismo rural ou eco turismo.

É a partir de um projeto do Atelier Arqal que nos baseamos para a realização do trabalho aqui apresentado. No decurso do presente trabalho existiu a possibilidade de aplicar e testar ideias geradas neste estudo.

Foram testadas três propostas que visam reforçar e melhorar as edificações em taipa.

- 1 – Projeto de ombreira e verga e otimização processo construtivo
- 2 – Preservação de madeira da cobertura, evitando o contato direto entre a estrutura e a alvenaria.
- 3 – Projeto de capeamento e de caleira de platibanda



**Fig. nº 27 - Planta**

### **Proposta 1.**

Após vários confrontos de ideias com os construtores e promotor, optamos por trabalhar num vão, porque são zonas suscetíveis de aparecerem várias anomalias e patologias construtivas, como a degradação de ombreiras e também pontos críticos em relação aos sismos.

O vão de média dimensão, apresenta como medidas, 2.00m de ombreira e 1.20m de verga.

Atendendo a vários estudos efetuados sobre a questão sísmica na construção em taipa e efetuando pesquisa de materiais que melhor se adaptem á solução pretendida, chegamos à conclusão de utilizar chapa metálica de zinco na peça a construir.

Como no mercado estão disponíveis uma vasta gama de folhas do material a aplicar, escolhemos a que nos pareceu mais fácil de manusear, garantindo que a peça quando aplicada não sofresse

deformações de modo a evitar outro tipo de problemas como o empenamento e a sua deformação.

O projeto da ombreira apresenta um desenho simples de forma a tornar a sua produção o mais viável possível a baixo custo.

A peça foi quinada por forma a conferir-lhe as características dimensionais do respetivo projeto (fig. n.º 28 e 29).



**Fig. nº28 – Frente da peça**



Fig. nº29 – Verso da peça

A sua colocação em obra não apresentou qualquer dificuldade, bastou apruma-la e entiva-la de modo a que se mantivesse fixa de maneira a não provocar qualquer constrangimento construtivo. De mencionar que devido à altura do vão, julgou-se necessário elaborar uma peça com grampos de modo a garantir a total estabilidade da peça. (fig. nº 30)

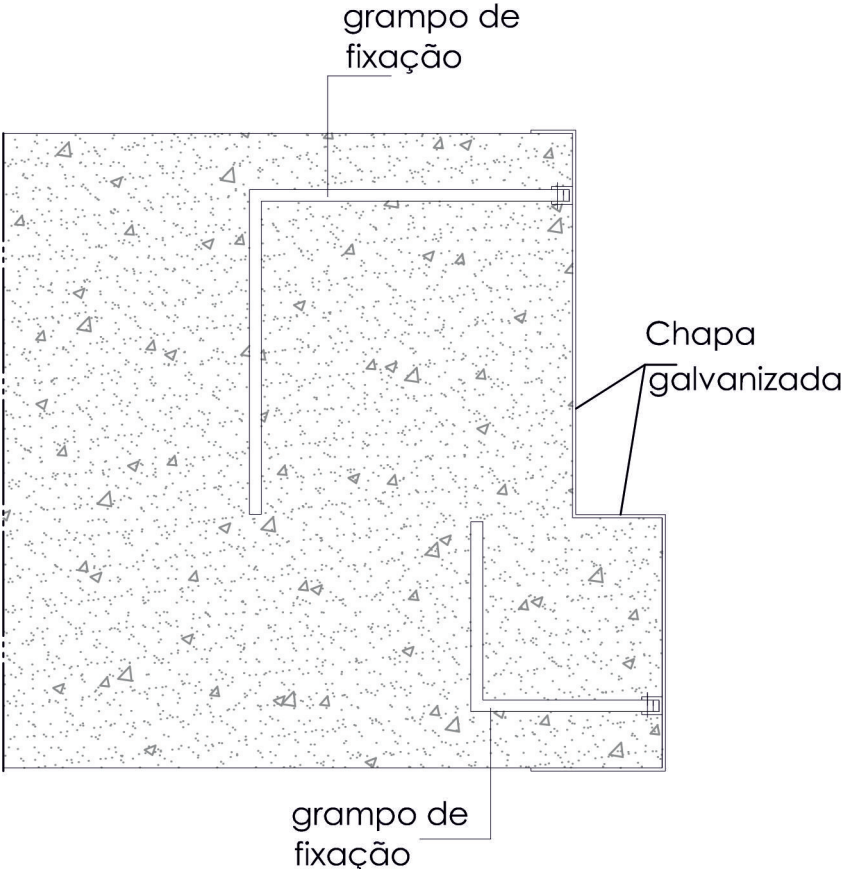


Fig. nº 30 - Esquema de colocação da ombreira

Executamos várias experiências com um molde de 0.50x0.50x0.25m.  
**1ª experiência** – Foi executada usando a peça como molde, evitando assim a utilização de dois materiais diferentes, procurando eliminar problemas de aderência entre os materiais e reduzir os custos.(fig. nº 31)



**Fig. nº 31 - Preenchimento de taipal**

Nesta experiência verificou-se aderência da argamassa de terra ao molde, na descofragem provocando imperfeições a nível de acabamento.

