



Cláudia Sofia
Marques Jesus

Características de Materiais e Elementos do
Edificado Antigo
Caso de Estudo – Casa Inovadomus



Universidade de Aveiro
2018

Departamento de Engenharia Civil

Cláudia Sofia
Marques Jesus

Características de Materiais e Elementos do
Edificado Antigo
Caso de Estudo – Casa Inovadomus

Dissertação a apresentar à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Em memória...

À minha avó Rosa Augusta de Jesus

À minha avó Maria Emília de Jesus

Ao meu avô José de Jesus

O júri

presidente

Prof^a. Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

vogais

Prof. Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof^a. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

A dissertação de mestrado aqui presente é o fim de mais uma etapa na minha vida profissional. As noites em claro, depois de um dia cheio de trabalho valeram a pena. Desde já quero expressar o meu profundo agradecimento:

Aos meus pais, avô Virgílio e tios que me acompanharam e apoiaram sempre. Chamaram-me sempre à razão e fizeram com que concluísse o curso Ml em Engenharia Civil. Sem eles eu não estaria a apresentar esta dissertação.

À minha irmã Daniela que me fez sempre acreditar que consigo atingir os meus objetivos pessoais e profissionais com muito esforço, determinação e dedicação, mesmo quando eu pensava em desistir.

Ao engenheiro e grande amigo Marco Costa, por todos os anos de companheirismo e amizade. Sempre disponível para ajudar e apoiar mesmo quando eu estava cansada e sem vontade de fazer a dissertação. Ele conseguia sempre com que fosse escrevendo alguma coisa. Um enorme obrigado por TUDO!

À minha grande amiga Ana Raquel Martins que também se disponibilizou sempre para ajudar no que fosse necessário. E um muito obrigado por todos estes anos de convivência em Aveiro e todo o apoio prestado ao longo dos anos.

À professora Dr.^a Ana Velosa, minha orientadora da Universidade de Aveiro, pela motivação e apoio demonstrado ao longo deste período, e pela disponibilidade demonstrada.

À Eng.^a Maria Carlos e Eng.^a Sara Moutinho, pela transmissão de conhecimentos práticos e apoio na realização da campanha experimental.

Ao David Ribeiro que de maneira geral me ensina a não desistir e a enfrentar os problemas tanto da vida pessoal como profissional.

Aos meus amigos que, de uma forma ou de outra, me transmitiram confiança e incentivaram na conclusão desta segunda etapa académica

palavras-chave

Cobertura, telhado, telhas, paredes, revestimentos, materiais, ensaios, InovaDomus

resumo

A presente dissertação resulta da importância nos dias de hoje de restaurar e conservar o património edificado antigo. Este património é representado por revestimentos tradicionais à base de cal aérea, coberturas em estrutura de madeira e paredes tradicionais que difere da zona geográfica, dependendo dos materiais mais abundantes e por isso obtidos de modo mais económico nessa região.

Muitas vezes optam-se por estratégias de intervenção desajustadas e pouco eficazes face aos materiais de origem sendo que a médio ou longo prazo, acabam por comprometer o desempenho a nível estrutural e a nível de revestimentos, devido às incompatibilidades dos mesmos. Por este motivo devem ser estudadas e analisadas as soluções a adotar na reabilitação do património edificado antigo.

Deve existir compatibilidade química, física e mecânica com o material pré-existente, estas características são fundamentais e sendo garantidas permitem diminuir os efeitos de degradação de forma eficaz e durável quando se procede a uma intervenção.

Na fase inicial é fundamental avaliar o estado de conservação do edificado e respetivos revestimentos e da parede de suporte.

O presente trabalho tem como objetivo a apresentação de algumas propostas para a reabilitação da cobertura da InovaDomus em conjunto com empresas colaboradoras neste projeto de reabilitação. Também incide na análise de alguns dos revestimentos das paredes e tetos da moradia em estudo, para um estudo dos minerais, constituintes contidos nas amostras recolhidas, assim sendo poderá proceder-se à escolha posterior dos melhores materiais e das melhores soluções para a reabilitação deste edificado.

key words

Roofing, roof, tiles, walls, coatings, materials, trials, InovaDomus

abstract

The present work results from the importance of restoring and conserving the old built heritage. This heritage is represented by traditional coatings based on aerial whitewash, roofs in wood structure and traditional walls that differs from the geographical area, depending on the most abundant materials and therefore obtained in a more economic way in this region. Often, there is an opt for inappropriate and ineffective intervention strategies in relation to the source materials, and in the medium or long term they end up compromising the structural and coatings performance due to their incompatibility. For this reason the solutions to be adopted in the rehabilitation of the old built heritage must be studied and analyzed. There must be chemical, physical and mechanical compatibility with the pre-existing material, these characteristics are fundamental that being guaranteed can reduce the effects of degradation in an effective and durable when making an intervention. In a first phase it is essential to evaluate the state of conservation of the building and its coatings and the support walls. The present work has the objective of presenting some proposals for the rehabilitation of InovaDomus coverage together with collaborating companies in this rehabilitation project. It also focuses on the analysis of some of the coatings on the walls and ceilings of the dwelling under study, for a study of the minerals, constituents contained in the samples collected, so that the best materials and the best solutions for the rehabilitation of this building

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. Enquadramento.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura e organização da dissertação.....	6
2. Coberturas tradicionais	9
2.1. Estrutura de madeira.....	10
2.2. Telha cerâmica.....	11
2.3. Funções das Coberturas	12
3. Paredes tradicionais	15
3.1. Paredes de taipa	17
3.2. Formigão.....	20
3.3. Adobe	21
3.4. Paredes de tabique	23
3.5. Gaiola	26
3.6. Alvenaria de Pedra.....	27
3.6.1. Sem aparelhamento.....	28
3.6.2. Com aparelhamento.....	29
3.6.3. De duas faces	30
3.7. Alvenaria de tijolo	32
3.7.1. Pano de tijolo ao cutelo	33
3.7.2. Parede de meia vez	33
3.7.3. Parede de uma vez	34
3.7.4. Parede de uma vez e meia e mais de uma vez e meia	35
4. Revestimentos tradicionais	39
5. Caso de Estudo – Casa InovaDomus	45
5.1. Caracterização de cobertura.....	46
5.1.1. Madres	46
5.1.2. Asnas	47

5.1.3.	Barrotes (varas)	48
5.1.4.	Ripas de madeira	49
5.2.	Identificação do estado de degradação de cobertura.....	50
5.2.1.	Zona 1	50
5.2.2.	Zona 2	53
5.2.3.	Zona 3	53
5.3.	Caracterização de paredes	53
5.3.1.	Material constituinte	55
5.3.2.	Espessura.....	57
5.3.3.	Descrição estrutural.....	58
5.4.	Caracterização de revestimentos	59
6.	Análise de soluções	65
6.1.	Cobertura.....	65
6.1.1.	Solução 0.....	65
6.1.2.	Solução 1.....	66
6.1.3.	Solução 2.....	67
6.1.4.	Solução 3.....	68
6.1.5.	Solução 4.....	69
6.2.	Análise das soluções de cobertura	70
6.2.1.	Análise térmica	70
6.2.2.	Peso das soluções	76
6.3.	Revestimentos	77
6.3.1.	Estuque de teto corredor	79
6.3.2.	Azulejo.....	82
6.3.3.	Teto da varanda	83
6.3.4.	Revestimento escadas	85
6.4.	Ensaio	86
6.4.1.	Ensaio de Capilaridade.....	87
6.4.2.	Ensaio de permeabilidade ao vapor de água	88
6.4.3.	Análise de fluorescência de raios-X.....	89
6.4.4.	Análise de difração de raios-X (DRX).....	90
6.5.	Resultados experimentais.....	91
6.5.1.	Ensaio de Capilaridade.....	91
6.5.2.	Ensaio de permeabilidade ao vapor de água	94

6.5.3.	Análise de fluorescência de raios-X (FRX).....	99
6.5.4.	Análise de difração de raios-X (DRX)	103
7.	Conclusão	111
7.1.	Perspetivas de trabalhos futuros	112
8.	Referências Bibliográficas.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Casa InovaDomus.....	4
Figura 2 - Esquema de cobertura tradicional (Branco, et al. 2014).....	10
Figura 3 - Exemplos de paredes tradicionais em pedra.....	16
Figura 4 - Exemplo de parede tradicional em adobe.....	16
Figura 5 - Construção de paredes de taipa.....	18
Figura 6 - Exemplo de construção em taipa.....	19
Figura 7 - Pormenor de parede em taipa.....	19
Figura 8 - Esquema construtivo de formigão.....	20
Figura 9 - Parede em adobe.....	21
Figura 10 - Exemplo de parede em adobe.....	22
Figura 11 - Tijolos de adobe.....	23
Figura 12 - Moradia com paredes em tabique.....	24
Figura 13 - Pormenor de parede de tabique.....	24
Figura 14 - Esquema construtivo de parede em tabique.....	25
Figura 15 - Exemplo de parede em gaiola.....	26
Figura 16 - Pormenores de parede gaiola.....	27
Figura 17 - Esquemas construtivos de parede de pedra.....	28
Figura 18 - Esquema construtivo de parede de pedra sem aparelhamento.....	28
Figura 19 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento - Pedras angulosas dispostas irregularmente com uma face aparelhada.....	29
Figura 20 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento - Pedras com aparelho parcial dispostas em camadas.....	29
Figura 21 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento -Perpianho.....	29
Figura 22 - Exemplo de parede de pedra.....	30
Figura 23 - Exemplo de parede de pedra.....	31
Figura 24 - Exemplo de parede de pedra.....	31
Figura 25 - Exemplo de parede de pedra, com remate em janela.....	32
Figura 26 - Esquema construtivo de parede em tijolo ao cutelo.....	33
Figura 27 - Esquema construtivo de parede de meia vez.....	34
Figura 28 - Esquema construtivo de parede de uma vez.....	34
Figura 29 - Exemplos construtivos de parede de uma vez e meia e mais de uma vez e meia..	35

Figura 30 - Apresentação da Casa InovaDomus	45
Figura 31 - Representação da cobertura (InovaDomus Estrutural).....	46
Figura 32 - Apresentação das madres (InovaDomus Anomalias, 2003).....	47
Figura 33 - Ligação asnas com vigas (InovaDomus Anomalias, 2003)	48
Figura 34 - Barrotes de cobertura (InovaDomus Anomalias, 2003).....	49
Figura 35 - Ripas da cobertura (InovaDomus Anomalias)	49
Figura 36 - Localização dos levantamentos das degradações (InovaDomus Anomalias, 2003)	50
Figura 37 - Degradação do frechal (InovaDomus Anomalias, 2003)	51
Figura 38 - Deficiente colocação de telhas cerâmicas (InovaDomus Anomalias, 2003)	51
Figura 39 - Diminuição da secção de vigas (InovaDomus Anomalias, 2003).....	52
Figura 40 - Presença de furos nas ripas (InovaDomus Anomalias, 2003).....	52
Figura 41 - Degradação provocada por infiltrações (InovaDomus Anomalias, 2003)	53
Figura 42 - Identificação das fundações de uma parede removida -ao nível do piso 0 (InovaDomus Anomalias, 2003)	54
Figura 43 - Materiais constituintes das paredes do piso 0 (InovaDomus Anomalias, 2003)...	55
Figura 44 - Materiais constituintes das paredes do piso 1 (InovaDomus Anomalias, 2003)...	56
Figura 45 - Materiais constituintes das paredes do piso 2 (InovaDomus Anomalias, 2003)...	57
Figura 46 - Planta com sobreposição das paredes do piso 1. Piso térreo (InovaDomus Anomalias, 2003).....	58
Figura 47 - Planta com sobreposição das paredes interiores do piso 2. Piso 1 (InovaDomus Anomalias, 2003).....	58
Figura 48 - Reforço de betão envolvido por duas vigas de madeira no local da parede removida (InovaDomus Anomalias, 2003)	59
Figura 49 - Pormenor de revestimentos exteriores de paredes	60
Figura 50 - Apresentação de telhado da Casa InovaDomus	60
Figura 51 – Pormenor de estuque de teto trabalhado (InovaDomus Anomalias, 2003)	61
Figura 52 - Pormenor de parede estucada (InovaDomus Anomalias, 2003)	61
Figura 53 - Exemplo de revestimento cerâmico aplicado em paredes interiores (InovaDomus Anomalias, 2003).....	62
Figura 54 – Pormenor Solução 0.....	66
Figura 55 - Pormenor Solução 1	67
Figura 56 - Pormenor Solução 2	68
Figura 57 - Pormenor Solução 3	69

Figura 58 - Pormenor Solução 4.....	70
Figura 59 - Exemplo das zonas de empolamento/destacamento	78
Figura 60 - Mapa de recolha de amostras.....	79
Figura 61 - Amostra de estuque após regularização.....	80
Figura 62 - Local de extração de amostra.....	81
Figura 63 - Amostra recolhida de estuque de teto de corredor.....	82
Figura 64 - Local de recolha de amostra de azulejo	82
Figura 65 - Amostra de azulejo, antes da regularização.....	83
Figura 66 - Amostra de azulejo após regularização	83
Figura 67 - Amostra de teto da varanda	84
Figura 68 - Local de extração de amostra.....	84
Figura 69 - Formato final de amostra te teto de varanda após a regularização	85
Figura 70 - Local de extração de amostra.....	85
Figura 71 - Amostra recolhida.....	86
Figura 72 - Amostra de Revestimento escadas após regularização.....	86
Figura 73 - Equipamento utilizado no ensaio de determinação de vapor de água	89
Figura 74 - Curva de capilaridade de Azulejo.....	91
Figura 75 - Curva de capilaridade de Estuque de teto do corredor	92
Figura 76 - Curva de capilaridade de Teto da varanda.....	92
Figura 77 - Curva de capilaridade de revestimento das escadas	93
Figura 78 - Câmara Climática – Azulejo.....	94
Figura 79 - Câmara Climática - Estuque de teto	94
Figura 80 - Câmara Climática de Revestimento - Varanda.....	95
Figura 81 - Câmara Climática - Revestimento da escada.....	95
Figura 82 - Câmara Climática – Azulejo.....	96
Figura 83 - Câmara Climática - Estuque de teto	97
Figura 84 - Câmara Climática de Revestimento - Varanda.....	97
Figura 85 - Câmara Climática - Revestimento das escadas.....	98
Figura 86 - Resultados obtidos por FRX.....	101
Figura 87 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Revestimento de escada.....	104
Figura 88 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Estuque teto de corredor.....	105

Figura 89 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Estuque teto da varanda..... 106

Figura 90 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Azulejo de corredor 107

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Telhas cerâmicas tradicionais aplicadas em Portugal	12
Tabela 2 - Características dos materiais utilizados nas paredes de edifícios antigos (Sousa, 2010).....	15
Tabela 3 - Tipos principais de revestimentos interiores de parede.....	41
Tabela 4 - Tipos principais de revestimentos exteriores de parede.....	41
Tabela 5 - Secção das asnas (InovaDomus Anomalias, 2003)	47
Tabela 6 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico (W/m ² °C) para Solução 1	72
Tabela 7 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico (W/m ² °C) para Solução 2	73
Tabela 8 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico (W/m ² °C) para Solução 3	74
Tabela 9 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico (W/m ² °C) para Solução 4	75
Tabela 10 - Cálculo do peso por m ² da Solução 0.....	76
Tabela 11 - Cálculo do peso por m ² da Solução 1	76
Tabela 12 - Cálculo do peso por m ² da Solução 2.....	76
Tabela 13 - Cálculo do peso por m ² da Solução 3.....	77
Tabela 14 - Cálculo do peso por m ² da Solução 4.....	77
Tabela 15 - Principais métodos de ensaios não destrutivos (Melo, 2017)	87
Tabela 16 - Valores iniciais e finais registados com aumento de HR (%)	96
Tabela 17 - Valores iniciais e finais registados com diminuição de HR (%).....	98
Tabela 18 - Designação de amostras para ensaio FRX	99
Tabela 19 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 1).....	99
Tabela 20 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 2).....	100
Tabela 21 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 3).....	100
Tabela 22 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX).....	103

Capítulo 1

Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A pretensão deste estudo centra-se em realizar a análise de soluções construtivas de coberturas a aplicar numa moradia antiga, de forma a perceber de que forma e possível garantir uma melhoria das suas condições de desempenho e realizar um estudo dos materiais utilizados como elementos de revestimentos construtivos aplicados no edificado antigo.

A moradia em estudo (Sede da InovaDomus) foi construída na década de 30 e encontra-se localizada no centro de Ílhavo.

InovaDomus é uma rede de cooperação multidisciplinar que atua na área do habitat e encontra-se em atividade há 13 anos, tendo como associados entre várias empresas a Universidade de Aveiro (InovaDomus).

Desta forma esta dissertação surge do projeto ReabilitaDomus, que tem como objetivo realizar o estudo de soluções e práticas inovadoras a serem aplicadas na reabilitação, garantindo sempre o conforto dos utilizadores dos edifícios. Este projeto vem ainda tentar dotar os edifícios reabilitados de níveis de sustentabilidade iguais ou superiores a edifícios novos.

“As entidades envolvidas beneficiarão da Casa transformando-a num campo de ensaio, e num laboratório onde serão testados permanentemente novos produtos e novas soluções para a reabilitação, mesmo que em fase de protótipo.” (Cooperar para reabilitar by Inovadomus, 2015)

1.2. Objetivos

Sendo a reabilitação uma área que tem vindo a ter elevada importância na construção, e sendo relevante conservar o património edificado, a presente dissertação de mestrado tem como objetivo a avaliação de soluções para coberturas tradicionais e caracterização de materiais de revestimentos aplicados em edificado antigo.

A avaliação de soluções para reabilitação das coberturas terá a colaboração de parceiros industriais, conduzindo a uma escolha de soluções a aplicação na Sede da InovaDomus, situada em Ílhavo, como se encontra sinalizada na imagem seguinte.



Figura 1 - Localização da Casa InovaDomus

Para realizar o encontro de soluções para a cobertura é de salientar a importância dos aspetos seguintes:

Ventilação da cobertura

Para que exista um funcionamento considerado saudável da telha cerâmica, é fundamental que seja conseguido um bom arejamento na face inferior das telhas. Este processo é essencial para garantir a secagem e evaporação de possíveis condensações. A ventilação é ainda essencial para também garantir que as telhas não sofram fraturas devidas a elevadas diferenças térmicas.

A capacidade de garantir uma boa circulação de ar não é apenas conseguida com o respeito da inclinação das pendentes e pelo ripado corretamente executado, sendo também muitas vezes necessárias telhas de ventilação. A circulação do ar faz-se pela parte inferior das telhas, sendo que o fluxo de ar admitido na zona mais baixa (beirado) aumenta a sua temperatura por ação do calor do telhado, que o torna menos denso, provocando a sua subida por convecção natural, até às aberturas mais elevadas (cumeeira). Para que ocorra esta ventilação a argamassa de fixação utilizada para realizar a fixação dos elementos da cobertura não é muito benéfica, pois se for aplicada em excesso provoca a estanquicidade do ar nos pontos singulares. A realização de uma cobertura ventilada apresenta várias vantagens, tais como ventilar e secar todos os elementos que constituem a cobertura, equilibrar a temperatura e humidade interior versus

exterior do edifício, renovação de ar e controlo de temperaturas criando condições de salubridade nos espaços interiores, resistência da telha sob a ação do gelo, rápida secagem da água da chuva absorvida pela telha, evitar a formação de distribuições irregulares de neve aquando a sua queda brusca, reduzir as condensações interna no sistema construtivo eliminando o vapor de água e melhorar o conforto térmico natural (Lourenço, et al., 2012).

Comportamento térmico da cobertura

Tendo em conta, que várias patologias encontradas nos telhados portugueses se devem às grandes variações de temperaturas registadas nas várias diferentes faces das mesmas, existe a necessidade de se perceber o comportamento térmico de coberturas.

Cada edifício precisa de receber energia para os mais variados fins, com vista a manter a funcionalidade da mesma e garantir o conforto dos ocupantes, utilizando o conceito de “Edifício de balanço energético nulo” (energia dentro do edifício igual a fora do edifício), sendo assim quanto mais um edifício consumir, maior é a necessidade de fornecer (Lourenço, et al., 2012). Sendo assim, deve-se aplicar o conceito de Construção Sustentável que visa os seguintes fatores:

- reduzir o uso de energia de forma racional e as emissões de CO₂;
- reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento interior;
- manter os níveis de conforto e temperatura interior dos edifícios.

Os tipos de construção em madeira, adobe, pedra e cal visam aproveitar recursos naturais existentes e a enquadrar as moradias na envolvente. Deve-se usar técnicas e métodos construtivos adequados ao local que permitam poupanças de energia. Para cumprir com estas premissas deve-se escolher os melhores materiais e técnicas construtivas para maximizar de forma passiva o desempenho do edifício (Lourenço, et al., 2012).

Todos os revestimentos utilizados nas paredes e tetos apresentam uma função em comum, proteger os mesmos das ações climáticas, choques mecânicos, contaminação ambiental e outros fatores externos que podem levar à degradação de alvenarias ou outros materiais estruturais. (Veiga, 2009)

Todos os revestimentos utilizados na construção são diferentes entre si, tendo evoluído ao longo dos séculos. Podendo hoje ser utilizado várias vezes como um elemento capaz de garantir maior resistência mecânica ao elemento estrutural protegido. (Veiga, 2009)

“Por estarem muito expostos a ações potencialmente destrutivas, os revestimentos são também dos elementos mais sujeitos à degradação.” (Veiga, 2009)

1.3. Estrutura e organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em 8 capítulos, nomeadamente: introdução, coberturas tradicionais, paredes tradicionais, revestimentos tradicionais, caso de estudo - Casa InovaDomus, análise de soluções, conclusão e referências bibliográficas.

O capítulo 1 introduz um enquadramento ao tema da dissertação, encontrando-se neste os objetivos a alcançar, a metodologia de investigação a desenvolver e o modo como a dissertação se encontra estruturada e organizada.

O capítulo 2 desenvolve o tema das coberturas tradicionais, normalmente aplicadas em edificado antigo, sendo referenciados todos os seus componentes tradicionais.

O capítulo 3 centra-se nas paredes tradicionais, com a apresentação dos métodos tradicionais mais utilizadas na construção, ao longo dos anos em Portugal.

O capítulo 4 baseia-se na apresentação dos revestimentos tradicionais da construção portuguesa.

O capítulo 5 descreve o local, mais concretamente o edifício da Casa InovaDomus, onde irá se desenvolver o caso de estudo.

O capítulo 6 apresenta o trabalho de análise da cobertura existente e das possíveis soluções de substituição e ainda a análise de amostras de revestimentos recolhidos e testados em laboratório.

O capítulo 7 expõe a conclusão do trabalho desenvolvido numa tentativa de responder aos objetivos propostos.

No capítulo 8 apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas no decorrer desta dissertação.

Capítulo 2

Coberturas tradicionais

2. COBERTURAS TRADICIONAIS

As coberturas apresentam-se como sendo um dos elementos mais importantes na constituição de um edifício, já que têm a proteção superior necessária contra os agentes atmosféricos, da mesma forma que exibem uma marca artística e arquitetónica (Ferreira, 2012).

Desde os tempos mais antigos que esta tem sido realizada em madeira, já que este era um material fácil de obter, e de trabalhar, e era evidente a existência de mão-de-obra abundante e económico. Como revestimento estas coberturas apresentam a utilização de telhas cerâmicas, este tipo de cobertura de madeira com revestimento de telha cerâmica é extremamente abundante em Portugal, sendo parte do património nacional. (Aguiar, et al., 2005)

As coberturas tradicionais (estrutura de madeira com revestimento cerâmico) são utilizadas desde o Império Romano, sem grandes alterações. Na cidade do Porto até meados do século XIX foram utilizadas telhas romanas (lisas, sem meios de fixação entre si e aplicadas sobre uma argamassa que permitia a sua fixação); contudo as telhas caíram em desuso com o aparecimento de telhas que permitiam realizar um encaixe, telhas Marselha. Este tipo de telha veio trazer um novo conjunto de soluções para os telhados, permitindo mesmo a realização de telhados com mais águas e o aumento da inclinação, já que deixou de existir o problema de um possível deslizamento do material. (Aguiar, et al., 2005)

Com o passar dos tempos e com o aparecimento de novos materiais, existência de prazos cada vez mais curtos e preços reduzidos, as coberturas realizadas com estrutura de madeira e revestimento cerâmico foram caindo em desuso, como material mais utilizado nas coberturas passou a ser utilizado o betão armado e a madeira passou a ser utilizado apenas com material de apoio, um material pobre que apresentava uma função provisória (estrutura de suporte). (Branco, et al. 2014)

No entanto, por toda a Europa vive-se uma fase de retorno à construção deste tipo de cobertura tradicional, com estrutura de madeira e telha cerâmica, principalmente quando começou a nascer a preocupação com a recuperação do património edificado degradado.

As coberturas tradicionais podem ter desde duas até quatro ou mais águas e têm como elemento principal a asna. Estas são um elemento estrutural que pode ter várias configurações geométricas. As asnas apresentam geralmente um espaçamento de eixo a eixo na ordem dos 3 a 4 metros. (Branco, et al. 2006)

As asnas são compostas por várias peças de madeiras:

- Linha - Sempre na posição horizontal;
- Pernas - assentam sobre a linha;
- Pendural - vertical no vértice do telhado;
- Pernas - dão a forma ao telhado
- Escoras - ligam as pernas ao pendural.

Na figura seguinte é possível encontrar exemplos de estruturas de coberturas tradicionais.

