

IMPORTÂNCIA DA PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Reabilitação de Coberturas

DÉBORA SUELI MOREIRA VAZ PINTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JANEIRO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais, à minha Irmã e ao Daniel

O conhecimento não serve de nada, a não ser que se ponha em prática.

Anton Tchekhov

AGRADECIMENTOS

No término de uma fase tão importante da minha vida foram várias as pessoas que me acompanharam e merecem os meus agradecimentos.

Aos meus pais um grande "Obrigada" por me deixarem crescer e me ensinarem a ser uma pessoa melhor, por me mostrarem o valor das coisas e da vida e por me amarem tal como sou.

À minha irmã por me ajudar sempre a ver o lado bom e descontraído da vida e por ser uma fonte de positivismo.

Aos meus avós maternos por todo o amor e carinho que me deram ao longo da sua vida e por me chamarem a atenção para a importância de uma vida académica.

À minha avó paterna pelo amor, carinho e pela preocupação constante com o meu futuro.

Ao Daniel por ser a minha companhia nos momentos de maior angústia, por me compreender e me incentivar constantemente e acima de tudo por me ajudar a espreitar.

A todos os meus amigos por ajudarem-me a descontrair com algumas boas risadas e por dizerem constantemente "Tu consegues!".

Ao Professor Vasco Peixoto de Freitas, meu orientador, agradeço toda a disponibilidade para esclarecimentos e ensinamentos. E ainda a gentileza, demonstrada na cedência de material do seu gabinete que foi imprescindível para a elaboração desta dissertação.

RESUMO

As operações de reabilitação surgem como solução para a requalificação do património edificado, que vem sendo gradualmente abandonado devido à sua elevada degradação. Esta degradação leva à diminuição das condições de conforto e salubridade, contribuindo para a desvitalização do património.

A reabilitação de edifícios antigos localizados nos centros históricos e com significado cultural, tem sido considerada prioritária. Todavia, estes não são os únicos a necessitar de intervenção, outros edifícios relativamente recentes, também apresentam patologias significativas e necessitam de ser melhorados de forma a satisfazer as necessidades mínimas de conforto.

Esta dissertação pretende contribuir para uma reflexão sobre a reabilitação de edifícios construídos entre 1961 a 1985, nomeadamente acerca das tecnologias construtivas utilizadas nas coberturas desta época e das possíveis soluções construtivas a utilizar na reabilitação destes elementos. Parte deste estudo compreende uma análise do estado da reabilitação em Portugal, focando-se maioritariamente nos edifícios do período em estudo.

Seguidamente procede-se à análise e síntese da informação disponível em documentos técnicos franceses (Documents Techniques Unifiés - DTU) e alguns documentos técnicos portugueses sobre a pormenorização construtiva dos dois tipos de coberturas mais representativos dos edifícios em estudo, coberturas em terraço e coberturas inclinadas, sendo que no âmbito das coberturas inclinadas se analisa os painéis sandwich. Todo este processo permitiu tipificar as soluções construtivas das coberturas em análise e chegar a um conjunto de esquemas de princípio que definem as principais preocupações de conceção dos pontos construtivos mais relevantes.

O ponto fulcral desta dissertação consiste na elaboração de um conjunto de fichas com soluções-tipo de reabilitação - pormenores construtivos em zona corrente e pontos singulares - das coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich para apoio ao projeto de reabilitação. Estas fichas apresentam pormenores e especificações quantitativas fundamentais para uma reabilitação com qualidade e sem erros de execução. A elaboração destas fichas com soluções-tipo só foi possível atendendo a informação disponibilizada por um gabinete de engenharia civil.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação, Pormenores construtivos, Coberturas, Esquemas de princípio, Fichas com soluções-tipo de reabilitação.

ABSTRACT

Rehabilitation is considered the main answer regarding requalification of constructed patrimony, which has gradually been left to abandonment, due to its high level of deterioration. This deterioration is responsible for low comfort and salubrity found in buildings, which then leads to devitalisation.

Old buildings located in historical centres and of cultural interest, must be considered as a priority for rehabilitation work. But they aren't alone in the need of major or small rehabilitation processes. Recent constructions also present significant pathologies and need of interventions, in order to fully satisfy today's expectations and comfort demands.

This thesis aims at a reflexion about rehabilitation concerning buildings which were built between 1961 and 1985. Specifically about constructive technologies of their different roofs typologies, and possible solutions for rehabilitating processes. Part of this process will be to analyse rehabilitation in Portugal.

The main aspiration of this assay will be to analyse and synthesise the available information regarding the two most representative roof types of the considered collection of buildings, the flat roof and the more common inclined roof with sandwich panels. For this, the official French (Documents Techniques Unifiés - DTU) and some Portuguese technical writings will be considered. Supported in this analysis and conclusions this work will attempt to typify the solutions for rehabilitation of the roof typologies in analysis and therefore conclude a collection of technical drawings which define the main conception worries, regarding most relevant details.

By composing a combination of technical schemes and writings about rehabilitation guide lines and solutions - constructive details in current area and singularity points - regarding the two typologies here considered, this work aims to produce keys guide lines procedures during project. Details and quantity specifications, fundamental in the pursuit of correct rehabilitation with quality, will be presented by these schemes. The execution of these standardized solutions schemes was supported on documentation offered by a Civil engineering office, otherwise, this wouldn't be possible.

KEYWORDS: Rehabilitation, Constructive details, Roof, Technical schemes, Rehabilitation standardized solutions

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. MOTIVAÇÕES E OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA	3
2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. O CRESCIMENTO DO SETOR DA REABILITAÇÃO EM PORTUGAL	5
2.3. TIPOS DE EDIFÍCIOS QUE NECESSITAM DE INTERVENÇÃO	7
2.4. EDIFÍCIOS ENTRE OS ANOS 61, 70 E 85	8
2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO	10
3. TIPIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS - CONCEÇÃO E ESQUEMAS DE PRINCÍPIO	13
3.1. INFORMAÇÃO DISPONÍVEL	13
3.2. EXIGÊNCIAS E CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS	14
3.3. CONCEÇÃO E ESQUEMAS DE PRINCÍPIO	16
3.3.1. COBERTURA EM TERRAÇO	16
3.3.1.1. Descrição das camadas constituintes da cobertura em terraço	18
3.3.1.2. Identificação das principais preocupações construtivas da cobertura em terraço	20
3.3.2. COBERTURA INCLINADA EM PAINEL SANDWICH	57
3.3.2.1. Descrição das camadas constituintes da cobertura em painel sandwich.....	58
3.3.2.2. Identificação das principais preocupações construtivas da cobertura inclinada em painel sandwich.....	59
4. PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA PARA APOIO À REABILITAÇÃO	89
4.1. INTRODUÇÃO	89
4.2. PORMENORES CONSTRUTIVOS DE APOIO A PROJETOS DE REABILITAÇÃO.....	90
4.2.1. COBERTURA EM TERRAÇO	90

4.2.2. COBERTURA INCLINADA EM PAINEL SANDWICH	104
5. CONCLUSÃO	111
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Edifícios concluídos para habitação familiar, por tipo de obra, 2001-2011	6
Fig.2 – Edifícios habitacionais segundo a época de construção pelo estado de conservação	7
Fig.3 – Edifícios habitacionais segundo a época de construção pela necessidade de reparações	8
Fig.4 – Proporção de edifícios habitacionais segundo períodos de construção	9
Fig.5 – Proporção de edifícios habitacionais do período de 1961 a 1985 por estado de conservação ..	9
Fig.6 – Tipo de coberturas segundo época de construção	10
Fig.7 – Coberturas segundo época de construção por necessidade de reparação	10
Fig.8 – Proporção do tipo de coberturas no período de 1961 a 1985 nas edificações habitacionais ...	16
Fig.9 – Fotografia de edifícios com coberturas em terraço (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)	21
Fig.10 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura em terraço não acessível e identificação dos pontos singulares da cobertura	21
Fig.11 – Projeção em 3D de uma cobertura em terraço acessível e identificação dos seus pontos singulares	22
Fig.12 – Evolução da estrutura de suporte da cobertura inclinada	57
Fig.13 – Fotografia de edifícios com cobertura inclinada em painel sandwich (Bairro de Contumil)	60
Fig.14 – Projeção em 3D de uma cobertura em painel sandwich e identificação dos seus pontos singulares	60
Fig.15 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura em terraço acessível e não acessível com identificação da zona corrente e respetivos pontos singulares	90
Fig.16 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura inclinada em painel sandwich com identificação da zona corrente e respetivos pontos singulares	104

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Proporção da reabilitação do edificado relativamente às construções novas de edifícios concluídos para habitação familiar, 2001-2011	6
Tabela 2 – Classificação das coberturas segundo a inclinação	15
Tabela 3 – Classificação das coberturas em terraço quanto à acessibilidade	17
Tabela 4 – Classificação das coberturas segundo o isolamento térmico	17
Tabela 5 – Descrição das camadas que compõe uma cobertura em terraço	18
Tabela 6 – Listagem dos esquemas de princípio e correspondência com a numeração da Figura 10 e 11	22
Tabela 7 – Estrutura dos esquemas de princípio	23
Tabela 8 – Número de fixadores para os painéis de isolamento de acordo com o seu comprimento e largura	31
Tabela 9 – Descrição das camadas que compõe uma cobertura em painel sandwich	58
Tabela 10 – Listagem dos esquemas de princípio e correspondência com a numeração da Figura 14	61
Tabela 11 – Estrutura dos esquemas de princípio	61
Tabela 12 – Tipo de acessórios de fixação a utilizar de acordo com a estrutura de suporte	65
Tabela 13 – Distribuição mínima dos fixadores	68
Tabela 14 – Comprimento da aba de remate de acordo com a inclinação da cobertura e da zona climática em que se insere o edifício	72
Tabela 15 – Correspondência entre os elementos da cobertura e os pontos assinalados na Figura 15	91
Tabela 16 – Estrutura das fichas com soluções-tipo de reabilitação	92
Tabela 17 – Correspondência entre os elementos da cobertura e os pontos assinalados na Figura 16	105
Tabela 18 – Estrutura das fichas com soluções-tipo de reabilitação	105

ÍNDICE DE FICHAS

Esquema de princípio A-01 – Zona corrente de cobertura em terraço.....	24
Esquema de princípio A-02 – Camada de proteção	26
Esquema de princípio A-03 – Revestimento de impermeabilização.....	29
Esquema de princípio A-04 – Isolamento térmico	31
Esquema de princípio A-05 – Barreira pára-vapor.....	33
Esquema de princípio A-06 – Junta de dilatação elevada.....	35
Esquema de princípio A-07 – Junta de dilatação plana.....	38
Esquema de princípio A-08 – Platibandas - Forma de proteção e prolongamento da camada de impermeabilização	40
Esquema de princípio A-09 – Remate da platibanda	42
Esquema de princípio A-010 – Drenagem de águas pluviais - Caleiras	44
Esquema de princípio A-011 – Drenagem de águas pluviais - Saídas verticais	46
Esquema de princípio A-012 – Drenagem de águas pluviais - Trop-plain ou saída de emergência.....	48
Esquema de princípio A-013 – Ventilação e outras tubagens transversais	50
Esquema de princípio A-014 – Equipamentos mecânicos ligeiros.....	55
Esquema de princípio B-01 – Zona corrente de cobertura inclinada em painel sandwich	62
Esquema de princípio B-02 – Elementos de fixação	64
Esquema de princípio B-03 – Distribuição dos elementos de fixação	68
Esquema de princípio B-04 – Juntas entre painéis.....	71
Esquema de princípio B-05 – Cumeeira	74
Esquema de princípio B-06 – Acessórios para cumeeira	78
Esquema de princípio B-07 – Remate de extremidades	80
Esquema de princípio B-08 – Caleiras.....	82
Esquema de princípio B-09 – Ventilação/Tubagens emergentes/Claraboias	85
Solução-tipo P-01 – Zona corrente de cobertura em terraço não acessível	93
Solução-tipo P-02 – Remate do murete/platibanda	94
Solução-tipo P-03 – Remate com as paredes de fachada	96
Solução-tipo P-04 – Remate com as soleiras dos vãos de acesso às coberturas em terraço.....	99
Solução-tipo P-05 – Remate com as juntas de dilatação	101
Solução-tipo P-06 – Remate das juntas de dilatação entre edifícios.....	102
Solução-tipo P-07 – Remate da cumeeira	106
Solução-tipo P-08 – Remate do beiral	108

Solução-tipo P-09 – Remate lateral com paredes emergentes	109
Solução-tipo P-010 – Remate longitudinal com paredes não emergentes	110

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Com a crescente melhoria da qualidade de vida as pessoas tornam-se mais exigentes com o meio envolvente e as suas necessidades evoluem num sentido de crescente aperfeiçoamento.

O património edificado também tem que acompanhar esta evolução e ser capaz de responder às necessidades de conforto, de saúde, de higiene e de segurança. Contudo para conseguir acompanhar todas estas mudanças tem que sofrer uma série de intervenções que o dotem de características adequadas à correta habitabilidade, fornecendo todas as condições de conforto exigidas. Deste modo, a reabilitação surge como a intervenção destinada a proporcionar o desempenho compatível com as exigências funcionais atuais.

É cada vez mais perceptível que a reabilitação de edifícios é a solução para os problemas de degradação do património. Esta funciona como tentativa de evitar o abandono do edificado menos recente por apresentar patologias que contribuem para a degradação da salubridade e conforto.

Todavia esta atividade só pode ser corretamente desenvolvida com prévio conhecimento e estudo dos edifícios a reabilitar, nomeadamente das tecnologias e materiais utilizados na época.

Após o devido estudo das tecnologias utilizadas é necessário perceber qual a melhor solução de reabilitação para a patologia em causa e tentar reabilitar de forma a manter as características originais do edifício, sem destruir os elementos que são caracterizadores e representativos de uma época arquitetónica.

Neste crescente interesse pela reabilitação é notório que os seus primeiros passos passaram pela intervenção em monumentos e edifícios de construções especiais, sendo que com o decorrer dos tempos este interesse evoluiu para a recuperação de edifícios mais correntes de habitação. Cria-se assim, a noção que os edifícios recentes também são representativos da evolução histórica e que necessitam de intervenções eficazes e adaptadas às suas características, de forma a torná-los eficientes e habitáveis.

Apesar da área dominante do setor da construção residir nas construções novas, esta apresenta uma certa insustentabilidade a nível social, económico e ambiental, levando todo este investimento indiscriminado à saturação do mercado e ao excesso de habitação. Todo este excesso gera novos encargos que nem a população e as autarquias são capazes de sustentar.

No sentido de facultar à população a possibilidade de regressar aos centros urbanos e de ocuparem espaços anteriormente abandonados surge a reabilitação do edificado, sendo que esta adquire um valor cada vez mais positivo no setor da construção.

Decididamente que o investimento na conservação e reabilitação do património é uma aposta necessária e incontornável, sendo fulcral a criação de medidas que incentivem e simplifiquem esta atividade.

Tendo sido salientada a importância da reabilitação de edifícios, faz todo o sentido que se desenvolva um trabalho que realce a sua importância e que venha preencher algumas lacunas existentes a nível da identificação de tecnologias e implementação de soluções de reabilitação.

Esta dissertação irá incidir sobre a reabilitação de edifícios entre os anos 61, 70 e 85, por se tratarem de edifícios menos estudados e sobre os quais a necessidade de reabilitação são bastante significativas. A escolha deste período também se relaciona com a disponibilidade dos dados estatísticos caracterizadores do edificado.

Como os estudos relacionados com a área de reabilitação são muito abrangentes, é necessário limitar este estudo a algo mais objetivo, como tal, incidir-se-á sobre a importância da pormenorização construtiva de coberturas. Dar-se-á especial atenção ao estudo de coberturas em terraço e coberturas inclinadas, sendo que no âmbito das coberturas inclinadas debruçar-se-á sobre a forma de reabilitação com painel de sandwich.

Este estudo compreenderá uma análise e síntese da informação disponível acerca dos edifícios deste período a nível da conceção de pormenores construtivos, tendo como base uma pesquisa de publicações técnicas atribuindo especial atenção aos documentos técnicos franceses (Documents Techniques Unifiés - DTU). Com esta síntese tipificam-se as soluções construtivas das coberturas e chega-se à conceção de esquemas de princípio das zonas correntes e dos pontos singulares, realçando as respetivas preocupações de aplicação.

Outro elemento de elevada importância que estará presente nesta dissertação será um conjunto de fichas com soluções-tipo de reabilitação que contêm pormenores construtivos e especificações quantitativas e que salvaguardam as principais preocupações a nível da execução das coberturas em estudo. É de salientar que a elaboração das fichas com soluções-tipo de reabilitação, apoiar-se-ão em cadernos de encargos, fornecidos por um gabinete de engenharia civil com grande experiência na área da reabilitação de edifícios.

1.2. MOTIVAÇÕES E OBJETIVOS

O desenvolvimento desta dissertação decorre do interesse em conhecer aprofundadamente a área de reabilitação de edifícios e da noção que é fundamental uma boa base de informação para que os processos de reabilitação sejam adequados, valorizando assim o património pré-existente.

Para o desenvolvimento do tema serão realizados vários estudos e análises, sendo os principais objetivos os seguintes:

- Análise do setor da construção a nível da reabilitação de edifícios em Portugal;
- Caracterização dos edifícios entre os anos 61, 70 e 85;
- Recolha e síntese da informação disponível em publicações técnicas sobre a conceção das coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich no período em estudo, no sentido de elaborar um conjunto de esquemas de princípio;
- Elaboração de um conjunto de fichas com soluções-tipo de reabilitação, que engloba pormenores construtivos com especificações quantitativas, para apoio à reabilitação das coberturas em terraço e para coberturas inclinadas utilizando o painel sandwich.

Assim sendo, estes objetivos direcionam-se no sentido de salientar a importância da pormenorização construtiva para o alcance de uma reabilitação adequada e eficaz.

1.3. ESTRUTURA

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos e tem o seguinte alinhamento:

- Caracterização do estado da reabilitação em Portugal;
- Caracterização das coberturas dos edifícios do período de 1961 a 1985;
- Síntese da informação disponível sobre a concessão das coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich e elaboração de esquemas de princípio;
- Pormenorização construtiva com especificações quantitativas das coberturas em estudo, para a elaboração de fichas com soluções-tipo de reabilitação;
- Conclusões gerais.

No capítulo 2 faz-se a descrição do crescimento da reabilitação no setor da construção em Portugal. Descreve-se os tipos de edifícios que necessitam de ações de reabilitação e o grau de intervenção necessário, dando especial atenção aos edifícios entre os anos 1961, 1970 e 1985. Dentro da amostra dos edifícios deste período caracteriza-se os tipos de coberturas e o seu estado de conservação.

O capítulo 3 faz referência à informação disponível em publicações técnicas nacionais e internacionais. Neste capítulo trabalha-se essencialmente com a informação disponibilizada nos documentos técnicos franceses (DTU), sobre a caracterização das soluções usadas nestes edifícios para reabilitação das coberturas em estudo. É ainda tido em conta a existência de soluções construtivas das coberturas em livros técnicos portugueses, mesmo que a informação disponível não esteja normalizada.

Toda a informação disponível sobre as tecnologias destas coberturas permitiu o desenvolvimento de um conjunto de esquemas de princípio que descrevem as zonas correntes e os pontos singulares.

No capítulo 4 desenvolvem-se e analisam-se alguns pormenores construtivos, que servem de apoio a uma correta execução da reabilitação das coberturas em estudo. Do desenvolvimento deste capítulo obtém-se um conjunto de fichas com soluções-tipo de reabilitação, que se apoiam na informação técnica sobre a conceção das coberturas sintetizada no capítulo 3 e num conjunto de pormenores construtivos de um gabinete de engenharia civil.

Neste capítulo alia-se a experiência ao conhecimento teórico na tentativa de obter um conjunto de pormenores e especificações quantitativas apropriadas a uma reabilitação eficaz.

Por fim no capítulo final da dissertação salientam-se algumas dificuldades sentidas ao longo da elaboração deste estudo e retiram-se as principais conclusões de todo o processo de reabilitação que se decidiu abordar.

2

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

2.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo começa-se por expor a evolução da reabilitação a nível da sua representatividade no mercado da construção. Nesta fase torna-se imprescindível compreender a dimensão do património com necessidades de intervenção e perceber se a reabilitação tem sido utilizada para o aproveitamento e aumento da sustentabilidade do património.

Proceder-se-á à caracterização do parque edificado através de dados estatísticos, utilizando como principais critérios de caracterização o estado de conservação e as necessidades de intervenção nos edifícios habitacionais.

Neste estudo dar-se-á especial atenção aos edifícios do período de 1961 a 1985, estando a escolha deste intervalo de tempo relacionado com a forma com que são disponibilizados os dados estatísticos e por se tratar de um período pouco estudado a nível das tecnologias utilizadas em reabilitação. No estudo dos edifícios habitacionais deste período decidiu-se incidir sobre as tecnologias relacionadas com as coberturas. Neste sentido, além de se estudar a representatividade dos edifícios deste período também se caracterizará o tipo de coberturas utilizadas na época e as suas necessidades de reparação.

Para o desenvolvimento deste capítulo foi necessário a consulta de várias fontes estatísticas, nomeadamente, Instituto Nacional de Estatística através das Estatísticas da Construção e da Habitação [1], dos Recenseamentos da População e da Habitação [2], [3] e ainda a consulta do Instituto da Construção e do Imobiliário [4].

Relativamente aos dados estatísticos apresentados neste capítulo é necessário referir que foi feita uma tentativa de recorrer aos dados mais atualizados. Contudo deve-se ter em conta a possibilidade de existirem novos dados mais atualizados até à data de entrega desta dissertação.

2.2. O CRESCIMENTO DO SETOR DA REABILITAÇÃO EM PORTUGAL

Nesta fase a análise do setor da construção será feita comparativamente com dados fornecidos pelo Instituto da Construção e do Imobiliário (INCI) e pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), pois através destes é possível analisar a evolução do setor e verificar quais as principais alterações que este vai sofrendo devido a fatores económicos, de planeamento do território e de organização urbana.

Como o setor da construção compreende vários tipos de áreas, desde construção nova, reabilitação e obras de engenharia civil e dado que este trabalho incide sobre a reabilitação de edifícios, faz sentido ter como parâmetro comparativo as construções novas para apresentar a evolução da reabilitação. É

ainda necessário referir que os dados estatísticos para esta análise trabalham com um conceito de reabilitação do edificado que engloba obras de alteração, ampliação e reconstrução.

Analisando o gráfico da Figura 1 que relaciona o número de edifícios habitacionais concluídos com o período de 2001 a 2011 a nível das construções novas e da reabilitação pode-se tirar as seguintes ilações:

- Construções novas continuam a ter maior representatividade que a reabilitação no setor da construção;
- Diminuição drástica do número de construções novas concluídas a partir de 2002;
- A partir de 2003 assiste-se a uma ligeira quebra de obras de reabilitação concluídas, mas em menor escala que a quebra das construções novas;
- Constante retração do mercado de construção.