**2ª experiência** - Optou-se por lubrificar o molde com óleo descofrante (linhaça) de modo a eliminar ou reduzir o fator de aderência. O óleo de linhaça foi selecionado porque é o mais usual neste tipo de construção. Reduziu um pouco a aderência, mas nada de significativo.

**3ª e última experiência** (fig. nº 32) - De modo a excluir o problema da aderência deste procedimento tecnológico, decidiu-se deixar o molde como cofragem perdida, fortalecer o vão que como já foi visto noutra seção deste trabalho é uma forma de aumentar a resistência das edificações em taipa à ação sísmica.



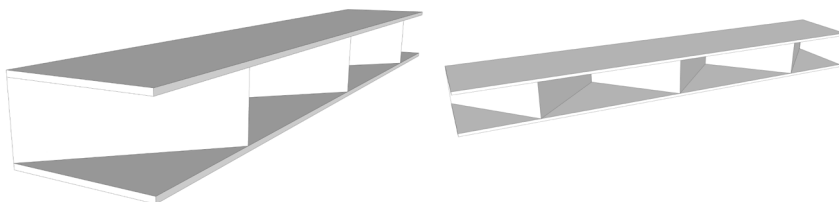
**Fig. nº 32 - Vista exterior da construção**

Sendo a peça da ombreira idêntica à da verga, será necessário reforçar esta, pois está sujeita a esforços bastante diferentes que a peça da ombreira.

Este reforço pode ser efetuado por diversos materiais: madeira, chapa de aço ou mesmo betão de forma a garantir a robustez da peça.

A proposta é a de elaboração de um reforço em metal de modo a garantir a segurança da verga a fim de evitar o colapso da mesma.

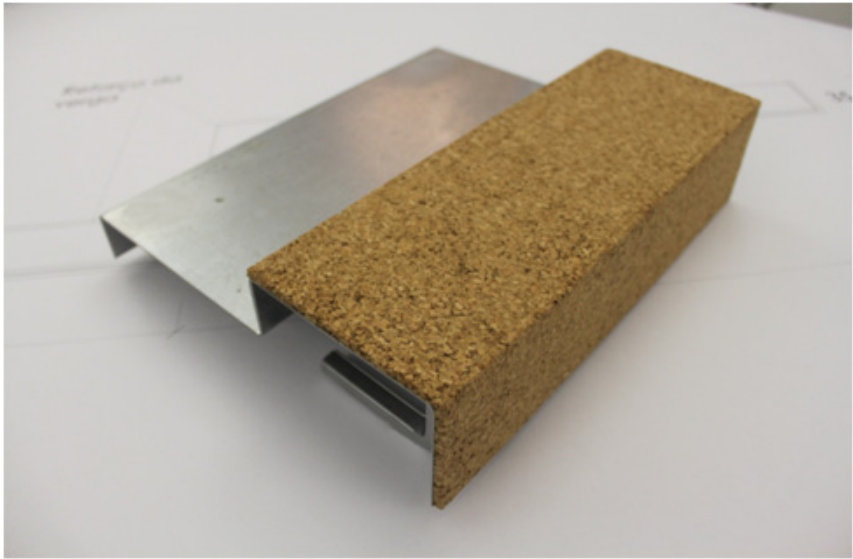
Esse reforço como atrás se afirmou é metálico, composto por duas peças retangulares que se interligam por meio de módulos metálicos em forma de V, para assegurar a estabilidade do conjunto. O seu modo de produção também se julga bastante fácil, sendo possível produzi-lo em qualquer metalurgia. (fig. nº33)