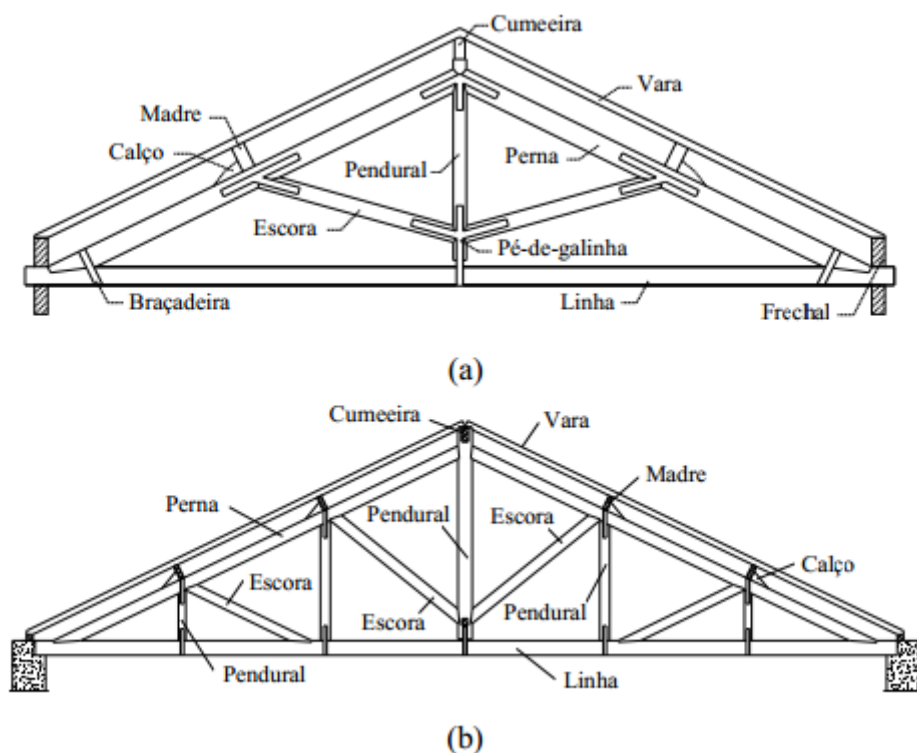


Figura 2 - Esquema de cobertura tradicional (Branco, et al. 2014)

2.1. Estrutura de madeira

Em Portugal é possível encontrar vários tipos de madeira utilizados para a realização das coberturas, dependendo sempre do tipo de edifício. Nos edifícios mais comuns é possível encontrar o pinho, o castanho e o eucalipto. Nos últimos anos o eucalipto ganhou maior destaque, pois esta é uma madeira muito mais barata e disponível em grande quantidade. (Freitas, 2012)

As ligações entre os elementos são realizadas através de entalhes, podendo estes ter dente simples ou duplo. De forma a garantir o bom funcionamento da cobertura é normal complementar as ligações com a utilização de alguns elementos metálicos, diminuindo também a possibilidade de existir um deslizamento das peças. (Branco, et al. 2014; Branco, et al. 2006)

2.2.Telha cerâmica

A telha cerâmica, como já indicada anteriormente, tem a sua origem no Império Romano, onde existia uma grande abundância da sua principal matéria-prima (argila). A grande capacidade desta técnica construtiva conduzia a que ainda hoje fosse usada na construção, com algumas variações e adaptações aos tempos mais modernos, sempre com o objetivo de garantir estanquidade e ao mesmo tempo uma boa ventilação da cobertura.

A telha cerâmica apresenta várias vantagens, tais como, a elevada capacidade técnica e funcional, longa duração com reduzida manutenção, fácil resolução, reduzido nível de agressividade para o ambiente, abundância de peças, vários modelos e tonalidades, assim como permitem a revestir vários tipos de geometrias, de coberturas (Lourenço, et al. 2012).

Com o passar dos anos desenvolveram-se vários tipos de telhas cerâmicas, destacando-se a telha marselha, lusa e canudo, como sendo as mais usadas em Portugal, com o princípio de garantir todas as exigências técnicas já indicadas (Lourenço, et al. 2012).

A telha marselha apresenta-se como sendo uma telha com possibilidade de realizar um encaixe entre si, ao contrário da telha canudo, que necessita de um sistema de fixação. Já a telha lusa apresenta-se como uma adaptação destes dois tipos de telha, já que apresenta um encaixe entre peças e ao mesmo tempo uma secção arredondada, muito semelhante à telha canudo.

Na tabela seguinte apresenta-se os tipos de telha cerâmica tradicionalmente aplicados em Portugal.

Tabela 1 - Telhas cerâmicas tradicionais aplicadas em Portugal

(<http://home.fa.utl.pt/~lcaldas/Telha1.pdf>)

Telhas cerâmicas tradicionais aplicadas em Portugal		
		
Telha Lusa	Telha Canudo	Telha Marselha

2.3. Funções das Coberturas

As coberturas apesar de servirem como proteção dos elementos interiores do edifício, devem cumprir, tal como qualquer outro elemento da construção, três parâmetros importantes (Lourenço, et al. 2012):

- Funcionalidade (impermeabilidade, isolamento acústico e térmico, durabilidade, resistência a agentes meteorológicos, fácil execução...);
- Estética (tonalidades, harmonia com edifício...);
- Económica (durabilidade e custo da solução).

De forma a serem garantidas todas as exigências, acima indicadas, foram criadas normas e métodos de ensaios. Estes ensaios podem ser utilizados para a análise do revestimento cerâmico, mas o seu principal objetivo passa pela análise da cobertura completa (revestimento e estrutura de suporte). Cada análise deverá de ter em consideração a zona onde esta será realizada, já que as condições que uma cobertura no Norte da Europa nunca terá os mesmos requisitos que uma cobertura no Sul da Europa (Lourenço, et al. 2012).

Capítulo 3

Paredes tradicionais

3. PAREDES TRADICIONAIS

Em Portugal, nos edifícios anteriores ao betão armado, predominavam as alvenarias que melhor se adequavam à disponibilidade de cada região, como por exemplo, as pedras, os granitos, os calcários, os xistos, tijolos cerâmicos cozidos em forno (praticamente maciços), a taipa e o adobe que eram tijolos cozidos ao sol e são mais comuns nas zonas mais ricas em argilas e menos pedra (Sousa, 2010).

Tabela 2 - Características dos materiais utilizados nas paredes de edifícios antigos (Sousa, 2010).

Características dos materiais utilizados na construção das paredes dos edifícios antigos	Designação
Pedras de cantaria com faces devidamente aparelhadas, assentes em argamassa ou apenas sobrepostas e justapostas	Parede de cantaria
Pedras irregulares aparelhadas numa das faces, assentes em argamassa <i>ordinária</i>	Alvenaria de pedra aparelhada
Pedras toscas, irregulares em forma e dimensões e ligadas com argamassa <i>ordinária</i>	Alvenaria ordinária (<i>corrente</i>)
Pedras ligadas com argamassa hidráulica	Alvenaria hidráulica
Pedras ligadas com argamassa refractária	Alvenaria refractária
Pedras assentes por justaposição, apenas travadas entre si, sem qualquer tipo de argamassa	Alvenaria de pedra seca; Empedrados
Paredes de alvenaria e cantaria; de alvenaria e tijolo; de alvenaria com armação de madeira, etc.	Paredes mistas
Paredes construídas com tijolo	Alvenaria de tijolo
Paredes construídas com betão (<i>beton</i>)	Alvenarias de betão (<i>beton</i>)
Paredes construídas com terra	Parede de adobe; Parede de taipa

Os vários tipos de argamassas também eram em função da disponibilidade local, variando entre o barro, misturas de cal e areia e os saibros.

As paredes nos edificados antigos eram espessas, devido a requisitos mecânicos, estanquidade à água e conforto.

Utilizavam-se diferentes materiais para as soluções devido às formas de ligação e técnicas de aplicação, refletindo as influências regionais, a importância da obra e os meios financeiros.

Nas figuras seguintes apresentam-se exemplos de paredes tradicionais executadas com recurso a pedra (Sousa, 2010).



Figura 3 - Exemplos de paredes tradicionais em pedra



Figura 4 - Exemplo de parede tradicional em adobe

3.1.Paredes de taipa

A taipa é constituída por barro misturado com grãos de areia e brita, batida a malho, por vezes apertada entre enxaiméis atravessados de fasquias (estacas formadas por varas ou ripas e que constituem o engradado que sustenta o barro amassado nas paredes de taipa). É um tipo de construção milenar que perdurou até meados deste século na construção de edificações. Este tipo de construção é mais usual na região do Alentejo e Algarve (<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>).

O traço para uma massa de taipa, necessário para a sua boa execução, é determinada na região através da experiência antiga da aplicação do material. As terras têm de ser seleccionadas, pois nem todas possuem as propriedades naturais suficientes para a boa execução de elementos estruturais resistentes (<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>).

Este tipo de construção é constituído por terra húmida comprimida entre taipais de madeira desmontáveis, que são removidos logo após esta estar completamente seca, formando assim uma parede de um material incombustível e isotérmico natural e particularmente barato.

A construção constituída por taipa tem alguns inconvenientes, como por exemplo, a vulnerabilidade de ser facilmente atacada por roedores e ser fraca na estabilidade na presença de sismos e esforços laterais provocados pela fluência das cargas da cobertura. Para contrariar estas fraquezas eram em muitos casos reforçadas com a introdução de testemunhos ou gigantes, desta forma, a taipa não era indicada para a construção de grandes edifícios.

Este tipo de material só deverá ser rebocado e tratado com rebocos à base de cal apagada ou por intermédio de uma caiação direta sobre ela com a intenção de a proteger das ações atmosféricas, principalmente da água (<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>).

A taipa como pode ser facilmente degradada pela água, só podia ser executada sobre fundações de alvenaria de pedra ordinária, normalmente em xisto com cerca de 0,60 m acima do solo, a partir da qual se dava início à construção da parede, evitando assim as humidades ascendentes.

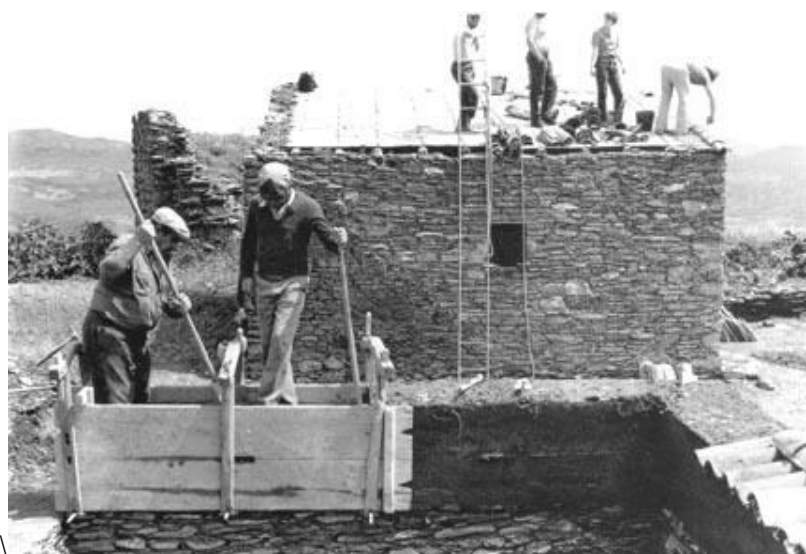


Figura 5 - Construção de paredes de taipa
(<http://www.oapix.org.pt/100000/1/163,01,7/index.htm>)

As construções e reabilitações em taipa nos dias correntes também são uma boa solução para preservar o edificado antigo. Normalmente este tipo de construções eram efetuadas dependendo dos materiais mais abundantes de cada região, então há um aproveitamento da terra local onde são efetuados vários testes e ensaios para determinar se é de boa qualidade para este tipo de construção, e só depois é que se passa à fase de construção. Por vezes, recorre-se à terra estabilizada com pasta de cal aérea, quando existem argilas de baixo teor ligante. A reabilitação

de terra crua requer algum saber técnico, pois são poucos os técnicos com conhecimento dos materiais a aplicar. Construir com terra e palha é uma alternativa que poupa dinheiro e trabalho, proporcionando no interior das construções uma temperatura ambiente agradável e articula o conhecimento ancestral com novas técnicas.



Figura 6 - Exemplo de construção em taipa

(<http://ecocasaportuguesa.blogspot.com/2016/06/construcao-em-terra.html>)



Figura 7 - Pormenor de parede em taipa

(<http://ecocasaportuguesa.blogspot.com/2016/06/construcao-em-terra.html>)

3.2. Formigão

O aglomerado semelhante ao betão, em que o cimento era substituído pela cal designa-se por formigão. Esta construção tem muitas semelhanças a construção de paredes em taipa.

A argamassa é comprimida entre taipais de madeira desmontáveis, removidos logo após estar completamente seca, formando assim uma parede de um material incombustível e isotérmico natural.

O formigão só deverá ser rebocado e tratado com rebocos à base de cal apagada ou por intermédio de uma caiação direta sobre ele com a intenção de o proteger das ações atmosféricas, principalmente da água.

Por ser facilmente degradado pela água, só podia ser executado sobre fundações de alvenaria de pedra ordinária, geralmente em xisto com cerca de 0,60 m acima do solo, a partir da qual se dava início à construção da parede, evitando assim as humidades ascendentes.

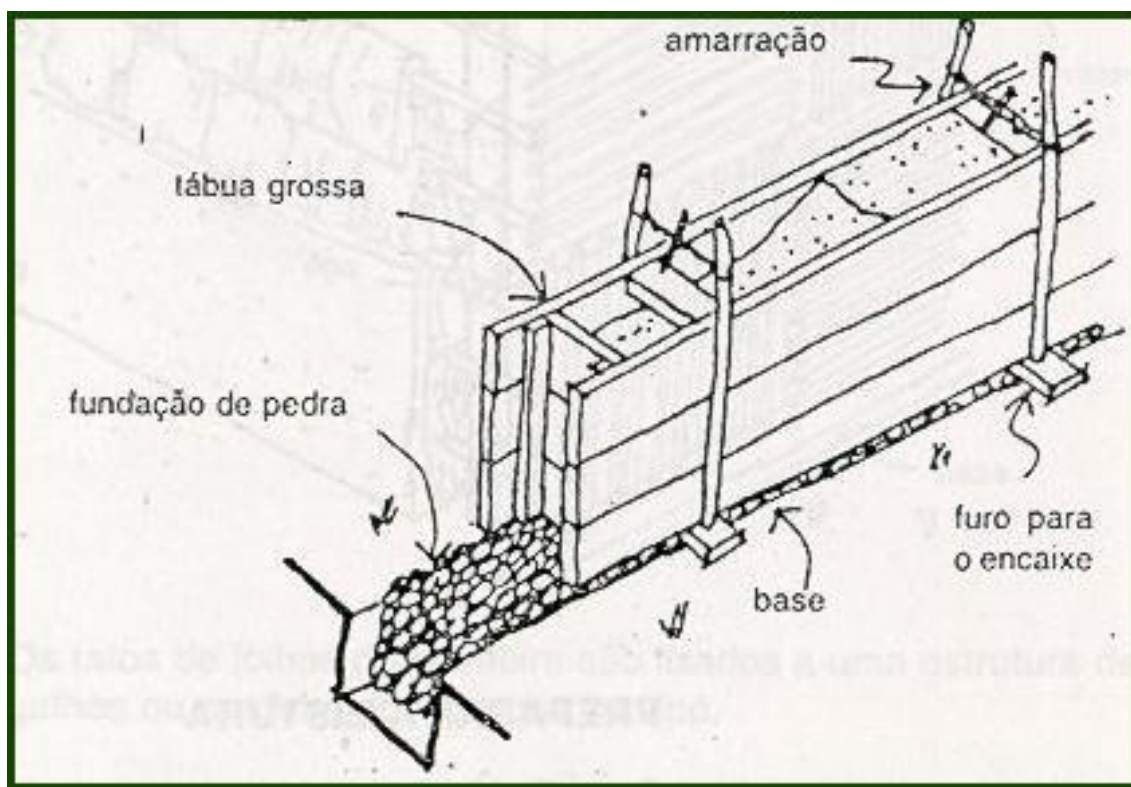


Figura 8 - Esquema construtivo de formigão
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.3.Adobe

O adobe é um bloco de forma regular de argamassa de barro ordinário amassado com areia e palha, cortado em forma de tijolo e seco ao sol.

Este é considerado um dos antecedentes históricos do tijolo de barro e o seu processo construtivo é uma forma primitiva de alvenaria.

As paredes de adobe, eram construídas segundo as mesmas regras para o tijolo, com a particularidade da sua grande maioria ser apenas empregue em construções pobres, ou em locais de terreno arenoso, onde porventura o acesso a outros materiais era mais difícil. Este tipo de construção, apesar de ser um dos mais antigos, não é muito vulgar, existindo principalmente na região do distrito de Setúbal e Algarve.

A moldagem dos blocos é feita com uma forma de madeira rudimentar, normalmente construída pelo obreiro no local e denominada adobeira. As espessuras das paredes neste tipo de construção rondam os 35 cm.

O adobe só deverá ser rebocado e tratado com rebocos à base de cal apagada, ou por intermédio de uma caição direta sobre ele com a intenção de o proteger das ações atmosféricas, principalmente da água.



Figura 9 - Parede em adobe

(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

A construção feita com este tijolo torna-se muito resistente, e o interior das casas muito fresco, suportando muito bem as altas temperaturas. Em regiões de clima quente e seco é comum o calor intenso durante o dia e sensíveis quedas de temperatura à noite, a inércia térmica garantida pelo adobe minimiza esta variação térmica no interior da construção.

As construções de adobe devem ser executadas sobre fundações de pedra comum, xisto normalmente, cerca de 60 cm acima do solo, para evitar o contato com a umidade ascendente (infiltração), que degradaria o adobe. Da mesma forma é importante a construção de coberturas com beirais a fim de proteger as paredes das águas de chuva.

As paredes devem ser revestidas para maior durabilidade.

É recomendada a construção de adobe no período de seca, pois o tijolo não deve ser exposto à chuva durante o processo de cura, uma vez que a argila se dissolve facilmente. No entanto, depois da construção coberta, ele resiste sem problema algum, com grande durabilidade.

Vantagens do uso do adobe:

- Baixo custo
- Conforto térmico
- Uso de material regional
- Pode ser preparado no próprio local da construção
- Sustentável

Para testar a resistência coloca-se dois tijolos afastados em cerca de 30 cm e um terceiro em cima de ambos. Se não houver rachaduras, significa que o tijolo possui boa qualidade.

Uma variação do adobe é o BTC - Bloco de Terra Comprimida, são tijolos, normalmente estabilizados com cal e cimento.



Figura 10 - Exemplo de parede em adobe
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)



Figura 11 - Tijolos de adobe
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.4.Paredes de tabique

As paredes em tabique são normalmente paredes divisórias ou de compartimentação, nas moradias do edificado antigo, limitadas pelas paredes-mestras. Este tipo de paredes, desempenham funções estruturais importantes, devido à sua organização especial.

Este tipo de paredes, mesmo que não recebam diretamente cargas verticais, estas paredes têm um importante papel no travamento geral das estruturas, mediante a interligação entre paredes, pavimentos e coberturas, decisiva para a capacidade resistente global do edifício durante a ocorrência de um sismo, dissipando a sua energia.

As paredes de tabique são obtidas pela pregagem de um fasquiado sobre tábuas colocadas voltadas para cima na função de montantes, sendo o conjunto revestido em ambas as faces, com reboco de argamassa de cal. O tabique é um exemplo muito particular de paredes divisórias, generalizando-se um pouco por todo o País, este tipo de estrutura caracteriza toda a construção Pombalina.



Figura 12 - Moradia com paredes em tabique

(https://www.researchgate.net/figure/276847867_fig1_Figura-1-Exemplo-de-construcao-em-tabique-3-ESTUDO-PREVI0-DE-UMA-ARGAMASSA-DE-REBOCO)



Figura 13 - Pormenor de parede de tabique

(<http://olhares.sapo.pt/alma-de-tabique-foto3500902.html>)

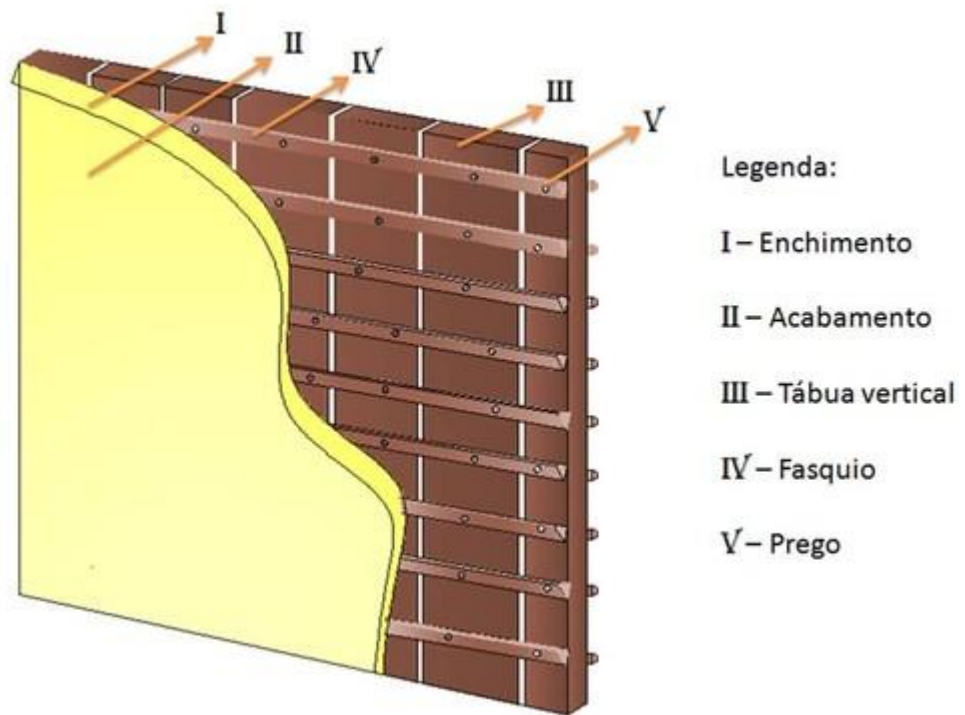


Figura 14 - Esquema construtivo de parede em tabique
(<https://tabiquenaamtqt.blogs.sapo.pt/1264.html>)

3.5. Gaiola

Este tipo de construção é representado por paredes estruturais num misto de madeira e alvenaria de pedra, em que a armação da madeira, ficava embebida no maciço de alvenaria, à face da parede interior, permitindo que em caso de sismo o edifício demolisse, mantendo íntegra a gaiola tridimensional.



Figura 15 - Exemplo de parede em gaiola
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

Estas paredes mesmo que não recebam diretamente cargas verticais, têm um importante papel no travamento geral das estruturas, mediante a interligação entre paredes, pavimentos e coberturas, decisiva para a capacidade resistente global do edifício durante a ocorrência de um sismo, dissipando a sua energia, tal como as paredes constituídas por tabique.



Figura 16 - Pormenores de parede gaiola
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

As paredes de gaiola são um exemplo muito particular de paredes divisórias que, generalizando-se um pouco por todo o País, caracterizam toda a construção Pombalina, tal como o caso de paredes divisórias construídas por tabique.

3.6. Alvenaria de Pedra

A escolha do processo construtivo para uma dada parede dependia de vários fatores, tais como, custos, prazo de execução, natureza de recursos, materiais de ligação e técnicas construtivas, embora a localização geográfica e os recursos e materiais de ligação existentes em cada região pareça ser o fator de maior influência.

Na zona norte do País, a rocha mais utilizada, ou seja, a mais predominante é o granito. Na zona centro predominam os xistos e na zona sul do país predominam os calcários.

O ligante utilizado nas pedras das paredes dos edifícios antigos eram argamassas de cal.

Podemos dividir as paredes de pedra argamassada nos três grupos infra indicados:

- Sem aparelhamento.
- Com aparelhamento.
- De duas faces.

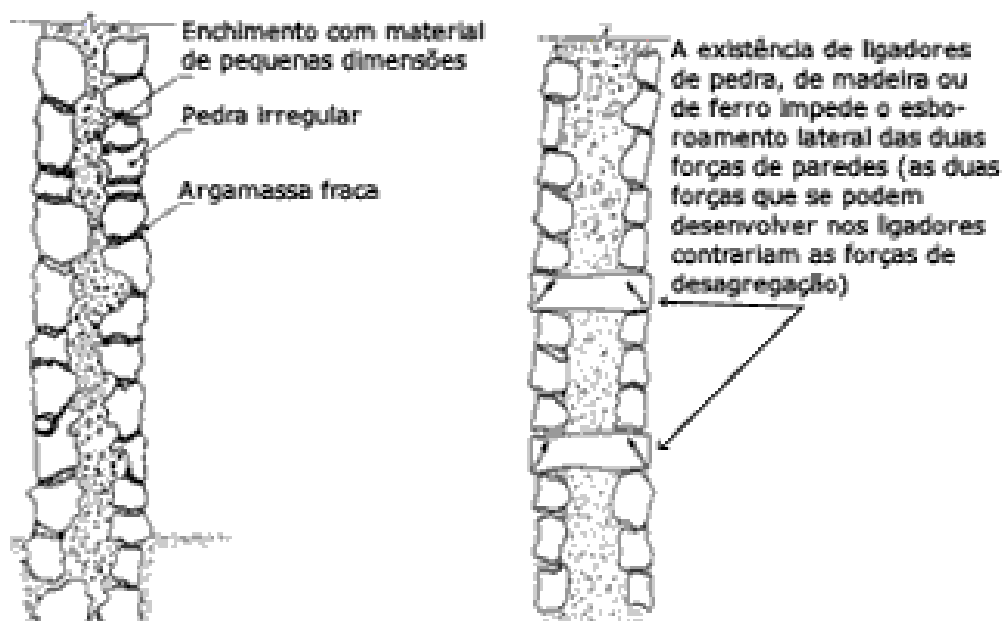


Figura 17 - Esquemas construtivos de parede de pedra

(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.6.1. Sem aparelhamento

Sem aparelhamento ou ordinária (corrente), são paredes de pedra toscas, angulosas e irregulares em forma e dimensão, ou roladas, ligadas entre si por argamassas ordinárias.

Este tipo de construção, encontra-se espalhada por todo o país, mas de mais forte implantação na região centro e Lisboa. Possivelmente por este tipo de material ser abundante, mesmo proveniente de demolições. Normalmente é rebocada e caiada para ser protegida dos agentes atmosféricos, nomeadamente a água.