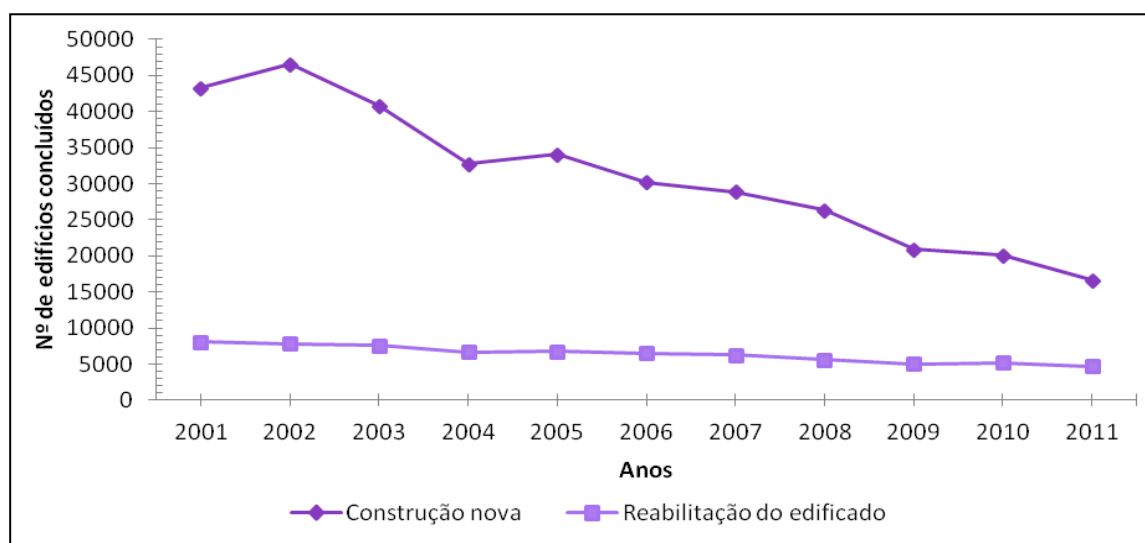


Fig.1 – Edifícios concluídos para habitação familiar, por tipo de obra, 2001-2011 [1]

É notória a crescente quebra na construção nova e na reabilitação, contudo esta não ocorre na mesma proporção e peso.

Quando se analisa o peso da reabilitação relativamente à construção nova de edifícios habitacionais presentes na Tabela 1 constata-se que nos últimos anos o peso da reabilitação tem aumentado. Tal facto deve-se fundamentalmente à progressiva redução do investimento na construção nova. É a partir de 2008 que o crescimento dos pesos da reabilitação é mais representativo.

É ainda necessário referir que estes dados apenas entram com obras de reabilitação que necessitam de licenciamento, pois as que estão dispensadas da licença municipal por não fazerem alterações da estrutura de estabilidade, das cêrceas, da forma dos telhados e das fachadas estão fora do âmbito das estatísticas da Construção e Habitação [1].

Tabela 1 – Proporção da reabilitação do edificado relativamente às construções novas de edifícios concluídos para habitação familiar, 2001-2011 [1]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Portugal	18,7%	16,9%	18,5%	20,3%	19,7%	21,6%	21,8%	21,4%	24,2%	25,7%	28,5%

Apesar de toda a saturação do mercado a nível das novas habitações e do crescimento relativo da reabilitação, ainda é notório que as construções novas têm um grande significado no mercado da construção.

Com a crescente perceção de que a reabilitação é importante para a economia portuguesa, na medida em que é fundamental a regeneração e recuperação das estruturas pré-existentes, torna-se iminente a necessidade de investir em novas medidas e benefícios que fomentem o interesse por esta área.

2.3. TIPOS DE EDIFÍCIOS QUE NECESSITAM DE INTERVENÇÃO

Quando se fala em edifícios que necessitam de reabilitação há que ter a noção que tanto os edifícios residenciais como os não residenciais, onde se incluem os edifícios afetos a várias atividades económicas e edifícios públicos de prestação de serviços, necessitam deste tipo de intervenção.

Apesar de toda esta panóplia de edifícios que necessitam de intervenção ser alargado, este estudo vai incidir essencialmente sobre os edifícios residenciais.

Para caracterizar o estado de conservação do parque habitacional de Portugal, recorreu-se aos dados fornecidos pelos Censos 2001 [4], assim foi possível resumir a informação à Figura 2, onde se expõe a classificação dos edifícios por época de construção e pelo seu estado de conservação.

Verifica-se que os edifícios mais recentes são os que menos precisam de intervenções de reparação, contudo esta reparação não é completamente dispensada nos edifícios do período de 1991 a 2001, edifícios denominados de recentes. Por outro lado verifica-se que no período anterior a 1919 até 1990 os edifícios necessitam amplamente de reabilitação. Nesta figura é ainda possível verificar a existência de edifícios muito degradados, estando estes num extremo de degradação que já não é possível encaixá-lo dentro do edificado com possibilidade de recuperação. Como seria de esperar este elevado grau de degradação aparece em maior escala no período anterior a 1919, mas está presente em todos os anos da figura.

No gráfico da Figura 2 realça-se o período de 1961 a 1985, mas a sua análise só será elaborada no subcapítulo 2.4.

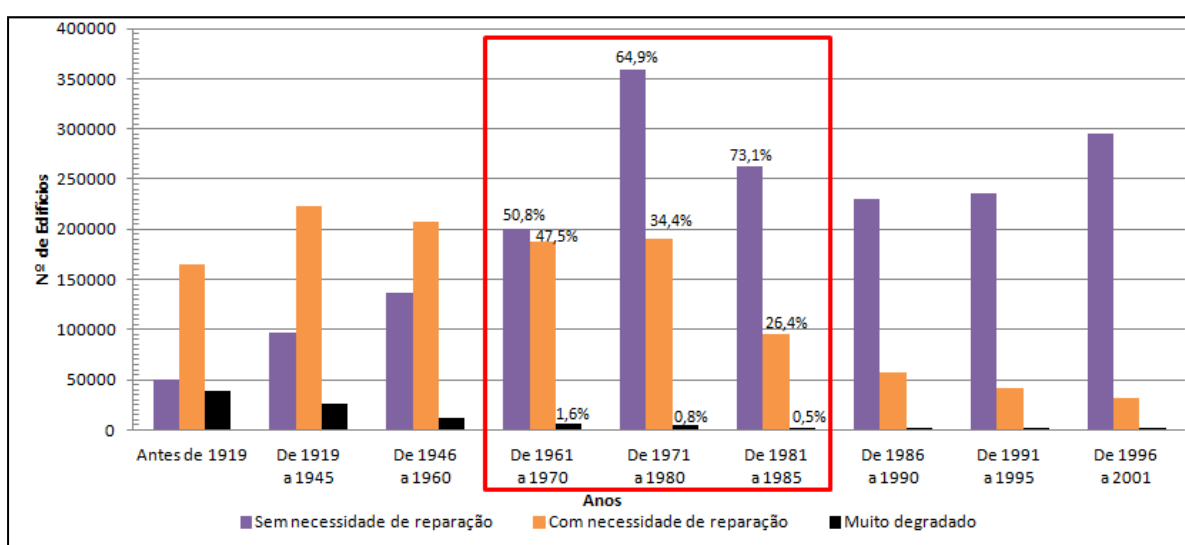


Fig.2 – Edifícios habitacionais segundo a época de construção pelo estado de conservação [4]

Dentro dos edifícios com necessidades de reparação é ainda possível classificá-los de acordo com o grau de reparação a efetuar, a Figura 3 mostra exatamente essa classificação. Consta-se através desta figura que o número de pequenas intervenções no edificado são as mais necessárias para a recuperação do património, sendo mais significativas no período de 1919 a 1980. Por outro lado as médias reparações aparecem de forma muito representativa no período antes de 1919 a 1980. A análise do período de 1961 a 1985 será feita no subcapítulo 2.4.

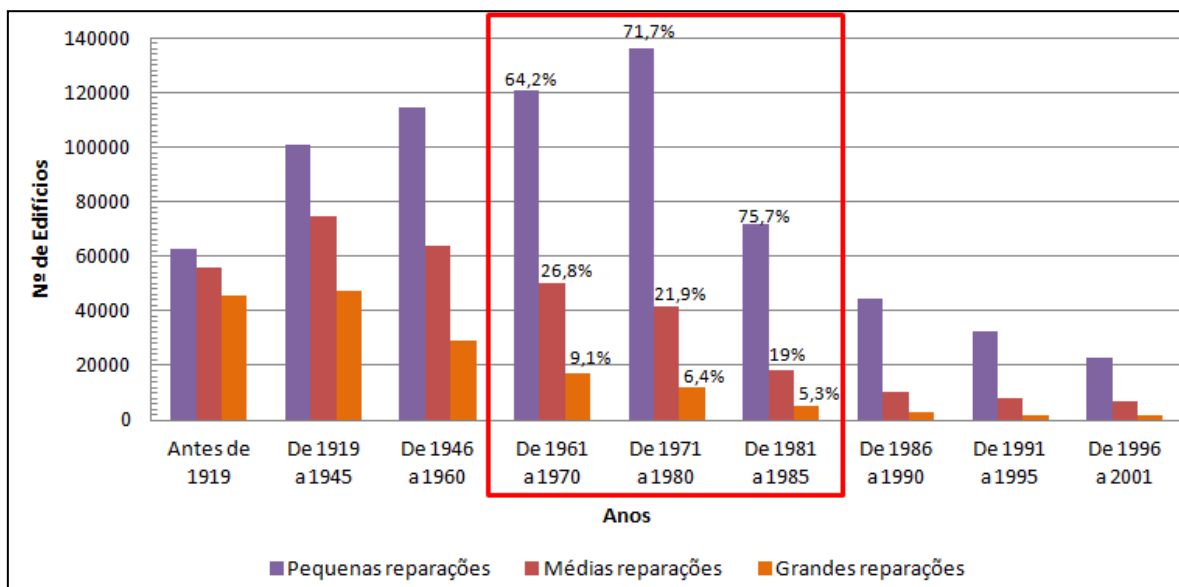


Fig.3 – Edifícios habitacionais segundo a época de construção pela necessidade de reparações [4]

2.4. EDIFÍCIOS ENTRE OS ANOS 61, 70 E 85

No subcapítulo anterior caracterizou-se o parque habitacional por diferentes épocas de construção e as respetivas necessidades de reparação. Nesse subcapítulo ficou-se com uma ideia geral do panorama do edificado.

No presente subcapítulo pretende-se fazer uma análise direcionada para os edifícios do período de 1961 a 1985, tendo por base os dados disponibilizados pelos Censos de 2001 [4].

Neste ponto passa-se a analisar mais aprofundadamente as Figuras 2 e 3 onde se realçou a percentagem total das necessidades e grau de reparação do edificado.

Através da Figura 2, verifica-se que o maior número de edifícios por época de construção está presente no ano de 1971 a 1980. Quanto mais antigos são os edifícios maiores são as necessidades de reparação, correspondendo estas ao período de 1961 a 1970.

Na Figura 3 frisa-se novamente que as necessidades de pequenas reparações são as mais representativas em todo o período de estudo e que de 1961 a 1970 as médias e grandes reparações estão em maior percentagem do que nos restantes.

Seguidamente passa-se a analisar a representatividade do edificado no período de construção entre 1961 e 1985. Pela observação da Figura 4 é possível constatar que grande parte do edificado habitacional foi construído no período em estudo.

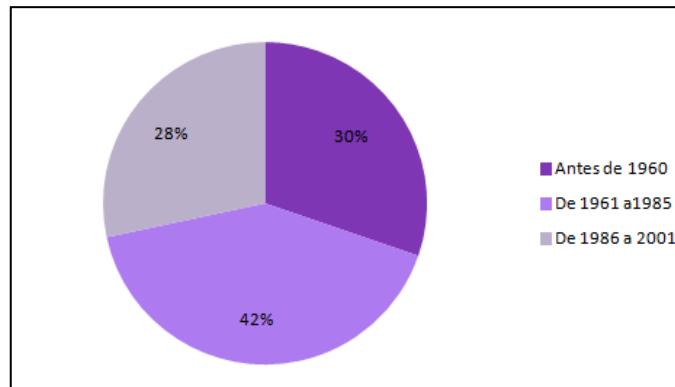


Fig.4 – Proporção de edifícios habitacionais segundo períodos de construção [4]

Na Figura 5 está representada a percentagem dos edifícios com necessidade de reabilitação e verifica-se que esta ronda os 36%. Contudo é bastante positivo verificar que a maior parte destes edifícios não necessitam de intervenção, o que indica que grande parte ainda se encontra em bom estado.

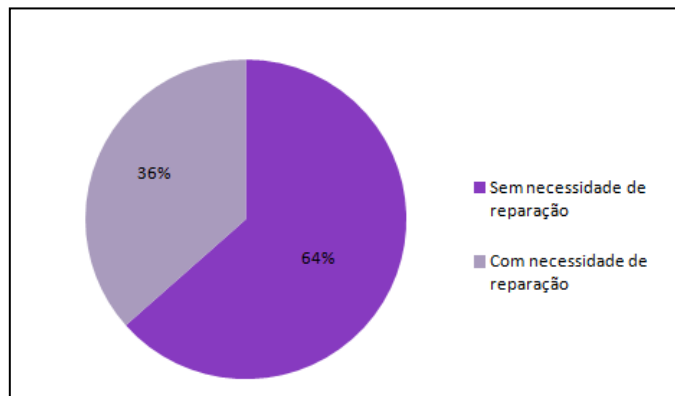


Fig.5 – Proporção de edifícios habitacionais do período de 1961 a 1985 por estado de conservação [4]

Como um dos grandes objetivos deste trabalho reside no estudo de coberturas no período construtivo em análise, faz todo o sentido tentar perceber os tipos de coberturas que eram utilizadas, para posteriormente ser possível desenvolver um trabalho de qualidade. Foi possível retirar dos censos de 2001 [4] informação suficiente para caracterizar as coberturas. Estes dados deram origem ao gráfico da Figura 6. Neste é possível verificar que o tipo de cobertura maioritariamente utilizado é a cobertura inclinada.

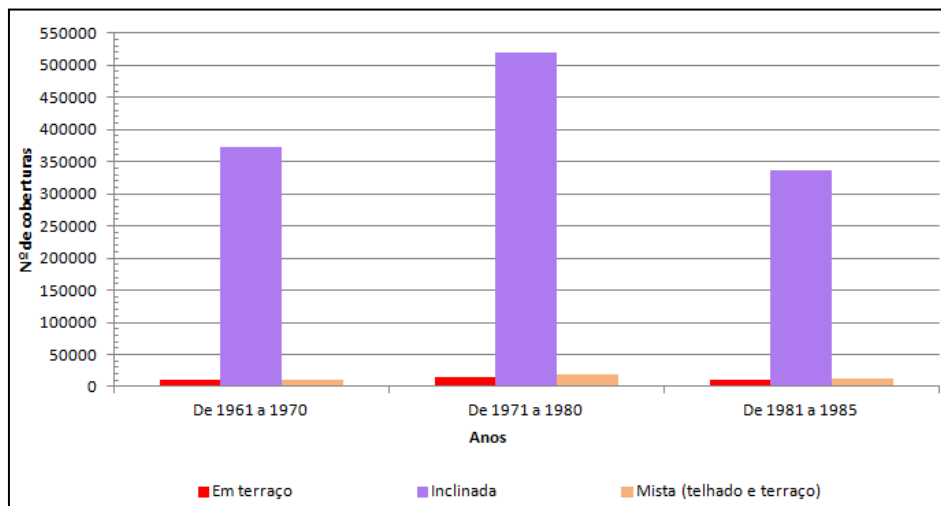


Fig.6 – Tipo de coberturas segundo época de construção [4]

De forma a pormenorizar mais o estudo sobre o estado das coberturas, caracterizaram-se as suas necessidades de intervenção no período em estudo. Pela Figura 7 constata-se que em períodos diferentes as pequenas reparações são as mais necessárias e que apesar de existirem necessidades de intervenção em todos os períodos ainda há um grande número de coberturas em bom estado.

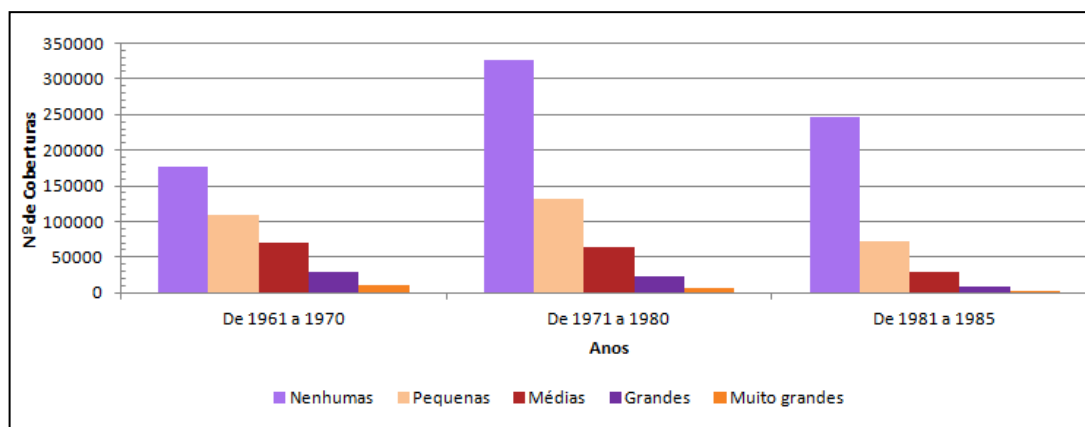


Fig.7 – Coberturas segundo época de construção por necessidade de reparação [4]

2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Após a análise e estudo de todos os dados deste capítulo tiram-se como principais ilações:

- Crescente retração do mercado de construção;
- A reabilitação ainda é pouco representativa no mercado da construção, mas quando se faz uma análise em termos relativos com as construções novas percebe-se que a reabilitação tem vindo a ganhar peso no mercado;
- Em todos os períodos analisados os edifícios apresentam necessidades de reparação, o que evidencia a constante necessidade de manutenção do património;

- As pequenas manutenções são predominantes em todos os períodos, mas quanto mais antigo é o edificado mais representativa é a necessidade de médias reparações;
- Edifícios do período 1961 a 1985 são uma grande fatia do património habitacional, ou seja, neste período construiu-se um grande número de edifícios habitacionais;
- Na análise das coberturas do período 1961 a 1985 a solução tecnológica mais utilizada é a cobertura inclinada;
- Grande número das coberturas do período 1961 a 1985 encontram-se em bom estado, em contrapartida são poucas as coberturas que apresentam muito grandes necessidades de reparação;
- As pequenas e médias intervenções parecem ser a solução para conferir novamente às coberturas as suas características funcionais.

Com toda esta análise, denota-se que é perentória a mudança da mentalidade por parte da população sobre a forma como se encara o edificado. Há a necessidade de encarar o edificado como uma estrutura que precisa de manutenção e cuidado, e que o investimento na adaptação do mesmo dota-o de características funcionais adequadas à sua habitabilidade. Desta forma, evita-se a desvitalização do património e investe-se numa regeneração sustentável, evitando o gasto excessivo em matérias-primas e recursos naturais.

3

TIPIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS - CONCEÇÃO E ESQUEMAS DE PRINCÍPIO

3.1. INFORMAÇÃO DISPONÍVEL

Na reabilitação, os aspetos que mais frequentemente falham dizem respeito à execução de pontos singulares, ou seja, pontos que de alguma forma são feitos distintamente da zona corrente, pois exigem mais cuidados para lhes conferir as características funcionais que lhes são exigidas.

Uma boa execução advém de uma boa base a nível de projeto, que resulta de um bom caderno de encargos com toda a informação e pormenorização construtiva e que reúne todas as condições técnicas especiais. Através deste nível de excelência no projeto é possível chegar a um produto final com qualidade.

Contudo para se conseguir evitar as possíveis falhas de execução que possam surgir em obra e na fase de elaboração de projeto por causa de dúvidas inerentes a pormenores construtivos, é fundamental uma base de informação capaz de auxiliar a elaboração de pormenores de uma forma suficientemente clara e eficaz.

Atualmente em Portugal não existe nenhum conjunto de diretrizes oficiais que auxilie a elaboração de pormenores construtivos, principalmente em aspetos que necessitam de especial cuidado de execução. Assim, a maior parte dos engenheiros civis acabam por recorrer a documentos de apoio de outra nacionalidade.

Como tal, o documento internacional que serve de base de apoio a esclarecimentos a nível de pormenorização construtiva dos diferentes elementos construtivos denomina-se de Documents Techniques Unifiés (DTU), documento francês que abrange todo o processo construtivo de edificações e respetivos materiais. Este é um documento de fácil consulta com uma procura assistida tendo por base a imagem de uma habitação e uma procura por acesso direto a um catálogo. Ambas as procuras dão acesso aos documentos técnicos dos diferentes elementos construtivos e respetivos componentes do elemento. O DTU caracteriza-se por fornecer um conjunto de diretrizes que auxiliam a correta execução em obra, contribuindo para a obtenção de edificações com qualidade.

Apesar da lacuna a nível de documentos técnicos portugueses normalizados com orientações de conceção de pormenores construtivos, são cada vez mais os autores interessados no desenvolvimento de obras que auxiliam a pormenorização dos elementos construtivos com princípios de boa construção.

Por conseguinte como esta dissertação incide sobre a reabilitação de coberturas em terraço e inclinadas, algumas das obras nacionais que servem de possível apoio para o entendimento das tecnologias relacionadas com a sua adequada execução são:

- Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço (ITE 33) [6];
- Revestimento de impermeabilização de coberturas em terraço (ITE 34) [7];
- Sistema de construção - IV, Coberturas planas, juntas, alumínio e materiais ferrosos [8];
- Sistemas de construção - VI, Coberturas inclinadas (1.^a parte) [9];
- Manual de Aplicação de telhas cerâmicas [10].

Com o desenvolvimento deste capítulo pretende-se reunir a informação disponível no DTU e em documentos técnicos nacionais sobre as coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich e chegar a um conjunto de desenhos esquemáticos que sejam capazes de conferir uma ideia clara sobre a forma de conceção destas coberturas. A partir destes desenhos esquemáticos e conjugando a cada desenho um conjunto de preocupações de conceção pretende-se chegar a um conjunto de esquemas de princípio, que sirvam de guia para o entendimento das tecnologias construtivas dos elementos em estudo.

Ao fornecer este conjunto de esquemas de princípio contribui-se para a eficiência e melhoria do processo de reabilitação, incentivando a utilização de informação normalizada para se obter um produto final dotado de todas as características funcionais exigidas.

Todo este conhecimento a nível da tipificação das soluções construtivas é muito relevante para a reabilitação de edifícios, pois nesta área trabalha-se com uma grande variedade de tecnologias. Lida-se com o pré-existente e adapta-se para novas tecnologias e soluções mais adequadas, na tentativa de criar melhores condições de habitabilidade. Assim, é de extrema importância um conhecimento sobre os bons princípios de execução dos elementos construtivos, devendo este ter origem em documentos normalizados, que sirvam de guia a uma adequada reabilitação.

3.2. EXIGÊNCIAS E CLASSIFICAÇÃO DAS COBERTURAS

Como já foi referido, este trabalho incide sobre a reabilitação de coberturas de edifícios habitacionais, neste cenário é preciso perceber qual a função da cobertura e quais os tipos de coberturas existentes na realidade portuguesa.

Assim sendo, uma cobertura tem como principal função proteger a habitação das intempéries (vento, chuva, neve) e da radiação solar, esta contribui também para o conforto térmico e acústico do edifício e tem ainda uma contribuição estética. [8]

As coberturas devem ser cuidadosamente executadas de forma a responder a um conjunto de exigências funcionais, nomeadamente [7]:

- **Exigências de Segurança:** Segurança estrutural; Segurança contra incêndios; Segurança contra riscos de uso normal (punçoamento e choques acidentais); Resistência das camadas não estruturais (acção dos agentes atmosféricos e variações das condições ambientais interiores);
- **Exigências de Habitabilidade:** Estanquidade (água, neve, poeiras e ar); Conforto térmico (Inverno e Verão); Conforto acústico (sons aéreos e sons de percussão), Conforto visual

(iluminação natural e refletividade da camada de protecção); Disposição de acessórios e equipamentos; Aspecto (exterior e interior);

- **Exigências de Durabilidade:** Conservação das qualidades (Conservação das resistências mecânicas; conservação dos materiais e resistência a acções decorrentes do uso normal); Limpeza, manutenção e reparação;
- **Exigências de Economia:** Limitação do custo global; Economia da energia.

Para conseguir dotar uma cobertura de todas estas características é fundamental um bom conhecimento tecnológico a nível da cobertura que se está a executar, bem como o local em que esta se insere, pois condições atmosféricas diferentes comportam execuções e cuidados distintos.

É possível classificar as coberturas através da sua inclinação, na Tabela 2 verifica-se que existem dois grandes tipos de coberturas: as coberturas inclinadas e as coberturas em terraço ou planas, sendo que dentro das coberturas em terraço há ainda coberturas em terraço com pendente nula. Apesar desta classificação generalizada, esta depende de país para país e no caso de Portugal a cobertura plana de pendente nula não é executada, pois o artigo 43.º do Regime Geral das Edificações Urbanas (RGEU) limita como inclinação mínima o valor de 1% [12], pois esta é a inclinação mínima que garante o rápido e completo escoamento das águas pluviais.