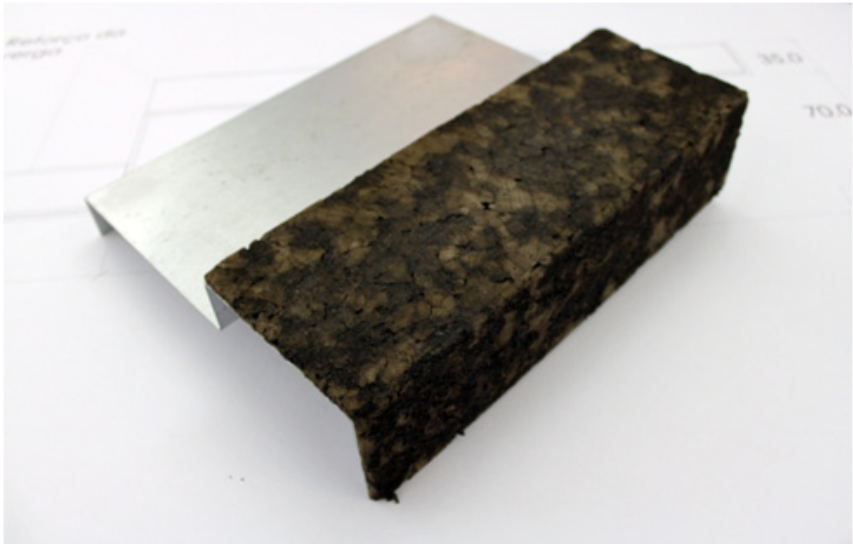
**Fig. nº 33 – Esquema do reforço da verga**

No revestimento do vão apresentam-se várias soluções:

- Manter o material da peça à vista, no entanto podem surgir problemas de fissuração, no encontro de materiais, dando mau aspeto à construção e a degradação do material que está exposto no exterior da construção devido a intempéries e outros agentes atmosféricos.
- Revestir com corticite ou aglomerado de cortiça (fig. nº34 e 35 ) a peça nas zonas expostas diretamente ao exterior de modo a corrigir as pontes térmicas e combater eventuais condensações que ocorram na parte metálica.



**Fig. nº 34 - Pormenor de revestimento em corticite**



**Fig. nº 35 - Pormenor de revestimento em aglomerado negro de cortiça**

- Executar um capoto em rede metálica ou rede de fibra de vidro de forma a envolver a peça e a taipa adjacente de forma a prevenir o aparecimento de fissurações na ligação dos materiais. De mencionar que este tipo de vãos (ombreira e verga) também podem ter um papel ativo e preponderante na casualidade de surgir um sismo, pois podem funcionar como fixadores de travessanhos e escoras (peças constituintes do esquema construtivo de gaiola) para gerar melhor comportamento da construção à ação sísmica.

Mas deve de ser objeto de mais estudos, nomeadamente a nível de testes sísmicos.

Nesta proposta interessa descobrir uma estética e poética imbricadas na terra, e na vida. Na comunhão entre a terra e a cortiça, as suas texturas e cores, é relembrada a dimensão mítica da natureza.

## 2ª Proposta:

Esta proposta tem como objetivo de combater a podridão da madeira nas coberturas derivada da humidade nas entregas na alvenaria.

Conforme quadro que se segue Costa (1955) definiu as seguintes medidas das asnas: (fig. nº 36)

Vãos (m)	Linhas (cm)	Pernas (cm)	Escoras (cm)	Pendurais (cm)	Madres (cm)	Varas (cm)
5.00	.12-.10	.12-.10	.10-.10	.10-.10	.16-.10	.06-.04
6.00	.14-.10	.16-.10	.12-.10	.10-.10	.18-.10	.06-.04
7.00	.14-.12	.16-.12	.12-.12	.12-.12	.18-.10	.08-.06
8.00	.16-.12	.20-.12	.12-.12	.12-.12	.20-.10	.08-.06

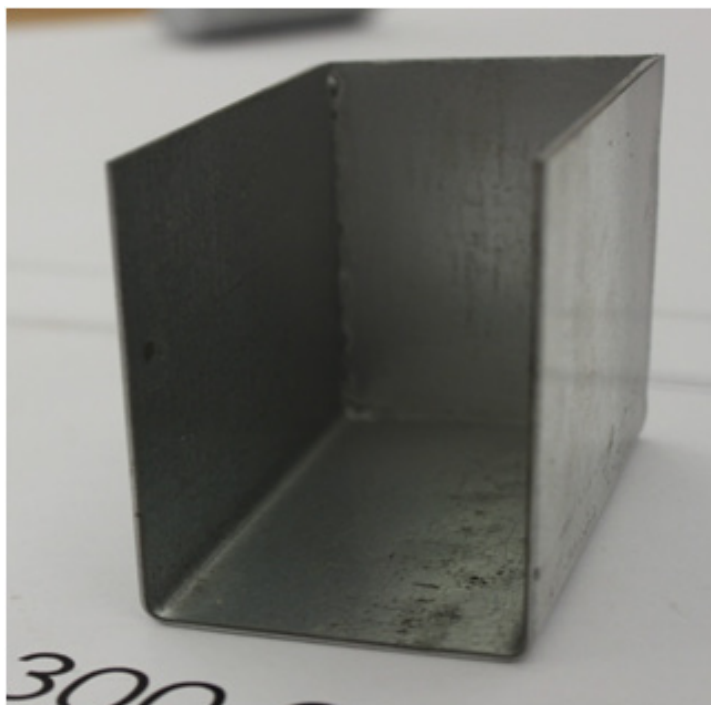
**Fig. nº 36 - Tabela dos componentes das asnas**

A partir desta tabela desenvolveram-se três peças de geometria idêntica, mas construídas com materiais diferentes.