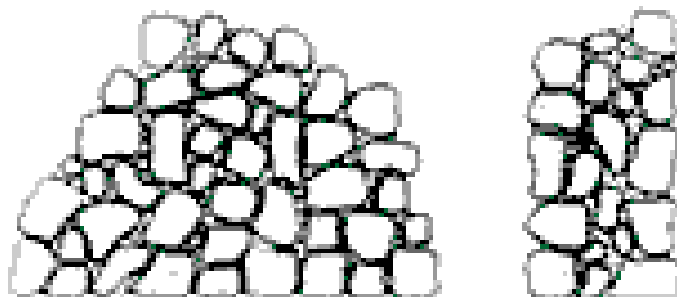


Figura 18 - Esquema construtivo de parede de pedra sem aparelhamento

(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.6.2. Com aparelhamento

Em Perpianho - ou seja regular, trabalhadas para o efeito, dispostas em camadas e ligadas entre si por argamassas, ou simplesmente depositadas umas sobre as outras. Cantaria que tem toda a largura da parede, aparelhada nas quatro faces.

Encontra-se normalmente na zona Norte do País e à vista.

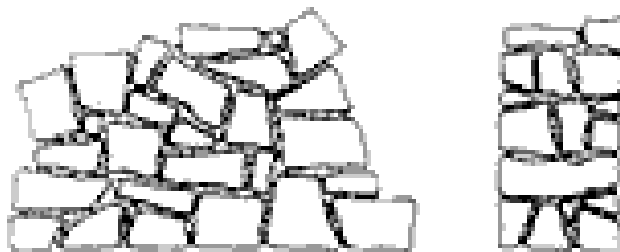


Figura 19 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento - Pedras angulosas dispostas irregularmente com uma face aparelhada
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

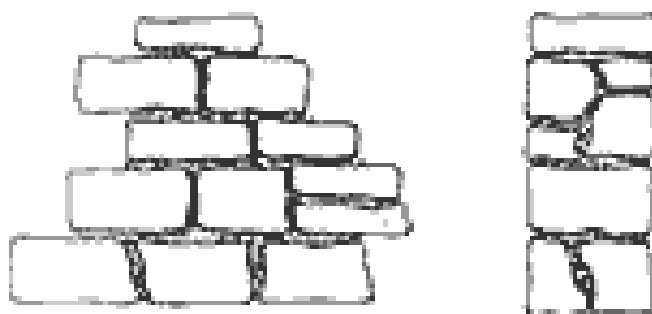


Figura 20 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento - Pedras com aparelho parcial dispostas em camadas
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

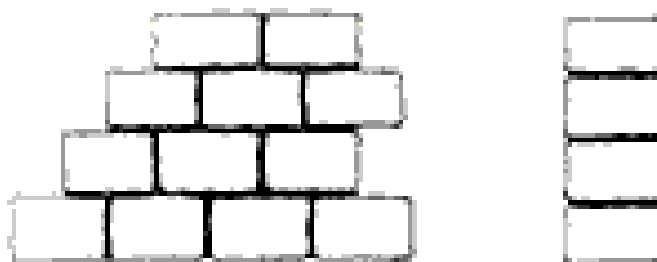


Figura 21 - Esquema construtivo de parede de pedra com aparelhamento -Perpianho
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.6.3. De duas faces

Paredes de pedra argamassada, normalmente irregular, de forma angulosa dispostas em duas folhas, uma interior e outra exterior, preenchidas no meio por material de pequenas dimensões com argamassa ordinária.

O seu travamento era conseguido por meio de ligadores de pedra que atravessavam a parede a toda a espessura, de madeira ou de ferro que impediam o desmoronamento lateral das paredes. Seguem-se alguns exemplos de paredes em alvenaria de pedra:



Figura 22 - Exemplo de parede de pedra



Figura 23 - Exemplo de parede de pedra



Figura 24 - Exemplo de parede de pedra



Figura 25 - Exemplo de parede de pedra, com remate em janela

3.7. Alvenaria de tijolo

O tijolo vulgarmente utilizado na construção de edifícios antigos, maciço ou furado denominado "Burro". A argamassa de aplicação para além de ter alguma consistência devia também preencher todos os espaços livres.

Em igualdade de circunstâncias as paredes de tijolo podiam ser menos espessas que as de pedra, porque a horizontalidade da cama e a maior regularidade de sobreposição conferiam-lhes maiores resistências e fraca condutibilidade térmica.

Assim uma parede de 0,35 e 0,38 m de espessura numa parede de tijolo, correspondia a uma parede de alvenaria de pedra de 0,50 m de espessura.

Haviam várias formas para assentar a alvenaria de tijolo, das quais se destacam:

- Pano de tijolo ao alto ou ao cutelo.
- Pano assente à meia vez.
- Pano assente à uma vez.
- Pano assente a uma vez e meia.
- Pano assente a duas vezes.

3.7.1. Pano de tijolo ao cutelo

Tijolo aplicado ao alto, utilizado em paredes divisórias de fraca espessura, reforçadas com o máximo de 2,0 m, por prumos de madeira ou ferro.

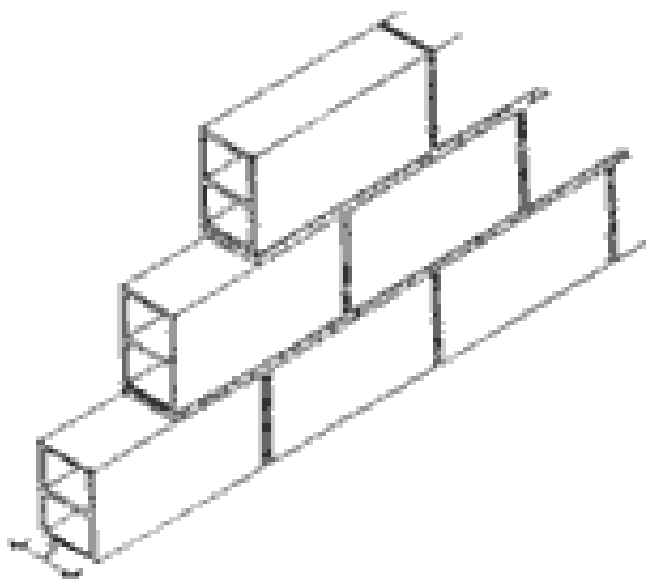


Figura 26 - Esquema construtivo de parede em tijolo ao cutelo
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.7.2. Parede de meia vez

A aplicação era utilizada em divisórias e em chaminés, por exemplo assente na horizontal de forma a que a sua largura corresponda à espessura da parede.

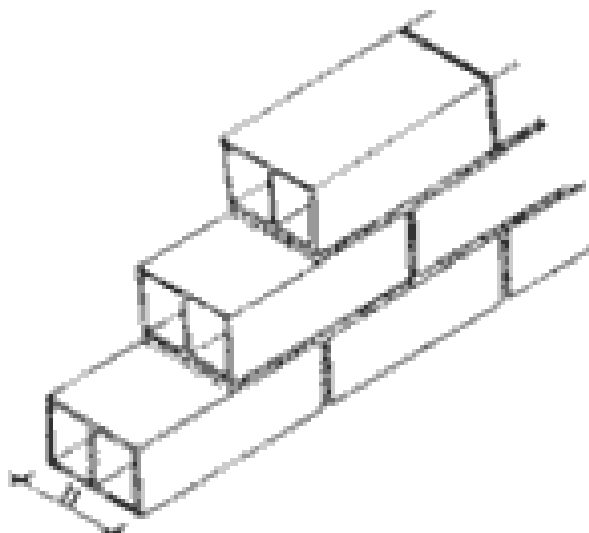


Figura 27 - Esquema construtivo de parede de meia vez
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.7.3. Parede de uma vez

Neste caso, os tijolos eram colocados como se de perpianhos de pedra se tratassem, dado que a espessura da parede era igual ao seu comprimento.

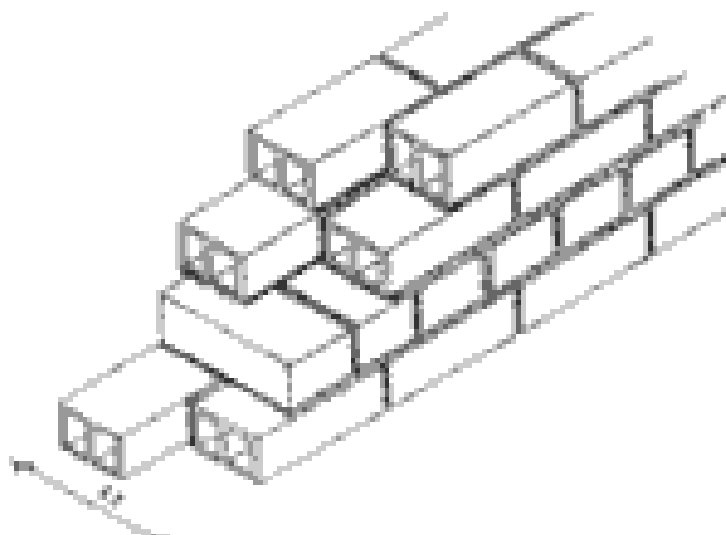
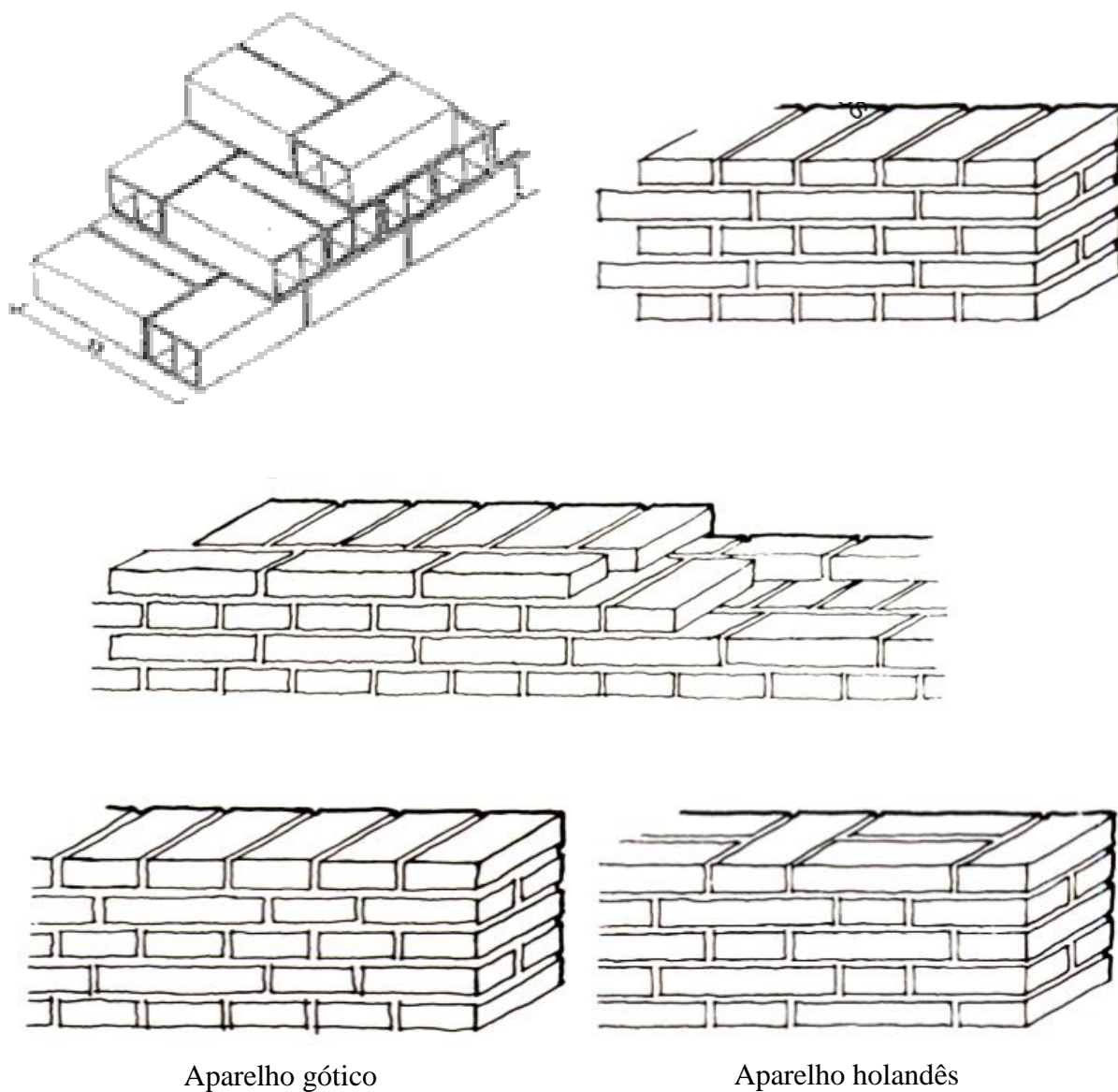


Figura 28 - Esquema construtivo de parede de uma vez
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

3.7.4. Parede de uma vez e meia e mais de uma vez e meia

Os tijolos numa parede de vez e meia, com uma espessura de 0,35m, podiam ser dispostos de várias formas, sendo a que corresponde à colocação de cada fiada de uma fila de tijolos a uma vez e outra a meia vez, a mais usual. Na fiada seguinte estas fiadas eram alternadas.



Aparelho gótico

Aparelho holandês

Figura 29 - Exemplos construtivos de parede de uma vez e meia e mais de uma vez e meia
(<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>)

Capítulo 4

Revestimentos tradicionais

4. REVESTIMENTOS TRADICIONAIS

Os revestimentos de paredes exteriores e interiores são uma proteção aos paramentos dos edifícios, e muito importantes para evitar patologias, relacionadas com infiltrações de águas e vaporizações. O paramento sobre o qual vai ser aplicado o revestimento pode ser, por exemplo, em alvenarias de pedra naturais ou artificiais, madeira e betão.

Os revestimentos exteriores têm de garantir a estanquidade à água exigível ao conjunto parede-revestimento.

Os revestimentos de impermeabilização devem limitar a quantidade de água que atinge o suporte, embora seja o conjunto parede-revestimento que assegura a estanquidade requerida.

São considerados os revestimentos tradicionais de ligantes hidráulicos, que são designados por rebocos e os revestimentos não tradicionais de ligantes hidráulicos para impermeabilização de paramentos exteriores de paredes.

De acordo com o art.º 75 do RGE (CSOPT, 2004): Os revestimentos de paredes, exteriores e interiores, devem ser compatíveis com a natureza e a função dos respetivos suportes, assim como conferir aos paramentos uma superfície sem defeitos e com características que facilitem a respetiva limpeza e resistência mecânica satisfatória às ações de abrasão, riscagem, choque e outras, quando confinem com espaços de passagem, públicos ou de uso comum.

Os revestimentos devem também, de ser coesos e aderentes aos respetivos suportes, e apresentar resistência às ações climáticas decorrentes da exposição e às ações provenientes da utilização normal, mantendo as características e aspeto por um período de tempo compatível com a dificuldade e o custo de manutenção e reparação.

Nos revestimentos exteriores de paredes em elevação, devem promover a passagem para o exterior do vapor de água gerado no interior do edifício, satisfazendo as exigências de estanquidade às águas da chuva e que evitem as reflexões de luz solar incómodas para os utentes dos edifícios vizinhos e perigosas para a circulação de pessoas e veículos.

Os paramentos interiores das paredes de compartimentos ou espaços onde se produzam vapores excessivos ou se preparem alimentos (locais onde ocorrem humidades), devem ser protegidos com lambris de altura adequada à sua utilização e não inferior a 1,50 m e constituídos por materiais de natureza ajustada a essa utilização, facilmente laváveis, impermeáveis à água e resistentes à ação das gorduras e de produtos de limpeza ou de desinfeção.

Os revestimentos devem ter alguns requisitos, nomeadamente:

- Segurança contra incêndios;
- Estanquidade à água;
- Termo-higrometria (calor, humidades, condensações)
- Conforto acústico e tátil (tempo de reverberação, aspereza, pegajosidade)
- Decorativas (homogeneidade da cor e planeza)
- Condições de higiene (resistentes às limpezas)
- Adequado ao uso específico (choque, atrito, água e aderência);
- Compatibilidade com os paramentos (geometria, mecânica e química);
- Economicamente viável.

De seguida apresenta-se as exigências funcionais dos revestimentos para revestimentos de paredes exteriores:

- Estanquidade à água: Os revestimentos devem garantir por si só a estanquidade à água exigível ao conjunto tosco da parede – revestimento.
- Impermeabilidade: Conferir o complemento de impermeabilidade à água necessário para que o conjunto parede - revestimento seja estanque.
- Isolamento: Conferir o complemento de isolamento térmico necessário ao conjunto parede – revestimento.
- Acabamento: Confere um aspeto agradável às paredes.

Tal como foi apresentado anteriormente as exigências funcionais dos revestimentos de paredes exteriores, também se indicam as exigências funcionais das paredes interiores:

- Regularização: é o que proporciona à parede planeza, verticalidade e regularidade superficial.
- Acabamento: Proporciona à parede um complemento de regularização, garantindo um aspeto visual agradável.
- Resistência à água: constitui a camada de acabamento das paredes nos locais onde a presença de água é frequente ou a limpeza é feita por via húmida.
- Decoração: proporcionam o aspeto pretendido pelo dono de obra em termos de conforto visual, quando as camadas subjacentes não o fizerem por si só.

Nas seguintes tabelas apresentam-se os principais tipos de revestimentos.

Tabela 3 - Tipos principais de revestimentos interiores de parede

Classificação Funcional	Tipos principais de revestimentos interiores de parede
Revestimentos de regularização	Rebocos tradicionais
	Rebocos pré-doseados
	Revestimentos de ligante misto
	Estuques tradicionais de gesso e cal
	Estuques pré-doseados de gesso
	Estuques pré-doseados sintéticos
Revestimentos de acabamento	Estuques tradicionais de gesso e cal
	Estuques pré-doseados de gesso
	Estuques pré-doseados sintéticos
Revestimentos resistentes à água	Revestimentos cerâmicos colados
	Revestimentos de pedra natural colados
	Revestimentos de pedra artificial colados
	Revestimentos epóxicos
	Revestimentos de ligante sintético (esmaltes e vernizes)
Revestimentos decorativos	Revestimentos em rolo (de papel, plásticos, têxteis e de cortiça)
	Revestimentos de placas de aglomerado de cortiça expandida
	Revestimentos por pintura

Tabela 4 - Tipos principais de revestimentos exteriores de parede

Classificação Funcional	Tipos principais de revestimentos exteriores de parede
Revestimentos de estanquidade	Placas de pedra natural fixadas mecanicamente ao suporte, com lâmina de ar.
	Placas de outros materiais fixadas mecanicamente ao suporte, com lâmina de ar.
	Revestimentos de ligante sintético armados
Revestimentos de impermeabilização	Rebocos tradicionais
	Rebocos pré-doseados (monocamada ou outros)
	Revestimentos de ligante misto (cimento e resina)
	Revestimentos de ligante sintético
Revestimentos de isolamento térmico	Revestimentos por elementos descontínuos independentes com isolante na caixa-de-ar.
	Revestimentos por componentes isolantes
	Revestimentos aplicados sobre isolantes (ETICS)
Revestimentos de acabamento	Revestimentos por elementos descontínuos colados ou fixados mecanicamente sem lâmina de ar (ladrilhos, azulejos)
	Revestimentos por pintura

Capítulo 5

Caso de Estudio – Casa InovaDomus

5. CASO DE ESTUDO – CASA INOVADOMUS

A presente moradia foi construída no séc. XX, durante os anos 30, apresenta uma área de 183m² e uma altura aproximadamente de 11m, sendo que;

- o piso 0 (R/C) tem uma altura de 2,26m;
- o piso 1 (1º andar) tem 3,80m;
- o piso 2 (sótão) tem altura de 3,65m.

O Rés-do-chão, da moradia, é constituído por 11 compartimentos, o 1º andar por 12 e o sótão por quatro compartimentos. Tanto as paredes exteriores como as interiores são constituídas maioritariamente por tijolo vazado, sendo esta a alvenaria original, contudo já é possível encontrar algumas paredes interiores constituídas por tijolo recente, assim como gesso cartonado e aglomerado de madeira. A espessura destas paredes varia de acordo com o material utilizado na sua realização, o que possibilita encontrar paredes exteriores com 52 cm de espessura e ainda paredes com 14 cm no interior (InovaDomus Estrutural, 2003).

O pavimento do piso térreo é constituído por betonilha, já o piso 1 é composto por estrutura de betão armado e de madeira, enquanto o piso 2 encontra-se realizado em estrutura de madeira. Na figura 2 é possível conhecer a Casa InovaDomus (InovaDomus Estrutural, 2003).



Figura 30 - Apresentação da Casa InovaDomus

(<http://www.inovadomus.pt/>)

5.1. Caracterização de cobertura

A cobertura desta moradia pode-se dividir na zona do corpo principal do edifício, constituída por um telhado de três águas com inclinações distintas, e o telhado na zona do torreão, composta por quatro águas com as mesmas inclinações. Na figura 3 é possível verificar as várias águas e inclinações.

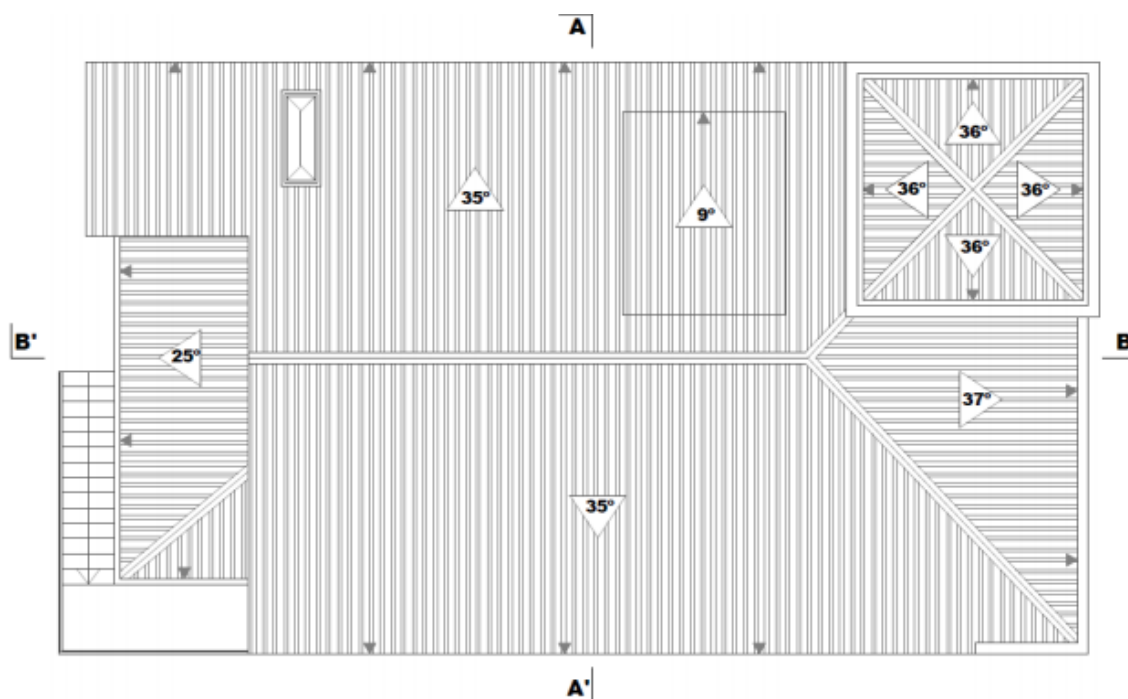


Figura 31 - Representação da cobertura (InovaDomus Estrutural)

Esta cobertura trata-se de uma cobertura tradicional com um esquema estrutural composto por madre, asnas, barrotes de cobertura (varas), ripas e telhas de cerâmica.

Foram realizados ensaios com o registógrafo e o pilodyn com o objetivo caracterizar de forma mais precisa os elementos estruturais de madeira na cobertura, permitindo assim saber onde se encontram as zonas mais degradadas, podres ou com vazios (InovaDomus Anomalias, 2003).

5.1.1. Madres

As madres têm como principal função de estabelecer a ligação entre as asnas da cobertura, e estas transmitem os esforços que procedem dos barrotes (varas) para as asnas. Estes elementos têm dimensões de 90x180 mm² e são colocados perpendicularmente em relação às asnas.

Empregou-se um calço triangular com um conetor metálico (prego) para fazer a ligação entre a madre e a asna (InovaDomus Anomalias, 2003).

A imagem infra**Erro! A origem da referência não foi encontrada.** (Figura 31) permite isualizar as madres, da cobertura.



Figura 32 - Apresentação das madres (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.1.2. Asnas

A cobertura desta moradia é composta por quatro asnas com as dimensões, apresentadas na tabela 1.

Tabela 5 - Secção das asnas (InovaDomus Anomalias, 2003)

Elemento	Secção transversal		Inclinação (°)
	b (mm)	h (mm)	
A1	85	180	35
A2	90	180	
A3	85	180	
A4 (canto)	100	200	30

Estas apresentam esforços axiais e de flexão que são provenientes do peso próprio dos elementos constituintes da cobertura, e pela atuação de ações assimétricas. Este suporta todo o peso da cobertura, transmitindo os esforços para a viga de pavimento onde esta está assente, transferindo assim os esforços para as paredes exteriores. A ligação da asna com a viga de

pavimento é feita por “dente simples anterior” que é feita de acordo com a seguinte figura (InovaDomus Anomalias, 2003).



Figura 33 - Ligação asnas com vigas (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.1.3. Barrotes (varas)

Os barrotes estão espaçados cerca de 0,55m a 0,60m entre si, e encontram-se apoiados na madre de cobertura, tendo como principal função de transmitir as cargas que advêm das telhas cerâmicas para as madres. A entrega dos barrotes no frechal é feita por um “dente simples posterior”.