Tabela 2 – Classificação das coberturas segundo a inclinação [15]

Tipos de Cobertura	Inclinação
Cobertura em terraço de pendente nula	$i < 1\%$
Cobertura em terraço plana	$1\% \leq i \leq 5\%$
Cobertura inclinada	$i > 5\%$

Conhecer o tipo de cobertura com que se está a trabalhar é imprescindível para conseguir reabilitar de forma adequada. Também é relevante perceber qual a representatividade dos diferentes tipos de coberturas em Portugal.

A partir da Figura 8 é possível constatar que no período de estudo escolhido (1961 a 1985) o tipo de cobertura maioritariamente utilizado consiste em coberturas inclinadas. Em muito menor percentagem encontram-se as coberturas em terraço e as coberturas mistas, pois apesar destas tecnologias começarem a desenvolver-se a larga escala pelo mundo e com qualidade no início do século XX, a realidade é que a tradição enraizada na construção civil e a falta de confiança e à-vontade para a aplicação de novas técnicas e materiais fez com que a aplicação deste tipo de coberturas não se desenvolvesse muito no período em estudo.

Através desta representatividade das coberturas inclinadas nas edificações habitacionais portuguesas, percebe-se facilmente que esta foi a tecnologia mais utilizada no período em estudo, o que faz com que a maioria das necessidades de reabilitação corresponda a este tipo de cobertura.

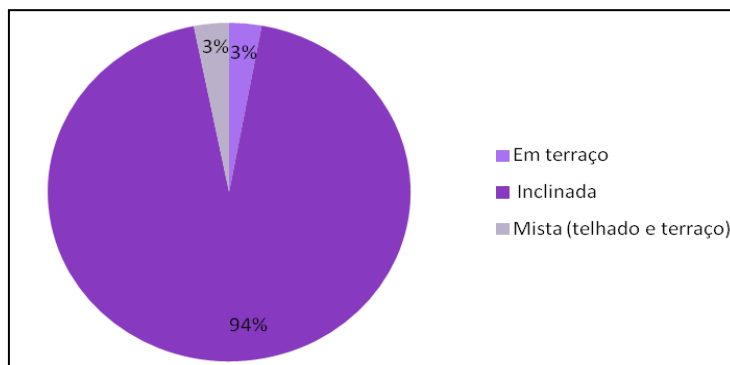


Fig.8 – Proporção do tipo de coberturas no período de 1961 a 1985 nas edificações habitacionais [4]

Embora existam vários tipos de coberturas, (cobertura em telha, cobertura em ardósia, cobertura em xisto, cobertura em zinco, cobertura em painel sandwich, cobertura em terraço,...) neste trabalho vai-se estudar apenas dois tipos, uma será a cobertura em terraço e a outra corresponderá à cobertura inclinada em painel sandwich.

3.3. CONCEÇÃO E ESQUEMAS DE PRINCÍPIO

3.3.1. COBERTURA EM TERRAÇO

Uma cobertura designa-se em terraço quando os materiais que a constituem estão dispostos em camadas muito próximas da horizontal, ou seja, têm uma inclinação reduzida. Contudo, esta deve ter uma inclinação mínima que garanta o escoamento das águas da chuva para os locais de captação. Como já fora referido a inclinação destas coberturas está compreendida entre 1% e 5% inclusive.

Com a evolução das tecnologias de construção e conseqüentemente com a melhoria dos materiais, tem-se vindo a verificar cada vez mais a utilização das coberturas em terraço. Estas apresentam-se como a escolha mais óbvia na atualidade, por uma questão de maior aproveitamento de espaço do edifício e porque em alguns casos representam um espaço que pode ser utilizado como terraço, criando assim uma zona de lazer.

A nível da classificação das coberturas em terraço, existem diferentes óticas de classificação, esta já foi classificada quanto à sua pendente, e em seguida apresenta-se uma classificação quanto à acessibilidade e outra tendo em conta o isolamento térmico e a sua posição.

Na tabela 3, apresenta-se a classificação das coberturas quanto ao tipo de acessibilidade. Relativamente a esta classificação o tipo de acessibilidade que tem grande interesse para este estudo consiste nas coberturas não acessíveis e nas coberturas acessíveis a pessoas, pois tendo em conta o período dos edifícios em estudo e o facto de se tratar de edifícios habitacionais é bastante lógico que se limite o estudo a este tipo de acessibilidade.

Tabela 3 – Classificação das coberturas em terraço quanto à acessibilidade [7]

Tipos de Cobertura		Condições de utilização
Não acessíveis		Acessível para trabalhos de reparação e manutenção pouco frequentes
Acessíveis a pessoas		Acesso limitado à circulação de pessoas e sua permanência
Acessíveis a veículos	Ligeiros	Acessível a pessoas e à circulação e estacionamento de veículos ligeiros
	Pesados	Acessível a pessoas e à circulação e estacionamento de veículos pesados e ligeiros
Especiais		Acesso limitado à circulação de pessoas e sua permanência
	Zonas Técnicas	Acessível para trabalhos de reparação e manutenção frequente de equipamentos

A classificação quanto ao isolamento térmico e a sua posição está referido na Tabela 4, este apresenta três tipos de coberturas.

Tabela 4 – Classificação das coberturas segundo o isolamento térmico [8]

Tipos de Cobertura	Descrição
Cobertura sem isolamento	Não tem isolamento
Cobertura Tradicional	Isolamento sob a camada de impermeabilização
Cobertura Invertida	Isolamento sobre a camada de impermeabilização

Atualmente a cobertura sem isolamento é uma técnica que não é possível utilizar, pois o isolamento é imprescindível para evitar que a laje esteja sujeita a grandes variações térmicas, logo menos sujeita a deformações térmicas, levando a uma degradação da laje mais reduzida. Neste sentido os dois grandes grupos em que se dividem as coberturas são as coberturas tradicionais e as coberturas invertidas.

Relativamente à cobertura tradicional, esta foi a primeira tecnologia a utilizar o isolamento térmico na cobertura, apesar das limitações dos materiais utilizados nos isolamentos. O material que constituía o isolamento (aglomerado negro de cortiça, lã de rocha ou de vidro) podia degradar-se e encharcar facilmente, caso estivesse em contacto com humidade ou chuva, logo havia a necessidade de colocar uma camada superior impermeabilizante para proteger este material.

Posteriormente com o desenvolvimento de isolamentos térmicos não sensíveis à água foi possível colocar o isolamento térmico acima da camada de impermeabilização. Como a camada de impermeabilização é um material de difícil aplicação e de custo elevado, tornou-se bastante óbvia a necessidade de proteger esta camada do calor e da radiação solar, evitando assim mais eficazmente a sua degradação.

3.3.1.1. Descrição das camadas constituintes da cobertura em terraço

Após a classificação das coberturas em terraço a nível da inclinação, acessibilidade e posição do isolamento térmico procede-se à enumeração das suas camadas constituintes.

Na Tabela 5 encontram-se todas as camadas que podem surgir numa cobertura, contudo isto não significa que todas as coberturas contenham estas camadas, pois estas devem ser escolhidas de acordo com o tipo de cobertura que se quer executar. Todavia, na generalidade das coberturas é possível encontrar sempre a estrutura de suporte, a camada de forma, o isolamento térmico, a camada de impermeabilização e o revestimento de proteção.

Tabela 5 – Descrição das camadas que compõe uma cobertura em terraço

Elementos	Descrição
Estrutura de suporte	Elemento estrutural que serve de apoio à cobertura e que se designa de laje. Geralmente para edifícios habitacionais e para escritórios a laje da cobertura é em betão armado e pode ser maciça, aligeirada ou em pré-lajes. Em edifícios industriais, centros comerciais e pavilhões usam-se estruturas em betão armado com pranchas vazadas e perfis especiais e ainda estruturas em chapas metálicas nervuradas e pranchas de madeira ou derivados desta.
Camada de forma	<p>Camada que define a pendente (inclinação) da cobertura, tendo o valor mínimo de 1%. Tem como principal função o escoamento das águas pluviais para as caleiras, regularização da camada de suporte e servir de base para a impermeabilização ou isolamento.</p> <p>Esta camada é composta por uma argamassa que pode ainda incorporar agregados leves como argila expandida e poliestireno expandido, ou por outro lado incorporar bolhas de ar (betão celular), com estes elementos a camada de forma tem um comportamento de complemento de isolamento térmico. De salientar que quando se utiliza uma argamassa com agregados leves é necessário que a camada de forma seja finalizada com uma camada de argamassa de acabamento, para eliminar irregularidades.</p>
Camada de impermeabilização ou revestimento de impermeabilização	<p>Esta camada confere à cobertura estanquidade à água da chuva, logo impede que as águas das chuvas passem para o interior. Devido às extremas condições meteorológicas a que está exposta, nesta camada devem ser utilizados produtos de elevada elasticidade e resistência aos raios ultra violeta.</p> <p>A impermeabilização é feita essencialmente por membranas betuminosas, membranas de betume modificadas com polímeros (APP e SBS), membranas de PVC (membrana de natureza termoplástica), membranas de borracha e pinturas impermeabilizantes.</p>
Isolamento térmico	A inclusão do isolamento térmico nas coberturas em terraço tem em vista limitar as deformações de origem térmica e eventual fissuração da laje. Este tem como principal função minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior do edifício, logo contribui para o conforto

térmico do edifício. Neste contexto o isolamento térmico trabalha para um aumento da eficiência energética e redução dos consumos de energia de todo o edifício. Este deve conseguir evitar as perdas de calor no inverno e o sobreaquecimento no verão. Para conseguir desempenhar esta função o material utilizado para isolamento deve apresentar um índice de condutibilidade térmica (λ) baixo.

Na escolha do material a utilizar para isolamento é preciso ter em conta a posição do isolamento na cobertura, sendo que em coberturas invertidas este tem que ser não sensível à água e em coberturas tradicionais pode ser permeável. Outro fator a ter em conta é a acessibilidade da cobertura, pois de acordo com a sua utilização o isolamento tem que ter uma resistência à compressão adequada.

Alguns dos materiais que constituem o isolamento são: poliestireno extrudido (XPS), poliestireno expandido (EPS), espuma de poliuretano, aglomerado de cortiça, lã de vidro, lã de rocha, aglomerado de fibras de côco.

Revestimento de proteção	Esta camada tem como principal função proteger a cobertura da radiação solar, de forma a evitar o seu rápido envelhecimento. A esta camada também estão associadas outras funções, nomeadamente proteção da camada de impermeabilização ou do isolamento térmico, impedindo o arranque destes elementos devido a ventos e permitir a correta acessibilidade à cobertura sem a danificar.
--------------------------	--

Nesta camada são utilizados materiais de acordo com o tipo de acessibilidade que é conferido à cobertura, sendo estes materiais os seguintes: godo, brita, betonilha, ladrilhos cerâmicos sobre betonilha ou placas pré-fabricadas de betão, cerâmica ou madeira.

Esta camada é o acabamento final da cobertura.

Camada de dessolidarização	Permite o funcionamento do sistema de impermeabilização independente da camada de proteção. Esta camada é colocada entre a impermeabilização e a camada de proteção para que a camada de impermeabilização não seja tencionada com os ciclos de variação dimensional provocados pela radiação solar. Outra razão para a utilização desta camada está ligada ao tipo de acessibilidade da cobertura, ou seja, quando esta é acessível a pessoas e/ou veículos é imprescindível a inserção desta camada de forma prevenir a transmissão de tensões à impermeabilização devido à circulação.
----------------------------	---

O material utilizado para esta camada consiste numa manta de geotêxtil de polipropileno ou uma manta de geotêxtil de poliéster. Pode ainda ser utilizado para esta camada areia e agregado, contudo neste caso esta camada está separada da camada de proteção por um tecido não sintético.

Barreira pára-vapor	Elemento que oferece resistência significativa à passagem de vapor de água, sendo utilizada para minimizar problemas de condensações
---------------------	--

internas. Apesar da elevada resistência à difusão de vapor de água, esta não impede completamente a sua passagem. Nas coberturas a barreira pára-vapor é utilizada de forma a impedir que ocorram condensações no isolamento térmico, logo esta deve ser colocada antes do isolamento.

As barreiras pára-vapor podem ser constituídas por membranas rígidas (plásticos reforçados, alumínio ou outras chapas metálicas), flexíveis (folhas metálicas, papéis, filmes e folhas de plástico ou feltros) e ainda por películas de revestimento nomeadamente tintas, emulsões de composição betuminosa ou resinosa.

Existe ainda um tipo de barreira pára-vapor inteligente que além das funções apresentadas anteriormente também consegue efetuar a secagem da água que possa vir a ficar retida no elemento assim que as condições climáticas forem adequadas. [24]

Camada de difusão de vapor de água

Esta camada é aplicada entre a camada de impermeabilização e a sua camada de suporte (camada que antecede a impermeabilização) e destina-se a igualar a pressão de vapor de água entre essas duas camadas, permitindo uma uniformização da dissipação do vapor de água.

O material utilizado consiste numa membrana betuminosa com revestimento inferior em grânulos de cortiça ou de poliestireno expandido.

Observação: A camada de difusão de vapor de água é pouco utilizada na prática corrente.

Separadores

Têm como função separar os materiais das restantes camadas que possam ser incompatíveis. São exemplo desta incompatibilidade as telas de PVC e as placas de poliestireno extrudido e ainda o poliuretano (isolamento) e os materiais betuminosos. Entre este grupo de materiais deve ser colocada uma manta de geotêxtil não tecido de fibras sintéticas do tipo poliéster.

Camada de regularização

É uma camada de pequena espessura de argamassa com função de regularizar a superfície da estrutura resistente, tornando-a lisa e capacitando-a das condições para receber a camada seguinte. Normalmente esta camada é dispensada quando a camada de forma é diretamente aplicada sobre a estrutura resistente e ainda quando a camada de forma não tem um desempenho de isolamento térmico. Caso à camada de forma seja atribuído o desempenho de isolamento térmico é necessário aplicar a camada de regularização e uma barreira pára-vapor antes da camada de forma.

3.3.1.2. Identificação das principais preocupações construtivas da cobertura em terraço

Como já foi referido anteriormente, neste capítulo procede-se à tentativa de tipificar as soluções construtivas da cobertura em terraço e chegar a esquemas de princípio que abrangem a zona corrente e

pontos singulares e que visam contribuir para a resolução e esclarecimento de alguns problemas existentes na reabilitação destas coberturas. Na elaboração destes esquemas de princípio conjuga-se um conjunto de desenhos esquemáticos a algumas preocupações de conceção, produzindo uma fonte de consulta com diretrizes para a adequada execução em obra.

Na Figura 9 apresenta-se uma fotografia de um edifício com cobertura em terraço. Esta figura permite dar a noção do aspecto geral de uma cobertura em terraço, tendo a designação de Cobertura A, pois foi a nomenclatura escolhida para ser utilizada nos esquemas de princípio para permitir uma correta identificação da zona corrente e dos pontos singulares que se estão a abordar. Na Figura 10 e 11 vê-se mais pormenorizadamente a zona corrente da cobertura e os seus respetivos pontos singulares, estando estes numerados de forma a facilitar a sua localização e identificação.



Fig.9 – Fotografia de edifícios com cobertura em terraço (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) [13]

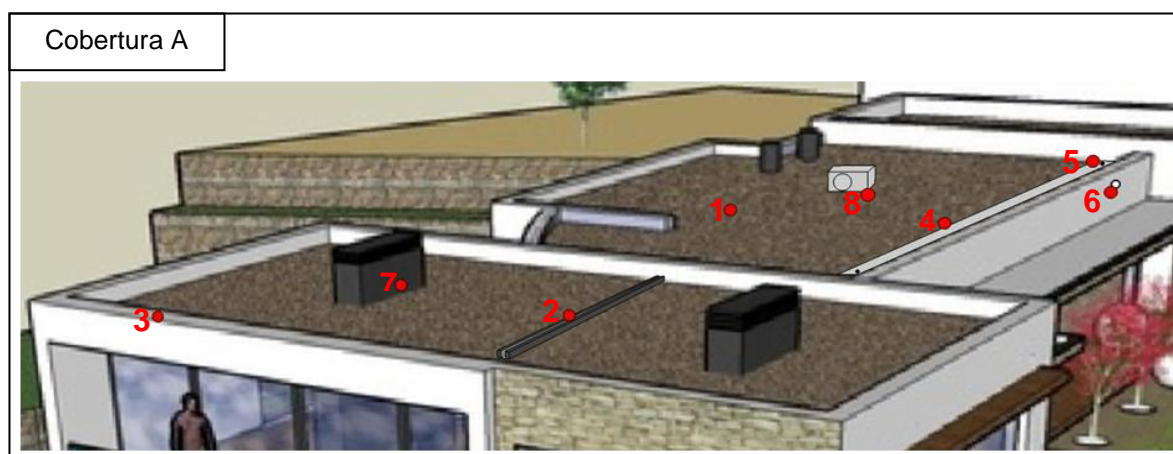


Fig.10 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura em terraço não acessível e identificação dos pontos singulares da cobertura [14]

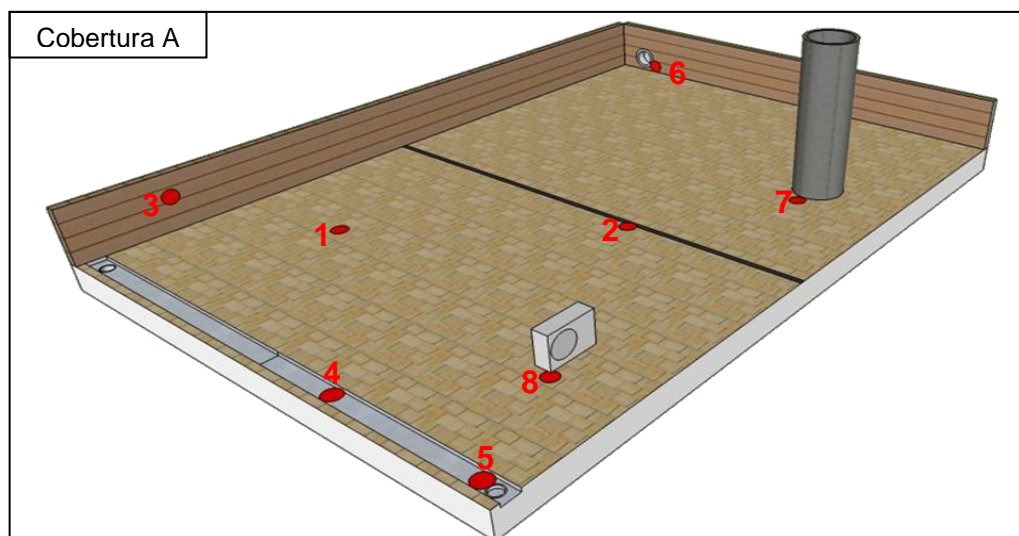


Fig.11 – Projeção em 3D de uma cobertura em terraço acessível e identificação dos seus pontos singulares

Na tabela que se apresenta seguidamente faz-se a correspondência entre a numeração dos pontos assinalados na Figura 10 e 11 e os seus respetivos elementos. Nesta também se faz a listagem dos esquemas de princípios e a atribuição de códigos.

Tabela 6 – Listagem dos esquemas de princípio e correspondência com a numeração da Figura 10 e 11

Elemento	Numeração na cobertura	Código do desenho esquemático	Código do esquema de princípio	
Zona Corrente	1	A-01	A-01a	A-01
			A-01b	A-02
			A-01c	A-03
			A-01d	A-04
			A-01e	A-05
Junta de dilatação	2	A-02	A-02a	A-06
			A-02b	A-07
Platibanda	3	A-03	A-03a	A-08
			A-03b	A-09
Caleira	4	A-04	A-010	
Saídas verticais de águas pluviais	5	A-05	A-011	
Trop-plain	6	A-06	A-012	
Ventilação e tubagens emergentes	7	A-07	A-013	
Equipamentos mecânicos ligeiros	8	A-08	A-014	

Antes de passar aos esquemas de princípio faz-se uma descrição da sua estrutura na Tabela 7. Relativamente à avaliação e comentário há que ter em conta que estes são feitos de acordo com a experiência retirada deste estudo.

Tabela 7 – Estrutura dos esquemas de princípio

Código de identificação do esquema de princípio	
Nome do desenho esquemático	Código de identificação do desenho esquemático
Desenho esquemático	Legenda do desenho esquemático
Preocupações de conceção	
Avaliação	
Comentário sobre a avaliação	

Esquema de princípio A-01	
Zona corrente de cobertura em terraço	Código: A-01a
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: ITE 34</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-Camada de suporte 2-Barreira pára-vapor 3-Isolamento térmico 4-Camada de impermeabilização 5-Leito de areia 6-Betonilha ou pavimento em betão 7- Elemento de ligação/apoio 8- Laje/Ladrilho 9-Camada de forma 10-Agregado

Preocupações de conceção: Em zona corrente são vários os aspectos que podem variar. No desenho esquemático D1 verifica-se que numa das partes da zona corrente não está presente a barreira pára-vapor nem o isolamento térmico. Apesar de não estar presente o isolamento, este não pode ser completamente dispensado mesmo quando se está numa zona não aquecida como uma garagem ou varanda. Nestas situações deve ser colocado um isolamento com pelo menos 3cm de espessura.

A nível do isolamento térmico e de acordo com a sua posição na cobertura é possível ter duas denominações, uma corresponde à cobertura tradicional (D1) em que o isolamento térmico fica abaixo da impermeabilização e por outro lado tem-se a cobertura invertida (D2) em que o isolamento térmico fica acima da impermeabilização.

Através dos desenhos esquemáticos D1 e D2 constata-se que a camada de proteção é diferente nos dois desenhos, devendo-se essa distinção ao tipo de utilização que é conferido à cobertura. No D1 a camada de proteção é constituída pelos elementos assinalados com os números 6, 7 e 8, enquanto que no D2 esta camada está assinalada com o número 10. Em coberturas acessíveis a pessoas (D1) são utilizados para camada de proteção: betonilha, ladrilhos sobre betonilha ou

placas pré-fabricadas, aplicados sobre uma camada de dessolidarização. Em coberturas não acessíveis (D2) opta-se pela utilização de godo ou brita, havendo ainda a possibilidade de não se colocar esta camada caso o revestimento de impermeabilização seja auto-protegido.