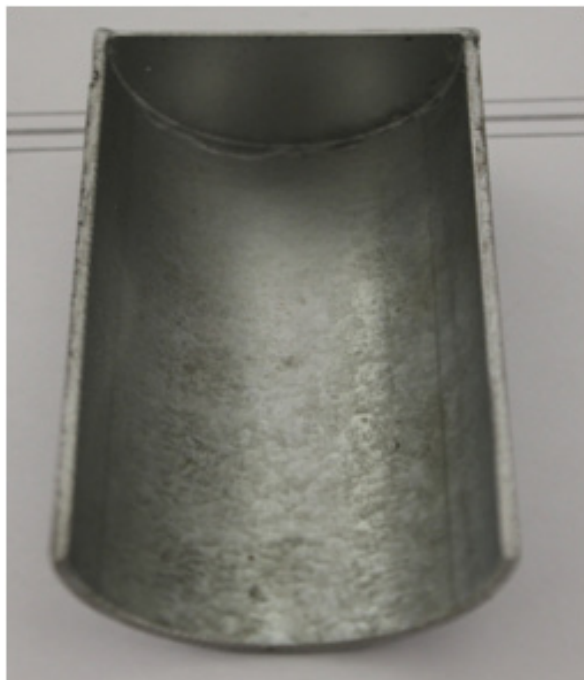
A volumetria das peças foi definida pela tabela acima descrita.

- A primeira peça foi executada em poliestireno expandido, um material que nos pareceu à primeira vista, pelas suas características, fácil de utilizar, assim como eficiente no combate à humidade.

- A segunda peça foi desenvolvida com base em material diferente: chapa de zinco, de modo a envolver partes dos barrotes, madres e o ripado que estejam sujeitos ao contacto com a alvenaria de terra, evitando assim, o aparecimento de fungos de podridão nos elementos lenhosos. ( fig. nº 37 e 38).



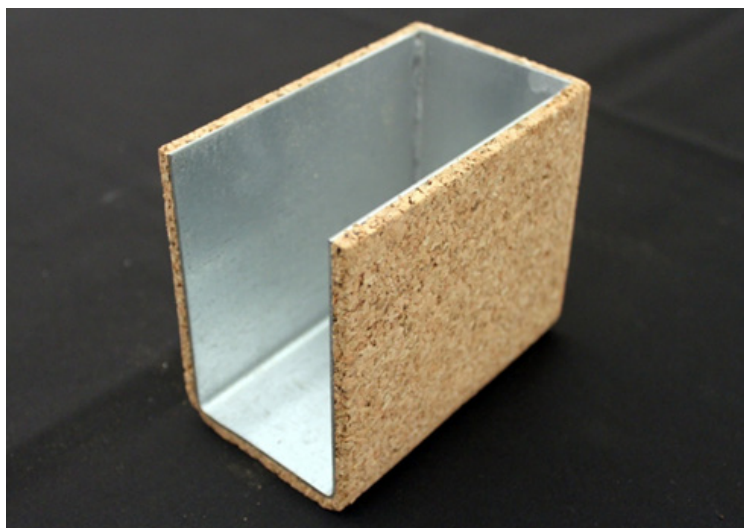
**Fig. nº 37 - Peça retangular**



**Fig. nº 38 – Peça semi - circular**

- A terceira peça também de zinco mas revestida pelo exterior de cortiça de modo a colmatar o contacto direto do metal com a terra. (fig. nº 39 e 40).

Qualquer das soluções apresentadas tem dois tipos de formato. Um formato retangular e outro semi - circular, conforme a configuração da peça de madeira.