Estes barrotes apresentam secções distintas entre si, existindo barrotes com uma secção transversal de 50x80 mm, enquanto outros apresentam dimensões 60x75 mm. Desta forma é possível garantir que a dimensão “b” varia entre 50 e os 75mm, já a dimensão “h” varia entre 75 e 85 mm. Todos estes barrotes apresentam uma inclinação idêntica de 35° (InovaDomus Anomalias,2003). Na seguinte figura (figura 33 - Barrotes de cobertura (InovaDomus Anomalias, 2003)) é possível visualizar os barrotes existentes na cobertura.



Figura 34 - Barrotes de cobertura (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.1.4. Ripas de madeira

As ripas são elementos estruturais que transmitem os esforços para os barrotes, estas têm dimensões de 40x20 mm², espaçadas entre si de 400 mm e estão assentes perpendicularmente aos barrotes e servem de suporte às telhas cerâmicas, tal como se pode verificar na figura seguinte (InovaDomus Anomalias, 2003).



Figura 35 - Ripas da cobertura (InovaDomus Anomalias)

5.2. Identificação do estado de degradação de cobertura

A deterioração da madeira deve-se ao teor de água presente nesta, sendo possível identificar duas situações para ocorrer a deterioração da madeira, a situação de imersão que é causada por fungos e bactérias de podridão mole, e a situação de secura que é provocada por térmitas da madeira seca e carunchos.

Nesta moradia é visível que as degradações dos elementos estruturais da cobertura são provocadas por térmitas, formigas-carpinteiro e carunchos que levam à criação de galerias e resultante descascamento da superfície da madeira, embora não haja risco de a madeira perder a sua resistência e características mecânicas

Na cobertura há muitas zonas que não são acessíveis, ou seja, é impossível fazer o levantamento das degradações nesses locais. Mas foi possível fazer o levantamento nas zonas indicadas na figura seguinte (InovaDomus Anomalias, 2003).

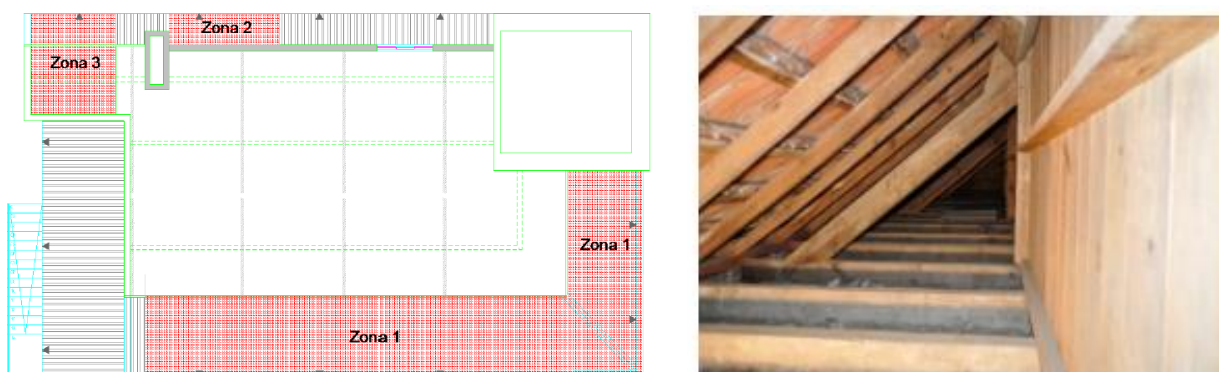


Figura 36 - Localização dos levantamentos das degradações (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.2.1. Zona 1

A madeira dos barrotes de cobertura apresenta manchas provocadas pela absorção de água, pois estes estão em contacto com o frechal que se encontra muito danificado.



Figura 37 - Degradação do frechal (InovaDomus Anomalias, 2003)

A má aplicação das telhas cerâmicas também origina infiltrações e degradação dos elementos estruturais.



Figura 38 - Deficiente colocação de telhas cerâmicas (InovaDomus Anomalias, 2003)

Também existe algum de descascamento da viga de pavimento.



Figura 39 - Diminuição da secção de vigas (InovaDomus Anomalias, 2003)

Existem pequenos furos na ripa devido a galerias resultantes do ataque de insetos, como se pode ver na figura seguinte.



Figura 40 - Presença de furos nas ripas (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.2.2. Zona 2

Não se encontram quaisquer tipos de degradações.

5.2.3. Zona 3

A tábua de pavimento está danificada, sendo o resultado de infiltrações em torno do tubo de canalização.

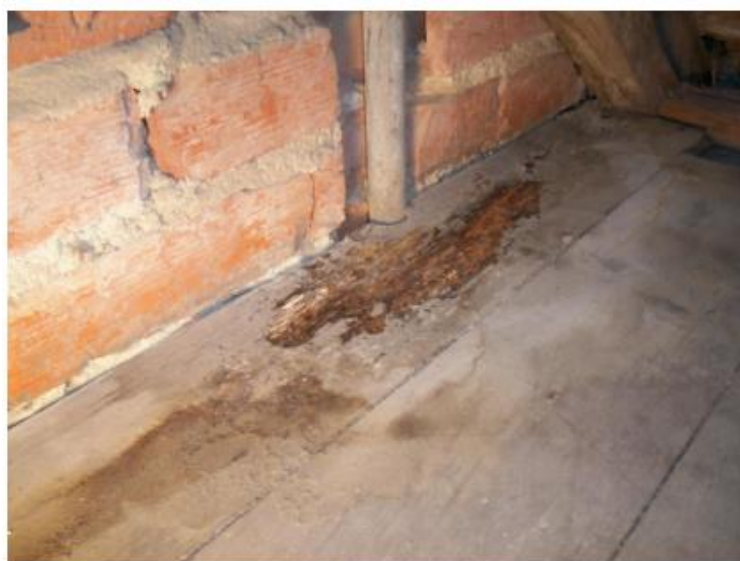


Figura 41 - Degradação provocada por infiltrações (InovaDomus Anomalias, 2003)

Nesta zona não se encontram mais degradações visíveis.

5.3. Caracterização de paredes

As paredes interiores e exteriores deste edificado são constituídas por tijolo vazado como material original. Foi realizada uma prospeção geofísica, recorrendo a ensaios de Radar na sede da InovaDomus, para se saber ao certo os materiais constituintes das paredes, o que veio comprovar que, a maioria das paredes da moradia são constituídas por tijolo vazado original. Estes ensaios foram realizados por uma das empresas colaboradoras do projeto, o grupo DRYAS OCTOPETALA, estes ensaios foram iniciados no dia 13 de dezembro de 2012. Na figura infra está representado um radargrama obtido durante a prospeção efetuada (InovaDomus Estrutural, 2003).

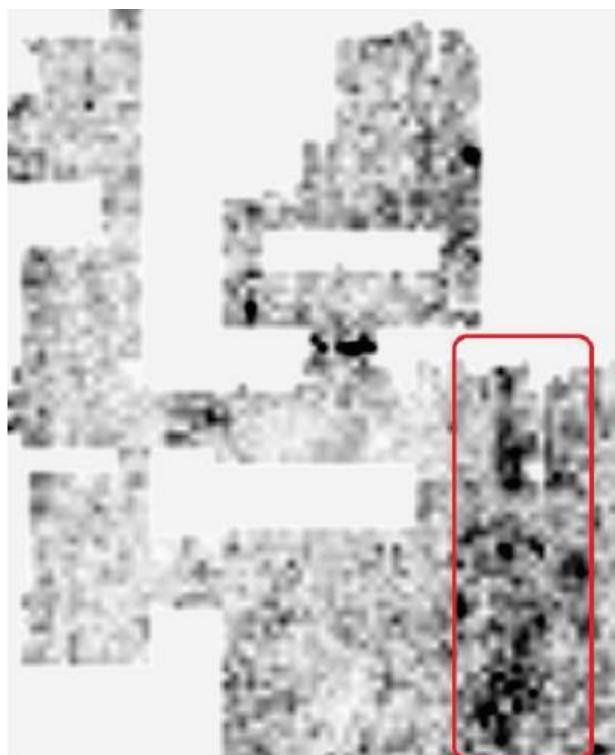


Figura 42 - Identificação das fundações de uma parede removida -ao nível do piso 0 (InovaDomus Anomalias, 2003)

Com a realização desta prospeção, foi possível conseguir bastante informação acerca de algumas paredes da sede da InovaDomus, tais como o material constituinte das paredes, assim como uma maior pormenorização acerca de eventuais anomalias existentes. Também permitiu confirmar algumas suspeitas levantadas durante as inspeções visuais referentes a algumas paredes do edificado que se pensavam não serem as originais, ou constituídas pelo material original. A realização da segunda prospeção com georadar no edificado foi orientada para a identificação do material constituinte de algumas paredes do piso 0 que se suspeita serem posteriores. Este trabalho pormenorizado ao nível do piso térreo deve-se às alterações significativas ocorridas no piso térreo, pelo que não se pode assumir que todas as paredes apresentam a mesma composição. De seguida serão apresentados com mais pormenor o material constituinte, espessura e descrição estrutural das paredes (InovaDomus Anomalias, 2003).

5.3.1. Material constituinte

O material constituinte de praticamente todas as paredes do piso 0, trata-se de um tijolo vazado (original), que apresenta dimensões de cerca de 300 x 80 mm, em que vai variando a profundidade mediante a aplicação do mesmo.

A planta acima apresentada resulta dos ensaios realizados no piso térreo – prospeções com georradar, inspeções visuais, sobreposição de plantas dos pisos bem como videoscópio. Estes ensaios permitiram verificar que o material original se encontra aplicado em todas as paredes exteriores com exceção de onde sofreu alterações, como é o caso da fachada lateral esquerda do piso 0 e na maioria das paredes interiores (InovaDomus Anomalias, 2003).

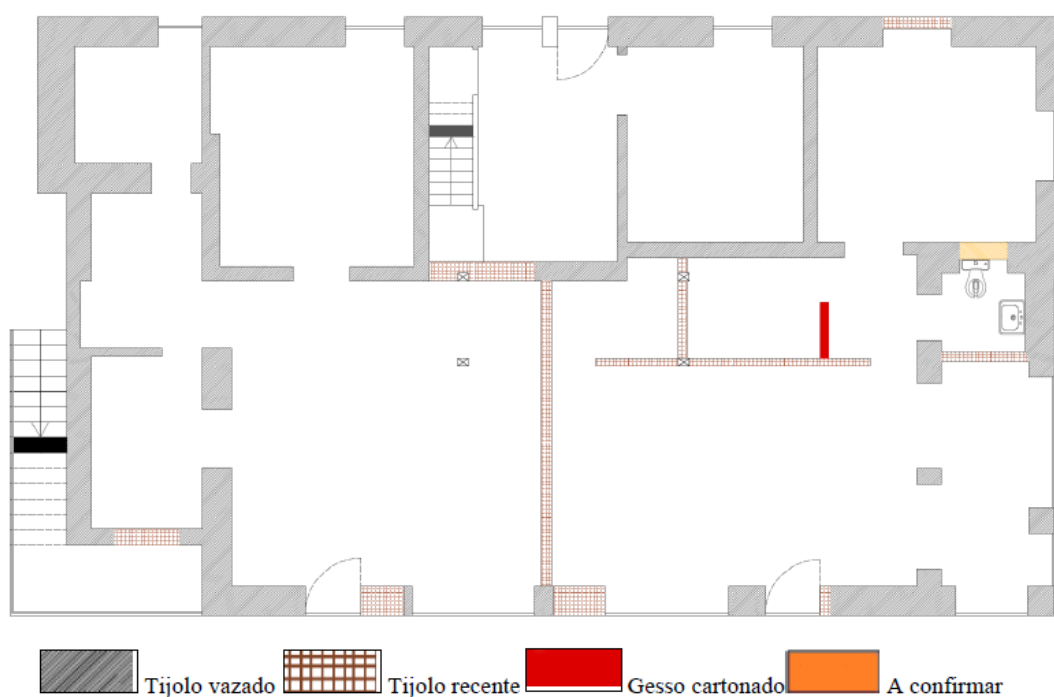


Figura 43 - Materiais constituintes das paredes do piso 0 (InovaDomus Anomalias, 2003)

Foi possível identificar 4 materiais distintos:

- Tijolo vazado – Alvenaria original;
- Tijolo regular (30x20) – Alvenaria recente;
- Gesso cartonado;
- Betão armado – Pilares.

Com esta planta resultante do estudo efetuado, foi possível estabelecer uma distinção, ao nível das paredes interiores, entre o que é original e o que foi criado posteriormente.

De modo a não dificultar a interpretação da planta relativa ao piso térreo, optou-se por não se colocar os elementos estruturais em betão armado (vigas), visto que os mesmos se encontram no alinhamento das paredes interiores do respetivo piso (InovaDomus Anomalias, 2003).

Existe uma parte de parede interior situada na instalação sanitária que não se conseguiu confirmar o seu material constituinte, como se pode verificar na imagem supra.

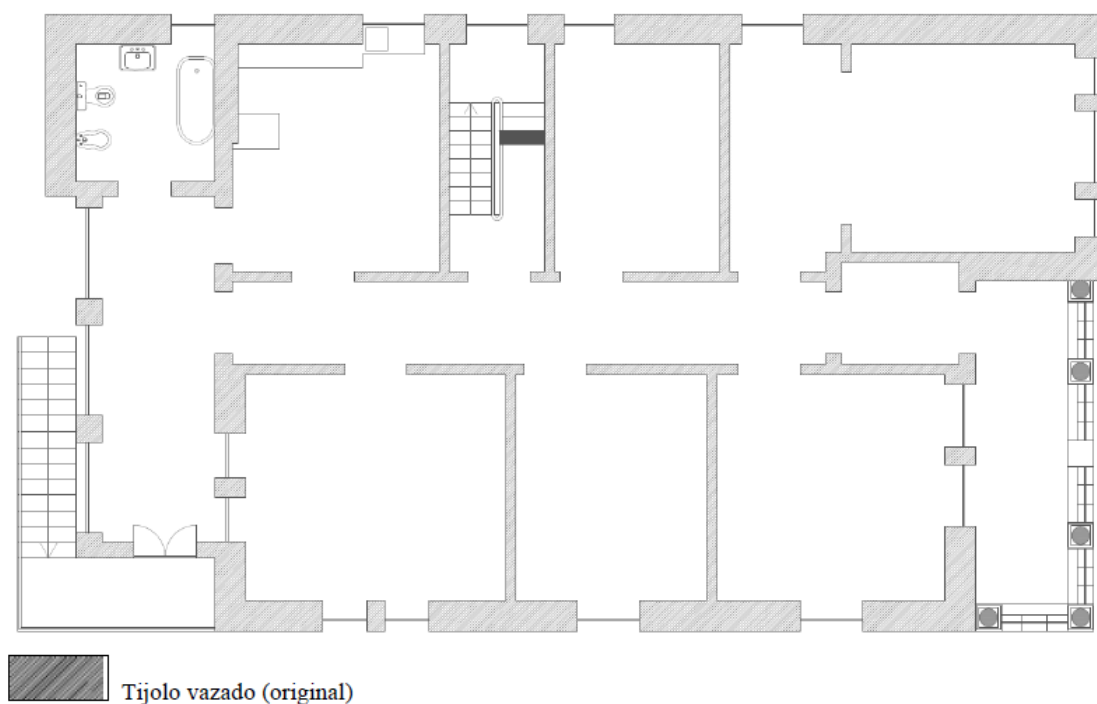


Figura 44 - Materiais constituintes das paredes do piso 1 (InovaDomus Anomalias, 2003)

Com base nos ensaios efetuados, e com base na planta efetuada, verifica-se que as paredes do piso 1 se encontram construídas em tijolo vazado, sendo este o original.

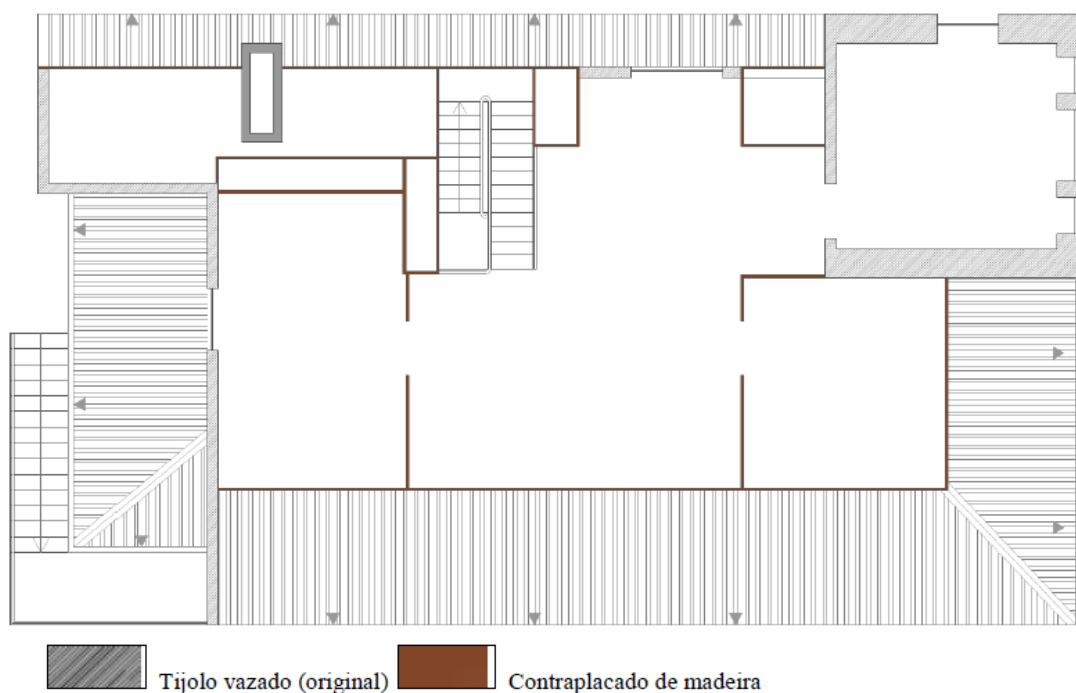


Figura 45 - Materiais constituintes das paredes do piso 2 (InovaDomus Anomalias, 2003)

O piso 2, ou seja, o sótão do edificado apresenta paredes divisórias construídas em aglomerado de madeira, exceto na zona do torreão, pois trata-se de uma área de paredes originais, constituídas por tijolo vazado original.

5.3.2. Espessura

Depois de efetuado um estudo in situ e com o auxílio do varrimento laser realizado pelo grupo DRYAS OCTOPETALA, foi possível obter com maior precisão as espessuras de todas as paredes por piso do edificado. Então foi possível compilar os dados em tabelas por piso com a identificação de cada parede, o material constituinte e a respetiva espessura (InovaDomus Anomalias, 2003).

Assim é possível concluir que as paredes deste edificado relativamente ao piso 0 as espessuras variam entre 12 e 52 cm. Verificou-se que as espessuras maiores correspondem às paredes construídas com tijolo vazado - original e as paredes construídas com espessuras menores correspondem a tijolo cerâmico - posterior. No piso 1 as espessuras das paredes variam entre 14 e 52 cm, embora se tenha chegado à conclusão de que todas as paredes são constituídas por tijolo vazado - original. Por fim, no piso 2 as espessuras das paredes constituídas por tijolo

vazado original variam entre 17 e 52 cm, e as paredes construídas em aglomerado de madeira (paredes simplesmente divisórias, sem qualquer função estrutural) têm uma espessura de 5 cm.

5.3.3. Descrição estrutural

Tendo sempre em atenção que as alvenarias num edifício apresentam um elevado peso por metro linear e como se trata de uma estrutura antiga com pavimento de madeira, é de extrema importância a análise estrutural e disposição das paredes.

Desta forma, foi realizada a análise da sobreposição das plantas do piso térreo e piso 1, com vista a tornar possível a observação do modo como são resolvidas as transmissões de cargas, bem como a identificação de um potencial problema de concentração das mesmas, resultante da supressão de um elemento estrutural.

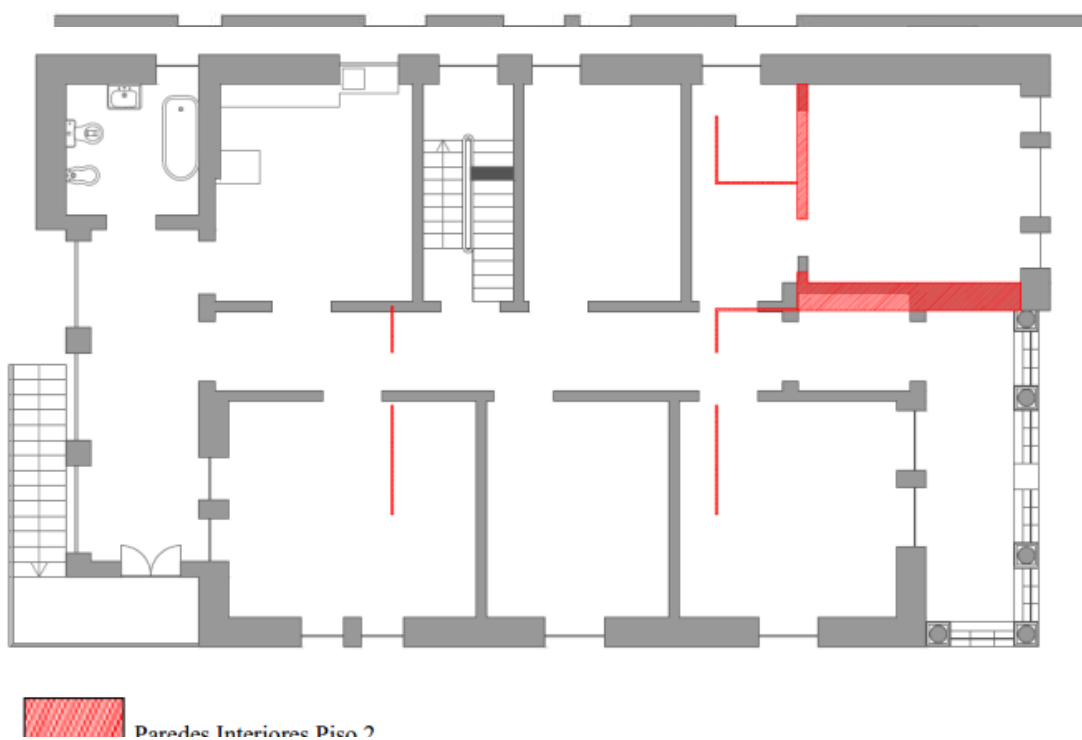


Figura 46 - Planta com sobreposição das paredes do piso 1. Piso térreo (InovaDomus Anomalias, 2003)

Figura 47 - Planta com sobreposição das paredes interiores do piso 2. Piso 1 (InovaDomus Anomalias, 2003)

Analisando o resultado da sobreposição das plantas é possível verificar que as paredes exteriores conseguem facilmente realizar a transmissão de cargas, já que as paredes do piso 1 descarregam diretamente nas paredes do piso térreo. Já as paredes perpendiculares à fachada

principal, ou seja, as paredes que constituem o corredor central do piso 1, descarregam sobre os elementos estruturais em betão armado existentes no piso térreo – vigas e pilares.

Contudo existem dois pontos que requerem maior atenção, pontos A e B, visto que o peso próprio das paredes não é transmitido diretamente para outras paredes ou elementos estruturais, do piso térreo, da casa. Isto deve-se às alterações que ocorreram no mesmo – remoção de paredes e consequente introdução de reforços estruturais no sentido de colmatar essa lacuna (InovaDomus Anomalias, 2003).

A figura seguinte representa o reforço realizado, onde é observado o reforço de betão armado envolvido por duas vigas de madeira em todo o seu comprimento.



Figura 48 - Reforço de betão envolvido por duas vigas de madeira no local da parede removida (InovaDomus Anomalias, 2003)

5.4. Caracterização de revestimentos

Na caracterização dos revestimentos exteriores pode-se verificar que tal como era comum no início do Século XX, as paredes exteriores encontram-se revestidas com reboco de argamassa de areia e cal aérea com acabamento em caição branca e pontualmente em rosa.

É ainda possível encontrar apontamentos de cantaria com função decorativa no revestimento das fachadas.



Figura 49 - Pormenor de revestimentos exteriores de paredes

(<http://www.construir.pt/2013/05/28/innovadomus-assina-cinco-novas-parcerias-para-projecto-reabilitadomus/>)

Relativamente ao revestimento do telhado, a Casa InovaDomus não foge à tradição portuguesa e apresenta uma telha cerâmica do tipo marselha.



Figura 50 - Apresentação de telhado da Casa InovaDomus

(<http://www.noticiasdeaveiro.pt/pt/26008/casa-em-ilhavo-sera-laboratorio-de-boas-praticas-de-reabilitacao-urbana>)

O que diz respeito aos revestimentos interiores é possível definir um revestimento como mais utilizado, por se encontra tanto em grande parte das paredes e tetos, o estuque.

A utilização de estuque como revestimento de paredes e tetos era comum nos anos 30 em Portugal, por permitir imitar, através da sua pintura, acabamentos em pedra natural ou madeiras nobres. Sendo também um revestimento económico.

Na figura seguinte apresenta-se exemplo de um teto e parede estucado, existente no Casa.



Figura 51 – Pormenor de estuque de teto trabalhado (InovaDomus Anomalias, 2003)



Figura 52 - Pormenor de parede estucada (InovaDomus Anomalias, 2003)

Além do estuque aplicado em paredes também se constata a aplicação de revestimento cerâmico decorativo, nas áreas onde é previsível a existência de maiores humidades (WC's e cozinha), tal como se exemplifica na seguinte imagem.



Figura 53 - Exemplo de revestimento cerâmico aplicado em paredes interiores (InovaDomus Anomalias, 2003)

Capítulo 6

Análise de soluções

6. ANÁLISE DE SOLUÇÕES

Para a caracterização dos materiais de edificado antigo tem de ser realizado, optou-se pela análise da cobertura e de revestimentos utilizados no caso de estudo.

De forma a realizar a caracterização da cobertura da Casa InovaDomus optou-se por realizar a análise da cobertura existente e apresentar 4 soluções de renovação da mesma que permitam garantir melhores condições de utilização da Casa InovaDomus, no âmbito do utilizador.