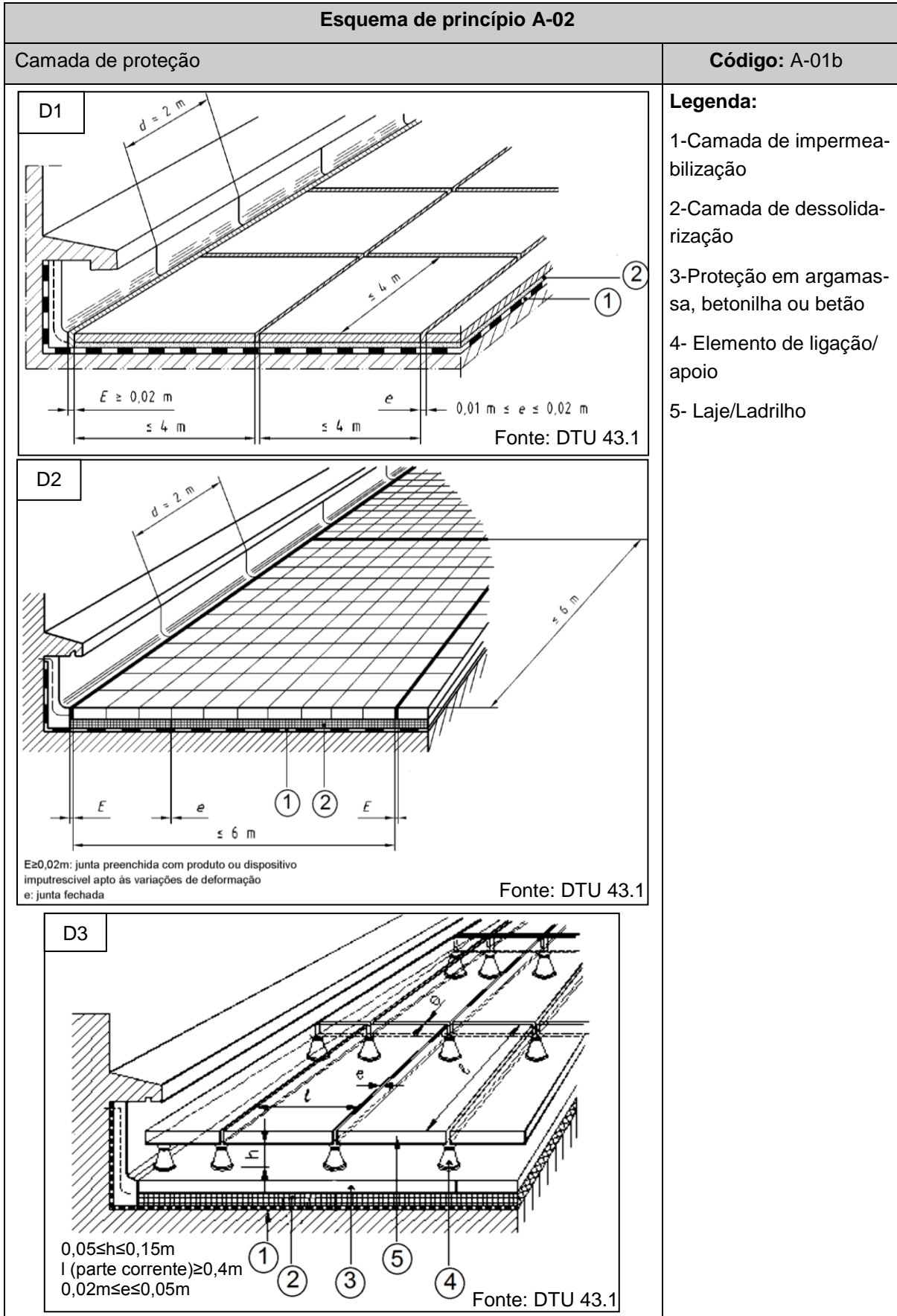
Outros aspectos que são necessários realçar na zona corrente residem na colocação da impermeabilização, do isolamento térmico e da barreira pára-vapor. Estes vão estar referidos em esquemas de princípio distintos.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 com isolamento térmico	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		
Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Ambas as soluções (D1 com isolamento e D2) são utilizadas em Portugal e quando executadas adequadamente conferem um bom desempenho funcional à cobertura;
- Como são utilizadas tecnologias distintas nos dois desenhos esquemáticos também as suas principais qualidades são diferentes. No D1 a camada pára-vapor impede que ocorram condensações no isolamento térmico. No D2 a camada de impermeabilização está protegida pelo isolamento térmico;
- A nível de execução a cobertura do D1 apresenta mais dificuldades na camada de proteção, pois esta tem mais exigências devido à sua utilização (cobertura acessível).



Preocupações de conceção: Nestes desenhos esquemáticos encontram-se representadas as camadas de proteção e os diferentes cuidados a ter de acordo com o tipo de proteção utilizada em coberturas acessíveis a pessoas.

Em todos os desenhos está presente uma camada de dessolidarização com espessura mínima de 0,03m, sendo esta composta por agregados rolados ou britados com uma granulometria mínima compreendida entre 3mm a 5mm ou por uma camada de areia. Esta camada está separada da camada de proteção por um tecido não sintético de pelo menos 170g/m².

Para a camada de dessolidarização existem outras soluções como mantas de geotêxtil de polipropileno ou mantas de geotêxtil de poliéster.

No D1 faz-se referência à camada de proteção, nesta é utilizada uma camada em argamassa ou em betão, devendo esta ser fracionada de 4m em 4m, entre cada fracionamento deve existir uma junta que possibilite a deformação do pavimento, sendo esta preenchida com um produto ou dispositivo imputrescível. A camada de proteção em argamassa ou em betão tem que ter uma espessura nominal mínima de 0,04m e deve ser completada com o revestimento de circulação.

Nos desenhos esquemáticos D2 e D3 evidenciam-se os revestimentos de circulação.

No D2 é utilizado como revestimento de circulação uma camada de ladrilhos em betão pré-fabricado ou pedra natural. O fracionamento representado de 6m em 6m corresponde à camada de betonilha, pois como os ladrilhos apresentados têm naturalmente um seccionamento elevado permite alguma deformação.

Por último no desenho D3 apresenta-se um revestimento de circulação em lajes com suporte de ligação, estas devem ser fracionadas no mínimo de 0,4m em 0,4m, tendo ainda que ter um espaçamento entre lajes compreendido no intervalo de [0.02, 0.05]m.

Através dos desenhos esquemáticos expostos é ainda possível frisar que de acordo com o tipo de proteção tem-se juntas diferentes. Relativamente a este aspecto existem juntas apertadas como as que estão no D2 e juntas largas representadas no D1 e no D3. No caso das juntas apertadas, estas não levam preenchimento e a única camada de dessolidarização que pode ser utilizada são os agregados. Por outro lado nas juntas largas o espaço da junta é preenchido por um material não imputrescível (mastique) e pode-se utilizar como camada de dessolidarização areia e agregado. Há ainda que salientar que a junta que existe ao longo de todo o contacto entre as lajes ou ladrilhos (D1 e D2) e a platibanda é de extrema importância, pois impede a existência de um contacto direto entre estes elementos e a platibanda, impedindo possíveis estragos gerados pelas deformações do pavimento.

Nas coberturas não acessíveis o tipo de proteção consiste numa camada de espessura mínima de 0,04m de agregados rolados ou britados, tendo estes uma granulometria compreendida entre 0,05m e dois terços da espessura da proteção.

Avaliação:

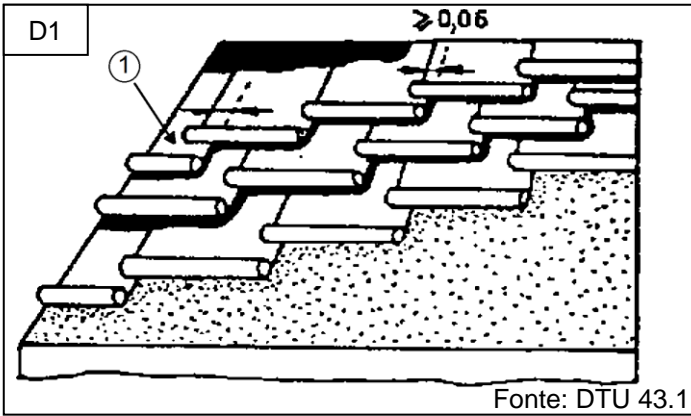
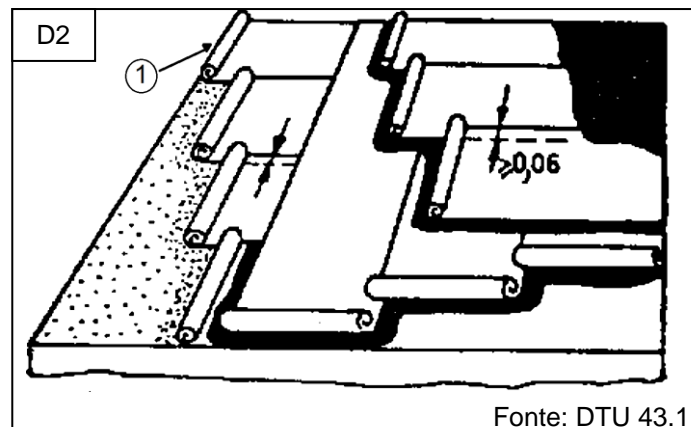
Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		X
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D3	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal		X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: Coberturas não acessíveis	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- As coberturas não acessíveis são mais fáceis de executar, pois a camada de proteção só é constituída por agregados, enquanto que nas coberturas acessíveis (D1, D2 e D3) é necessário colocar uma camada de dessolidarização e só posteriormente é que se coloca a camada de proteção;
- Das soluções D2 e D3 aquela que apresenta maior dificuldade de execução é a D3, pois nesta solução o revestimento de circulação exige mais precisão na colocação dos apoios da laje;
- A nível de desempenho se a camada de proteção for executada segundo os princípios corretos e de acordo com a sua acessibilidade é expectável que esta tenha um desempenho adequado.

Esquema de princípio A-03	
Revestimento de impermeabilização	Código: A-01c
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D1</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	<p>Legenda:</p> <p>1-Telas de impermeabilização em membranas de betume polímero</p>
<p>Preocupações de conceção: Existem vários tipos de camadas de impermeabilização e de acordo com o tipo que se utiliza tem-se diferentes disposições de aplicação.</p> <p>Nos desenhos esquemáticos apresentados (D1 e D2) trabalha-se com uma camada de impermeabilização em membranas de betume polímero, neste caso estão representadas 3 telas de impermeabilização, mas na prática corrente só se utilizam 2 telas. A forma de aplicação das telas de impermeabilização está apresentada no D1 e no D2 e como se pode observar as telas podem ser dispostas intercaladas sempre na mesma direção ou então intercaladas de forma cruzada, estando sempre sobrepostas de 0,06m. É necessário especial atenção na colocação das membranas na mesma direção, pois neste caso as diferentes camadas não devem ter juntas sobrepostas.</p> <p>Quando se utiliza como camada de impermeabilização uma camada asfáltica a sobreposição das telas deve ser no mínimo de 0,10m.*</p> <p>Limitações e exigências de utilização dos revestimentos de impermeabilização [15]:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asfalto - Só pode ser utilizado em coberturas com inclinação máxima de 3%*; ▪ Multicamada de betume polímero - Exige uma camada de proteção pesada, podendo esta camada ser rígida (betonilha, ladrilhos sobre betonilha, placas pré-fabricadas em betão, cerâmica ou madeira) ou em material solto (godo, brita). 	

Há ainda a referir que existem três processos através dos quais se podem fixar as telas de impermeabilização: [8]

- Forma aderida - Neste processo de fixação a membrana é colada ao suporte em toda a sua extensão com produtos aplicados a quente (emulsões);
- Forma semi-aderida - A fixação da tela é feita ao suporte à volta do perímetro da cobertura, nos pontos singulares e ainda a meio da cobertura. Neste caso a fixação pode ser feita por colagem (colas ou emulsões aquecidas) ou por fixação mecânica (perfis e/ou parafusos);
- Forma não aderida, flutuante ou independente - As telas só são fixas no perímetro da cobertura e em pontos singulares. Nesta forma de fixação as telas são fixas com o auxílio de materiais granulares (godo, brita), lajetas ou betonilhas.

Observações: Apesar de no DTU só se fazer referência a camadas de impermeabilização em membranas betuminosas e asfálticas, há que referir que existem outros materiais, nomeadamente membranas de PVC, membranas de betume modificadas com polímeros (APP e SBS) e membranas de borracha e pinturas impermeabilizantes.

* A aplicação de asfalto já não é uma prática correntemente utilizada.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		X
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável		X	

Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- A sobreposição das telas de impermeabilização na mesma direção têm um grau de dificuldade acrescido dado que é preciso garantir que na camada seguinte não ocorra sobreposição das juntas. Devido a essa dificuldade a probabilidade de ocorrerem erros de execução é maior e como tal não é uma tecnologia muito aplicada nem muito aconselhada.

Esquema de princípio A-04													
Isolamento térmico	Código: A-01d												
<p style="text-align: center;">D1</p> <p style="text-align: center;">$L \geq H_1$</p> <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	<p>Legenda:</p> <p>1-Isolamento térmico</p>												
<p>Tabela 8 - Número de fixadores para os painéis de isolamento de acordo com o seu comprimento e largura (Fonte: DTU 43.1)</p>													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 50%; text-align: center;">$0,6 \text{ m} < L \leq 1,0 \text{ m}$</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">$L \leq 0,6 \text{ m}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$H_1 \leq 0,3 \text{ m}$</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$0,3 \text{ m} < H_1 \leq 0,6 \text{ m}$</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$0,6 \text{ m} < H_1 \leq 1,0 \text{ m}$</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>		$0,6 \text{ m} < L \leq 1,0 \text{ m}$	$L \leq 0,6 \text{ m}$	$H_1 \leq 0,3 \text{ m}$			$0,3 \text{ m} < H_1 \leq 0,6 \text{ m}$			$0,6 \text{ m} < H_1 \leq 1,0 \text{ m}$		
	$0,6 \text{ m} < L \leq 1,0 \text{ m}$	$L \leq 0,6 \text{ m}$											
$H_1 \leq 0,3 \text{ m}$													
$0,3 \text{ m} < H_1 \leq 0,6 \text{ m}$													
$0,6 \text{ m} < H_1 \leq 1,0 \text{ m}$													
		<p>Legenda da tabela:</p> <p>L-Comprimento do painel</p> <p>H1- Largura do painel</p> <p>d-distância ao bordo</p> <p style="text-align: center;">$0,05\text{m} \leq d \leq 0,15\text{m}$</p>											
<p>Preocupações de conceção: A camada de isolamento é composta por apenas uma camada de painéis de isolamento, sendo esta disposta de acordo com o D1. A forma de fixação destes painéis é feita por meio de fixação mecânica, estando estabelecido o número de fixadores de acordo com as características de comprimento e largura do painel.</p> <p>É necessário salientar que de acordo com a posição do isolamento, este deve ter características diferentes a nível de impermeabilidade, ou seja, se um isolamento é colocado acima da camada de impermeabilização deve ser não sensível à água (XPS), pois caso contrário o isolamento pode degradar-se muito facilmente, prejudicando o desempenho da cobertura.</p>													

Avaliação:

Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- O isolamento térmico é necessário em todas as coberturas em terraço para dotar o edifício de uma boa eficiência energética e evitar deformações térmicas na laje;
- A colocação dos painéis é bastante simples, devendo ter em atenção a necessidade das juntas estarem dispostas de forma descontínua para contribuir para uma condução da temperatura mais uniforme.

Esquema de princípio A-05	
Barreira pára-vapor	Código: A-01e
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Barreira pára-vapor 2-Camada de difusão de vapor de água 3-Camada de suporte 4-Isolamento térmico <p>EAC-Revestimentos aplicados a quente (produtos à base de betume oxidado)</p> <p>EIF-Revestimentos aplicados a frio (produtos à base de betume em solução ou emulsão)</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	
<p>Preocupações de conceção: Através do primeiro desenho esquemático (D1) verifica-se que as telas da barreira pára-vapor devem estar sobrepostas num mínimo de 0,06m, sendo esta exigência aplicada às barreiras constituídas por membranas rígidas ou flexíveis. No caso de se utilizar uma barreira em emulsões ou tintas este princípio não se aplica.</p> <p>A barreira pára-vapor deve ser aplicada sobre uma superfície limpa e seca. Quando a superfície que recebe a camada pára-vapor está a uma temperatura abaixo dos 2°C não se deve proceder à colocação da barreira.</p> <p>Para a colagem da barreira pára-vapor podem ser utilizados produtos aplicados a quente (EAC) ou produtos aplicados a frio (EIF). Os produtos aplicados a quente são utilizados para um sistema aderente.</p> <p>A camada sobre a qual a barreira pára-vapor assenta denomina-se de camada de forma e após a colocação da barreira pára-vapor tem-se o isolamento térmico.</p>	

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- A barreira pára-vapor deve ser utilizada em coberturas tradicionais para minimizar problemas de condensações no isolamento e assim evitar a sua degradação;
- Devido à frequente utilização da solução tradicional nas coberturas é normal que esta tecnologia tenha uma grande aplicabilidade em Portugal;
- Dependendo do tipo de solução adotada para a barreira pára-vapor é necessário ter cuidados de execução distintos. Desde que se sigam os princípios definidos espera-se que a função desta barreira seja bem desempenhada.

Esquema de princípio A-06	
Junta de dilatação elevada	Código: A-02a
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D3</p> <p style="text-align: right;">Fonte: ITE 33</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D4</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>D5</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> </div>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Revestimento de impermeabilização 2-Remate superior 3-Barreira pára-vapre 4-Isolamento térmico 5-Nível superior do revestimento de proteção 6, 7, 8 e 9-Rufo metálico 10-Vazio da junta 11-Cordão de neoprene <p>h-Altura de elevação da junta</p> <p>h≥0,10m em terraços de inclinação nula</p> <p>h≥0,15m nos restantes casos</p>

Preocupações de conceção: As juntas de dilatação têm como função reduzir as tensões geradas por alterações dimensionais, devido às variações térmicas e ainda aos movimentos gerados pelos assentamentos. Geralmente as juntas de dilatação têm cerca de 2 a 3cm de espessura e ocorrem a cada 15m na cobertura, sendo que muitas destas atravessam vários elementos ao longo de todo o edifício. As juntas de dilatação devem ser executadas de forma a impedir a entrada de água no edifício, logo não se devem localizar próximo de tubos de queda e sempre que possível devem ser juntas elevadas. Para a elevação da junta deve ser utilizado betão. [8]

No D1 a estanquidade da junta é garantida por uma tela de impermeabilização e um remate superior. Neste desenho esquemático os bordos da junta devem ser chanfrados (arredondar as arestas) de forma a não danificar a tela impermeabilizante. A banda de impermeabilização deve ser maior que o espaço da junta de forma a unir os dois lados e a tela principal de impermeabilização deve ser interrompida sobre os bordos do elemento de elevação. Estes cuidados especiais devem ser tidos em conta sempre que as telas de impermeabilização têm que selar a junta de dilatação.

Para o remate da impermeabilização no D2, não é necessário prolongar a tela até aos bordos da junta, porque o rufo metálico consegue cobri-la devidamente evitando a passagem de água. Contudo para evitar a possível entrada de água das chuvas na junta, deve ser injetado poliuretano, seguido da colocação de um cordão de neoprene e rematando superiormente com mastique.

O D3 apenas vem completar a informação acerca do preenchimento da junta. Este espaço é preenchido com uma injeção de poliuretano (material compressível), sendo ainda colocado no topo da junta um cordão de neoprene, este serve de suporte de remate para a tela de impermeabilização. Este desenho realça a descontinuidade da tela quando se contorna a junta de dilatação.

No quarto e quinto desenho esquemático (D4 e D5) encontram-se representadas as soluções para um remate estanque de juntas de ligação de uma cobertura com uma parede. No D4 a impermeabilização é feito por um rufo metálico. No D5 é possível verificar que o remate de impermeabilização é efetuado através da execução de uma saliência na parede que protege a junta superiormente.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal			X
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável		X	

Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

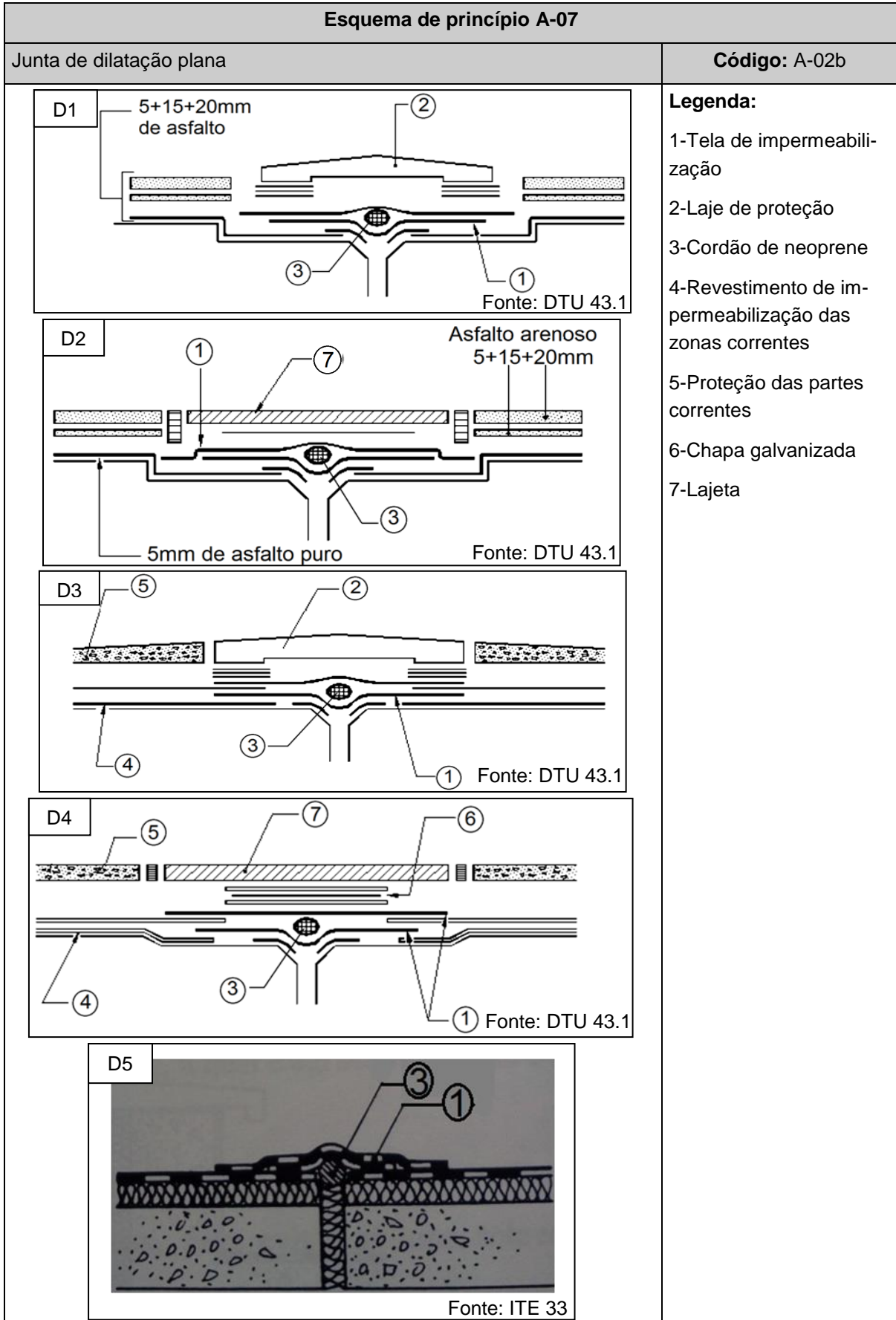
Desenho esquemático: D3			
	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal			X
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável			X

Desenho esquemático: D4			
	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D5			
	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal			X
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável			X

Comentário sobre a avaliação:

- Das soluções D1, D2 e D3 a solução mais aplicada é a solução D2;
- A solução D2 quando complementada com a injeção de poliuretano, com o cordão de neoprene e remate superior com mastique confere uma excelente estanquidade à junta. Mesmo que ocorra algum dano no rufo metálico a junta continua protegida e devidamente estanque;
- O D1 não é muito utilizado, pois caso ocorra a deterioração da proteção superior esta pode danificar facilmente a impermeabilização, expondo a junta à ação da água das chuvas;
- O D3 é utilizado como elemento exemplificativo da forma de preenchimento da junta e do remate de impermeabilização. Este não é recomendável nem aplicável sem a utilização de proteção superior (rufo metálico), pois sem esta não se garante a eficácia do remate;
- Das juntas de ligação de cobertura com parede (D4 e D5) o desenho que tem melhores condições para dotar a junta de uma correta estanquidade é a solução D4, pois a utilização do rufo protege a junta. Em contrapartida a forma de proteção da junta no D5 é pouco eficiente pois o vento e a água conseguem facilmente penetrar no espaço que não está devidamente protegido. A esta solução acresce a grande dificuldade de execução. Por todos estes motivos a solução D4 é a prática mais corrente neste tipo de ligação.



Preocupações de conceção: Quando a cobertura em terraço é acessível a pessoas é necessário evitar a utilização de juntas elevadas, pois estas tornam-se um obstáculo à circulação, logo opta-se pela utilização de juntas de dilatação planas. Na execução de juntas de dilatação planas é preciso ter atenção à inclinação que é atribuída à camada de forma, esta deve ter a cota mais alta no ponto onde está a junta, assim a água é escoada no sentido oposto.