**Fig. nº 39 - Peça retangular revestida a corticite**

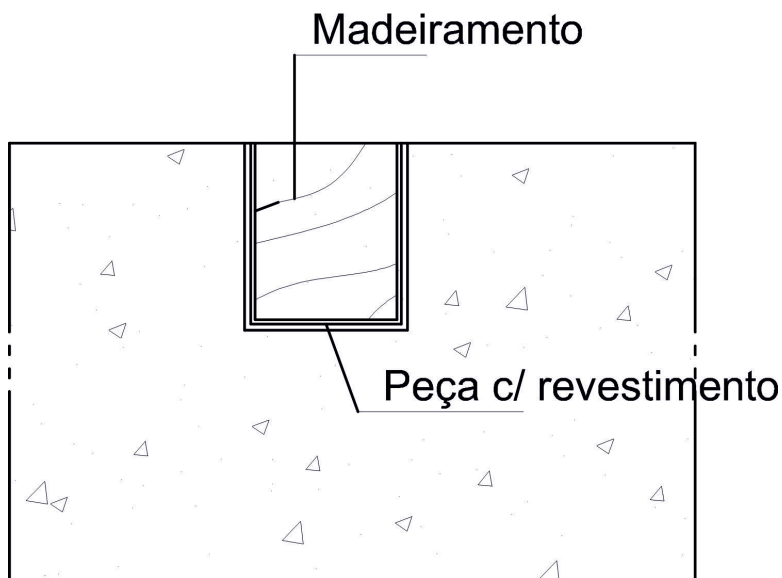


**Fig. nº 40 - Peça semi - circular revestida a corticite**

Verificamos que a solução que melhor se adapta para combater o aparecimento de fungos de podridão do madeiramento, é a terceira solução, uma vez que consegue maior aderência à estrutura, evitando assim possíveis contactos directos entre as estruturas de madeira e as alvenarias.

Outro motivo por optarmos por esta peça, foi o processo de fabrico, pois em qualquer serralharia é possível executar as peças sem grandes complicações técnicas.

Teve-se também em atenção a proveniência das matérias primas, pois quando a primeira é proveniente de matérias petrolíferas, as outras são de matérias naturais que incrementam a sustentabilidade da proposta



**Fig. nº 41 – Colocação da peça**

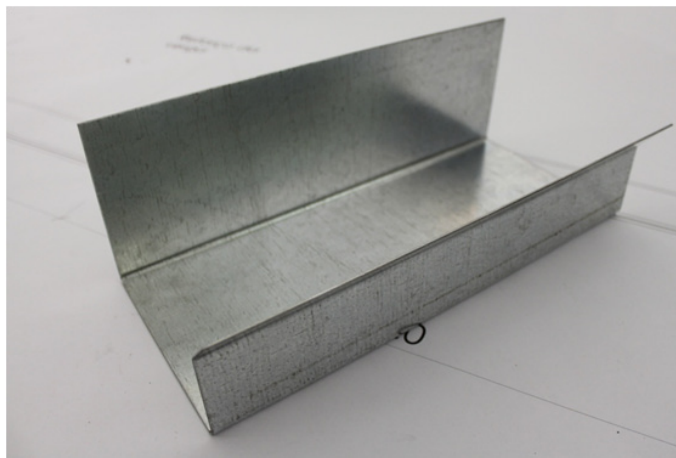
### **3ª Proposta:**

Sendo proposto no projeto uma cobertura plana para a construção, será necessário executar um capeamento na parte superior da edificação, capeamento esse, que servirá para fazer o remate e servirá também de proteção à alvenaria de taipa.

Partindo desta condicionante, optamos por projetar um rufo com caleira incorporada em chapa de zinco, material idêntico ao utilizado nas outras peças apresentadas, de modo a garantir o capeamento da alvenaria e o escoamento das águas pluviais. Que provem da cobertura.

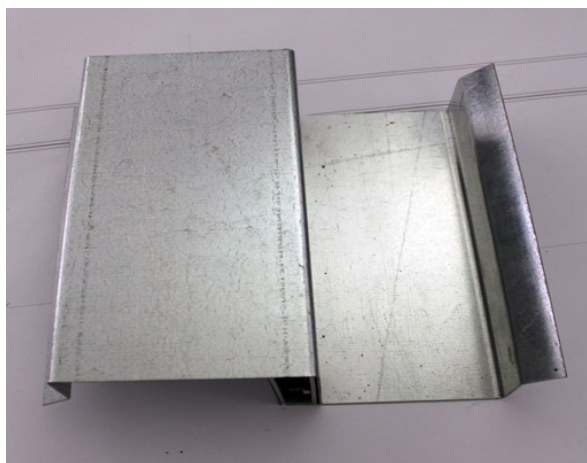
Criamos várias soluções, mas as que nos parecem mais adequadas, são as duas seguintes:

- A primeira fixa, (fig. nº 42) de modo a que acompanhe a regularidade do nível da platibanda.