De forma a realizar uma caracterização dos materiais utilizados na construção da Casa Inovadomus, foram realizadas recolhas de amostras de revestimentos construtivos. As amostras recolhidas são referentes a várias localizações, tanto interiores como exteriores.

6.1. Cobertura

A escolha dos materiais para a cobertura deve ser realizada com o máximo cuidado e deve ter sempre como foco a capacidade de implementar uma solução capaz de garantir uma boa performance térmica e acústica do edifício (Almeida, et al., 2014)

Na cobertura da casa InovaDomus optou-se pela realização de 4 soluções distintas, devendo cada um ser aplicada em cada uma das águas que a compõem. Estas soluções visam atingir uma melhoria do isolamento térmico e acústico assim como melhor desempenho em termos de durabilidade e conseqüentemente o custo.

A aplicação de quatro soluções diferentes, em três águas diferentes, tem como objetivo permitir perceber de que forma a alteração das espessuras, eliminação e mudança de elementos construtivos conseguem trazer uma melhoria para o utilizador, tendo sempre em atenção a relação custo/conforto. Em todo o processo procurou-se garantir uma espessura muito próxima entre todas as soluções.

6.1.1. Solução 0

A solução 0 representa a solução de cobertura atualmente existente, esta é constituída essencialmente por telha cerâmica e estrutura de suporte das telhas.

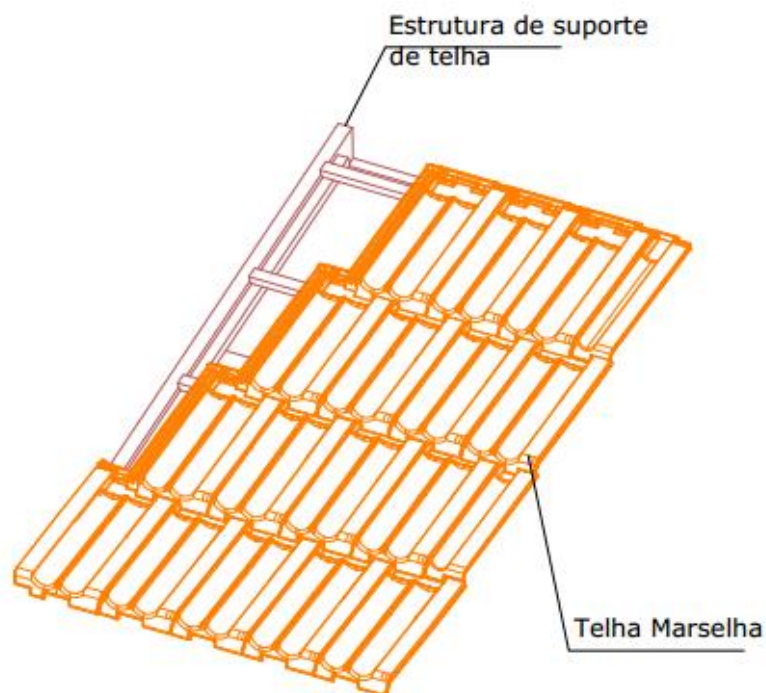


Figura 54 – Pormenor Solução 0

6.1.2. Solução 1

Na primeira solução adotada apresenta-se como a mais simples das três, sendo composta essencialmente por:

1. Telha marselha;
2. Fibrocimento com poliuretano;
3. Sarrafos;
4. Abeto,

O fibrocimento será realizado pela empresa Umbelino Monteiro, sendo completamente livres de amianto e outro qualquer tipo de contaminante. O fibrocimento apresenta nos nossos dias garantias de uma boa estanquidade durante o tempo de vida útil, sem necessitar de uma elevada manutenção, por estas razões pode-se indicar o fibrocimento como uma boa solução para coberturas (U.M.SOLUÇÕES).

O fibrocimento quando combinado com telhas cerâmicas permitem atingir uma maior estanquidade e ainda garante uma melhoria térmica da solução idealizada (U.M.CANUDO).

Na próxima figura apresenta-se um esquema da solução adotada.

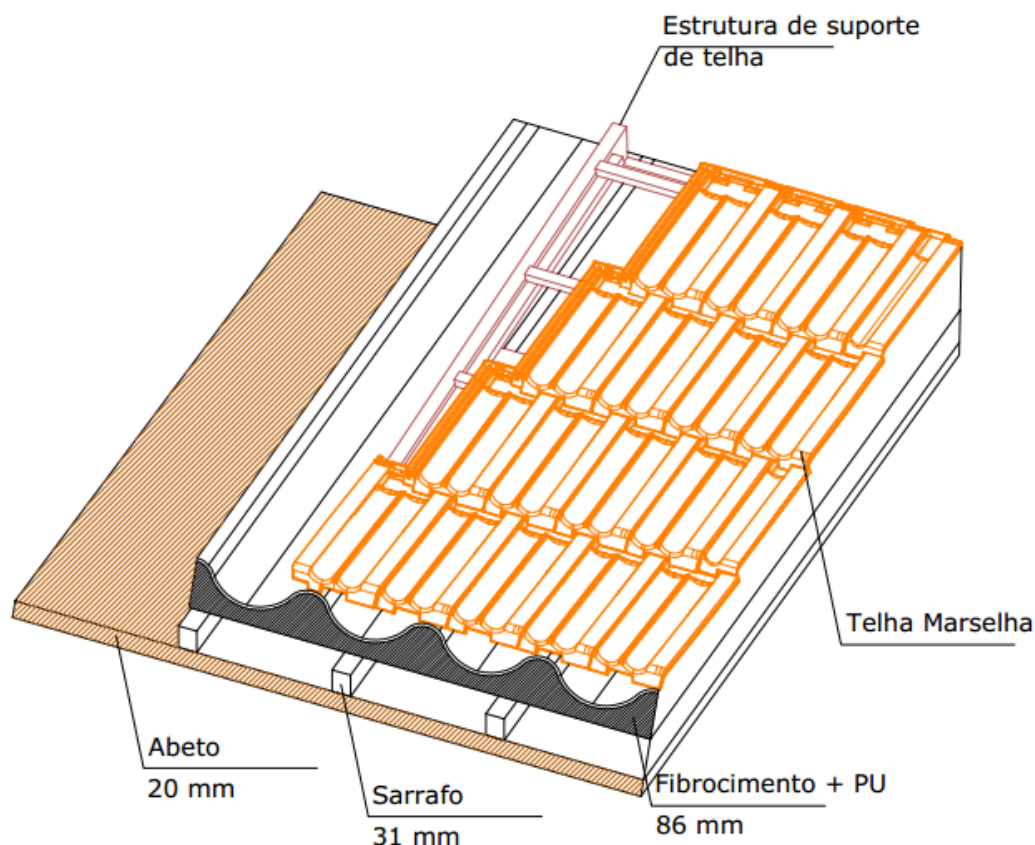


Figura 55 - Pormenor Solução 1

6.1.3. Solução 2

No que diz respeito à segunda solução, esta passa a contar com isolamento XPS com uma espessura de 70 mm e uma subtelha em fibrocimento sem poliuretano e um acabamento em placas de OSB de 10 mm.

O isolamento térmico idealizado em XPS, será realizado com FIBRAN xps , pertencente à empresa FIBRAN, este é um isolante térmico de placas rígidas de espuma de Poliestireno expandido extrudido (XPS), com placas de dimensões 1250x600 mm. Este material pode ser aplicado tanto em coberturas como em envolventes verticais (paredes).

O isolamento FIBRAN xps apresente as seguintes características (“FIBRAN” – FIBRAN ENERGY SHIELD, 2015):

- Insensibilidade à absorção de água, por ter uma estrutura molecular de célula fechada;
- Baixa condutibilidade térmica e excelente resistência térmica;
- Elevada resistência à compressão;
- Elevada estabilidade dimensional;

- Insensibilidade ao ataque de ácidos e bases;
- Gás expensor isento de cloro (sem CFC nem HCFC);
- Propriedades estáveis ao longo do tempo.

Na Figura 16 é possível encontrar desenhos de pormenores da solução 2.

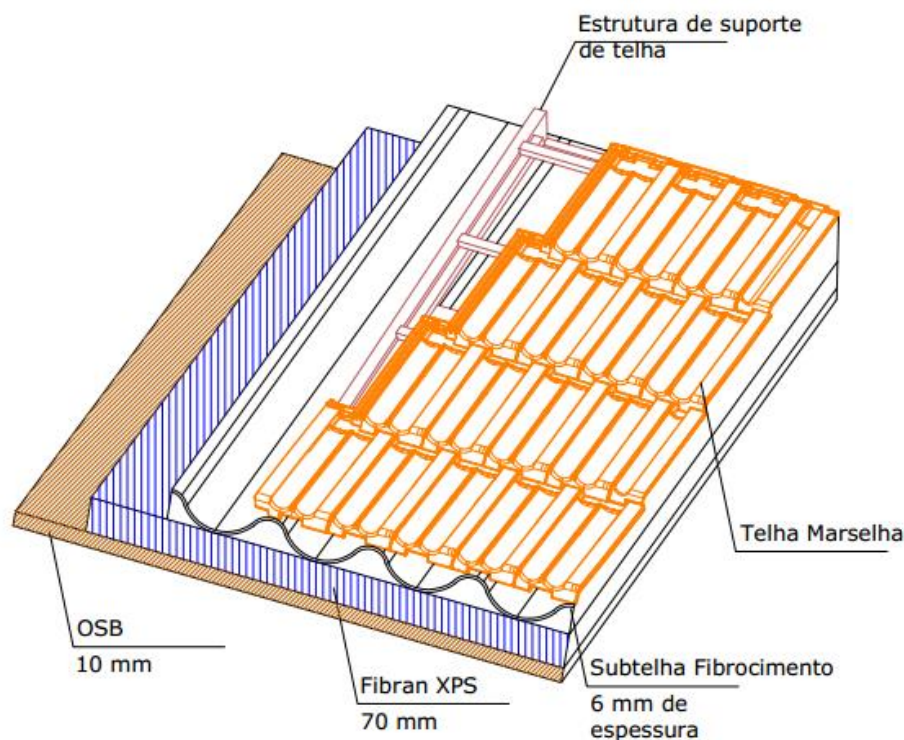


Figura 56 - Pormenor Solução 2

6.1.4. Solução 3

Esta Solução passa pela utilização da mesma Subtelha em Fibrocimento e de duas placas de cortiça, uma de 60 mm e outra com 20 mm.

"A cortiça corresponde na perfeição aos objetivos da construção sustentável e da sociedade contemporânea, preocupada com a ecologia e o planeta." (Corticeira Amorim).

O isolamento em cortiça será fabricado pela Sedacor, pertencente ao grupo JPScorkgroup, em placas de 1000x500 mm.

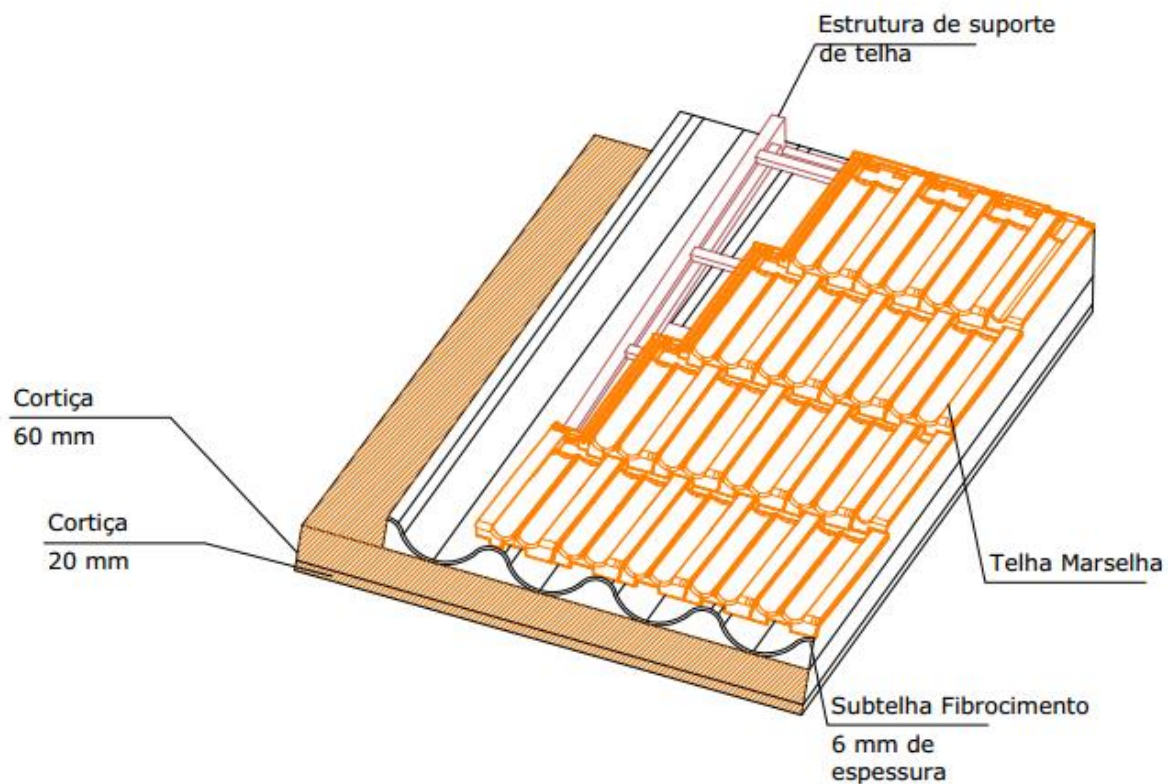


Figura 57 - Pormenor Solução 3

6.1.5. Solução 4

Na solução final a aplicar optou-se por uma junção das três soluções anteriores, tendo-se obtido uma cobertura com telha marselha, subtelha em fibrocimento com poliuretano, isolamento térmico idealizado em XPS e Placas de cortiça, com um acabamento em gesso cartonado.

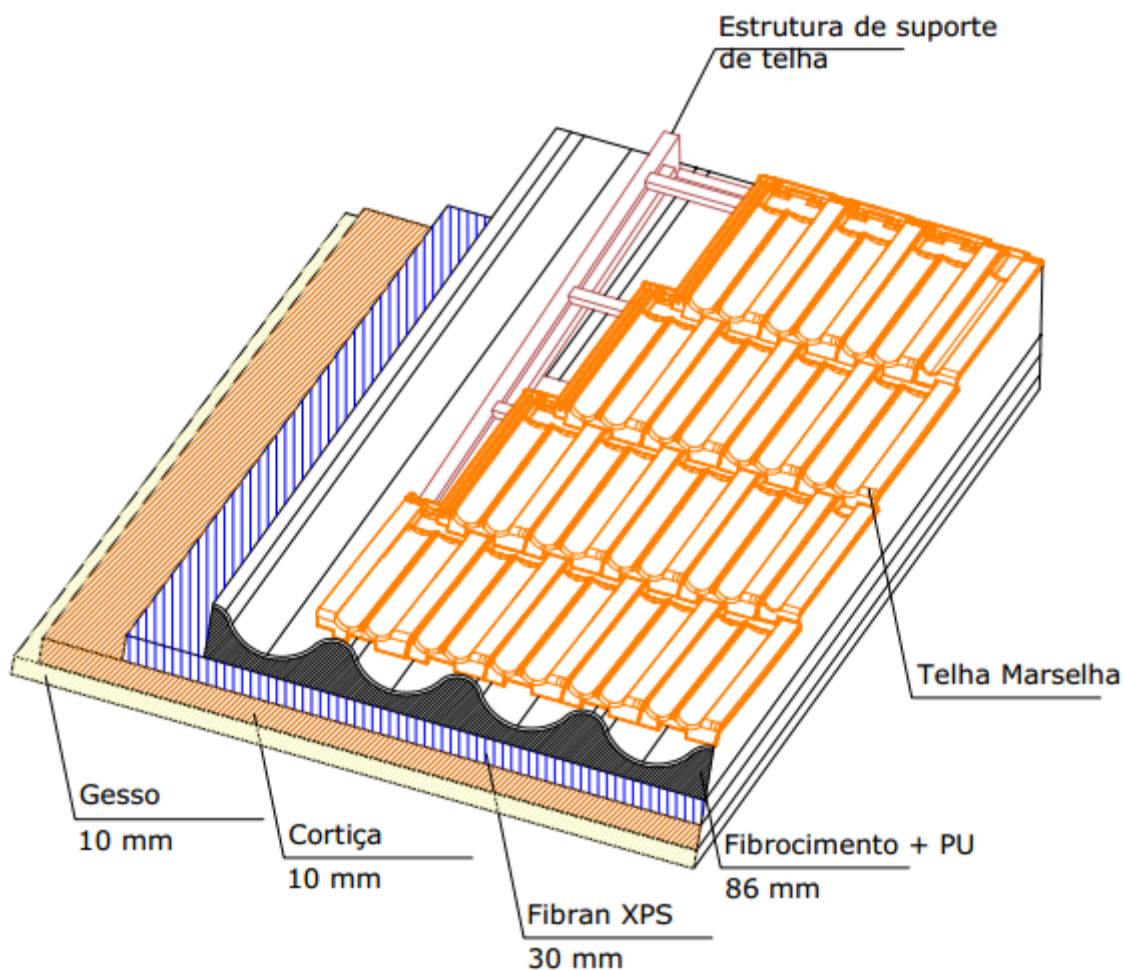


Figura 58 - Pormenor Solução 4

6.2. Análise das soluções de cobertura

6.2.1. Análise térmica

A propriedade térmica que caracteriza os elementos opacos ou materiais termicamente homogêneos é a condutibilidade térmica (λ , [W/m°C]). Esta propriedade representa a quantidade de calor que consegue atravessar um material, com uma espessura unitária (em metros), sempre que entre as duas faces do material estabeleça um défice de temperatura.

No sentido da importância que a térmica tem vindo a ganhar na construção, todos os materiais utilizados em construções têm um valor de condutibilidade térmica definido, pelo fabricante. Noutro sentido, os fabricantes em vez de apresentarem o coeficiente de transmissão térmica,

podem apresentar a resistência térmica (R , [$\text{m}^2\text{C}/\text{W}$]). Resistência térmica representa, tal como o nome indica, a resistência do material em permitir a passagem de calor/frio.

Tendo em atenção as duas grandezas anteriores, em conjunto com a espessura do(s) material em estudo) permite realizar o cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U , [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]). A seguinte fórmula é utilizada para calcular o coeficiente de transmissão térmica (U) por m^2 de material em estudo.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{material} + R_{se}}$$

O cálculo da resistência dos materiais quando não é fornecida também pode ser calculada de acordo com a seguinte equação:

$$R_{material} = \frac{\textit{espessura}}{\lambda}$$

Em que a espessura corresponde à espessura do material e λ corresponde à condutibilidade térmica do material.

Na primeira equação é possível verificar a existência de duas resistências térmicas superficiais, exterior e interior (R_{se} e R_{si} , respetivamente). Estas resistências superficiais representam a resistência que o ar provoca na superfície dos materiais, por convecção.

A caracterização de coberturas inclinadas deve ser agrupada sempre em dois grupos, definidos pelo local da colocação dos materiais isolantes térmicos. Ou seja, é possível ter coberturas inclinadas com isolamento nas vertentes ou coberturas inclinadas com isolamento térmico sobre a esteira.

A primeira solução apenas deve ser considerada quando as vertentes constituem o teto de um espaço habitado ou em casos onde não exista uma esteira horizontal. A segunda opção deve apenas ser considerada quando o desvão da cobertura não é habitado (zona não acessível ou zona de arrumos). A aplicação de isolamento térmico nas vertentes, quando o desvão é não habitado, leva à climatização de um espaço que não necessita de climatização, conduzindo a uma perda de eficácia do isolamento térmico, outro problema da utilização de isolamento nas vertentes centra-se no bloqueio da ventilação do espaço.

No presente subcapítulo são apresentadas várias tabelas com cálculos térmicos realizados para as quatro soluções.

Para realizar o cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U) foram utilizados os dados térmicos, já identificados anteriormente, de cada material aplicado na respetiva solução. Estes

foram obtidos junto dos fabricantes, na falta desta informação técnica foram utilizados os valores de referência indicados no ITE50, do LNEC.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os cálculos realizados.

Tabela 6 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico ($W/m^2\text{°C}$) para Solução 1

Elemento: Cob Ext (Asc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento c/PU	0,086	-	2,73
Zona de ar	0,031	-	0,18
Abeto	0,02	-	0,30
Rsi	0,147		0,1
Rse			0,04
Rsi+ Σ Rj+Rse=			3,37
U=			0,297 $W/m^2\text{°C}$
			<1,0 OK

Elemento: Cob Ext (Desc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento c/PU	0,086	0,5	2,73
Zona de ar	0,031	-	0,18
Abeto	0,02	-	0,30
Rsi			0,17
Rse			0,04
Rsi+ Σ Rj+Rse=			3,44
U=			0,291 $W/m^2\text{°C}$
			<1,0 OK

Tabela 7 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico ($W/m^2\text{°C}$) para Solução 2

Elemento: Cob Ext (Asc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento	0,006	-	0,02
Espaço de ar	0,051	-	0,18
Fibran XPS	0,07	0,034	2,06
OSB	0,01	0,13	0,08
Rsi			0,1
Rse			0,04
Rsi+ ΣR_j +Rse=			2,49
U=			0,401
			<1,0
			OK

Elemento: Cob Ext (Desc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento	0,006	-	0,02
Espaço de ar	0,051	-	0,18
Fibran XPS	0,07	0,034	2,06
OSB	0,01	0,13	0,08
Rsi			0,17
Rse			0,04
Rsi+ ΣR_j +Rse=			2,56
U=			0,390
			<1,0
			OK

Tabela 8 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico ($W/m^2\text{°C}$) para Solução 3

Elemento: Cob Ext (Asc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento	0,006	-	0,02
Espaço de ar	0,051	-	0,18
Cortiça Sedacor	0,06	0,04	1,50
Cortiça Sedacor	0,02	0,04	0,50
Rsi			0,1
Rse			0,04
$R_{si}+\Sigma R_j+R_{se}=\$			2,36
$U=\$			0,424
			<1,0
			OK

Elemento: Cob Ext (Desc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento	0,006	-	0,02
Espaço de ar	0,051	-	0,18
Cortiça Sedacor	0,06	0,04	1,50
Cortiça Sedacor	0,02	0,04	0,50
Rsi			0,17
Rse			0,04
$R_{si}+\Sigma R_j+R_{se}=\$			2,43
$U=\$			0,412
			<1,0
			OK

Tabela 9 - Cálculo de coeficiente de transmissão térmico ($W/m^2\text{°C}$) para Solução 4

Elemento: Cob Ext (Asc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento c/PU	0,077	-	2,73
Cortiça Sedacor	0,01	0,04	0,25
Fibran XPS	0,03	0,034	0,88
Gesso Cartonado	0,01	0,25	0,04
Rsi			0,1
Rse			0,04
Rsi+ ΣR_j +Rse=			4,06
U=			0,246
			<1,0
			OK

Elemento: Cob Ext (Desc.)			
Constituição	e(m)	$\lambda(W/m.\text{°C})$	$R_j(m^2.\text{°C}/W)$
Telha cerâmica	0,01	0,6	0,02
Subtelha Fibrocimento c/PU	0,077	-	2,73
Cortiça Sedacor	0,01	0,04	0,25
Fibran XPS	0,03	0,034	0,88
Gesso Cartonado	0,01	0,25	0,04
Rsi			0,17
Rse			0,04
Rsi+ ΣR_j +Rse=			4,13
U=			0,242
			<1,0
			OK

De acordo com os cálculos efetuados para o coeficiente de transmissão térmica, para cada uma das soluções de cobertura é possível verificar que a Solução 3 é a que apresenta maior capacidade de permitir transmissões térmicas entre o exterior e o interior da Casa.

Já pelo contrário a solução que permite menor transmissão é a Solução 4, apresentando quase metade do valor de transmissão térmico apresentado pela Solução 3.

Esta diferença de valor é explicada pelo facto da Solução 3 não apresentar um material considerado revestimento térmico, ao contrário da Solução 4 que inclui a utilização de XPS (que apresenta uma condutibilidade térmica de $0.034 W/m\text{°C}$).

Todos os cálculos do coeficiente de transmissão térmica foram realizados utilizando valores das características definidas pelos fabricantes e parceiros no projeto de InovaDomus.

6.2.2. Peso das soluções

Após o cálculo do coeficiente de transmissão térmica assume uma grande importância perceber o peso de cada uma das soluções, por m². Este cálculo deve ser sempre realizado tendo em atenção a densidade/massa volúmica dos materiais, indicados nas fichas técnicas.

Nas várias soluções idealizadas nem todos os materiais apresentam a densidade/massa volúmica dos materiais, a exemplo das telhas cerâmicas. Nas fichas técnicas das telhas da empresa Umbelino Monteiro, é apresentado o peso do conjunto de telhas, por palete, e a quantidade necessária de telhas para idealizar 1 m² de telhado. Desta forma foi necessário verificar o peso de cada telha e posteriormente multiplicar pelo número de peças necessárias para 1 m².

Nos restantes materiais aplicou-se o produto entre a espessura dos materiais e a densidade/massa volúmica. Nas seguintes tabelas apresentam-se os pesos por m² calculados.