Nos desenhos esquemáticos D1, D2, D3 e D4 constata-se a existência de uma proteção superior sobre a junta, esta deve ser diferente da restante proteção da zona corrente, pois estas assentam e têm forma diferente. Outro elemento que está presente em todas as juntas é o cordão de neoprene, este é uma borracha sintética, que funciona como selante e tem capacidade para absorver algumas variações da junta.

As principais diferenças dos vários desenhos residem na última camada de proteção da junta (laje, lajeta, ladrilho) e na disposição dos remates de impermeabilização.

Em todos os desenhos esquemáticos é bastante perceptível que as telas de impermeabilização que vêm da zona corrente são interrompidas ao chegar à junta. Sobre a junta devem ser utilizadas telas de impermeabilização de reforço que contornam devidamente este ponto singular.

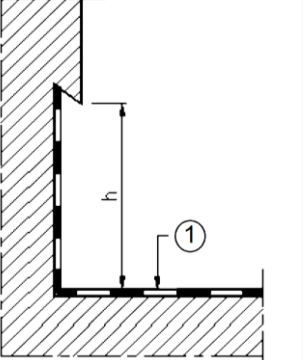
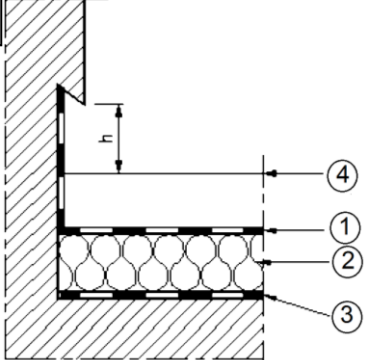
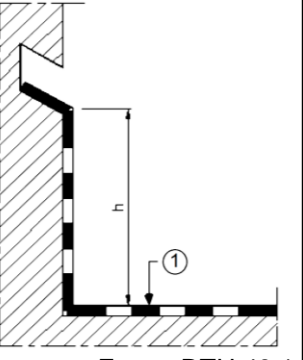
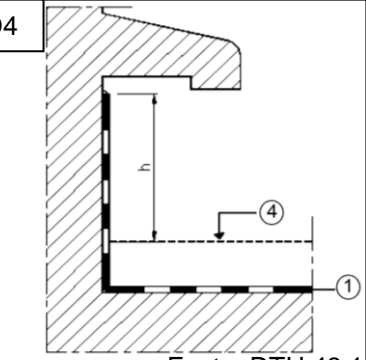
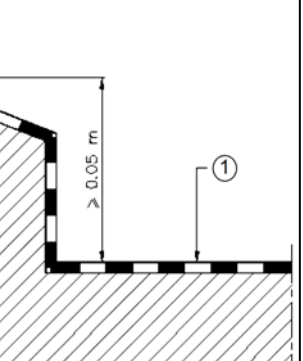
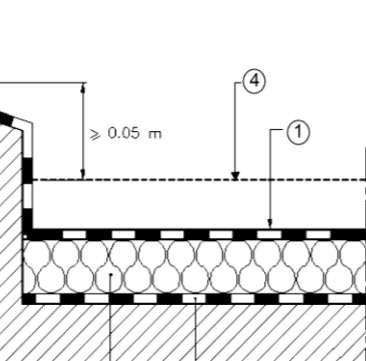
Embora apenas o D5 faça referência ao preenchimento da junta, é de salientar que todas as juntas devem ter o seu espaço preenchido por uma injeção de poliuretano (material compressível).

Avaliação:

Desenho esquemático: D1, D2, D3, D4 e D5	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- O principal princípio sobre o qual assenta a execução das juntas planas é que a tela de impermeabilização que vem da zona corrente deve ser interrompida quando encontra a junta, devendo esta ser impermeabilizada com uma tela complementar. Caso esta impermeabilização seja efetuada de forma correta ultrapassasse a principal dificuldade de execução e confere-se uma adequada estanquidade à junta.
- Este tipo de junta tem uma grande aplicabilidade, pois é a solução mais adequada para coberturas em terraço acessível.

Esquema de princípio A-08		
Platibandas - Forma de proteção e prolongamento da camada de impermeabilização		Código: A-03a
D1	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	<p>Legenda:</p> <p>1-Revestimento de impermeabilização</p> <p>2-Isolamento térmico</p> <p>3-Barreira pára-vapor</p> <p>4-Nível superior do revestimento de proteção</p> <p>5-Parapeito</p> <p>h-Prolongamento da tela de impermeabilização</p> <p>$h \geq 0,15\text{m}$ em terraços de inclinação nula</p> <p>$h \geq 0,10\text{m}$ nos restantes casos</p>
D2	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
D3	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
D4	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
D5	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
D6	 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
<p>Preocupações de conceção: As platibandas têm como função proteger a camada de impermeabilização (principalmente quando esta é fixa de forma semi-aderente) da ação dos ventos e ainda evitar o arrastamento do material granular que compõe a camada de proteção em coberturas não acessíveis.</p> <p>Neste esquema de princípio chama-se especial atenção para o prolongamento da tela de impermeabilização e as possíveis formas de a proteger.</p> <p>Nos quatro primeiros desenhos esquemáticos (D1, D2, D3 e D4) é possível verificar a existência de proteções para os remates das telas de impermeabilização. Nestes casos a alteração da geometria</p>		

da platibanda faz com que esta funcione acima do remate de impermeabilização como uma pingadeira, o que permite o desvio da água das chuvas. Outra forma de proteção deste remate consiste na colocação de um rufo (chapa metálica) acima do remate, há ainda a possibilidade de aproveitar o capeamento da platibanda para proteger o remate da tela de impermeabilização.

O capeamento de uma platibanda consiste na proteção deste elemento de forma a evitar a penetração da humidade no interior do edifício e na cobertura. Este deve ser feito por um material impermeabilizante como pedra hidrofugada, chapas metálicas galvanizadas ou telas impermeabilizantes. Quando se faz o capeamento da platibanda deve-se dar uma ligeira inclinação neste elemento para dentro da cobertura, evitando que a água se acumule na parte superior do capeamento e impedindo o escoamento da água ao longo da parede exterior do edifício.[8]

No caso de coberturas acessíveis a platibanda deve ter uma altura mínima de 0,90m a partir da superfície final da cobertura. Na eventualidade de estar na presença de edifícios contíguos a platibanda da cobertura mais baixa deve ser elevada 0,60m.[8]

Os desenhos D5 e D6 são ligeiramente diferentes dos anteriores, pois mostram inteiramente a platibanda. Neste caso o topo da platibanda é impermeabilizado com tela impermeabilizante, sendo que nestes a altura da impermeabilização pode ser ligeiramente mais reduzida, pois correspondem a elementos de coberturas não acessíveis.

Observações: Apesar de nos desenhos 5 e 6 (D5 e D6) não estar representada a forma de proteção do remate da tela de impermeabilização há que referir que esta é feita por um rufo, evitando desta forma o arrancamento da tela de impermeabilização.

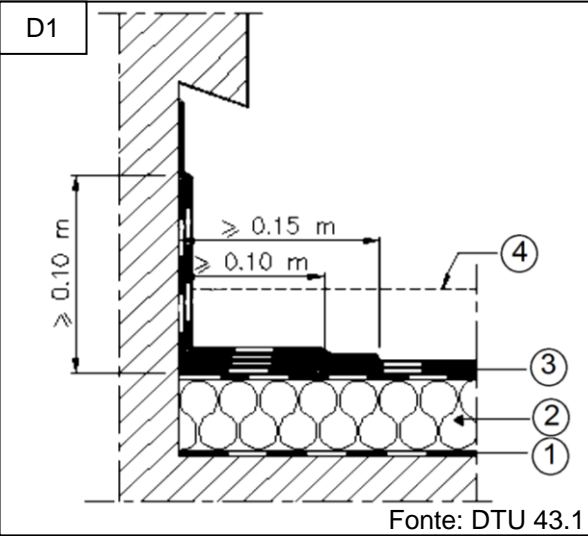
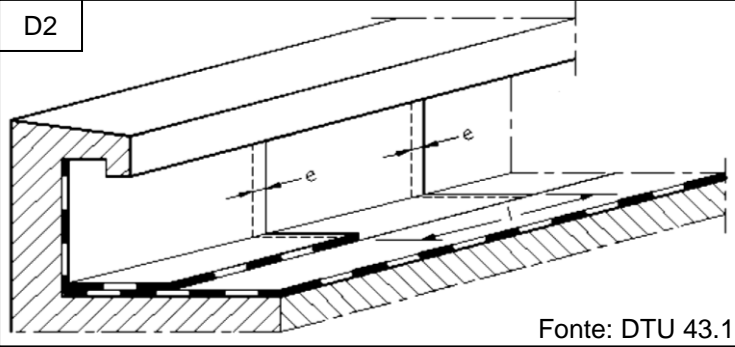
Avaliação:

Desenho esquemático: D1, D2, D3 e D4	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D5, D6	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Os desenhos esquemáticos D1, D2, D3 e D4 referem-se a platibandas de coberturas acessíveis em que se faz uma alteração da geometria da platibanda para criar uma pingadeira. Este aspecto de execução do remate da impermeabilização é de maior dificuldade quando comparado com a fixação de um rufo ao longo da platibanda da cobertura não acessível (D5 e D6). O correto remate da extremidade da impermeabilização é de extrema importância, pois sem este não se confere estanquidade ao elemento.

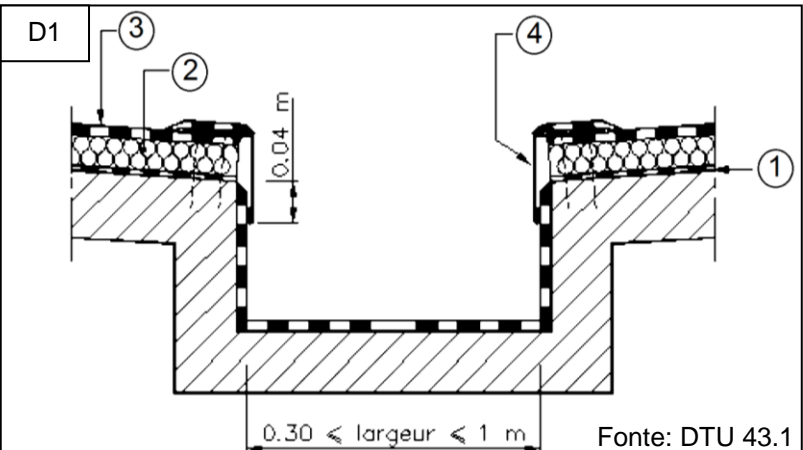
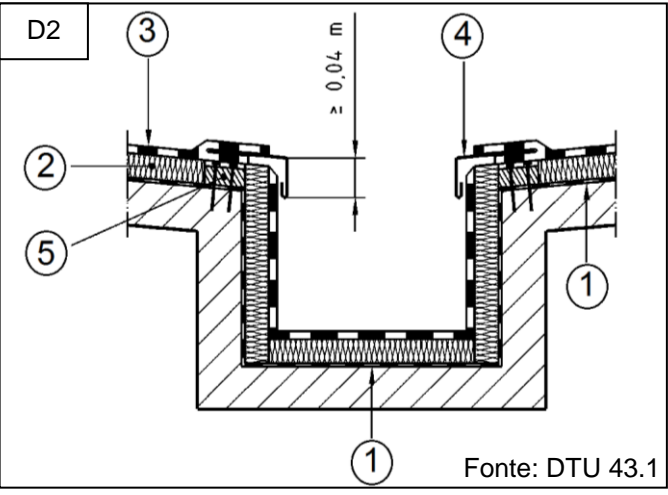
Esquema de princípio A-09	
Remate da platibanda	Código: A-03b
 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	<p>Legenda:</p> <p>1-Barreira pára-vapor</p> <p>2-Isolamento térmico</p> <p>3-Revestimento de impermeabilização</p> <p>4-Nível superior do revestimento de proteção</p> <p>e-Espessura de sobreposição</p> <p>$e \geq 0,06m$</p> <p>$l <$ largura de um rolo</p>
<p>Preocupações de conceção: Os desenhos apresentados referem-se ao revestimento de impermeabilização, na fase de remate da cobertura com a platibanda.</p> <p>Neste tipo de remate são utilizadas na corrente prática 3 telas de impermeabilização no canto de transição. Duas das telas de impermeabilização vêm da zona corrente e a terceira tela de impermeabilização funciona como tela de reforço para o canto de transição.</p> <p>O D1 pretende mostrar os prolongamentos da tela de reforço e o D2 refere-se à sobreposição das telas, devendo estas estar sobrepostas num mínimo de 0,06m.</p> <p>Observações: Apesar de não estar representado nos desenhos esquemáticos as telas de impermeabilização não conseguem moldar os cantos de forma a conseguir um ângulo de 90°, logo para facilitar o contorno das telas é colocado um chanfro em betume asfáltico para conferir uma certa curvatura ao canto e impedir o rompimento das telas.</p>	

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Estes desenhos esquemáticos exigem uma especial atenção nos prolongamentos e sobreposições das telas de impermeabilização;
- O reforço do canto da ligação zona corrente-platibanda com telas de impermeabilização é executado em todas as coberturas em terraço;
- Com o auxílio da colocação de um chanfro no canto de transição permite-se a dobragem das telas sem causar danos, possibilitando que o sistema de impermeabilização desempenhe a sua função.

Esquema de princípio A-010	
Drenagem de águas pluviais - Caleiras	Código: A-04
 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Barreira pára-vapor 2-Isolamento térmico 3-Revestimento de impermeabilização 4-Banda de proteção da impermeabilização 5-Estribo de madeira ou betão solidarizado ao elemento de suporte
 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>	
<p>Preocupações de conceção: As caleiras são o ponto mais baixo da cobertura, estas são executadas com a argamassa da camada de forma e têm uma pendente no sentido dos tubos de queda de forma a facilitar o escoamento das águas. A sua largura deve estar compreendida no intervalo assinalado, sendo que para o definir é necessário o seu dimensionamento, o mesmo acontece para a definição da sua profundidade.</p> <p>Na execução das caleiras deve haver uma descontinuidade da camada de impermeabilização, posteriormente esta descontinuidade é protegida e selada por uma banda metálica com um prolongamento mínimo de 0,04m a partir do início da impermeabilização vertical da caleira.</p> <p>As caleiras devem ser devidamente isoladas termicamente para reduzir pontes térmicas. A colocação do isolamento térmico na zona da caleira é de extrema importância, pois evita variações térmicas que contribuem para a degradação deste elemento construtivo, logo o desenho esquemático que melhor representa a correta execução da caleira é o D2.</p> <p>No caso de coberturas acessíveis a pessoas a caleira deve ser protegida com uma grelha para facilitar a circulação.</p>	

Avaliação:

Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Como as caleiras devem ser sempre isoladas termicamente não faz sentido analisar o desenho D1, este só serve de referência para as dimensões das caleiras;
- É preciso ter atenção na execução da impermeabilização, pois além desta ser interrompida necessita que a proteção do remate garanta a estanquidade do pormenor.
- Se todos os cuidados de execução forem seguidos obtém-se uma caleira que desempenha adequadamente a sua função.

Esquema de princípio A-011		
Drenagem de águas pluviais - Saídas verticais	Código: A-05	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Ralo 2-Revestimento de impermeabilização 3-Godo/ brita 4-Revestimento de impermeabilização auto-protégido 5-Pinha 	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D3</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> 6-Revestimento de impermeabilização 7-Camada de forma 8-Canhão 9-Tubo de queda 10-Disco 11-Remate de impermeabilização
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D4</p> <p style="text-align: right;">Fonte: ITE 33</p> </div>		
<p>Preocupações de conceção: As saídas verticais têm como função escoar a água das coberturas e localizam-se na cota mais baixa de uma caleira. Estas são posteriormente ligadas a tubos de queda que procedem ao correto escoamento das águas pluviais para o sistema de drenagem. O topo das saídas verticais é constituído por duas partes, um canhão e um disco quadrangular ou circular, sendo todo este sistema montado de forma estanque.</p>		

O D1 dá uma imagem geral dos componentes que constituem e protegem a entrada da saída vertical e a ligação ao tubo de queda. Este desenho esquemático chama especial atenção para a necessidade de proteger a entrada da saída vertical com ralos ou pinhas para que as folhas ou outros resíduos não entupam o tubo de queda que lhe sucede.

O D2 representa os discos e o canhão que se ligam ao tubo de queda, através deste desenho é possível constatar que a distância entre o orifício de drenagem e a extremidade da chapa não deve ser inferior a 0,12m.

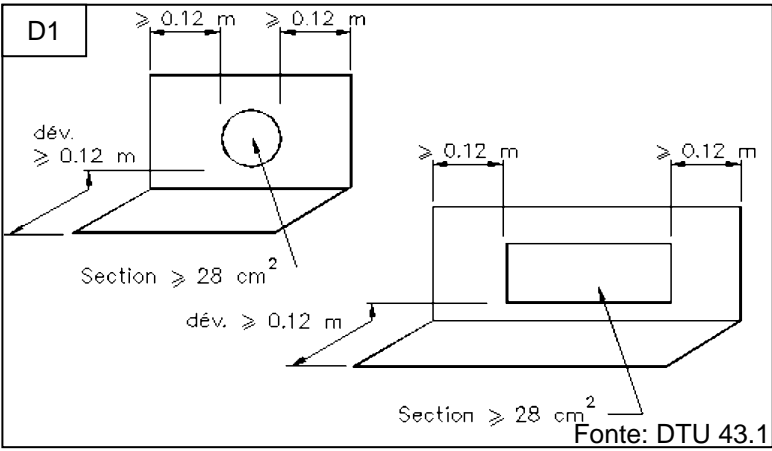
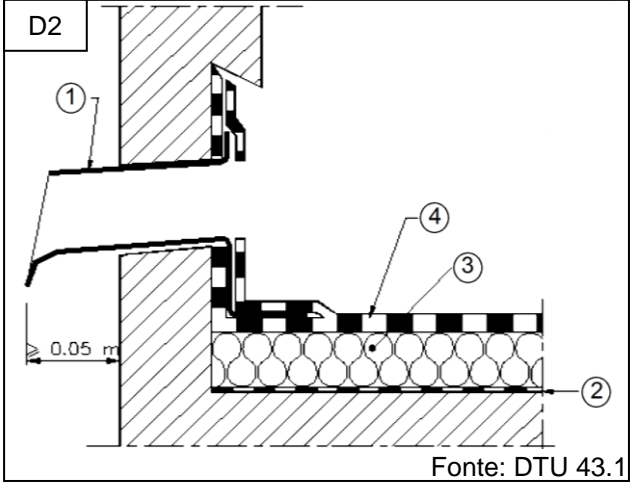
A impermeabilização deve seguir as indicações dos desenhos D3 e D4, respeitando todos os prolongamentos que são necessários. Estes desenhos mostram que a tela de impermeabilização é colocada sobre o disco e que esta deve prolongar-se um pouco para dentro do canhão. É ainda necessário garantir o prolongamento do canhão para dentro do tubo de queda para que não haja repasse de água através da junção.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1, D2, D3 e D4	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

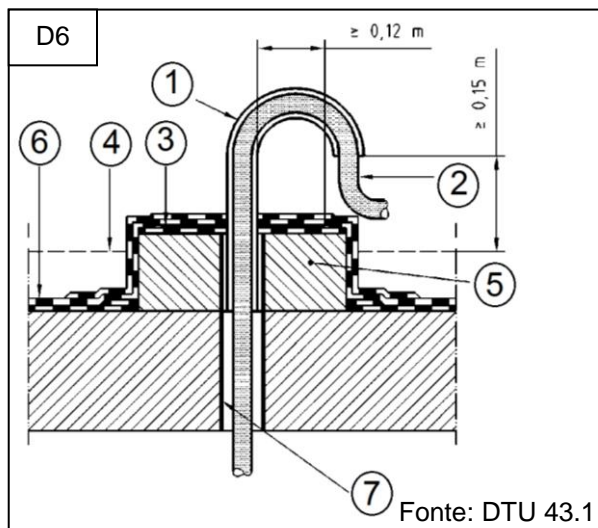
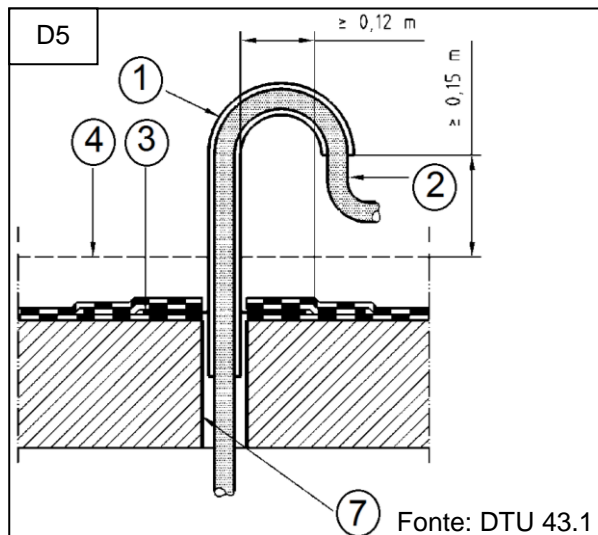
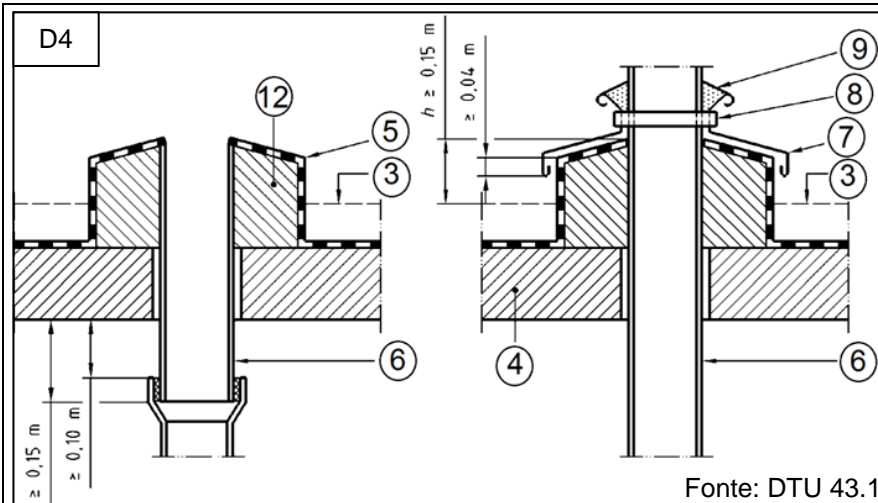
- Todas as coberturas em terraço têm que ter um sistema de drenagem de águas pluviais, pois sem este não há forma de escoar a água das chuvas;
- A conjugação de todos os desenhos esquemáticos resulta num ponto singular adequado e bem executado;
- A principal dificuldade de execução consiste na correta impermeabilização da saída vertical, pois além de a impermeabilização estar sobre o disco também tem que ser prolongada para dentro do canhão. O esquecimento deste prolongamento contribui para uma falha na estanquidade do ponto singular.

Esquema de princípio A-012																			
Drenagem de águas pluviais - Trop-plain ou saída de emergência		Código: A-06																	
 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>		<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Trop-plain 2-Barreira pára-vapor 3-Isolamento térmico 4-Revestimento de impermeabilização 																	
 <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 43.1</p>																			
<p>Preocupações de conceção: De forma a avisar sobre o entupimento dos tubos de queda, surge como solução o trop-plain. Este tubo é capaz de escoar as águas pluviais quando o sistema de drenagem falha.</p> <p>No primeiro desenho esquemático (D1) estão exemplificadas as áreas mínimas da secção de escoamento, bem como as dimensões das chapas desta saída de emergência.</p> <p>No segundo desenho esquemático (D2) dá-se especial atenção à forma do remate de impermeabilização no sistema trop-plain. A tela de impermeabilização deste remate deve prolongar-se um pouco para dentro do tubo, conferindo assim uma correta estanquidade a todo o elemento.</p>																			
<p>Avaliação:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Desenho esquemático: D1 e D2</th> <th style="width: 16.6%;">Boa</th> <th style="width: 16.6%;">Satisfatória</th> <th style="width: 16.6%;">Fraca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aplicabilidade em Portugal</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Facilidade de execução</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nível de desempenho expectável</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca	Aplicabilidade em Portugal	X			Facilidade de execução		X		Nível de desempenho expectável	X		
Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca																
Aplicabilidade em Portugal	X																		
Facilidade de execução		X																	
Nível de desempenho expectável	X																		

Comentário sobre a avaliação:

- O trop-plain deve estar presente em todas as coberturas em terraço para dar o sinal de aviso quando o sistema de drenagem está com problemas;
- Se a forma de impermeabilização for feita tendo em conta a necessidade de se prolongar a tela para dentro do tubo do sistema de trop-plain, então é expectável que este ponto singular esteja adequadamente estanque e que cumpra com a sua função.