**Fig. nº 42 - Peça da Caleira / Rufo**

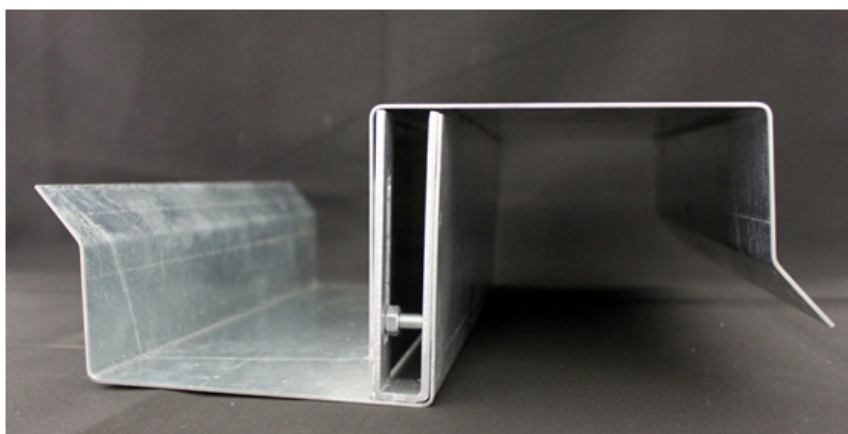
- Uma segunda amovível (fig. nº 43) que nos dá a possibilidade de adaptar a peça a várias situações de desnível das coberturas.



**Fig. nº 43 - Peça da Caleira / Rufo – vista de cima**

De mencionar que se criaram perfis para ambas as peças de modo a evitar trabalhos de soldadura.

A peça de configuração em U, (fig. nº 44) é formada por dois módulos idênticos, que se interligam através de um sistema de perfis de material idêntico ao dos módulos e que nos dá a possibilidade de regular a sua colocação de modo a que a platibanda possa ter altura variada.



**Fig. nº 44 - Peça da Caleira / Rufo – vista lateral**

A outra solução apresentada mantém a mesma configuração, mas difere da primeira porque é fixa. O perfil de ligação é do mesmo material e é rebitado tanto no rufo como na caleira.

A sua produção é feita a partir de chapa metálica galvanizada de 0.001m de espessura devidamente quinada, com comprimento variável.

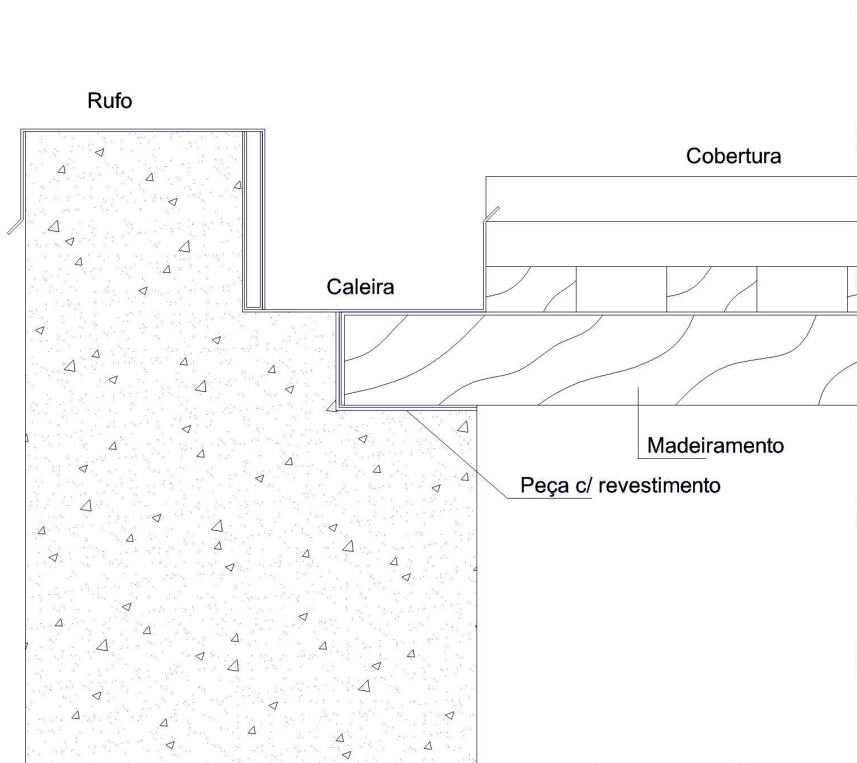


Fig. nº 45 – Colocação de caleira / rufo

### **Conclusões e desenvolvimentos futuros:**

Pretendeu-se com este trabalho contribuir de um modo ativo para encontrar e apresentar soluções que respondam a determinadas necessidades que se colocam hoje em dia no mercado da reconstrução, recuperação habitacional, patrimonial e da construção sustentável.