Tabela 10 - Cálculo do peso por m² da Solução 0

Materiais	Densidade	Espessura	Peso por m ²
Telha cerâmica (marselha) - Umbelino	-	-	40,25
Peso total			40,25 kg/m ²

Tabela 11 - Cálculo do peso por m² da Solução 1

Materiais	Densidade	Espessura	Peso por m ²
Telha cerâmica (marselha) - Umbelino	-	-	40,25
Subtelha c/ PU - Umbelino	35	0,086	3,01
Sarrafo			0
Abeto (20 mm) - Madeivouga	460	0,01	4,6
Peso total			47,86 kg/m ²

Tabela 12 - Cálculo do peso por m² da Solução 2

Materiais	Densidade	Espessura	Peso por m ²
Telha cerâmica (marselha) - Umbelino	-	-	40,25
Madeira OSB	640	0,01	6,4
XPS (Iberfibran)	300	0,117	35,1
Madeira OSB	640	0,01	6,4
Peso total			88,15 kg/m ²

Tabela 13 - Cálculo do peso por m² da Solução 3

Materiais	Densidade	Espessura	Peso por m ²
Telha cerâmica (marselha) - Umbelino	-	-	40,25
Subtelha - Umbelino	-	12	12
Cortiça JPSCORK - 60 mm	120	0,06	7,2
Cortiça JPSCORK - 20 mm	120	0,02	2,4
Peso total			61,85 kg/m ²

Tabela 14 - Cálculo do peso por m² da Solução 4

Materiais	Densidade	Espessura	Peso por m ²
Telha cerâmica (marselha) - Umbelino	-	-	40,25
Subtelha c/ PU - Umbelino	35	0,086	3,01
XPS (Iberfibran)	300	0,03	9
Cortiça JPSCORK - 10 mm	120	0,01	1,2
Gesso Cartonado (10mm) - Pladur	568	0,013	7,384
Peso total			60,844 kg/m ²

Pela análise das tabelas dos pesos por área, constata-se que a solução leve é a Solução 1, pois apresenta na sua constituição a utilização de uma subtelha já com Poliuretano incluído na sua constituição. Já a solução com mais peso é a Solução 2, sendo esta uma situação previsível pelo facto se derem aplicada duas camadas intermédias de madeira OSB.

Todos os cálculos de peso foram realizados utilizando valores das características definidas pelos fabricantes e parceiros no projeto de InovaDomus.

6.3.Revestimentos

Durante o levantamento foram recolhidas amostras em locais estratégicos, tendo sido selecionados locais onde era possível verificar danos elevados nos revestimentos. A seleção destes apresenta elevada importância, porque poderá permitir perceber o porquê de existir os danos encontrados.

Dos locais escolhidos é possível identificar nas imagens abaixo a existência de empolamento/destacamento dos revestimentos, no interior e exterior do edifício.



Figura 59 - Exemplo das zonas de empolamento/destacamento

Foram recolhidas amostras do estuque do teto interior, azulejo interior, revestimento das escadas e revestimento de teto de varanda. No momento da recolha, as amostras apresentavam formas irregulares, pelo que houve a necessidade de regularizar as mesmas. Assim todas as amostras apresentam formato retangular.

Na seguinte figura apresenta-se o local de onde foram recolhidas as amostras.



Figura 60 - Mapa de recolha de amostras

Legenda:

- 1 – Estuque do teto do corredor
- 2 – Revestimento das escadas
- 3 – Azulejo
- 4 – Revestimento (estuque) da varanda – exterior da moradia

6.3.1. Estuque de teto corredor

A amostra recolhida de estuque, é referente ao teto de uma zona de corredor onde já existe uma grande área de destacamento do revestimento.

Características da amostra:

- Formato – irregular no momento da recolha e regularizada para realização dos ensaios;
- Cor – branco
- Peso após regularização: 24.69g.



Figura 61 - Amostra de estuque após regularização

A amostra foi recolhida no corredor. Não houve necessidade de realizar uma intervenção invasiva no teto, pois a amostra foi recolhida já no chão após um destacamento do material.



Figura 62 - Local de extração de amostra

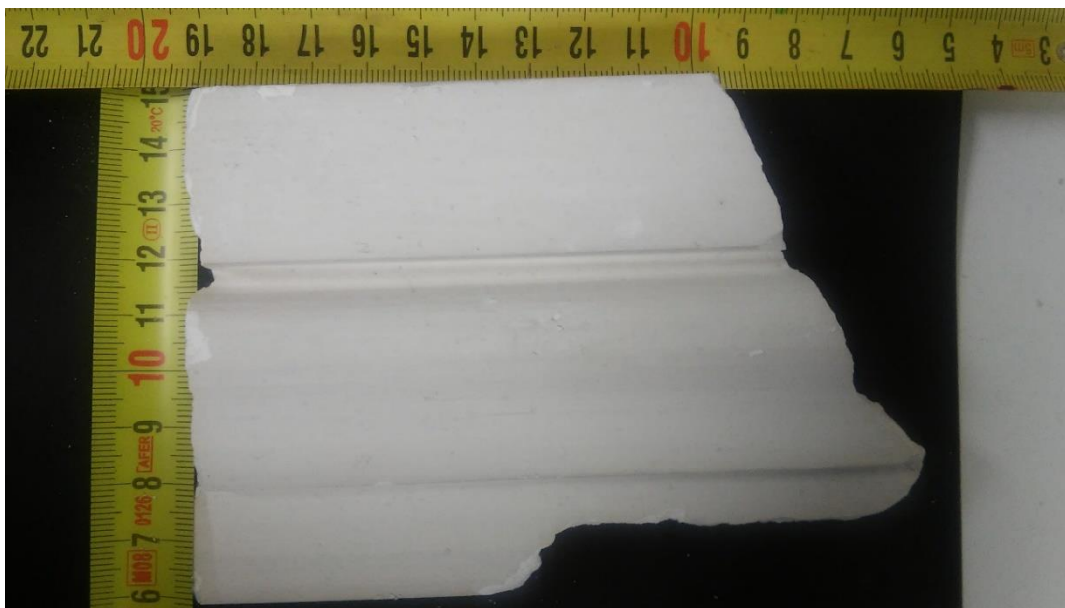


Figura 63 - Amostra recolhida de estuque de teto de corredor

6.3.2. Azulejo

A amostra de azulejo, foi recolhida no chão (pedaço de revestimento já havia se destacado do suporte de fixação).

Características da amostra:

- Formato – irregular no momento da recolha e regularizada para realização dos ensaios;
- Cor – branco e azul
- Peso no momento de recolha: 49.20.



Figura 64 - Local de recolha de amostra de azulejo



Figura 65 - Amostra de azulejo, antes da regularização



Figura 66 - Amostra de azulejo após regularização

6.3.3. Teto da varanda

A amostra de teto de varanda, foi recolhida no chão (pedaço de revestimento já havia se destacado do suporte de fixação)

Características da amostra:

- Formato – irregular no momento da recolha e regularizada para realização dos ensaios;
- Cor – branca.
- Peso após regularização: 6.80g.;



Figura 67 - Amostra de teto da varanda



Figura 68 - Local de extração de amostra



Figura 69 - Formato final de amostra te teto de varanda após a regularização

6.3.4. Revestimento escadas

A amostra de revestimento de escadas, foi recolhida no chão (pedaço de revestimento já havia se destacado do suporte de fixação)

Características da amostra:

- Formato – irregular no momento da recolha e regularizada para realização dos ensaios;
- Cor – branco;
- Peso após regularização: 21.92g.



Figura 70 - Local de extração de amostra



Figura 71 - Amostra recolhida

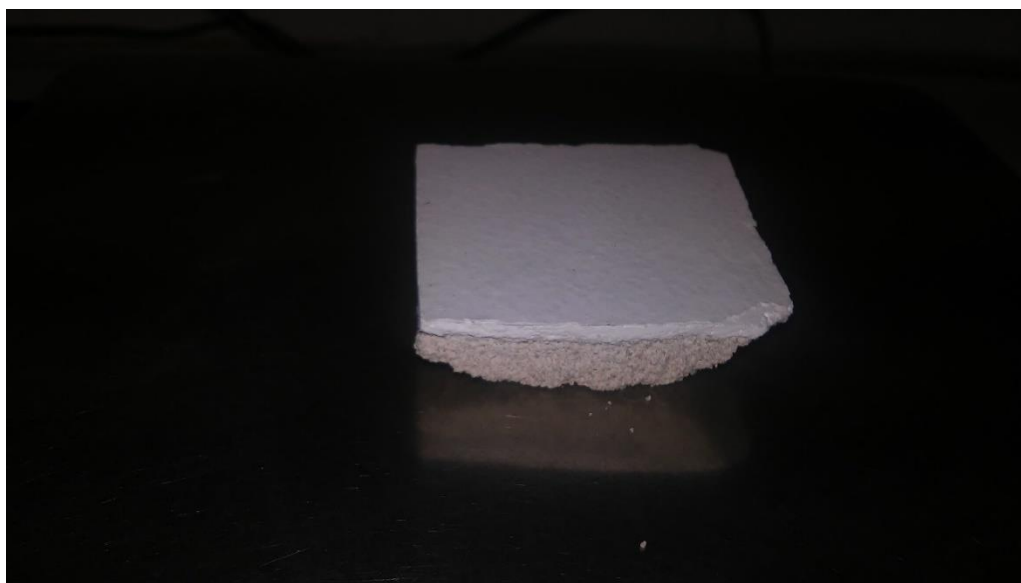


Figura 72 - Amostra de Revestimento escadas após regularização

6.4. Ensaaios

Atualmente existe um grande número de ensaios não destrutivos, com capacidades diferentes entre eles. Não existe um ensaio capaz de detetar todas as anomalias, nem um ensaio capaz de identificar todas as características das matérias que compõem os materiais de construção.

A única forma de compensar esta situação é realizar um conjunto de ensaios, mais adequados de acordo com o objetivo principal (KYLILI, et al, 2014).

A tabela infra, de um modo geral apresenta os métodos não destrutivos mais utilizados.

Tabela 15 - Principais métodos de ensaios não destrutivos (Melo, 2017)

Principais métodos de Ensaio Não Ddestrutivo	Variantes dos principais métodos de Ensaio Não Ddestrutivo		
Correntes induzidas (CI)	Convencionais; Pulsadas		
Inspeção Visual (IV); Líqu. Penetrantes (LP); Partículas magnéticas (PM)			
Radiológicos	Raios – X; Raios – γ (gamma); Radiografia digital; Tomografia computadorizada;		
Ultra sons (US): equipamentos portáteis	De contato	Sem contato	Sem contato
	Convencionais; Phased Array; TOFD	Convencionais de eco EMAT pulsado	Com acoplante de ar ou água
Suspensões de células bacterianas	Identifica os defeitos de superfície micro através do uso de células bacterianas		
Termografia Infravermelha (IRT)	Ativa: gere as diferenças de temperatura com um estímulo externo, como qualquer tipo de fonte de calor externa, tais como lâmpadas, fornos e compressas quentes (termografia pulsada (PT, PPT); termografia lock-in (LT)). Passiva: mede as diferenças de temperatura de uma estrutura que ocorre em condições normais		
Imagem Hiperspectral (espectro)	Espectros de baixa resolução, pancromático, multiespectral, hiperspectral e alta resolução espectral		

6.4.1. Ensaio de Capilaridade

A capilaridade pode ser definida com um fenómeno de absorção de líquidos (em sentido ascendente) por uma massa sólida. Este fenómeno é extremamente importante para que seja possível analisar a durabilidade dos revestimentos utilizados na construção.

O principal objetivo deste ensaio é perceber a capacidade que os materiais em estudo têm de absorver água.

Como metodologia a aplicar, optou-se pela realização do ensaio adaptado da EN1015-18 (Normalização, 2002):

- Utilização de tabuleiro com água, numa altura variável entre 5 e 10 mm, para que se possa colocar as amostras sobre água;
- Colocação de geotêxtil, como forma de prevenção à criação de bolhas de ar;

- Cobrir tabuleiro, de forma a evitar efeitos de evaporação;
- Antes de realizar as pesagens periódicas, é necessário limpar a superfície, de forma a retirar excesso acumulado de água;
- Realizar pesagens e inspeções às amostras.

O resultado do ensaio de capilaridade foi expresso através de uma curva dependente dos valores de t ($\text{min}^{1/2}$) nas abcissas e M/S (Kg/m^2) nas ordenadas, sendo: t – tempo; M – massa e S – secção.

O coeficiente de capilaridade (CC) expresso em $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$, corresponde ao declive da recta traduzida pela expressão $y=mx+b$ e é dado, de forma genérica, pela expressão (Velosa, 2006):

$$CC = \frac{(M/S)_{90} - (M/S)_{10}}{\sqrt{90} - \sqrt{10}}$$

6.4.2. Ensaio de permeabilidade ao vapor de água

A capacidade que um material apresenta de secagem é umas das suas características mais importantes, já que a presença de água é um dos principais agentes de degradação dos materiais aplicados como revestimentos utilizados na construção.

Sempre que existe a entrada de água no material, este deverá ser capaz de permitir a sua saída, quando as condições atmosféricas o permitam (Veiga, 1998), devendo ser suficientemente permeáveis ao vapor de água para que a água não fique retida no interior (Santos, 2009).

A permeabilidade à água é definida como a quantidade de vapor de água capaz de atravessar o material em condições de equilíbrio, por unidade de superfície e pressão de vapor (Páscoa, 2012).

Para a realização deste ensaio foi utilizada uma câmara climática da marca ESPEC, modelo ARL-0680.



Figura 73 - Equipamento utilizado no ensaio de determinação de vapor de água

6.4.3. Análise de fluorescência de raios-X

O ensaio de FRX (espectrometria de fluorescência de raios-X) é um procedimento que permite a determinação exata e não destrutiva para análises quantitativas e qualitativas apresentadas pelos elementos.

FRX usa o princípio de medida dos comprimentos de onda e intensidade das radiações emitidas pelos elementos. Estes são excitados por uma fonte de radiação, que vai modificando o comprimento de onda até atingir o comprimento de onda característico do elemento (raios-X fluorescentes) (Suzuki, 2000).

Com a utilização de um detetor apropriado, é possível realizar a medição do comprimento de onda e assim identificar o elemento. Como a intensidade dos raios-X fluorescentes é

proporcional a concentração a cada desses elementos. Pode-se, portanto, quantificar estes elementos (Suzuki, 2000).

Os ensaios foram realizados no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, com recurso a um Espectrómetro de Florescência Philips PW 1400 XRay.

6.4.4. Análise de difração de raios-X (DRX)

A técnica de difração de raios-X (DRX) é um método preciso e eficiente largamente empregado em pesquisa científica e tecnológica, particularmente, para ensaios não-destrutivos em aplicações industriais.

Na atualidade, é a única técnica para a determinação precisa de estruturas cristalinas e amorfas, mesmo para o caso de estruturas inorgânicas complexas, como é o caso de proteínas e vírus (Suzuki, 2000).

A técnica de DRX para amostras, também conhecida por difratometria θ - 2θ , é apresentado pela lei de Bragg:

$$2 d_{hkl} \sin \theta = n \lambda,$$

onde, d_{hkl} é o espaçamento interplanar dos planos difratantes com índices de Miller (hkl), θ é o ângulo de difração de Bragg, $n = 1, 2, 3, \dots$ e λ , o comprimento de onda da radiação utilizada (Suzuki, 2000).

Por outro lado, existe uma relação ente o espaçamento interplanar d_{hkl} com o parâmetro de rede (a) e os índices de Miller (hkl). Para o caso de uma estrutura cúbica esta relação é representada pela expressão:

$$d_{hkl}^2 = a^2 / (h^2 + k^2 + l^2)$$

A intensidade e a posição angular dos perfis de difração correspondem cada qual a uma família de planos (hkl) (Suzuki, 2000).

Para o presente estudo foram realizados ensaios de difração de raios-X em amostras de todas as matérias-primas, sendo os ensaios realizados no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, recorrendo a uma base de dados ICDD e usando como equipamento um Difratómetro de Raios-X Philips X-Pert Pró .

Para o ensaio em questão utilizou-se uma fração fina de cada uma das matérias-primas a utilizar nas argamassas de substituição, obtendo-se com este ensaio uma análise mineralógica que se

expressa através de um difratograma onde se encontram os registos pertencentes aos diversos compostos existentes nas matérias-primas.

A análise é sobretudo qualitativa, focando-se na identificação dos compostos em fase cristalina e não na sua quantificação exata. No entanto, por comparação da intensidade dos picos do difratograma é possível saber, em termos de proporção, quais os compostos presentes em maior quantidade. Como referido anteriormente, esta análise é de grande importância essencialmente na comparação dos cimentos naturais utilizados nas argamassas de substituição. Assim, se forem comparadas amostras destes materiais é possível verificar qual a amostra que terá mais ou menos quantidade de um determinado composto (Fontes, 2013).

6.5. Resultados experimentais

No presente subcapítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos através dos ensaios realizados e apresentados anteriormente.

6.5.1. Ensaio de Capilaridade

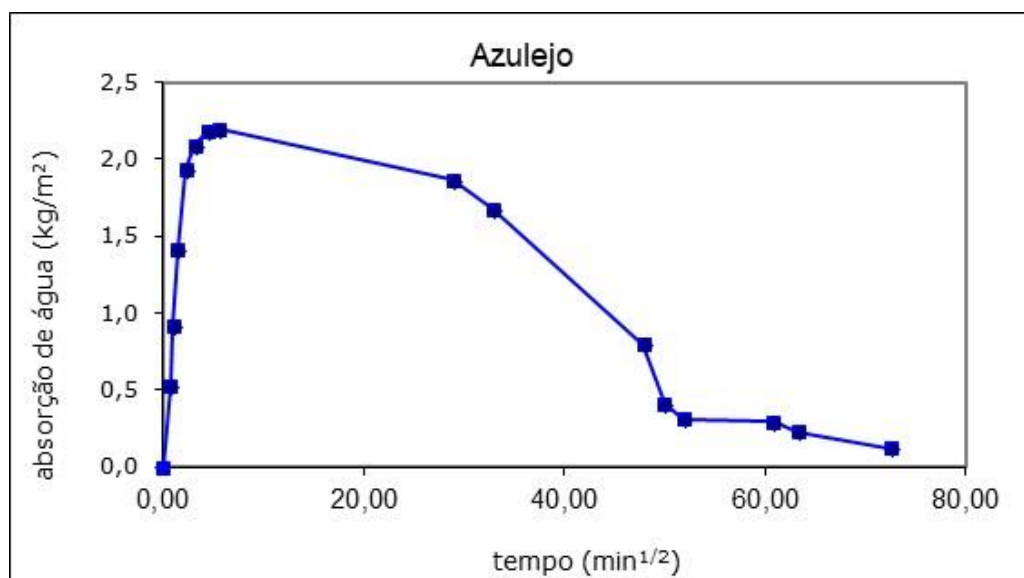


Figura 74 - Curva de capilaridade de Azulejo

A curva de capilaridade indica que existe uma saturação relativamente uniforme até os 1.414 min^{1/2}. Após essa marca a absorção parece estabilizar até os 5.477 min^{1/2}. Terminando esta fase pode-se indicar que se iniciou a fase de secagem onde se verifica a perda gradual e contínua de água, levando a amostra a voltar a uma massa próxima da inicial.

Indica-se que o ensaio terminou após 72.519 min^{1/2}.

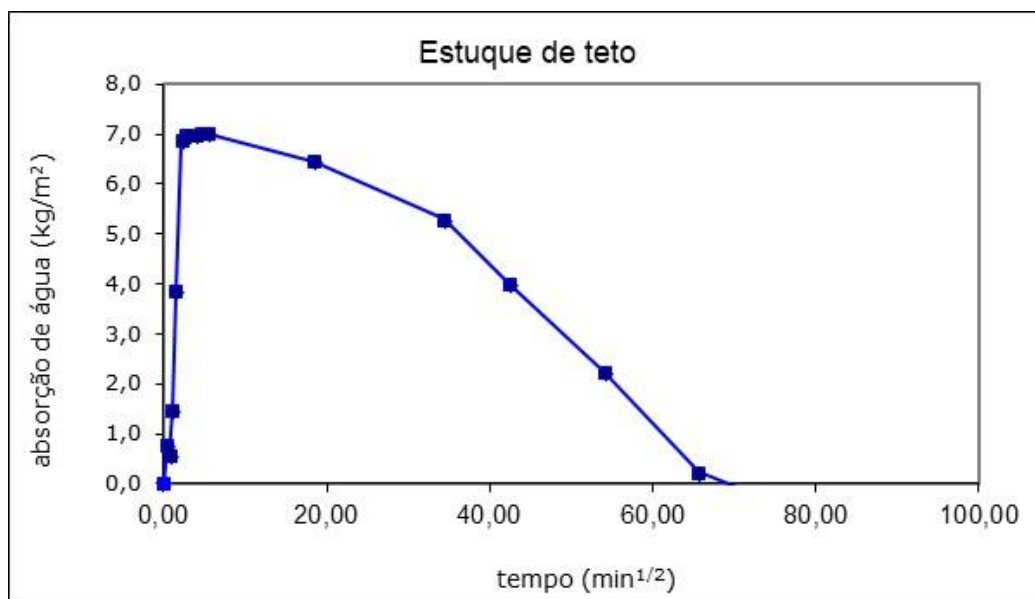


Figura 75 - Curva de capilaridade de Estuque de teto do corredor

A curva de capilaridade indica que existe uma saturação crescente até os 2.236 min^{1/2}. Após essa marca a absorção parece estabilizar até os 5.477 min^{1/2}. Termina esta fase pode-se indicar que se iniciou a fase de secagem onde se verifica a perda gradual e contínua de água, levando a amostra a voltar a uma massa próxima da inicial. Indica-se que o ensaio terminou após 65.635 min^{1/2}.

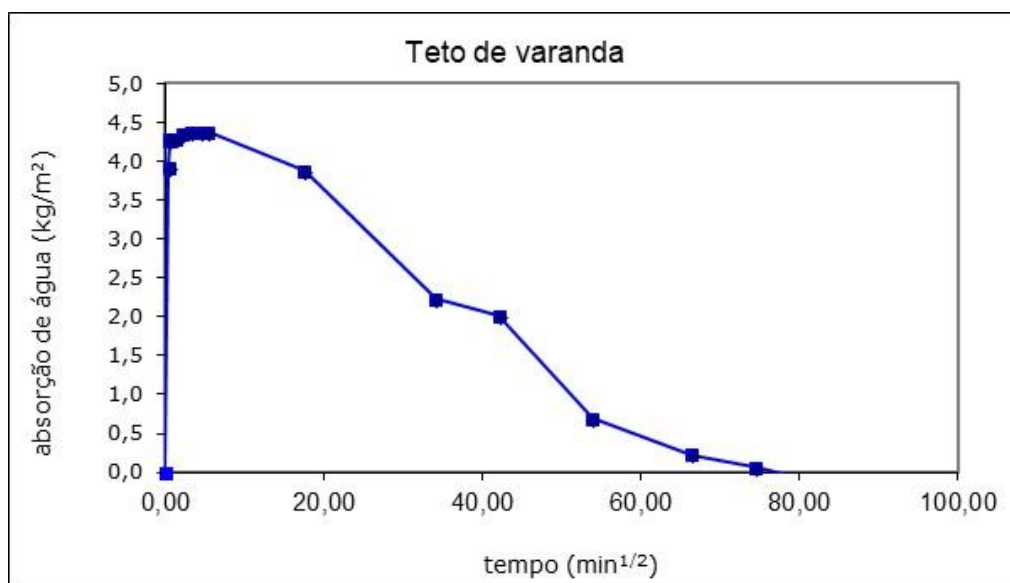


Figura 76 - Curva de capilaridade de Teto da varanda

A curva de capilaridade indica que existe uma saturação relativamente uniforme até os 0.500 $\text{min}^{1/2}$. Após os 5.477 $\text{min}^{1/2}$ pode-se indicar que se iniciou a fase de secagem onde se verifica a perda gradual e contínua de água, levando a amostra a voltar a uma massa próxima da inicial, que se manteve até ao final do ensaio aos 77.974 $\text{min}^{1/2}$.

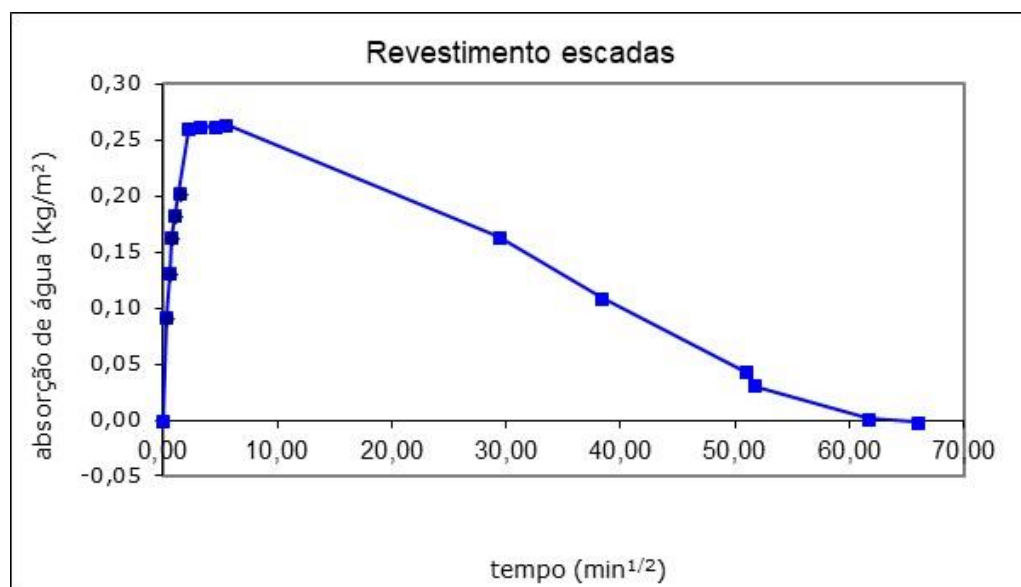


Figura 77 - Curva de capilaridade de revestimento das escadas

A curva de capilaridade indica que existe uma saturação relativamente uniforme até os 2.236 $\text{min}^{1/2}$. Após os 5.477 $\text{min}^{1/2}$ pode-se indicar que se iniciou a fase de secagem onde se verifica a perda gradual e contínua de água, levando a amostra a voltar a uma massa próxima da inicial, tendo ensaio terminado com 65.992 $\text{min}^{1/2}$.

Amostra	CC (Coeficiente de capilaridade - $\text{Kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)
Azulejo	0.421
Estuque de teto	2.215
Teto de varanda	0.094
Revestimento das escadas	0.097

As amostras com maior porosidade são efetivamente as que apresentam maior CC., pelo que se pode indicar que a amostra de Estuque de teto é a amostra mais permeável. Existe, uma relação diretamente proporcional entre a porosidade e o coeficiente de capilaridade.