Esquema de princípio A-013	
Ventilação e outras tubagens transversais	Código: A-07
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; background-color: #e0e0e0;"> <p>D3</p> <p style="text-align: right;">Fonte: ITE 33</p> </div>	<p>Legenda das tubagens de ventilação (D1, D2, D3 e D4):</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Manga em chumbo 2-Espaço entre o tubo e a manga preenchido com espuma expansiva 3- Nível superior do revestimento de proteção 4-Camada de suporte 5-Revestimento de impermeabilização 6-Tubo metálico 7-Rufo em chumbo 8-Braçadeira 9-Mastique 10-Manga metálica 11-Tubo em PVC 12-Reforço em betão 13-Material resiliente 14-Cordão flexível



Legenda de outras tubagens transversais (D5 e D6):

- 1-Extremidade do tubo
- 2-Cabo
- 3- Chapa em chumbo
- 4- Nível superior do revestimento de proteção
- 5-Reforço em betão
- 6- Revestimento de impermeabilização
- 7-Manga

Preocupações de conceção: Neste esquema de princípio tratam-se tubagens transversais que podem corresponder a chaminés, tubos de ventilação e a tubos para cabos de electricidade e TV.

Tubagens de ventilação (D1, D2, D3 e D4):

Os desenhos esquemáticos D1, D2, D3 e D4 são dispositivos de ventilação, estes são prolongados até ao exterior de forma a libertar o vapor de água que vem do interior do edificado.

As tubagens de ventilação do D1 e D2 são ligadas ao revestimento de impermeabilização por meio de uma peça em chumbo de 2,5mm de espessura.

O D1 apresenta os vários prolongamentos mínimos a respeitar, nomeadamente:

- Prolongamento mínimo da tubagem transversal para fazer um remate com um novo tubo;
- Prolongamentos mínimos na vertical e na horizontal do elemento de chumbo.

O D2 mostra como deve ser feita a proteção superior do remate da tubagem. Esta deve ser feita com o auxílio de um rufo fixado com braçadeira e complementado com preenchimento em mastique na parte superior do rufo, assim torna-se este remate estanque.

Relativamente ao D3, este apresenta uma solução diferente para as tubagens de ventilação e faz referência à necessidade de se proceder à dessolidarização da tubagem vertical com a impermeabilização, utilizando para isso um cordão flexível. Através desta dessolidarização previnem-se possíveis fissuras na tela de impermeabilização devido aos deslocamentos na direção vertical por parte das tubagens. No caso deste desenho esquemático o tubo fica ligado diretamente à impermeabilização, sendo esta fixa ao tubo por meio de uma braçadeira.

No D4 a proteção e impermeabilização dos elementos de ventilação é feita sobre um reforço de betão. Nestes casos a impermeabilização contorna o reforço de betão de forma a impermeabilizar toda a estrutura, sendo necessário proceder à proteção do remate de impermeabilização com um rufo para impedir a penetração da água entre o reforço de betão e o tubo.

Outras tubagens transversais (D5 e D6):

Nos desenhos esquemáticos D5 e D6 estão ilustradas tubagens para passagem de cabos, como TV e electricidade, os princípios aplicados são muito semelhantes aos tubos de ventilação, pois tal como os anteriores estes também são elementos verticais que atravessam a cobertura. A ligação entre a tubagem e a impermeabilização é feita por uma peça em chumbo, da mesma forma como é feita nos elementos de ventilação. Nestes desenhos vem referido o prolongamento mínimo de 0,12m da chapa de chumbo. Estes também referem que a distância do revestimento de proteção à ponta do término do tubo deve ser igual ou superior a 0,15m.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável			X

Desenho esquemático: D3	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável		X	

Desenho esquemático: D4	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		X
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável			X

Desenho esquemático: D5	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável		X	

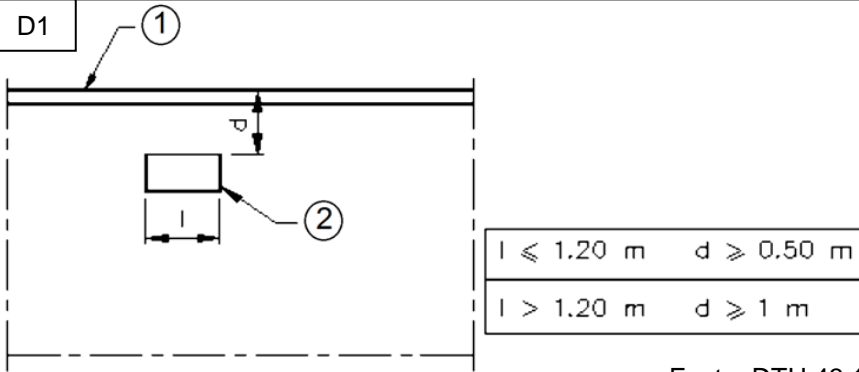
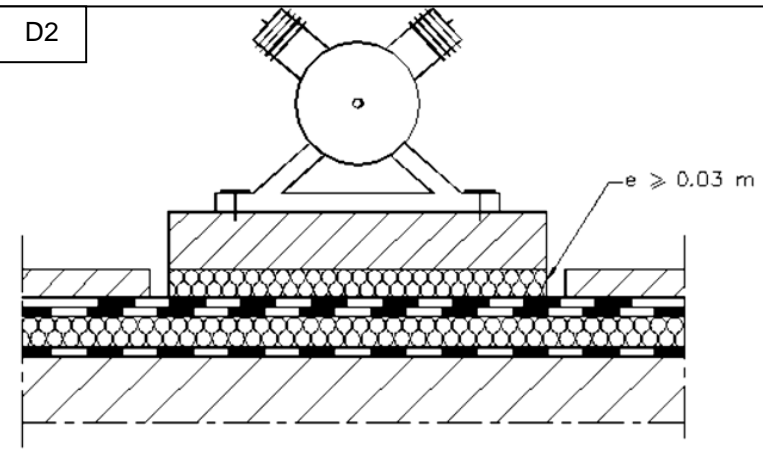
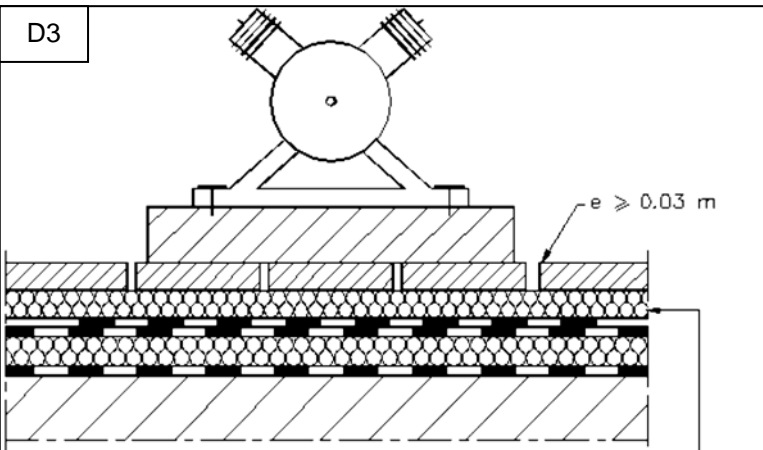
Desenho esquemático: D6	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		X
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável		X	

Comentário sobre a avaliação:

- Todas as tubagens transversais apresentadas são de grande dificuldade de execução e a obtenção de uma solução adequada não é nada fácil neste tipo de ponto singular;
- Os desenhos esquemáticos D1 e D2 são o complemento um do outro e apresentam deficiências na estanquidade, pois é muito fácil ocorrer a entrada de água por baixo do rufo. Como o desenho esquemático não é devidamente estanque na ligação da manga metálica com o tubo, a água penetra facilmente nesta ligação. Outro aspecto a favor da fraca utilização destas soluções é a descontinuidade da utilização de chapas de chumbo;
- O D4 tem uma execução um pouco mais simples, pois a impermeabilização é feita à volta de um reforço de betão. Contudo se o mastique que está colocado acima da braçadeira se degradar a água consegue penetrar diretamente ente o reforço de betão, originando problemas de estanquidade;
- Entre as soluções D1, D2, D3 e D4, aquela que é mais utilizada é a D3, pois esta tem

atenção aos problemas de estanquidade e nesse sentido faz um remate com o auxílio de um rufo, de uma braçadeira e de mastique. Com este tipo de remate nem a água nem o vento conseguem penetrar por baixo do rufo. Esta solução tem ainda em conta a necessidade de manter a tubagem dessolidarizada da zona corrente;

- No D5 e no D6 referentes a tubagens transversais para passagem de cabos a solução mais utilizada é a D5, esta é um pouco mais simples de executar do que a D6. Nenhuma das soluções consegue chegar a um nível de desempenho ótimo, pois há uma grande fragilidade na tentativa de dotar todo o elemento de uma correta estanquidade.

Esquema de princípio A-014					
Equipamentos mecânicos ligeiros	Código: A-08				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D1</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$l \leq 1.20 \text{ m}$</td> <td>$d \geq 0.50 \text{ m}$</td> </tr> <tr> <td>$l > 1.20 \text{ m}$</td> <td>$d \geq 1 \text{ m}$</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>	$l \leq 1.20 \text{ m}$	$d \geq 0.50 \text{ m}$	$l > 1.20 \text{ m}$	$d \geq 1 \text{ m}$	<p>Legenda:</p> <p>1-Peitoril/platibanda</p> <p>2-Equipamento (coletor solar, ar condicionado, sistema de ventilação)</p> <p>l-Largura do equipamento</p> <p>d-Distância à saída das águas pluviais</p> <p>e-espessura</p>
$l \leq 1.20 \text{ m}$	$d \geq 0.50 \text{ m}$				
$l > 1.20 \text{ m}$	$d \geq 1 \text{ m}$				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D3</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 43.1</p> </div>					
<p>Preocupações de conceção: A colocação dos equipamentos mecânicos em zona corrente exige especial atenção, uma vez que não podem ser aplicados diretamente sobre esta zona e também porque existem cuidados a ter na localização destes elementos.</p> <p>Relativamente à localização de implantação dos equipamentos mecânicos existem dois casos a ter</p>					

em conta. Estes dois casos estão representados no D1 através das diferentes distâncias a dar de acordo com a dimensão do equipamento medida paralelamente ao peitoril. No caso da largura do equipamento ser menor ou igual a 1,20m a distância mínima que deve ser dada até ao local de drenagem das águas pluviais corresponde a 0,50m. No segundo caso se a largura do equipamento for superior a 1,20m a distância mínima a ser dada até ao local de drenagem das águas pluviais é de 1m.

No desenho esquemático D2 e D3 está representado um equipamento mecânico ligeiro. Estes desenhos diferem no tipo de estrutura em que assenta o equipamento. No D2 o equipamento é fixo a um maciço em betão que assenta sobre uma camada de isolamento em poliestireno expandido com massa volúmica mínima de 25kg/m³, ou em aglomerado de cortiça expandida com 0,03m de espessura mínima. Em relação ao D3 o equipamento também está fixo a um maciço de betão que assenta sobre lajes pré-fabricadas e um pano de isolamento que transmite as cargas à camada de impermeabilização, mas não transmite as vibrações provocadas pelo equipamento, pois há uma camada de dessolidarização entre as lajes de betão e o isolamento.

A colocação dos equipamentos mecânicos deve ser feita de forma a permitir a manutenção de toda a cobertura, desde limpeza do sistema de drenagem até à manutenção dos equipamentos e possíveis obras de reparação da cobertura.

Observações: Na prática o isolamento sobre o qual o equipamento assenta deve ser substituído por um aglomerado de borracha (CDM), pois ao contrário do isolamento este é flexível, permite um bom corte de vibrações e tem um bom comportamento à água.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal			X
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- O desenho esquemático D1 é a melhor solução a ser aplicada, pois só se faz uma pequena alteração na zona corrente aquando da colocação do equipamento, enquanto que na execução do D2 toda a zona corrente leva com uma camada de CDM, o que é desnecessário.

3.3.2. COBERTURA INCLINADA EM PAINEL SANDWICH

Neste subcapítulo descrevem-se as características e a aplicação da cobertura inclinada em painel sandwich.

Uma cobertura inclinada em painel sandwich caracteriza-se por ter uma inclinação superior a 5%. Este tipo de cobertura pode ser utilizado para pequenas e grandes inclinações. Todavia, devido à realidade portuguesa, esta cobertura é maioritariamente utilizada em coberturas de baixa inclinação. Evidencia-se ainda, que de acordo com a inclinação atribuída à cobertura, as características dos materiais e cuidados de aplicação serão diferentes.

A utilização dos painéis sandwich vem substituir a nível de reabilitação as coberturas de chapas orgânicas (chapas de fibrocimento). Estes painéis são elementos pré-fabricados com uma avançada tecnologia de produção, e as empresas que os produzem apostam em produtos com qualidade. Para uma boa execução em obra os painéis sandwich devem ser colocados por trabalhadores especializados que conheçam a forma de aplicação e consigam executar a fixação destes painéis de forma adequada.

Dadas as características dos materiais utilizados nestes painéis foi possível simplificar a estrutura de suporte da cobertura inclinada através da dispensa da sua estrutura secundária (varas, forro, contra-ripas e ripas), assim acaba-se por utilizar uma cobertura mais leve.

Na Figura 12 apresenta-se a evolução da simplificação da estrutura de suporte da cobertura inclinada. Nesta imagem só se faz referência à estrutura antiga de telhas e à nova tecnologia utilizada na cobertura em painel sandwich, deixando de parte a evolução intermédia.

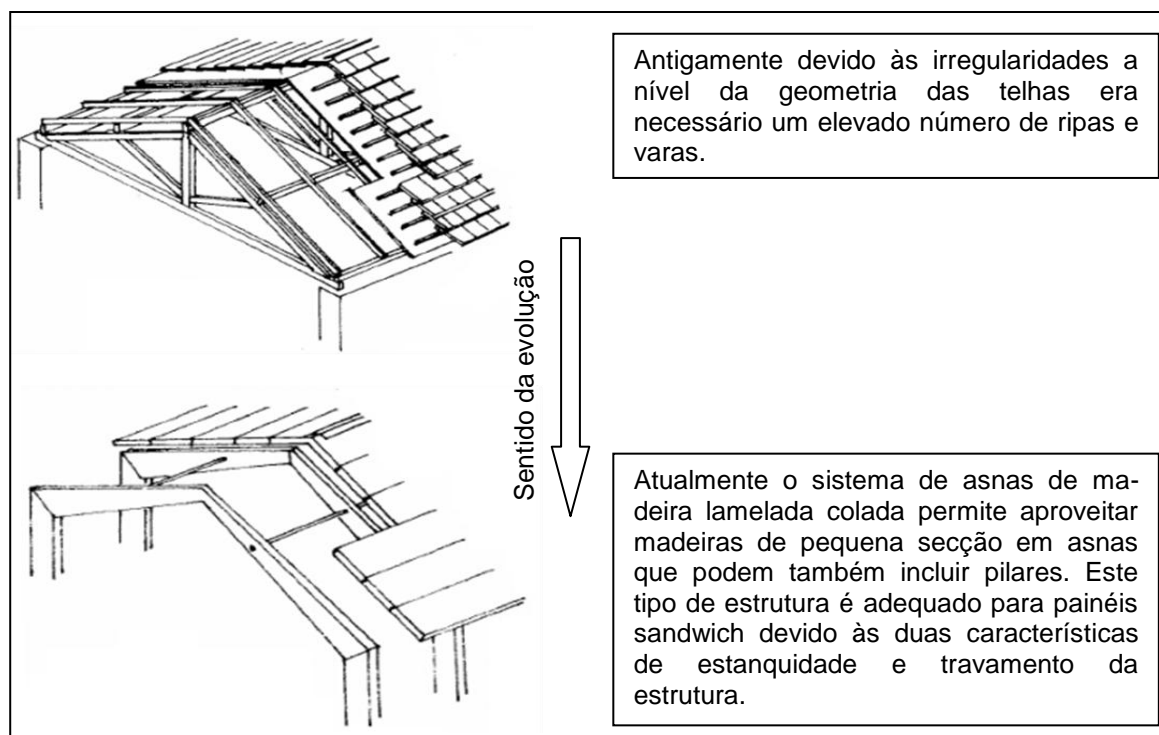


Fig.12 – Evolução da estrutura de suporte da cobertura inclinada [9]

Pela observação da Figura 12 verifica-se que a estrutura das coberturas inclinadas mais antigas continha uma estrutura principal (asna e madre) e secundária (vara, forro, contra-ripa e ripa), sendo a estrutura secundária fundamental para o apoio das telhas. Segundo esta descrição é compreensível que

na aplicação de painéis sandwich não seja necessário uma estrutura secundária, pois estes conseguem conferir uma adequada estanquidade e conseguem auxiliar no travamento da estrutura da cobertura.

A crescente simplificação e construção em série levaram a uma configuração da estrutura de suporte muito diferente das primeiras estruturas, permitindo cada vez mais a utilização de coberturas inclinadas com uma inclinação cada vez menor. Aspecto este que se revela positivo na medida em que torna a cobertura mais leve.

3.3.2.1. Descrição das camadas constituintes da cobertura inclinada em painel sandwich

Tendo sido anteriormente dada uma noção da utilização do painel sandwich, passa-se agora a descrever os seus componentes e a estrutura de suporte na Tabela 9.

É ainda necessário salientar que apesar de toda a oferta que existe a nível de painéis sandwich o que tem interesse neste estudo corresponde ao painel sandwich em chapas metálicas que é utilizado em devão não habitado e ventilado com uma laje estrutural que antecede a estrutura de suporte para os painéis, sendo normalmente aplicada sobre esta laje uma camada de isolamento térmico. Neste sentido o painel sandwich não tem nenhum contributo para o desempenho térmico do edifício no inverno e no verão funciona como um pára-sol, diminuindo as transferências de calor para o interior do edifício.

Tabela 9 – Descrição das camadas que compõe uma cobertura em painel sandwich

Elementos	Descrição
Suporte	<p>O painel sandwich pode ser aplicado sobre estruturas de suporte em madeira, metal ou betão, bastando para isso adaptar o tipo de fixação ao tipo de estrutura da cobertura.</p> <p>Na execução deste tipo de coberturas há a necessidade de poucos apoios intermédios para a aplicação destes painéis, o que permite a utilização de poucas asnas na estrutura de suporte, podendo estas estar afastadas até 1,25m, de acordo com a inclinação da cobertura e das cargas a suportar. A utilização de painéis em sandwich permite utilizar um tipo de estrutura de suporte mais simples e leve, pois permite eliminar parte da subestrutura (varas, forro, contra-ripas e ripas). Este tipo de tecnologia permite uma grande versatilidade a nível da inclinação da cobertura.</p>
Painel sandwich	<p>Os painéis sandwich são sistemas pré-fabricados constituídos por duas chapas metálicas galvanizadas ou termolacadas nervuradas ou lisas, paralelas, sendo estas ligadas a um núcleo de material isolante, nomeadamente lã mineral. Este painel tem uma espessura variável devido essencialmente ao isolamento por causa das exigências térmicas de cada habitação.</p> <p>Apesar de primordialmente esta tecnologia basear-se em duas chapas metálicas e uma tela de isolamento térmico, a realidade é que esta sofreu alterações a nível da oferta dos tipos de materiais a utilizar quer a nível de isolamento quer a nível de chapas.</p> <p>Estes painéis são de fácil montagem em obra, ligando-se sucessivamente através de juntas de encaixe, sendo posteriormente</p>

fixos à estrutura. Devido às suas características resistentes este funciona muito bem como cobertura, sendo um sistema seguro e durável do ponto de vista térmico, de impermeabilidade, de ventilação e de estabilidade do telhado.

Apesar de toda a evolução destes painéis, estes continuam a ter maior aplicabilidade em Portugal sobre coberturas com desvão não habitado.

Chapa interior	Esta chapa está voltada para o interior do edifício e pode ser em alumínio, aço ou cobre. Com o desenvolvimento desta tecnologia surgem novas soluções que dão mais importância à estética, nomeadamente, tábuas maciças de abeto que podem ser envernizadas, aglomerado de partículas de madeira, gesso cartonado, cimento madeira, aglomerado hidrófugo que pode ter revestimento em papel ou pintura. As espessuras desta camada variam de acordo com a solução adotada, podendo ir dos 0,5mm aos 19mm.
Isolamento térmico	No núcleo deste painel encontra-se o isolamento térmico. Este pode ser em poliestireno extrudido (XPS), lã de rocha e lã de vidro. Dado que neste estudo o painel de sandwich tem um desempenho de pára-sol e que o isolamento que contribui para eficiência térmica do edifício corresponde ao isolamento sobre a laje, então no painel basta ter um isolamento com uma espessura de 30mm. Esta camada tem como principal função contribuir para o aumento do conforto térmico e acústico do edifício.
Chapa exterior	Esta chapa está voltada para o exterior e pode ser em aço, cobre, zinco ou alumínio. Nestes tipos de materiais a espessura varia entre 0,5mm e 0,75mm. Outra solução possível a nível desta camada consiste num material hidrófugo com 10mm a 19mm de espessura.
Material de acabamento	Na utilização de painéis de sandwich em chapa metálica pode-se optar por fazer uma simples pintura, havendo uma vasta paleta de cores para este acabamento. Em alguns casos a chapa superior já tem uma cor e formato de telha, o que é facilmente confundido com a telha cerâmica. Contudo há outros tipos de acabamentos para a chapa metálica e para o material hidrófugo, nomeadamente telha e ardósia. No caso deste tipo de material é necessário fixar ao painel sandwich um conjunto de ripados.

3.3.2.2. Identificação das principais preocupações construtivas da cobertura inclinada em painel sandwich

Neste ponto vai-se apresentar os esquemas de princípio da cobertura em painel sandwich, onde se tipificam as soluções construtivas desta tecnologia. Na elaboração destes esquemas de princípio

conjuga-se um conjunto de desenhos esquemáticos a algumas preocupações de conceção, produzindo uma fonte de consulta com diretrizes para a adequada execução em obra.

Na Figura 13 apresenta-se uma foto de um edifício com cobertura em painel sandwich, com o intuito de dar uma perceção realista deste tipo de cobertura. A esta cobertura deu-se a designação de Cobertura B, para facilitar a identificação dos esquemas de princípio. Para ajudar à perceção e identificação dos pontos singulares e da zona corrente da cobertura em painel sandwich apresenta-se a Figura 14.