Será gratificante acompanhar a valorização do elemento construído, dar a possibilidade de novas vivências a esses espaços que carregam consigo histórias de vida de décadas ou séculos e que uma forma ou de outra marcaram pessoas.

Como é óbvio será necessário executar adaptações para que correspondam às necessidades e ao modo de vida atual.

Temos a noção que ainda há muito a fazer e desenvolver até se mudarem mentalidades e preconceitos que subsistem nas sociedades, mas também a consciência de que retomar a utilização dos ditos materiais tradicionais, será uma ajuda preciosa para a

sustentabilidade e para a evocação histórica das comunidades. Em relação à área da construção em terra sísmo-resistente, julga-se ser importante a realização de um modelo reduzido de uma edificação construída em terra e ensaiada numa mesa sísmica de modo a verificar o seu comportamento real face a ação sísmica. Neste estudo prova-se que uma técnica secular pode ser reinventada e melhorada, recorrendo a materiais diferentes ao usualmente utilizados, gerando assim a possibilidade de aligeirar e melhorar o processo construtivo.

Na questão das humidades e anomalias das coberturas em madeira, só o tempo poderá confirmar a eficácia do produto proposto.

Esperamos que este trabalho de certo modo contribua para o desenvolvimento de estudos teóricos e de práticas construtivas para reabilitar e recuperar o nosso parque habitacional.

### **Índice das Figuras:**

Fig. nº 1 – Casa em Schlins – Áustria

Fonte: <http://www.architonic.com/aisht/rammed-earth-house-rauch-family-home-boltshauser-architekten/5100620>

Fig. nº 2 – Habitações económicas – Luanda - Angola

Fonte: <http://arquitecturasdeterra.blogspot.pt/2010/10/casa-em-taipa-vence-concurso-da-trienal.html>

Fig. nº 3 – Troço da muralha da China no deserto de Gob

Fonte: <http://zipbox.com.br/muralha-da-china-fotos-e-curiosidades-da-cidade-proibida.html>

Fig. nº 4 – Cidade de Shibam, Iemen

Fonte: [www. https://pt.wikipedia.org/wiki/Shibam](https://pt.wikipedia.org/wiki/Shibam)

Fig. nº 5 – Cachiers de François

Fonte: [fr.wikipedia.org/wiki/François\\_Cointeraux](https://fr.wikipedia.org/wiki/François_Cointeraux)

Fig. nº 6 – Gadamés, Líbia

Fonte: [en.wikipedia.org/wiki/Ghadames](https://en.wikipedia.org/wiki/Ghadames)

Fig. nº 7 – Ksar Ouled Soltane – Tunísia

Fonte: [pt.wikipedia.org/wiki/Ksar\\_Ouled\\_Soltane](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ksar_Ouled_Soltane)

Fig. nº 8 – Mesquita de Bobodjalusso, Burkina Faso

Fonte: [pt.photaki.com/picture-mesquita-de-bobo-dioulasso-burkina-faso\\_37599...](http://pt.photaki.com/picture-mesquita-de-bobo-dioulasso-burkina-faso_37599...)

Fig. nº 9 – Construções em Sirigu – Gana

Fonte: <http://archaeology.about.com/od/africa/ig/West-African-Adobe-Buildings/Coumound--Sirigu--Ghana--2000.htm>

Fig. nº 10 – Construção na Califórnia, Estados Unidos

Fonte: [www.youtube.com/watch?v=OrgXxINpuK8](http://www.youtube.com/watch?v=OrgXxINpuK8)

Fig. nº 11 – Rua em Tiradentes, Brasil

Fonte: [www.aventar.eu](http://www.aventar.eu)

Fig. nº 12 – Esquema de taipal

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 13 – Elevação do taipal

Fonte: Desenho do Autor

Fig. nº 14 – Esquemas construtivos

Fonte: [www.arq.ufsc.br](http://www.arq.ufsc.br)

Fig. nº 15 – Elevação de taipal

Fonte: [www.arq.ufsc.br](http://www.arq.ufsc.br)

Fig. nº 16 – Batendo taipal

Fonte: foto do autor

Fig. nº 17 – Esquema de cobertura em madeira

Fonte: [www.engenhariacivil.com](http://www.engenhariacivil.com)

Fig. nº 18 – Esquema de cobertura de três águas

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 19 - Esquema de asna

Fig. nº 20 – Esquema de asna composta

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 21 – Esquema de asna pequena

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 22 – Gráfico da composição da floresta portuguesa  
Fonte: 6º Inventário Florestal Nacional, Resultados preliminares (2013), INCF