6.5.2. Ensaio de permeabilidade ao vapor de água

Ensaio de câmara climática permite verificar a permeabilidade de amostras ao vapor de água, verificando se a massa do material aumenta ou diminui com o aumento/diminuição de humidade relativa, considerando uma temperatura constante de 20°C.

A primeira fase de ensaio começou pelo aumento da Humidade Relativa, de 20% para 100%.



Figura 78 - Câmara Climática – Azulejo

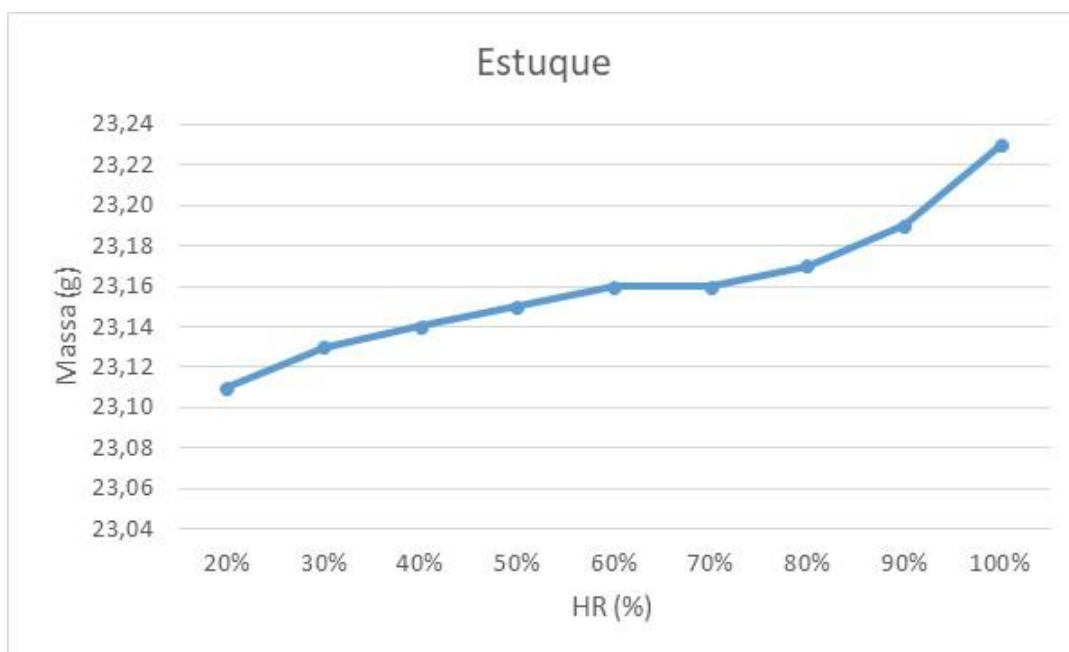


Figura 79 - Câmara Climática - Estuque de teto

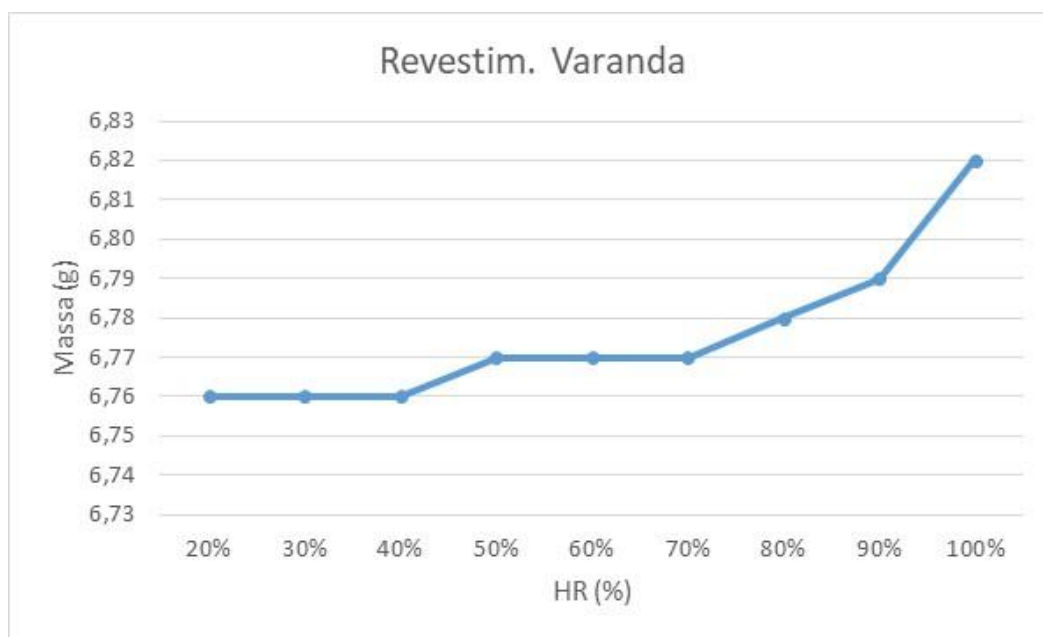


Figura 80 - Câmara Climática de Revestimento - Varanda

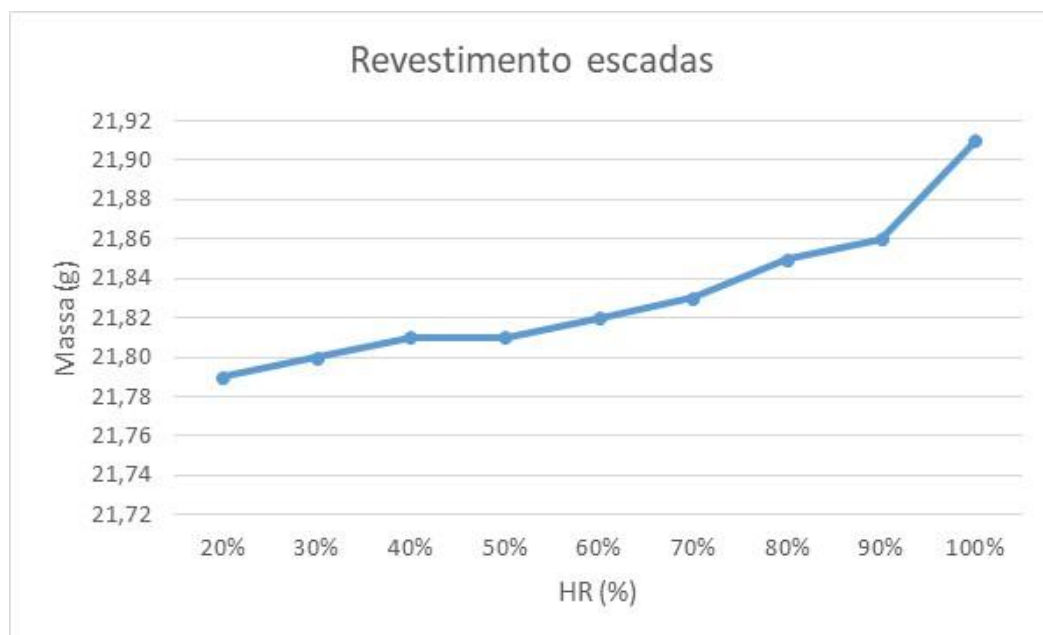


Figura 81 - Câmara Climática - Revestimento da escada

Pela análise dos ensaios é possível verificar que o aumento de humidade relativa, com uma temperatura constante, conduz a um aumento de massa das amostras.

Na seguinte tabela apresenta-se a percentagem de massa que aumentou após o ensaio.

Tabela 16 - Valores iniciais e finais registados com aumento de HR (%)

Amostra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	% aumento de massa
Azulejo	49,20	49,60	0,813
Estuque	21,79	21,91	0,917
Revestim. varanda	6,76	6,82	0,888
Revestim. da escada	23,11	23,23	0,519

A segunda fase de ensaio começou pela diminuição da Humidade Relativa, de 100% para 20%, sendo o inverso da primeira fase.

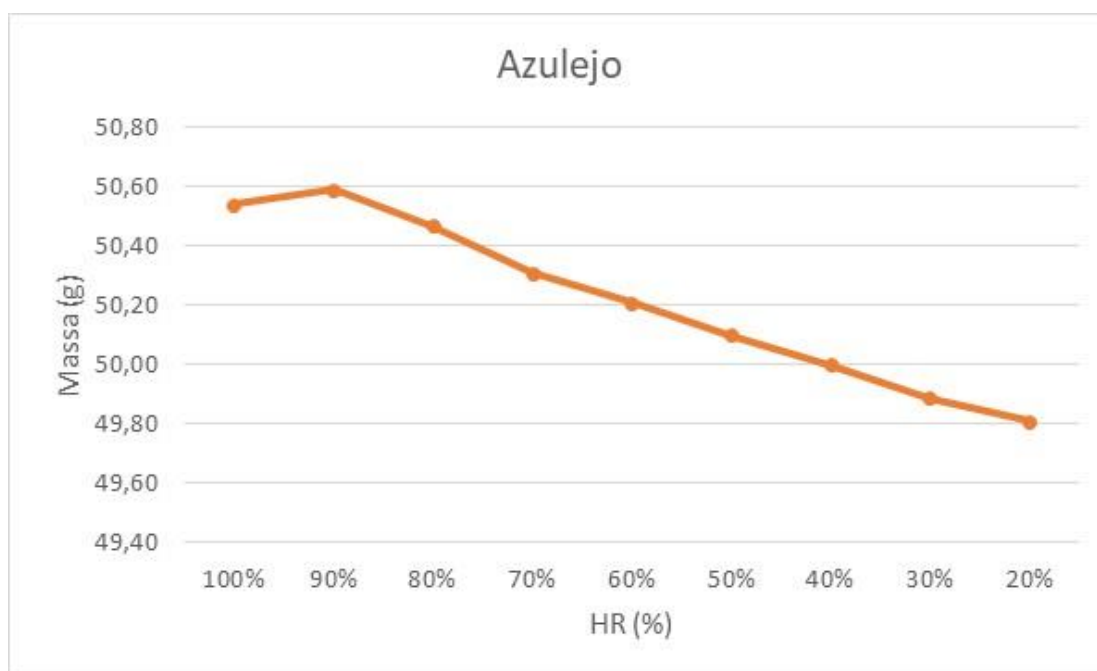


Figura 82 - Câmara Climática – Azulejo

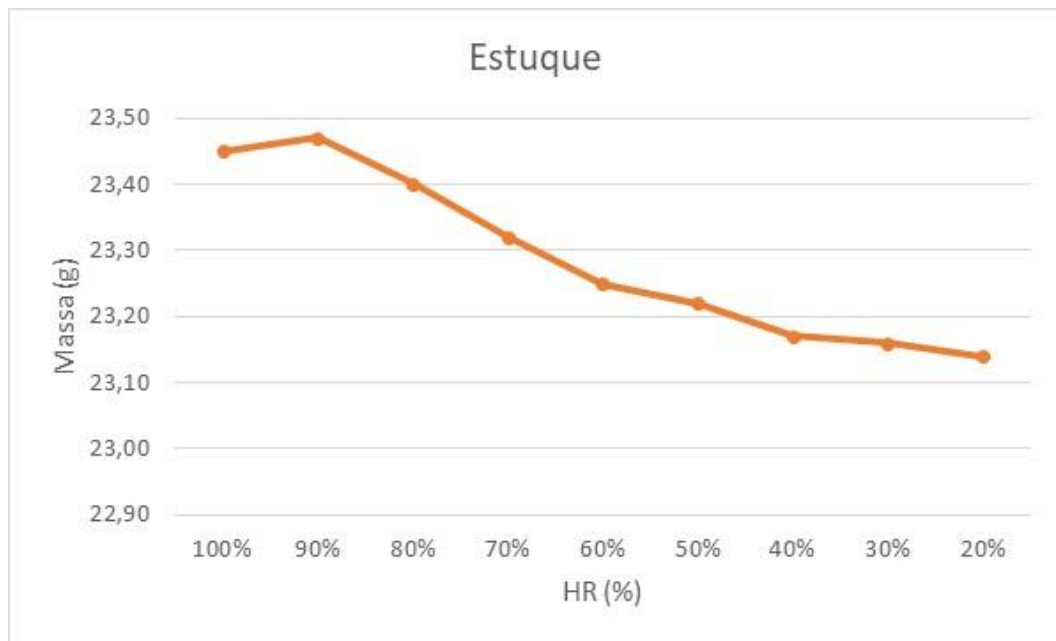


Figura 83 - Câmara Climática - Estuque de teto

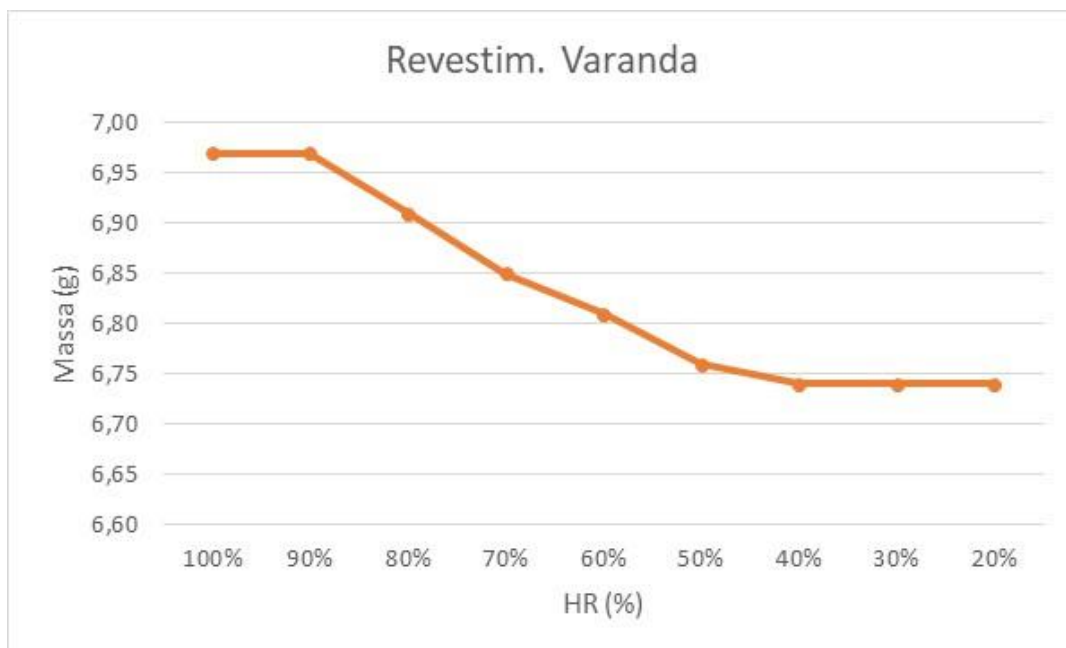


Figura 84 - Câmara Climática de Revestimento - Varanda

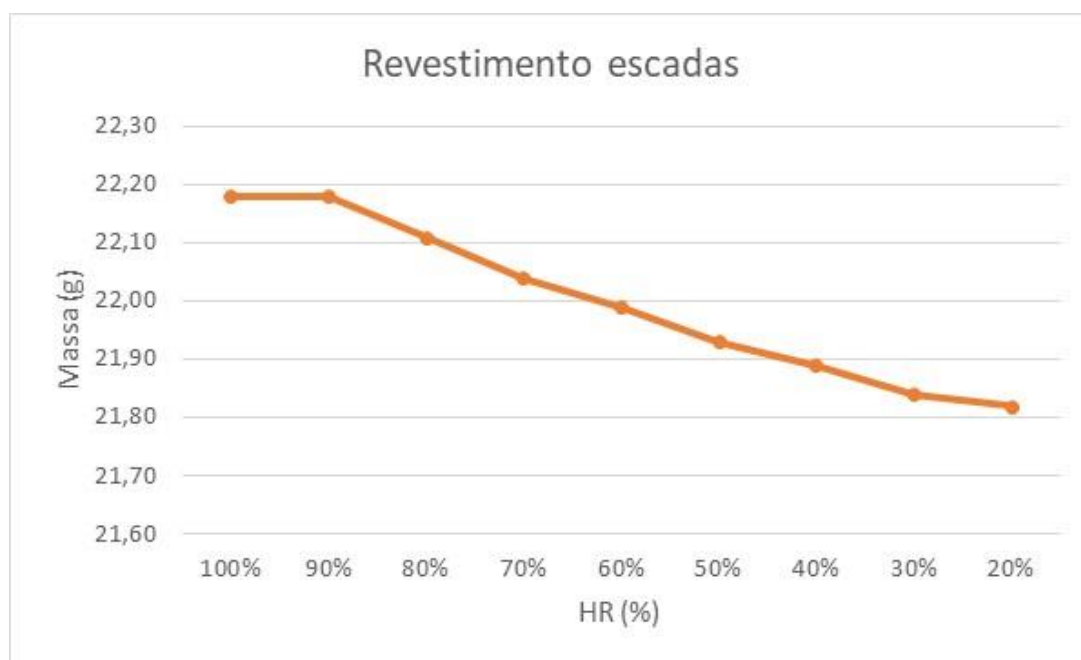


Figura 85 - Câmara Climática - Revestimento das escadas

Pela análise dos ensaios é possível verificar que a diminuição de humidade relativa, com uma temperatura constante, conduz a uma diminuição de massa das amostras.

Na seguinte tabela apresenta-se a percentagem de massa que aumentou após o ensaio.

Tabela 17 - Valores iniciais e finais registados com diminuição de HR (%)

Amostra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	% diminuição de massa
Azulejo	50,54	49,81	1,444
Estuque teto corredor	22,18	21,82	1,620
Revestim. varanda	6,97	6,74	3,300
Revestim. escadas	23,45	23,14	1,322

Face aos dados recolhidos, pode-se concluir que a massa das amostras aumenta ou diminui de acordo com o aumento ou diminuição da Humidade Relativa, respetivamente. Tal como era esperado.

Relativamente às amostras estudadas pode-se indicar que as amostras de estuque teto do corredor e revestimento da varanda são os materiais mais permeáveis ao vapor de água.

6.5.3. Análise de fluorescência de raios-X (FRX)

Para o ensaio em questão utilizou-se uma amostra de cada uma das matérias-primas a utilizar nas argamassas de substituição, sendo necessário pelo menos 12 g de fração fina, passada pelo peneiro <75 μm .

Na tabela seguinte apresenta-se a designação utilizada para as amostras nos ensaios de FRX e DRX, é importante realçar que a amostra 85 não era suficiente para a realização de análise de fluorescência de raio-x.

Tabela 18 - Designação de amostras para ensaio FRX

Designação	Amostra	Observações
82	Revestimento escadas	-
83	Estuque teto corredor	-
84	Estuque varanda do teto	-
86	Azulejo Corredor	-

Na tabela seguinte encontram-se representados os resultados quantitativos relativos ao ensaio por fluorescência de raios-X, preconizando os maiores componentes presentes em cada amostra.

Tabela 19 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 1)

Designação	Na₂O (%)	MgO (%)	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	SO₃ (%)	Cl (%)	K₂O (%)	CaO (%)
82	0.104	0.402	6.549	59.090	0.036	7.276	0.033	1.487	15.668
83	0.030	0.600	0.400	1.903	0.007	23.841	0.018	0.057	46.895
84	0.076	0.659	0.375	1.585	0.016	30.785	0.098	0.076	45.620
86	0.391	0.757	16.934	38.743	0.033	0.424	0.021	1.916	28.503

Tabela 20 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 2)

Designação	TiO₂ (%)	Fe₂O₃ (%)	V (%)	MnO (%)	Co (%)	Zn (%)	Rb (%)	Sr (%)	Ba (%)
82	0.219	0.373	-	-	-	0.022	-	0.033	0.070
83	0.071	0.346	-	0.019	-	-	-	0.147	0.016
84	0.216	0.296	-	-	-	0.014	-	0.174	0.032
86	0.698	1.210	109.0	-	0.043	-	0.019	0.033	0.039

Tabela 21 - Resultados obtidos por FRX de amostras dos materiais (parte 3)

Designação	Pb (%)	Zr (%)	LOI (%)
82	-	-	8.620
83	-	-	25.640
84	-	-	19.960
86	0.648	0.027	9.510

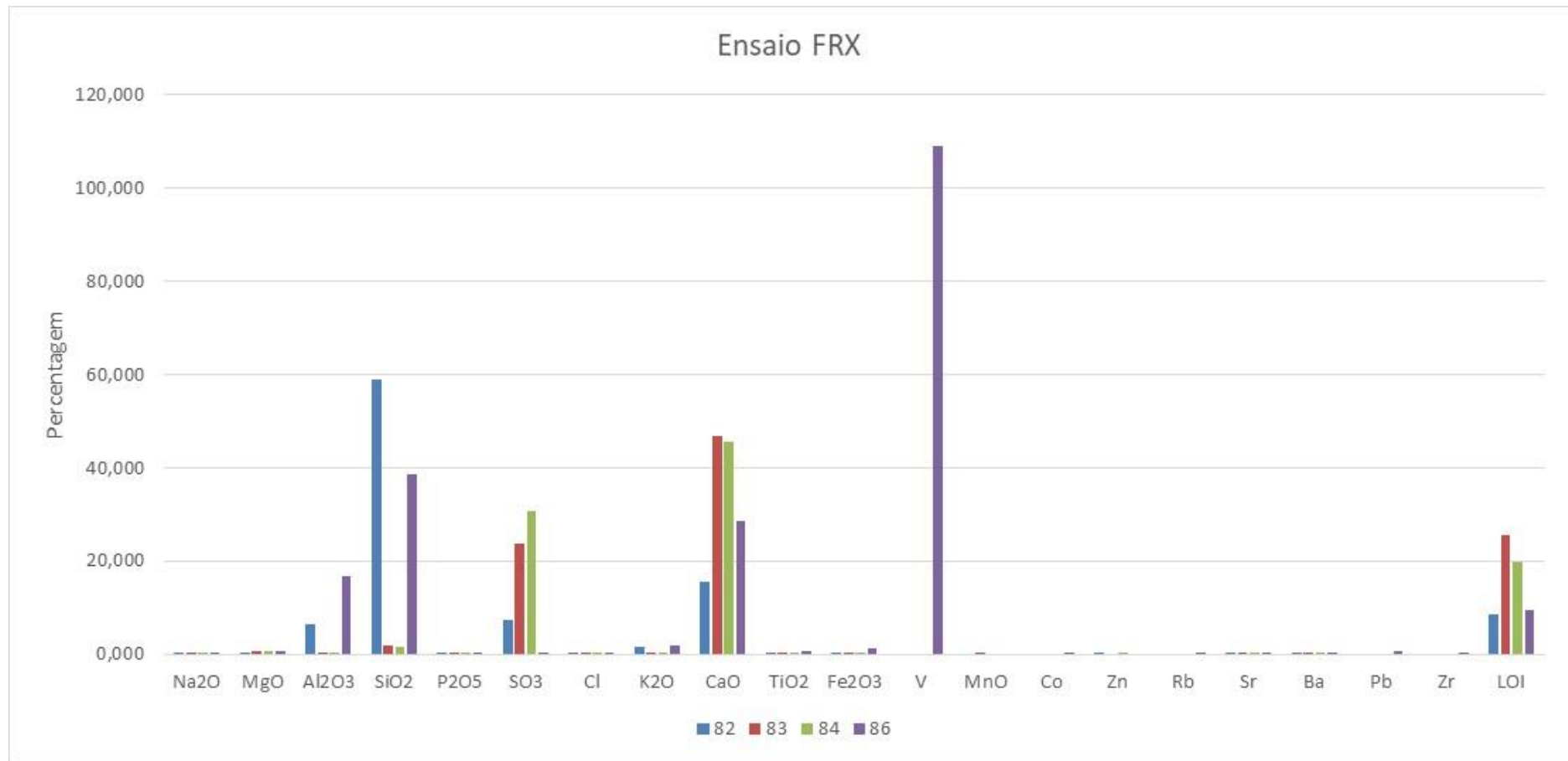


Figura 86 - Resultados obtidos por FRX

Analisando as tabelas anteriores e o gráfico obtido, verifica-se que as amostras apresentam uma elevada percentagem de óxido de cálcio (CaO - vulgarmente conhecido como Cal), obtendo valores que chegam quase aos 47% na amostra de Estuque do teto corredor. As amostras apresentam ainda percentagens consideráveis de Óxido de sulfúrico (SO₃), onde é possível encontra percentagens de 30% para a amostra de Estuque da varanda de teto.

A análise permite ainda perceber que o Estuque do teto da varanda apresenta valores próximos do Estuque do teto do corredor, algo que já seria espectável pois foram aplicados na mesma fase da obra.

No que diz respeito à amostra de Revestimento fenda da parede o constituinte que mais se destaca é óxido de silício (SiO₂), chegando a atingir valores de 59%. Também se verifica uma quantidade inferior de Óxido de sulfúrico (SO₃), com valores a rondarem os 15%. Claramente o revestimento da escada não foi aplicado na mesma altura que a construção da Casa InovaDomus.

É ainda de referir a presença de óxido de sódio (Na₂O) e cloro (Cl) nas amostras. Apesar das suas percentagens serem muito baixas, são valores indicadores da presença de sais nas suas composições.

Já analisando a amostra de azulejo de verifica-se que o seu maior constituinte é o Vanádio (V), tal como espectado, já que pentóxido de vanádio (V₂O₅) é extremamente usado na produção de cerâmicos (muito usado no fabrico de azulejo vidrado).

6.5.4. Análise de difração de raios-X (DRX)

Na tabela que se segue apresentam-se os resultados da análise mineralógica realizada, assim como nas figuras infra à tabela.