Fig.13 – Fotografia de edifícios com cobertura inclinada em painel sandwich (Bairro de Contumil) [11]

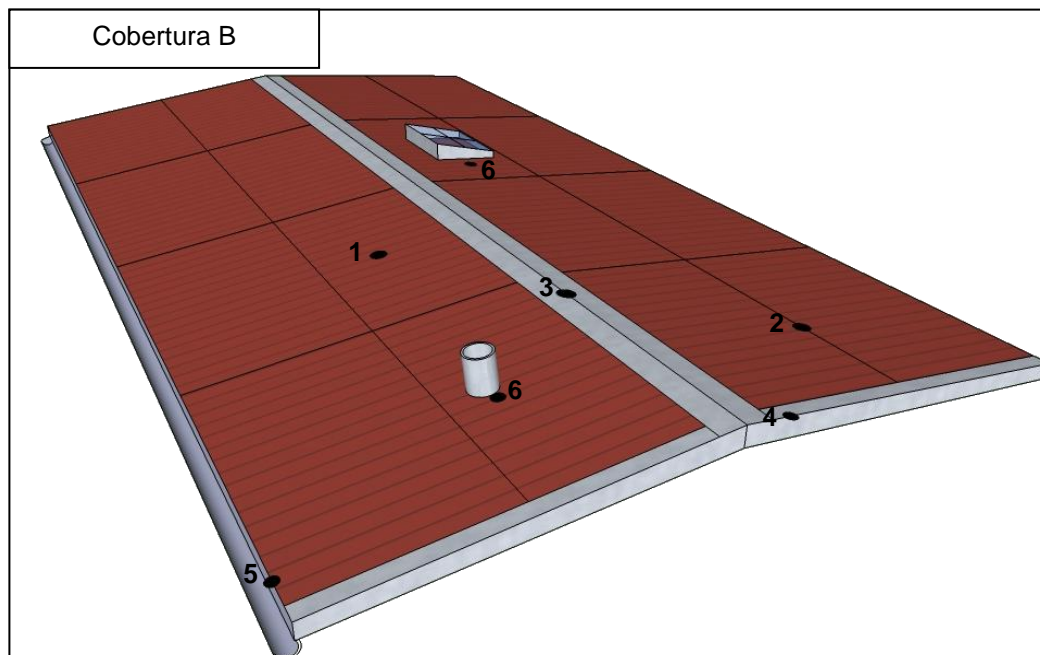


Fig.14 – Projeção em 3D de uma cobertura em painel sandwich e identificação dos seus pontos singulares

Através da Tabela 10 faz-se a correspondência entre os elementos da cobertura e os pontos assinalados na Figura 14. Nesta tabela também se procede à atribuição de códigos aos esquemas de princípio, para possibilitar uma consulta eficiente.

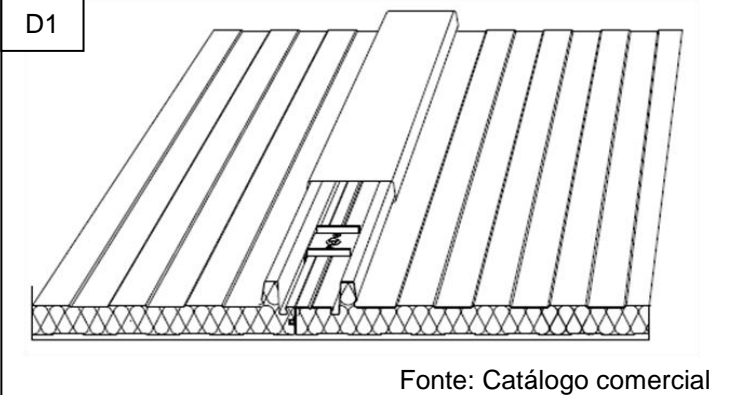
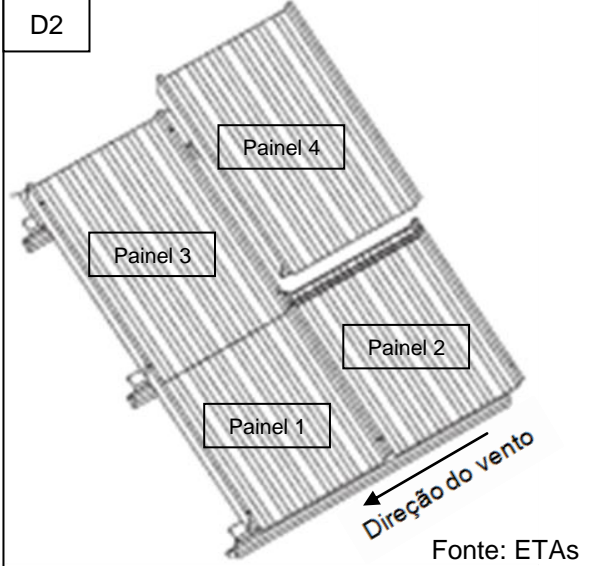
Tabela 10 – Listagem dos esquemas de princípio e correspondência com a numeração da Figura 14

Elemento	Numeração na cobertura	Código do desenho esquemático	Código do esquema de princípio
Zona Corrente	1	B-01	B-01a
			B-01b
			B-01c
Juntas entre painéis	2	B-02	B-04
Cumeeira	3	B-03	B-03a
			B-03b
Remates de extremidade	4	B-04	B-07
Caleira	5	B-05	B-08
Ventilação/Tubagens emergentes/Claraboias	6	B-06	B-09

Seguidamente apresenta-se na Tabela 11 a estrutura dos esquemas de princípio que sintetizam a informação sobre as tecnologias aplicadas em cada ponto singular e na zona corrente da cobertura em painel sandwich. Relativamente aos campos de avaliação e comentário há que ter em conta que foram elaborados de acordo com a experiência retirada deste estudo.

Tabela 11 – Estrutura dos esquemas de princípio

Código de identificação do esquema de princípio	
Nome do desenho esquemático	Código de identificação do desenho esquemático
Desenho esquemático	Legenda do desenho esquemático
Preocupações de conceção	
Avaliação	
Comentário sobre a avaliação	

Esquema de princípio B-01	
Zona corrente de cobertura inclina em painel sandwich	Código: B-01a
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 10px;">D1</div>  </div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">Fonte: Catálogo comercial</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 10px;">D2</div>  </div> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">Fonte: ETAs</div> </div>	
<p>Preocupações de conceção: O painel de sandwich é composto por duas chapas metálicas, com um núcleo preenchido em isolamento térmico.</p> <p>O painel de sandwich pode ser constituído por chapas metálicas de aço galvanizado, aço inoxidável, zinco e alumínio. De acordo com o tipo de material utilizado para a chapa metálica vão-se ter espessuras diferentes, nomeadamente [16]:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aço galvanizado - espessuras de 0,4 mm, 0,5 mm, 0,62 mm, 0,75 mm, 0,88 mm, 1 mm e 1,25 mm; ▪ Aço inoxidável - espessuras de 0,4 mm, 0,5 mm e 0,6 mm; ▪ Zinco - espessuras de 0,74 mm e 0,82 mm; ▪ Alumínio- espessuras de 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm e 1,2 mm. <p>Na utilização destes materiais é necessário ter em conta certos cuidados a nível dos contactos com outros materiais, pois existem certas restrições de contacto [16]:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aço galvanizado - Tem contactos interditos (exceto para pontos de fixação) com: cobre, gesso e madeira de carvalho e de castanho; 	

- Aço inoxidável - Não tem qualquer restrição de contacto;
- Zinco - Tem contactos interditos (exceto para pontos de fixação) com: cobre, gesso e madeira de carvalho e de castanho;
- Alumínio - Tem contactos interditos com: cobre, latão, bronze, chumbo, gesso e madeira de carvalho e de castanho e ainda com aço que seja tratado em ambiente atmosférico (chapa galvanizada).

O núcleo deste painel é constituído por um isolamento térmico, devendo a sua espessura estar adequada às necessidades térmicas do edifício em causa.

A variação da espessura do painel de sandwich varia devido às exigências térmicas do edificado e ainda devido às cargas a que este está sujeito, devendo estas características resistentes ser dadas pelos fabricantes.

No caso em que o painel sandwich funciona como pára-sol, pois é colocado sobre um desvão não habitado e ventilado, a espessura do isolamento deve ser de 30mm. Nesta situação o conforto térmico do edifício é garantido pelo isolamento colocado sobre a laje da cobertura.

As placas do painel de sandwich assentam diretamente sobre a estrutura de suporte da cobertura inclinada, nomeadamente sobre as asnas e madres, estas podem ser em madeira, aço ou betão. Devido à leveza destes painéis a estrutura de suporte pode ser mais simples, ou seja, neste tipo de coberturas foi possível eliminar parte da subestrutura (varas, forro, contra-ripas e ripas).

Através do desenho esquemático D2 é possível observar como se procede à sobreposição dos painéis, após a fixação do primeiro painel à estrutura de suporte procede-se à colocação do segundo, sendo que longitudinalmente este liga-se ao anterior por um encaixe de ligação ou pela sobreposição da nervura. A nível de ligação dos painéis transversalmente esta ligação é feita por um prolongamento da chapa do painel a fixar.

A colocação dos painéis sandwich deve ser feita por trabalhadores especializados.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- A colocação dos painéis sobre a estrutura de suporte e a ligação dos painéis entre si é bastante simples de executar desde que se conheça a tecnologia em causa;
- Os painéis de sandwich são uma boa solução para coberturas de inclinação reduzida, pois reduz a carga da cobertura, logo são cada vez mais utilizados nestas situações;
- Quando utilizado sobre um desvão não habitado e ventilado tem um bom desempenho como pára-sol no verão, diminuindo as transferências de calor para dentro do edifício.

Esquema de princípio B-02	
Elementos de fixação	Código: B-01b
<p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Anilha de impermeabilização 2-Calço 3-Porca cega 4-Porca 5-Cabeça 6-Anilha de apoio 7-Anilha em monobloco vulcanizada 8-Parafuso 9-Anilha 10-Cabeça em aço inoxidável 11-Cabeça em alumínio 12-Cabeça sextavada 13- Aperto fraco 14- Aperto aceitável 15- Aperto demasiado forte
<p>D2</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	
<p>D3</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	
<p>D4</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	
<p>D5</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	
<p>D6</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p>	

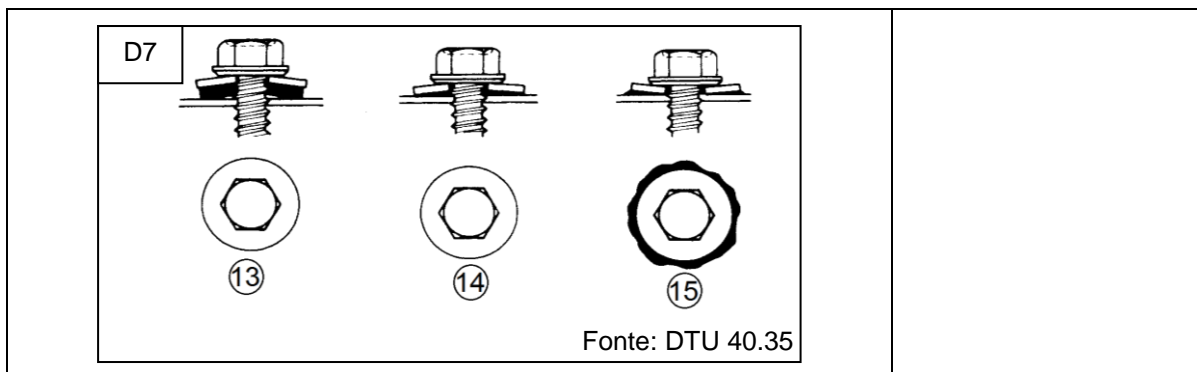


Tabela 12 - Tipo de acessórios de fixação a utilizar de acordo com a estrutura de suporte (Fonte: DTU 40.35)

Natureza do suporte	Localização	Tipo de fixação	Acessórios de fixação utilizados		
			Calço + anilha de impermeabilização	Anilha de apoio + anilha de impermeabilização	Anilha em monobloco vulcanizada
			D1, D2, D3	D4, D5, D6	D4, D5, D6
Madeira	Topo da nervura	Parafuso de cabeça sextavada	X	–	–
		Parafuso auto-perfurante ou auto-roscante para madeira	X	X ⁴⁾	X ⁴⁾
Aço, betão ou madeira ¹⁾		Gancho com parafuso de cabeça sextavada	X	X ⁴⁾	X ⁴⁾
		Agrafo ou ligador especial + parafuso com cabeça sextavada	X	X ⁴⁾	X ⁴⁾
Aço ou betão ³⁾	Topo da nervura	Parafuso auto-perfurante ou parafuso	X	X ⁴⁾	X ⁴⁾
	Superfície plana		–	X ²⁾	X

1) O ligador deve ser fixado ao suporte em madeira.

2) A anilha de impermeabilização é moldada para a montagem em superfície plana.

3) As fixações são feitas nos perfis em aço nervurado ou no betão.

4) Na utilização de anilhas de apoio em vez de calços no que diz respeito a chapas de aço galvanizado pré-lacado de espessura de pelo menos igual a 0,88mm não deve ser utilizada uma anilha com um diâmetro de forma a que a distância aos bordos do topo da nervura totalize um valor superior a 10mm.

Preocupações de conceção: Os elementos de fixação devem ser escolhidos de acordo com a estrutura de suporte dos painéis, devendo estes responder a exigências no âmbito da resistência mecânica, de impermeabilização e durabilidade. Através da tabela apresentada e dos desenhos esquemáticos realçam-se os tipos de fixações adequadas para os diferentes tipos de estrutura de suporte.

No D1 discriminam-se os elementos superiores que protegem a perfuração e a fixação, sendo que os elementos legendados com o número 1 e 2 conferem estanquidade à fixação.

No D2 estão representados exemplos de diferentes sistemas de fixação de acordo com a estrutura de suporte. No elemento de suporte em madeira está representado um sistema de fixação em parafuso de cabeça sextavada e parafuso auto-perfurante. No elemento de suporte metálico está representado um sistema de parafusos auto-perfurante e auto-roscante.

No D3 faz-se referência a um tipo de fixação que pode ser utilizada em betão, madeira e aço e denomina-se de gancho com parafuso de cabeça sextavada.

No D4 estão representados elementos de fixação que não utilizam como elemento de estanquidade o calço, neste caso a estanquidade é conferida pelos elementos representados no D5 e no D6. No D5 e no D6 é exemplificada a composição da fixação quando se utilizam apenas anilhas para conferir estanquidade à fixação.

Por fim no último desenho esquemático (D7) estão representadas diferentes configurações para do aperto do parafuso, classificando-as de acordo com esse aperto.

Avaliação:


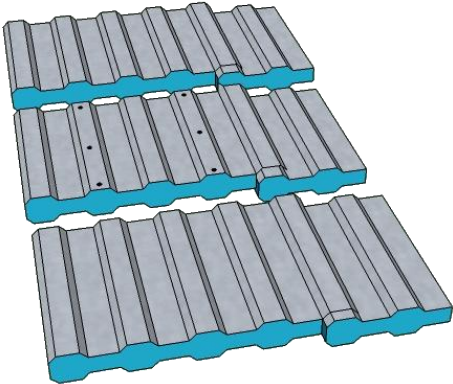


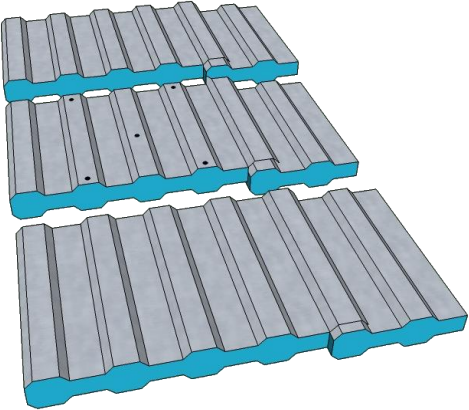
Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

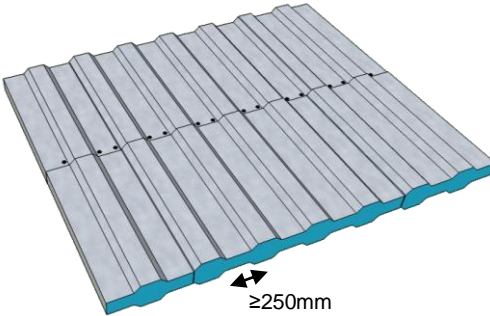

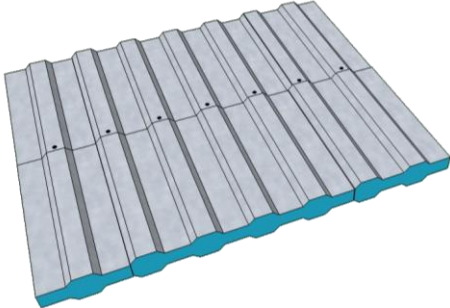
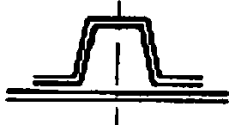




Desenho esquemático: D3	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D4	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Como existem várias formas de fixação cabe a cada fabricante definir qual a fixação a utilizar nos seus painéis, mesmo assim todas as fixações são possíveis soluções a adotar. Neste processo de seleção de fixação é necessário ter sempre em conta o tipo de estrutura de suporte dos painéis;
- Como no D2 estão representados parafusos de cabeça sextavada e parafusos auto-perfurantes, estes são mais fáceis de aparafusar do que a forma de fixação em gancho com parafuso de cabeça sextavada representada no D3 e no D4, pois neste caso é necessário perfurar primeiro o painel;
- Todos os tipos de fixação são constituídos por elementos adequados que conferem estanquidade, logo sempre que estes sejam devidamente utilizados nas estruturas de suporte adequadas é expectável que o seu desempenho seja bom.

Esquema de princípio B-03		
Distribuição dos elementos de fixação	Código: B-01c	
Tabela 13 - Distribuição mínima dos fixadores (Baseada em: DTU 40.35)		
Nervuras principais do painel		
<p>No painel imediatamente antes da cumeeira e do sistema de drenagem é necessário proceder à fixação de todas as nervuras tal como está exposto no desenho.</p>		
<p>Nos painéis intermédios há duas possibilidades de distribuição da fixação.</p> <p>No primeiro desenho fixam-se as nervuras intermédias de forma intercalada e no sentido axial.</p>		 <p style="text-align: center;">ou</p> 
<p>No segundo desenho procede-se a uma fixação em quincôncio nas nervuras intermédias em sentido axial.</p>		

Nervuras principais de recobrimento transversal do painel (juntas transversais)		
<p>Nas zonas de sobreposição de painéis a nível transversal todas as nervuras devem estar fixadas.</p> <p>Perante este cenário existem duas formas de fixação possível.</p> <p>Uma das formas consiste em fazer a fixação na base da alma da nervura, sendo esta utilizada sempre que a distância entre as nervuras do painel é maior ou igual a 250mm.</p> <p>A outra forma de fixação consiste em fixar o painel no topo das nervuras.</p>	 <p style="text-align: center;">≥250mm</p>	
		
Nervuras de bordo do painel		
<p>Nos painéis próximos das zonas de bordo (extremidades laterais da cobertura) é sempre fixado um acessório que serve de proteção a este remate de extremidade. Esta fixação depende da forma como termina o painel. Se este terminar numa nervura utiliza-se o desenho esquemático superior, se terminar em parte não nervurada utiliza-se a forma de fixação do desenho esquemático inferior.</p>		
		

Preocupações de concepção: Neste esquema de princípio faz-se referência à distribuição mínima dos fixadores necessários de acordo com a sua localização ao longo da cobertura. Abordam-se as nervuras principais, as nervuras principais ao longo do recobrimento transversal das juntas e as nervuras ao longo do bordo da cobertura. Os desenhos esquemáticos presentes na tabela mostram como se deve proceder à fixação de acordo com o tipo de nervura.

Relativamente à densidade mínima das fixações este processo envolve um pré-dimensionamento que tem em conta as características do painel, a sua exposição ao vento, o tipo e modo de fixação. Para a caracterização da resistência dos elementos de fixação e posterior determinação da densidade da fixação o DTU remete para normas apropriadas a estes cálculos.

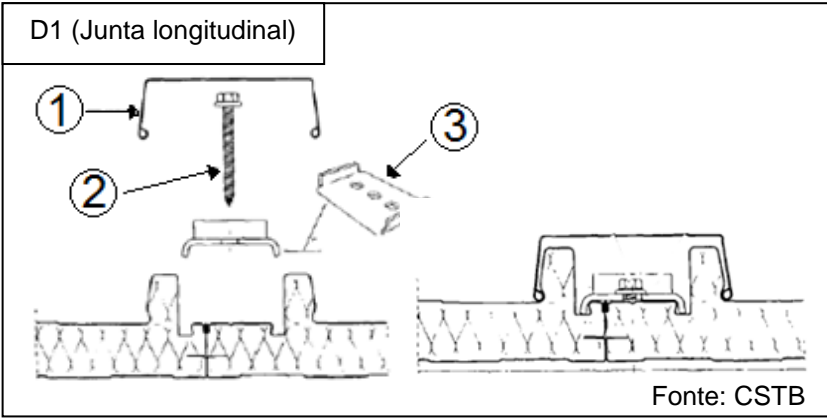
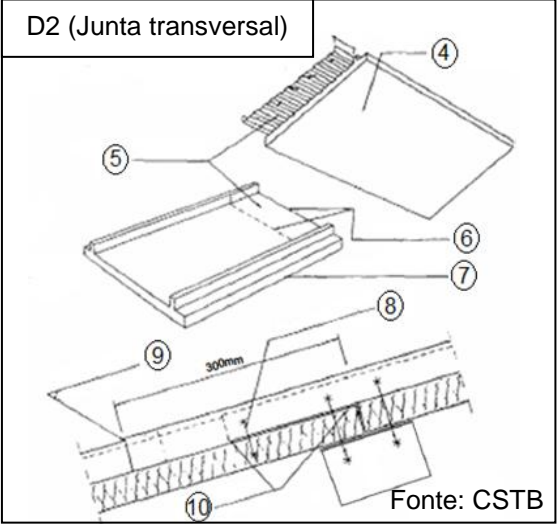
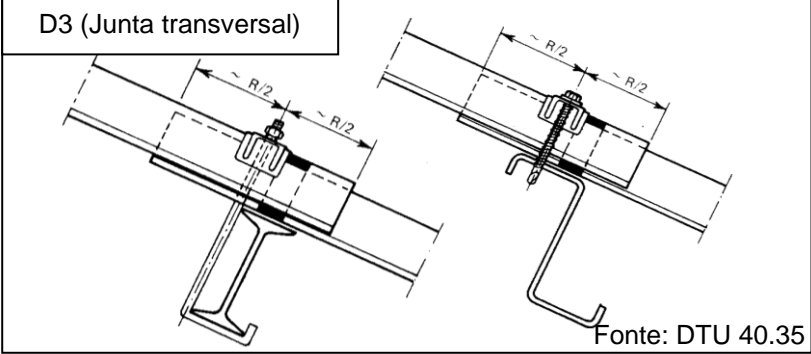
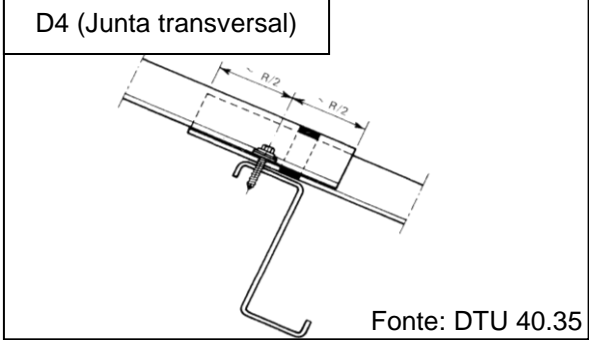
Esquema de princípio B-04	
Juntas entre painéis	Código: B-02
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D1 (Junta longitudinal)</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: CSTB</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D2 (Junta transversal)</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: CSTB</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D3 (Junta transversal)</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D4 (Junta transversal)</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-Cobre-juntas 2-Parafuso de fixação 3-Acessório de fixação 4-Painel superior 5-Aba de remate 6-Complemento de estanquidade 7-Painel inferior 8-Fixação complementar 9-Acessório de remate 10-Junta estanque R-Largura da aba de remate

Tabela 14 - Comprimento da aba de remate de acordo com a inclinação da cobertura e da zona climática em que se insere o edifício (Fonte: DTU 40.35).

Inclinação (i)	Zona Climática	
	Zona I e Zona II (França) (Portugal: Zona A)	Zona III (França) (Portugal: Zona B)
$7\% \leq i \leq 10\%$	300mm	-
$10\% \leq i < 15\%$	200mm	300mm
$i \geq 15\%$	150mm	200mm

Observações: Através da informação disponível no DTU referente à classificação das zonas climáticas de França, foi possível através de uma analogia relativamente à ação do vento no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes de Portugal [17] fazer a correspondência entre as zonas I, II e III francesas às zonas A e B portuguesas.

Preocupações de conceção: A instalação dos painéis deve ser feita de forma a que as nervuras do painel sejam paralelas à linha de maior declive da cobertura, gerando neste caso juntas longitudinais. A nível de juntas longitudinais, estas já têm um encaixe ou elemento de ligação que permite a junção dos painéis. Para conferir uma correta estanquidade a estas juntas utiliza-se um acessório denominado de cobre-juntas, esta forma de proteção está apresentada na solução D1.