Fig. nº 23 – Cobertura degradada  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 24 – Madeira atacado por caruncho  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 25 – Localização  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 26 – Local da obra  
Fonte: [www.googleearth.pt](http://www.googleearth.pt)

Fig. nº 27 – Planta  
Fonte: Atelier Arqal

Fig. nº 28 – Frente da peça  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 29 – Verso peça  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 30 – Esquema de colocação  
Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 31 – Preenchimento do taipal  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 32 – Vista exterior da construção  
Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 33 – Esquema de reforço da verga  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 34 – Pormenor de revestimento em corticite  
Fonte: Foto do autor

Fig. nº 35 – Pormenor de revestimento em aglomerado negro de cortiça  
Fonte: Foto do Autor

Fig. nº 36 – Tabela dos componentes das asnas

Fonte: [www.satae.com/website/index.php?option=com\\_docman&task...](http://www.satae.com/website/index.php?option=com_docman&task...)

Fig. nº 37 – Peça retangular

Fonte: Foto do autor

Fig. nº 38 – Peça semi- circular

Fonte: Foto do autor

Fig. nº 39 – Peça retangular revestida a corticite

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 40 – Peça semi-circular revestida a corticite

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 41 – Esquema de colocação da peça

Fonte: Desenho do autor

Fig. nº 42 – Peça caleira / rufo

Fonte : Desenho do autor

Fig. nº 43 - Peça da Caleira / Rufo – vista de cima

Fonte : Foto do autor

Fig. nº 44 - Peça da Caleira / Rufo – vista lateral

Fonte : Foto do autor

Fig. nº 45 – Colocação de caleira / rufo

Fonte : Foto do autor

### **Bibliografia:**

Blondet, M.; García, G.; Loaiza, C. (2003). Viviendas sismorresistentes de tierra? Unavisión a futuro. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil - CONIC. Lima, Peru

Costa, F. Ferreira (1950). Enciclopédia prática de construção civil, Edição do Autor

Cruz, H (2001). Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira. Núcleo de estruturas de madeiras, LNEC

Font, J. (2005). Construção de terra em Espanha e Portugal. Diferenças e semelhanças. Arquitectura de Terra em Portugal. Lisboa: Argumentum

Fernandes, M. (2008). A taipa no mundo. CEAUCP – Centro de Es-

tudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto.  
Gernot, M. (2001) . Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra, Forschungslabor fur eExperimentelles Bauen, Universidade de Kassel.

Gomes, M. (2008). Construção sismo-resistente em terra crua. Dissertação de Mestrado em Construção no Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Guillaud, H. (1993). Construir em terra crua: técnicas antigas e modernas. Arquiteturas de Terra, ou o Futuro de uma Tradição Milenar. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Lopes, M (2007). Tipificação de soluções de reabilitação de estruturas de madeira em coberturas de edifícios antigos, Dissertação para grau de mestre da FEUP.

Morales; R; Cabrejos.R; Rengijo. L; Candiotti. C.(1993) Manual para la construccion de viviendas de adobe : Lima : Cismid-Fic-Uni

NP EN 335-2 (1994), "Durabilidade da madeira e de produtos derivados. Definição das classes de risco de ataque biológico. Parte2: Aplicação à madeira maciça", Instituto Português da Qualidade, Lisboa

NP EN 460 (1995), "Durabilidade da madeira e de produtos\derivados. Durabilidade natural da madeira maciça. Guia de exigências de durabilidade das madeiras na sua utilização segundo as classes de risco", Instituto Português da Qualidade, Lisboa

Pinto, M.; Payalich, E.; Wamsler, C. (2003). Proyecto de reconstrucción con inclusión de la gestión de riesgo - elementos técnicos y

estrategia institucional para la disminución del riesgo y de la dimensión de futuros desastres. División 4200, Democracia y Gobernabilidad. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, Peru.

Rodrigues, R.; Santos, M. (2007). O resgate do uso da terra crua e seus desdobramentos na cidade de Tiradentes e região. Terra em Seminário 2007 (V ATP e TERRABRASIL 2006). Lisboa: Argumentum,

[www.arquitecturasdeterra.blogspot.com](http://www.arquitecturasdeterra.blogspot.com)

[www.centrodaterra.pt](http://www.centrodaterra.pt)

[www.craterre.com](http://www.craterre.com)

[www.lehmtonare.at/en/martin-rauch/](http://www.lehmtonare.at/en/martin-rauch/)

[www.icnf.pt/portal/florestas/inf/resourc/ficheiros](http://www.icnf.pt/portal/florestas/inf/resourc/ficheiros)

[www.proterra.com](http://www.proterra.com)