Tabela 22 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX)

Designação	Amostra	Minerais	Fórmula Química
82	Revestimento de escada	Quartzo	SiO ₂
		Calcite	CaCO ₃
		Gesso	CaSO ₄ ·2H ₂ O
		Feldspatos Potássicos	KAlSi ₃ O ₈
83	Estuque teto corredor	Gesso	CaSO ₄ ·2H ₂ O
		Calcite	CaCO ₃
84	Estuque varanda	Gesso	CaSO ₄ ·2H ₂ O
		Calcite	CaCO ₃
		Pirite	FeS ₂
86	Azulejo corredor	Calcite	CaCO ₃
		Quartzo	SiO ₂
		Plagioclase	NaAlSi ₃ O ₈ e CaAl ₂ Si ₂ O ₈
		Feldspatos Potássicos	KAlSi ₃ O ₈
		Aragonite	CaCO ₃
		Gismondine	CaAl ₂ Si ₂ O ₈ ·4(H ₂ O)
		Lawsonite	CaAl ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ ·H ₂ O

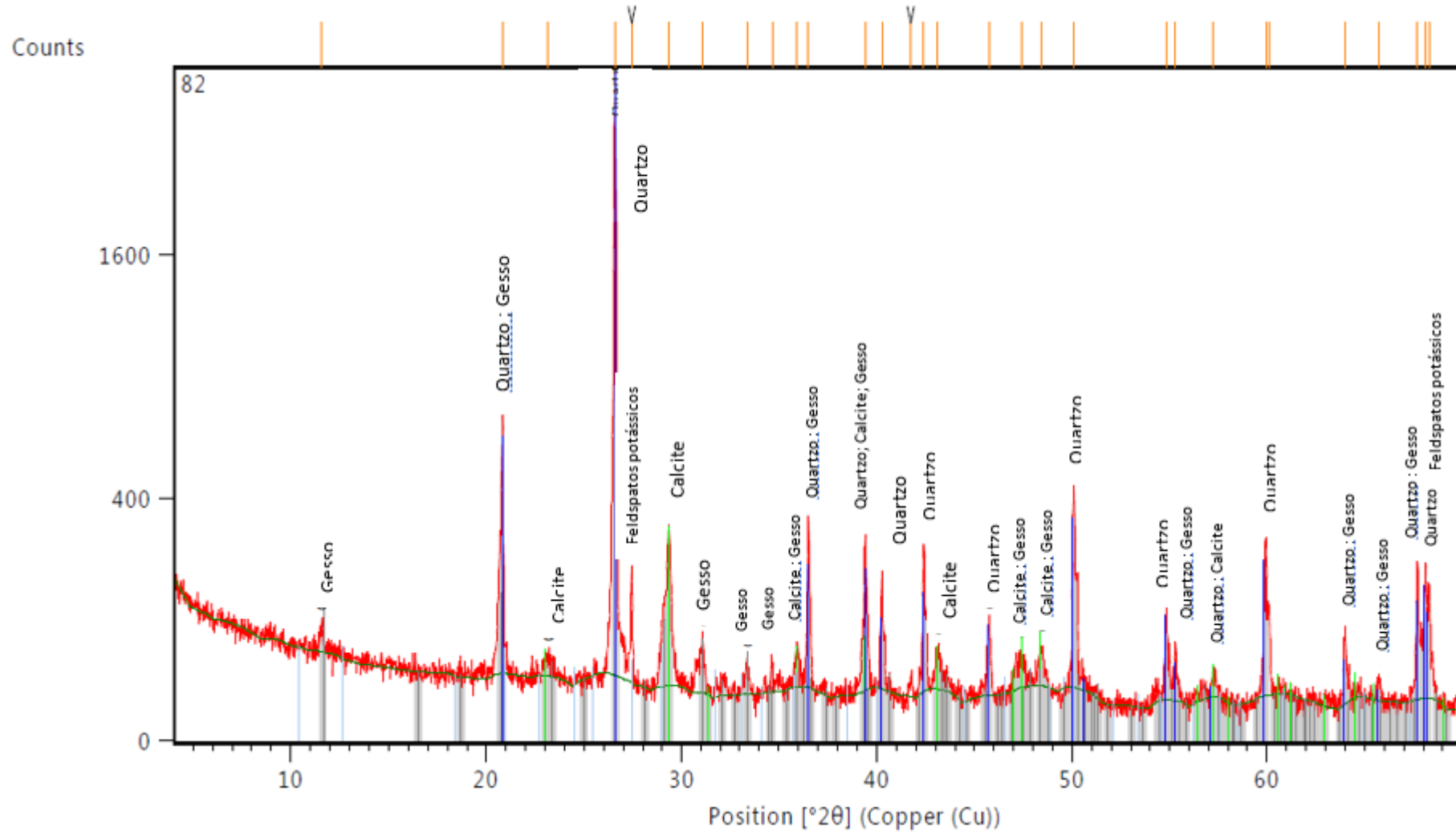


Figura 87 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Revestimento de escada

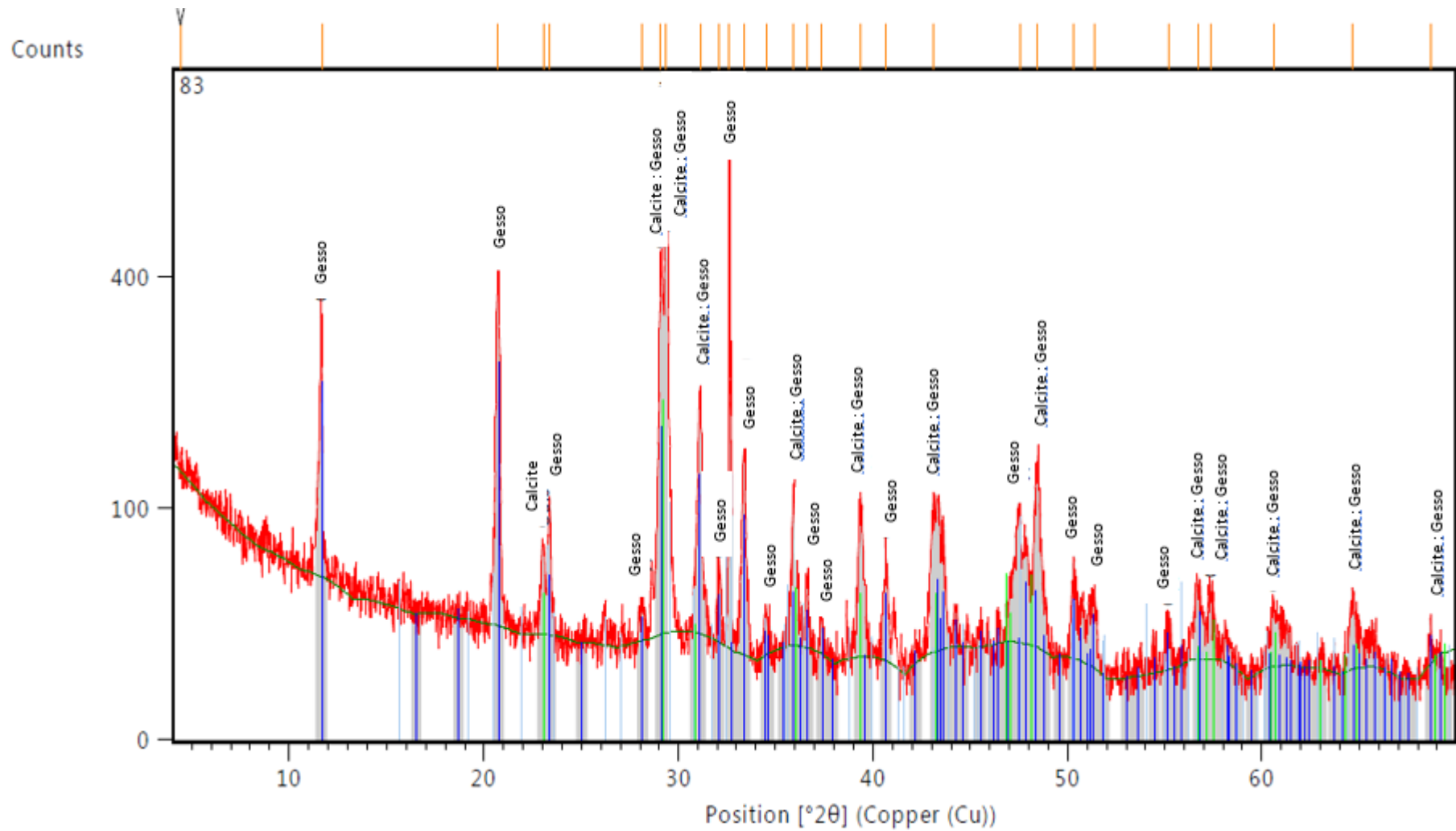


Figura 88 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Estuque teto de corredor

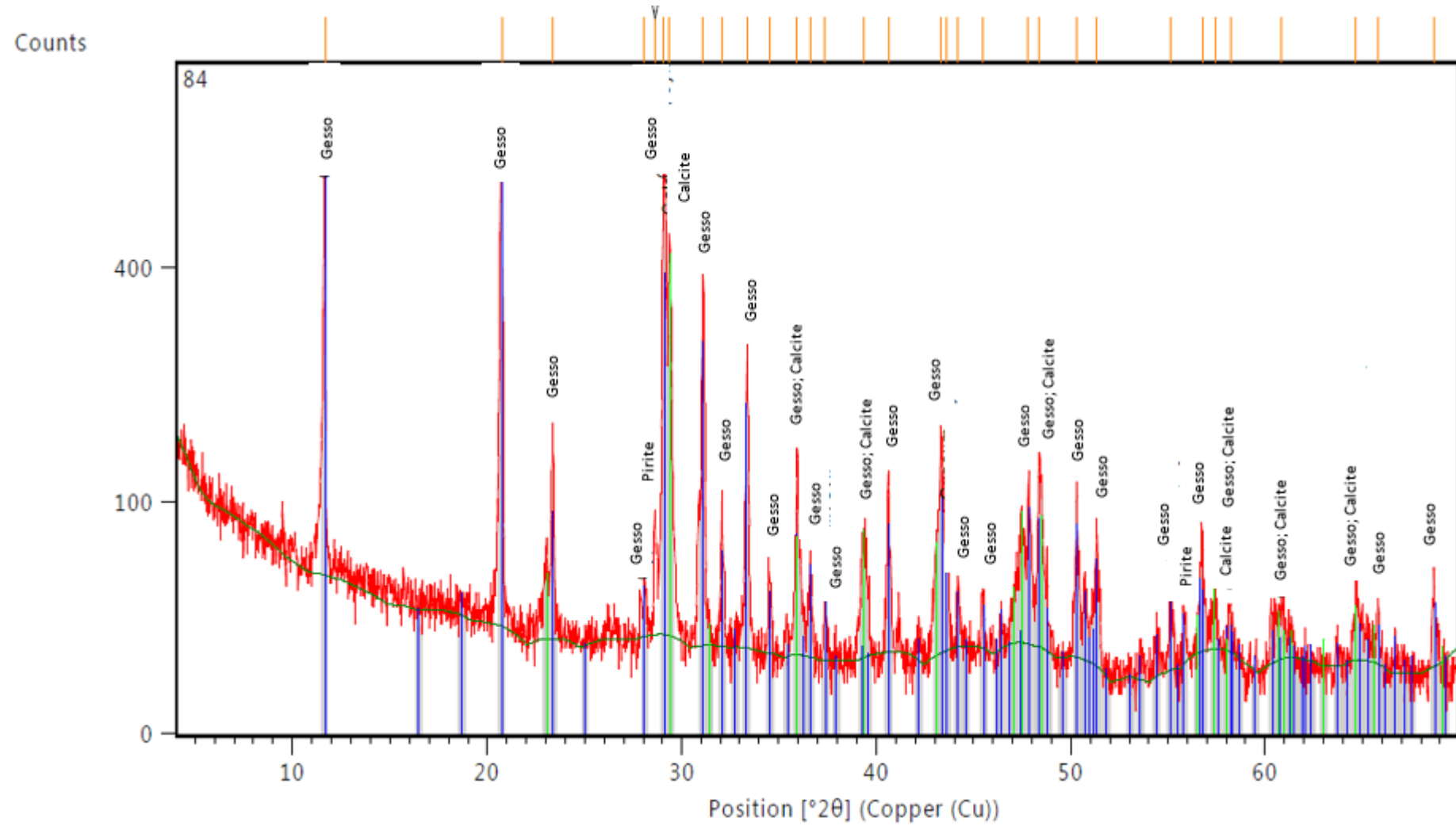


Figura 89 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Estuque teto da varanda

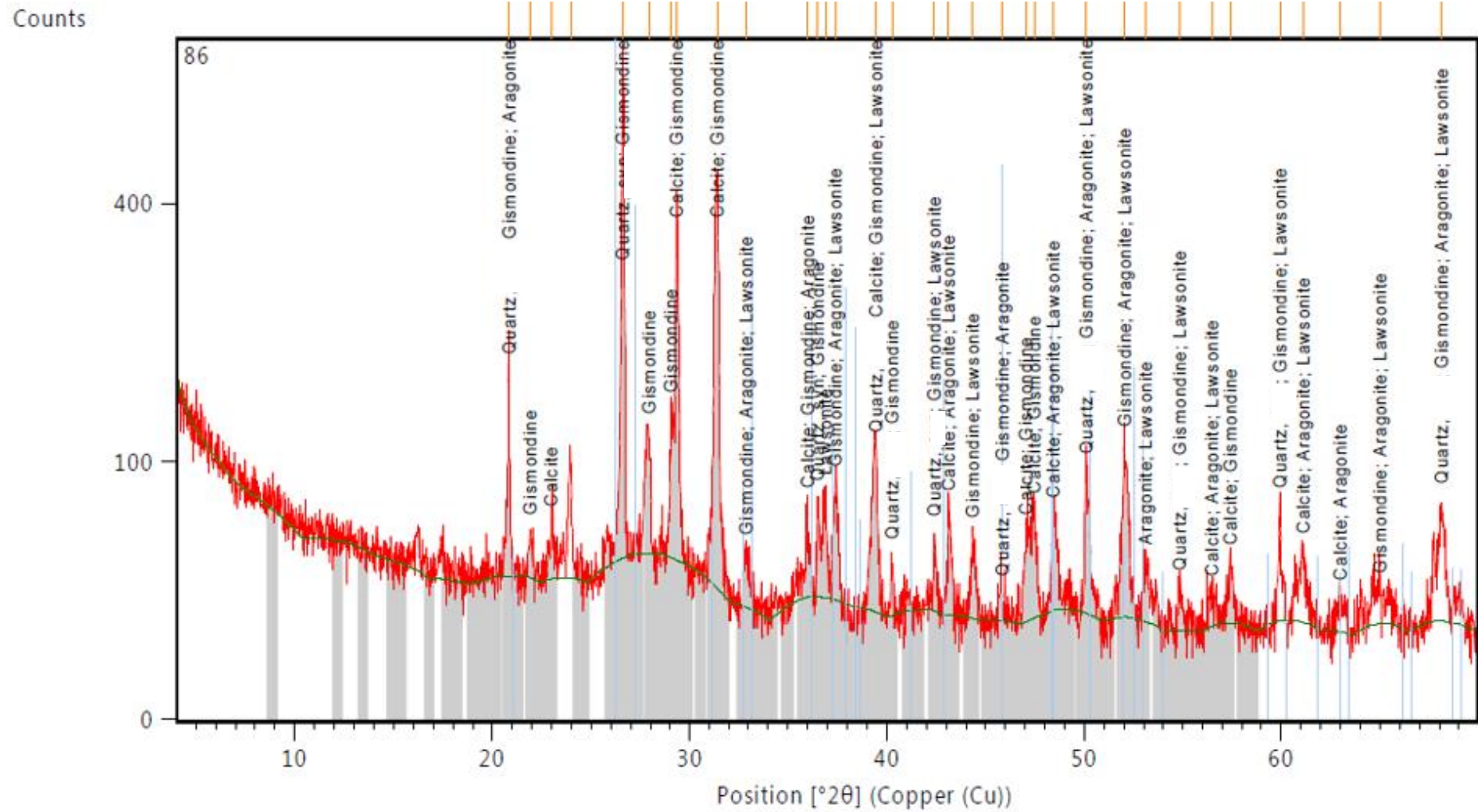


Figura 90 - Resultados obtidos na análise de difração de raios-X (DRX) - Azulejo de corredor

Analisando os difratogramas apresentados é possível verificar que o revestimento da escada (amostra 82), o estuque do teto do corredor (amostra 83) e estuque do teto da varanda amostra 84) apresentam composições similares, verificando-se a presença de gesso e calcite, comuns às três amostras. A presença destes minerais é comprovada com a elevada percentagem de óxido de cálcio (CaO) detetada para estes materiais na análise de fluorescência de raios-X.

Os resultados obtidos para as amostras do revestimento da escada, do estuque do teto do corredor e do estuque do teto da varanda foram de encontro ao esperado. Na amostra do revestimento da escada os compostos em maior proporção são o quartzo, a calcite, o gesso e alguns feldspatos potássicos, podendo este facto ser confirmado pelos valores obtidos na análise de fluorescência de raios-X. Os dois picos que se destacam neste difratograma correspondem ao quartzo.

Na amostra do estuque do teto do corredor os compostos que se identificam são o gesso e a calcite. Este facto pode ser confirmado analisando a tabela dos resultados de FRX, obtidos na análise de fluorescência de raios-X.

Relativamente à amostra do estuque do teto da varanda, a análise do difratograma permite identificar três picos, sendo eles correspondentes ao gesso, este difratograma permite também identificar calcite e quartzo na sua composição. A presença de clorato de potássio pode facilmente ser verificada pelas elevadas percentagens de óxido de potássio e cloro, detetados nas análises químicas.

A amostra do azulejo revela um conjunto maior de minerais diferentes, embora os picos maiores correspondam a quartzo, calcite e gismondine. Além destes minerais, foram também detetados aragonite, lawsonite, plagioclase e feldspatos potássicos.

Na amostra do azulejo embora no ensaio de FRX indique a grande presença de Vanádio, neste ensaio não há qualquer indicação da presença deste mineral. Isto pode dever-se ao facto deste mineral ter ficado amorfo na fase final, e assim sendo justifica-se que neste ensaio não se verifique a sua presença.

Capítulo 7

Conclusão

7. CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo principal a caracterização de materiais e elementos de edificado antigo. A presente dissertação apresenta também um objetivo secundário de permitir analisar, em conjunto com os parceiros da InovaDomus as soluções que melhor se adaptam para a substituição da cobertura.

A análise realizada para as coberturas, permitiram perceber que a solução inicial carece de um melhoramento das suas condições térmicas, tendo em conta que apenas se apresenta constituída por telha cerâmica, do tipo Marselha.

As novas soluções em estudo permitem perceber que os novos materiais aplicados atualmente na construção permitem garantir melhorias significativas no que a questões térmicas dizem respeito. Mas também se verifica que estas podem prejudicar em grande parte ao telhado por não permitirem que seja realizada a correta ventilação das telhas.

Denota-se que as soluções também apresentam uma massa por metro quadrado (kg/m^2) que tem uma preponderância muito importante para a escolha da correta solução. Pois é necessário ter sempre em especial atenção que os elementos estruturais que faziam o suporte do telhado não se encontram preparados para receber cargas muito elevadas e durante um processo de reabilitação o objetivo principal passa por tentar garantir melhorias sem alterar as características estruturais do edificado.

No que diz respeito à análise dos materiais aplicados como revestimentos das paredes e tetos da Casa Inovadomus, verificou-se que vários materiais foram aplicados todos durante a mesma fase de construção do edifício.

No que diz respeito aos ensaios realizados, foi possível verificar que existem materiais aplicados, com comportamentos distintos, tanto no que diz respeito a capilaridade, como a permeabilidade ao vapor de água.

Constata-se que o azulejo apresenta ser o material com menor permeabilidade ao vapor de água, tal como era esperado, já que é muitas vezes utilizado em divisões com forte presença de água, tais como cozinhas e casas de banho e até pavimentos cerâmicos.

Já as restantes amostras utilizadas para a análise de revestimentos, permitiu perceber que estas têm uma forte permeabilidade à água, quer por absorção de vapor de água, quer por capilaridade.

Tal como esperado, os estuques tradicionais apresentam baixas resistências à difusão de vapor de água, ou seja, elevada permeabilidade.

Pela análise dos ensaios foi possível observar que os revestimentos de teto de varanda, o revestimento de teto de corredor e revestimento de fenda apresentam características comuns, tendo como o seu principal constituinte a cal. Este é um resultado já esperado, tendo em conta que este é o principal ligante utilizado em argamassas e estuques, do início do século XX.

7.1.Perspetivas de trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, seria muito interessante verificar os efeitos na temperatura interior pela aplicação das soluções propostas. Também existe interesse que seja analisada a capacidade de cada uma das soluções em ser capaz de garantir a ventilação necessária para a longevidade das telhas. Num objetivo de melhor perceber os materiais aplicados na construção do edifício seria interessante continuar a realizar ensaios para caracterização de mais amostras de revestimentos e de elementos estruturais, de forma a perceber quais as melhores soluções a aplicar para a reabilitação de edifícios antigos.

Capítulo 8

Referências Bibliográficas

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J; PAIVA, J; PINHO, A (2006) – Guia técnico de reabilitação habitacional. 2ª edição. ISBN_13 978-972-19-2081-8
- ALMEIDA, L; RAMOS, J (2014) – Estudo Experimental da ventilação e do comportamento térmico de uma cobertura em telha cerâmica com beiral ventilado e sub-telha.
- BRANCO, J; CRUZ, P; PIAZZA; M (2006) – Asnas de madeira. A importância da rigidez das ligações.
- BRANCO, J M.; LOURENÇO , P B. (2014) – Coberturas tradicionais de madeira. Caracterização, inspeção e classificação.
- COOPERAR PARA REABILITAR by INOVADOMUS (2015) -
http://www.inovadomus.pt/cooperar/?page_id=72 , data de acesso [Dezembro 2015]
- FERREIRA, F (2012) – Recuperação de estruturas de coberturas tradicionais de madeira – análise de alguns exemplos.
- “FIBRAN” – FIBRAN ENERGY SHIELD (2015) -
<http://www.fibran.com.pt/frontend/articles.php?cid=74>; data de acesso [Dezembro 2015]
- FREITAS, V et al. (2012) – Caracterização e tipificação construtiva de edifícios antigos. 1ª edição. ISBN 978-972-99918-7-5
- FONTES, T. (2013) - Argamassas de cal hidráulica natural NHL3.5 de fabrico nacional. Optimização de características com resíduo cerâmico e metacaulino. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- <http://www.construir.pt/2013/05/28/inovadomus-assina-cinco-novas-parcerias-para-projecto-reabilitadomus/>, data de acesso [Junho 2018]

<http://www.noticiasdeaveiro.pt/pt/26008/casa-em-ilhavo-sera-laboratorio-de-boas-praticas-de-reabilitacao-urbana> , data de acesso [Junho 2018]

<https://www.oportaldaconstrucao.com/empresa/1/argamassas-fical/>, data de acesso [Junho 2018]

<http://arquitecturasdeterra.blogspot.com/2012/05/construcao-em-taipaoapix.html>, data de acesso [Junho 2018]

<http://ecocasaportuguesa.blogspot.com/2016/06/construcao-em-terra.html>, data de acesso [Junho 2018]

<http://home.fa.utl.pt/~lcaldas/Telha1.pdf>, data de acesso [Junho 2018]

<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-taipa-2/>, data de acesso [Junho 2018]

<http://www.construir.pt/2013/05/28/inovadomus-assina-cinco-novas-parcerias-para-projecto-reabilitadomus/>, data de acesso [Junho 2018]

<http://www.noticiasdeaveiro.pt/pt/26008/casa-em-ilhavo-sera-laboratorio-de-boas-praticas-de-reabilitacao-urbana> , data de acesso [Junho 2018]

<http://olhares.sapo.pt/-foto3498503.html> , data de acesso [Junho 2018]

<http://paulojones.com/tecnicas/tecnicas.htm>, data de acesso [Junho 2018]

<http://www.oapix.org.pt/100000/1/163,01,7/index.htm>, data de acesso [Junho 2018]

https://www.researchgate.net/figure/276847867_fig1_Figura-1-Exemplo-de-construcao-em-tabique-3-ESTUDO-PREVIO-DE-UMA-ARGAMASSA-DE-REBOCO, data de acesso [Junho 2018]

<https://tabiquenaamtqt.blogs.sapo.pt/1264.html>, data de acesso [Junho 2018]

INOVADOMUS – Site InovaDomus - <http://www.inovadomus.pt/>, data de acesso [Dezembro 2015]

INOVADOMUS ESTRUTURAL (2003) – Relatório de caracterização estrutural da sede da InovaDomus.

INVADOMUS ANOMALIAS (2003) - Relatório de levantamento das anomalias estruturais da sede da InovaDomus.

KYLILI, A; FOKAIDES , P.; KALOGIROU, P., (2014) - Aplicação da Termografia Infravermelha na construção de edifícios.

LOURENÇO, P B.; BRANCO, J M. (2012) – Cobertura com telha cerâmica, uma solução construtiva sustentável.

LOURENÇO, P (2013) – Guia Inovadomus – Revestimento & Impermeabilização de coberturas cerâmicas inclinadas.

MELO, C (2017) – Métodos Não Destrutivos para Análise de Revestimentos – Estratégias de Intervenção. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Normalização, comité europeu de. (2002). EN1015_18.pdf.

PÁSCOA, L. (2012). Índice de secagem como parâmetro em serviço dos rebocos aplicados em paredes exteriores. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.

SANTOS, S. (2009). Argamassas pré-doseadas para rebocos de edifícios recentes. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Militar. Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.

SILVA, V (2013)– Guia Inovadomus – Isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido.

SOUSA, H (2010) - Referência às soluções tradicionais de construção de edifícios em Portugal - <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/TPPC/tectradicional.pdf>

SUZUKI, C (2000) - Experimento No 02: Difração e Expectrometria de Raios-X

U.M. CANUDO - UMBELINO MONTEIRO (2015) – Canudo. Guia de aplicação. Versão 04_Abril 2015

U.M. SOLUÇÕES – UMBELINO MONTEIRO (2015) – Soluções construtivas para coberturas e subtelha.

VEIGA, M (2009) - conservação e reparação de revestimentos De paredes de edifícios antigos - LNEC

VELOSA, A. (2006). Argamassas de cal com pozolanas para revestimento de paredes antigas.