O recobrimento de juntas transversais é sempre feito à direita dos apoios que suportam o painel. Estas juntas são devidamente impermeabilizadas com mastique ou bandas impermeabilizantes. Antes da aplicação dos materiais impermeabilizantes os painéis são sobrepostos numa aba de remate. Essa aba tem uma largura mínima de acordo com a inclinação da cobertura e da zona climática em que esta se insere, tal sobreposição está referida na Tabela 14. Aquando da sobreposição das abas é necessário garantir que as superfícies estão devidamente secas e limpas e que a placa inferior corresponde ao primeiro painel colocado e a superior ao painel que lhe sucede, tal descrição é possível observar nos desenhos esquemáticos D2, D3 e D4. É ainda necessário garantir que a fixação do painel é feita a meio da aba de prolongamento e que a fixação é feita a montante do apoio. Os desenhos esquemáticos D2, D3 e D4 são referentes a juntas transversais e exemplificam a posição do elemento de fixação.

Avaliação:

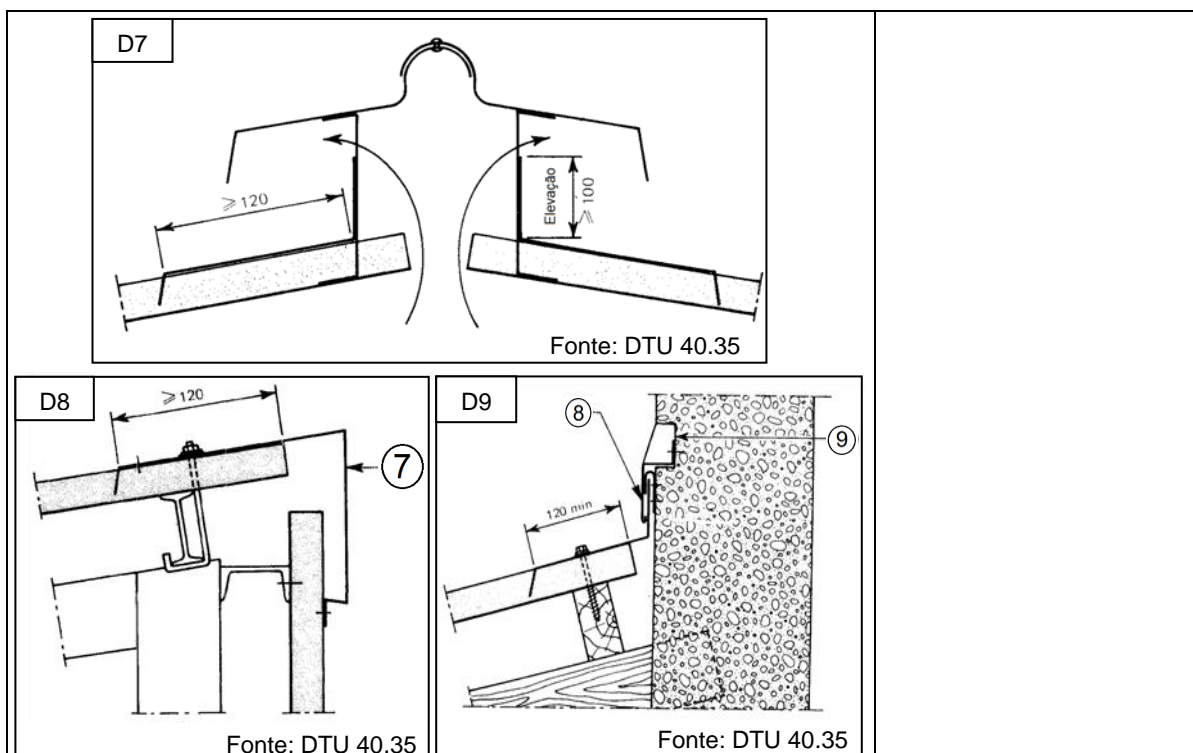
Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D2, D3 e D4	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- As formas de remate das juntas são fundamentais para conferir-lhes a devida estanquidade. Se executadas com os cuidados necessários cumprem a sua função apropriadamente;
- Na execução das juntas aquela que aparenta ser mais complexa na sua execução é a junta transversal (D2, D3 e D4), isto porque além de se ter que definir o comprimento da aba de sobreposição de acordo com a inclinação e a zona climática do edifício, também é necessário ter em atenção a fixação do painel a montante do seu apoio.

Esquema de princípio B-05	
Cumeeira	Código: B-03a
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D1 Inclinação $\geq 10\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D2 Inclinação $\geq 5\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D3 Inclinação $\geq 10\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D4 Inclinação $\geq 7\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D5 Inclinação $\geq 7\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D6 Inclinação $\geq 5\%$</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-Cumeeira em ângulo e com bordas recortadas 2-Cumeeira com rebordo em roda com bordas recortadas 3-Cumeeira articulada com bordas recortadas 4-Rebordo 5-Complemento de estanquidade em espuma 6-Recobrimento 7-Banda de remate 8-Banda de proteção em argamassa 9-Remate em argamassa <p>Observações: Unidades de comprimento em milímetros</p>



Preocupações de conceção: A cumeeira é o ponto mais alto da cobertura e resulta da intersecção de duas águas opostas. Os acessórios que protegem a cumeeira são colocados ao mesmo tempo que os painéis sandwich que definem o topo da cobertura. Na sua execução há que ter em conta a inclinação da cobertura, pois de acordo com esta configuração os dispositivos que protegem a cumeeira são diferentes, tal é possível observar através dos desenhos esquemáticos que fazem referência à inclinação. Através dos 6 desenhos esquemáticos iniciais (D1, D2, D3, D4, D5 e D6) é possível verificar que o elemento de proteção da cumeeira deve ter um prolongamento mínimo de 0,12m a partir do fim do painel para trás. A fixação destes elementos é feita pelos acessórios de fixação presentes no esquema de princípio B-02.

No D7 está representada uma cumeeira ventilada, neste caso a proteção não assenta diretamente sobre a cumeeira, sendo esta ligação feita à cobertura através de uma chapa perfurada de forma a permitir a ventilação. Além da chapa perfurada, também existe uma placa que ajuda ao recobrimento da cumeeira com um mínimo de prolongamento de 0,12m e elevação mínima de 0,10m.

Por fim, nos dois últimos desenhos esquemáticos D8 e D9 está representada a ligação entre um ponto elevado e um elemento vertical. O tipo de ligação destas soluções varia de acordo com o elemento vertical que estabelece contacto. No D8 observa-se a ligação de uma cobertura e uma fachada forrada em painel de sandwich com acessório de cumeeira, apesar do painel na fachada não contribuir para o conforto térmico do edifício este tem que ter uma espessura mínima para garantir o conforto acústico e a resistência mecânica adequada. O D9 apresenta a ligação entre um ponto elevado e uma parede emergente com um remate em acessório de cumeeira.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1, D2, D3, D4, D5 e D6	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D7	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D8	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D9	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Os desenhos esquemáticos D1, D2, D3, D4, D5 e D6, têm algumas variações na configuração do acessório da cumeeira de acordo com a inclinação da cobertura, contudo a nível da fixação do acessório são muito semelhantes. A dificuldade inerente à execução destas soluções não é muito grande e desde que se garantam os comprimentos de prolongamento do acessório consegue-se atribuir estanquidade ao elemento;
- A cumeeira ventila (D7) é utilizada em desvão não habitados e contribui para a melhoria do comportamento higrotérmico do edifício, pois diminui a ocorrência de condensações no interior da cobertura no inverno e no verão ajuda a regular a temperatura do edifício;
- O desenho esquemático D8 referente ao remate da cobertura com fachada em painel sandwich não é muito utilizado em Portugal, mas também não apresenta grandes dificuldades de aplicação;

- No remate da cobertura com uma parede (D9) já se exige mais atenção na execução, porque na utilização do acessório para este remate é necessário colocar uma banda de remate para conferir a devida estanquidade.

Esquema de princípio B-06	
Acessórios para cumeeira	Código: B-03b
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>D1</p> <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 48%;"> <p>D2</p> <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 48%;"> <p>D3</p> <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"> <p>D4</p> <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D5</p> <p style="text-align: center;">Fonte: DTU 40.35</p> </div>	<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1- Acessório de bordadura superior 2- Acessório de meia bordadura superior 3- Acessório de alteração de pendente e de ligação a parede 4- Acessório de bordadura superior ventilado 5- Acessório de alteração de pendente e de ligação a parede ventilada 6- Acessório para canto exterior ventilado
<p>Preocupações de conceção: Os acessórios apresentados são produzidos por corte e dobragem de chapas de aço com revestimento metálico pré-lacado. Estes acessórios são utilizados na cumeeira e em pontos elevados da cobertura como pontos de alteração de pendente e de ligação a</p>	

paredes e têm como função proteger os pontos de ligação, conferindo-lhes estanquidade.

Os acessórios dos desenhos esquemáticos D1 e D2 são acessórios para cumeeira e a sua aplicação depende da inclinação da cobertura.

O acessório do D3 é utilizado quando o ponto mais alto da cobertura está em contacto com uma parede.

Relativamente aos acessórios D4 e D5, estes correspondem a acessórios ventilados para cumeeira e para outros remates como mudança de pendente, ligação a parede ou para uma ligação de canto, estes acessórios estão presentes em coberturas com desvão ventilado.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1 e D2	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D3	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D4	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal			X
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

- Os remates dos desenhos esquemáticos D1 e D2 são muito semelhantes, diferindo apenas no aspecto em que na parte inferior do painel sandwich é colocado um perfil para não se ver o painel. A principal escolha de uma solução em detrimento da outra relaciona-se com questões estéticas. Ambas as soluções podem ser aplicadas e a sua execução é bastante simples, basta seguir os prolongamentos apresentados e utilizar o tipo de fixação apropriada e obtém-se um bom remate;
- A forma de execução do desenho esquemático D3 já é mais complexa, pois exige especial cuidado na forma de proteção do remate. Este na ligação com a parede além de ter um prolongamento mínimo também tem que ser protegido com argamassa para ficar devidamente estanque. Se estes cuidados forem executados apropriadamente obtém-se um remate funcional;
- O desenho D4 que representa o remate de extremidade com fachada em painel sandwich não é muito utilizado em Portugal, mas também não apresenta grandes dificuldades de aplicação.

interiores. Por fim o último desenho (D3) representa caleiras centrais que resultam da intersecção de duas águas a uma cota baixa.

Nas caleiras exteriores e interiores as abas não devem ter um prolongamento para a caleira superior a 0,40m nem inferior a 0,10m. O valor mínimo de 0,10m só é permitido quando se utiliza um rufo no remate do painel com a caleira. Quando não se utiliza este rufo o valor mínimo passa a ser de 0,20m.

A ligação da cobertura com a caleira é tratada com:

- Fecho metálico;
- Banda de drenagem servindo de goteira com fecho em espuma;
- Bordo da chapa rebatido servindo de goteira.

No caso das caleiras exteriores (D1), estas têm uma grande vantagem a nível da facilidade de reparação e no caso de entupimento dos tubos de queda não provoca inundações na cobertura. No desenho esquemático apresentado as caleiras são apoiadas no beiral com o auxílio de escáfulas.

As caleiras interiores (D2) estão protegidas por uma platibanda, o que acaba por proteger a caleira da radiação e torna os trabalhos de manutenção mais seguros.

Relativamente às caleiras centrais presentes no desenho esquemático D3 apresentam-se todas as medidas a respeitar para uma boa execução.

Avaliação:

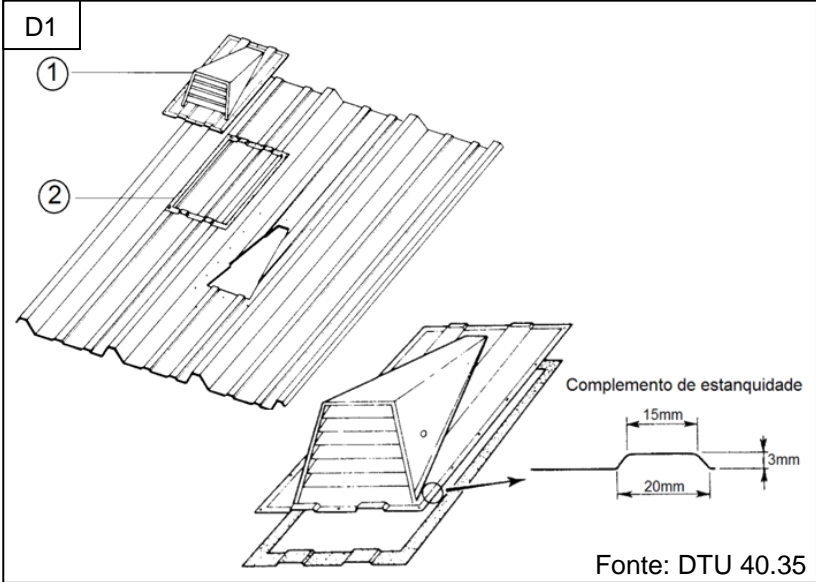
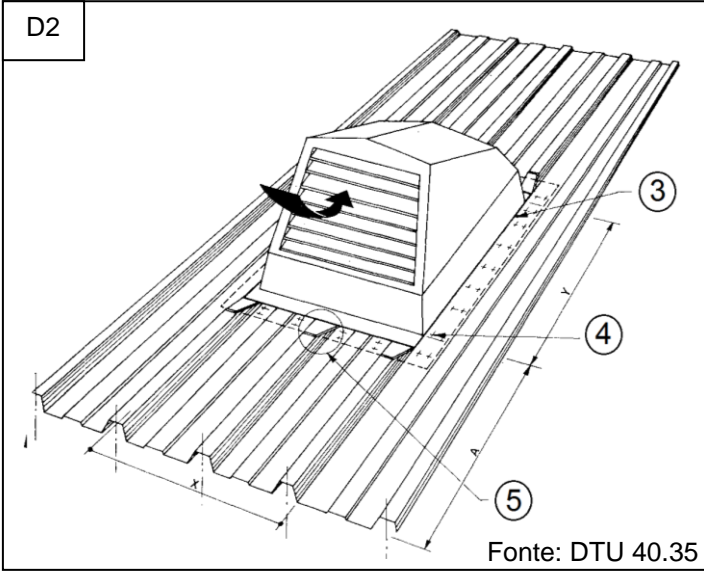
Desenho esquemático: D1	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

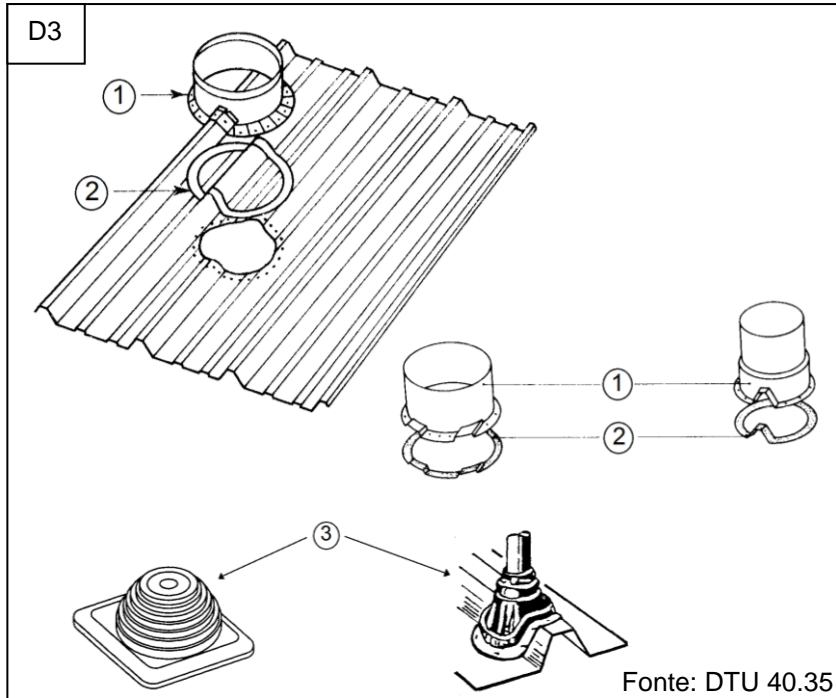
Desenho esquemático: D2	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D3	Boa	Satisfatória	Fraca
	Aplicabilidade em Portugal	X	
Facilidade de execução		X	
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação:

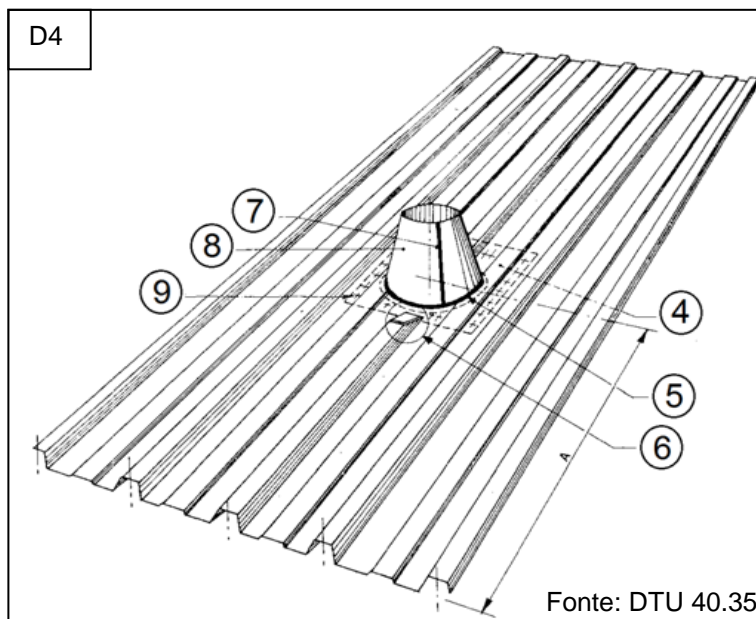
- Todas as soluções apresentadas são de grande aplicabilidade em Portugal;
- As soluções D1 e D2 são muitas vezes alvo das preferências pessoais dos técnicos que elaboram os projetos, pois ambas as soluções têm as suas vantagens. A caleira exterior (D1) é de fácil execução e quando ocorrem entupimentos não provoca grandes danos nas coberturas. A caleira interior (D2) está mais protegida e permite uma manutenção mais segura, contudo é um pouco mais complexa na sua execução, pois tem mais condições a seguir;
- O desenho esquemático D3 que representa as caleiras centrais é a única solução apresentada para este tipo de casos, como tal, tem grande aplicabilidade quando é necessária. Na sua execução é necessário seguir bastantes condições para obter uma caleira funcional;
- Se todos os elementos forem executados segundo os seus princípios é expectável que os seus desempenhos sejam adequados.

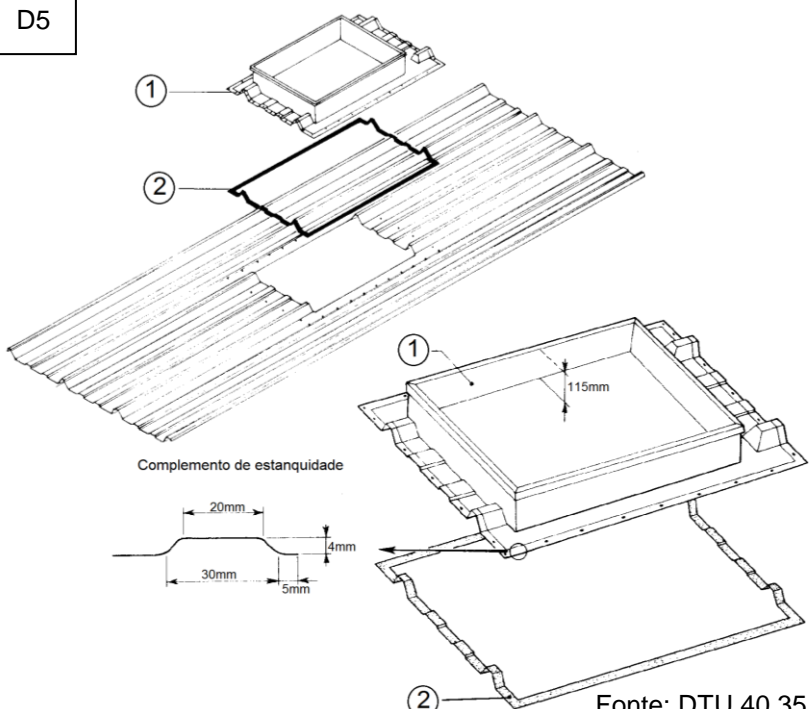
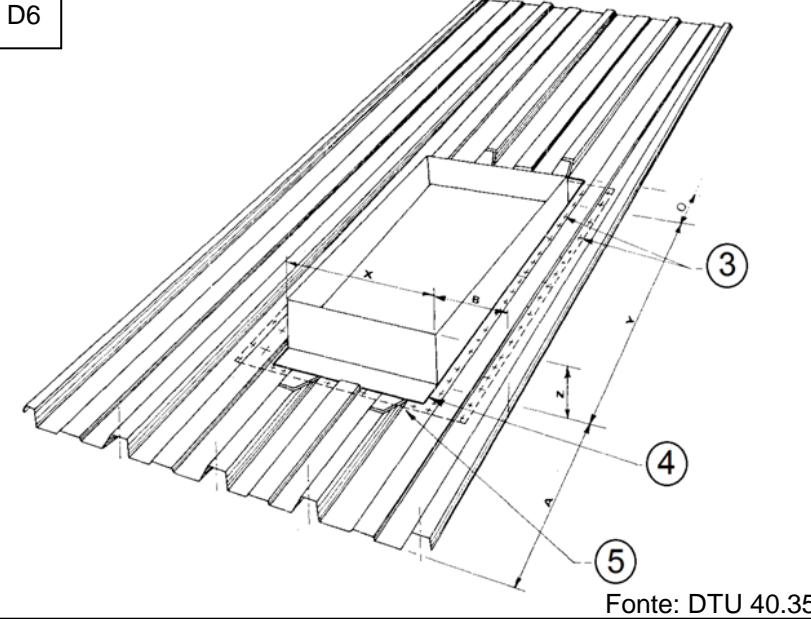
Esquema de princípio B-09	
Ventilação/Tubagens emergentes/Claraboias	Código: B-06
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>D1</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>D2</p>  <p style="text-align: right;">Fonte: DTU 40.35</p> </div>	<p>Legenda da ventilação (D1 e D2):</p> <p>1-Acessório de ventilação</p> <p>2-Complemento de estanquidade</p> <p>X, Y- Dimensão do acessório de ventilação</p> <p>A-Distância do início do painel até ao início do acessório de ventilação</p>



Legenda das tubagens emergentes (D3 e D4):

- 1-Acessório para tubagem emergente
- 2-Complemento de estanquidade
- 3-Saída cónica para cabos
- 4-Placa de reforço
- 5-Soldadura de impermeabilização
- 6-Ondas de fecho
- 7-Soldadura
- 8-Acessório
- 9-Fixação



<p>D5</p>  <p>Complemento de estanquidade</p> <p>20mm 30mm 4mm 5mm</p> <p>115mm</p> <p>Fonte: DTU 40.35</p>	<p>Legenda da Claraboia (D5 e D6):</p> <p>1-Acessório para clara-boia</p> <p>2-Complemento de estanquidade</p> <p>3-Fixação espaçada de 0,05m</p> <p>4-Soldadura de impermeabilização</p> <p>5- Ondas de fecho</p> <p>X, Y, Z- Dimensões da claraboia</p> <p>A-Distância do início do painel até ao início da clara-boia</p> <p>O-Prolongamento do painel da penetração na horizontal</p> <p>B-Distância da penetração ao bordo do painel que contém a penetração</p> <p>O ≥ 0,10m</p> <p>X ≥ 0,15m (recomendado)</p>
<p>D6</p>  <p>Fonte: DTU 40.35</p>	

Preocupações de conceção: Os painéis utilizados para a inserção de penetrações são painéis pré-fabricados no mesmo material que os painéis da zona corrente, a única diferença reside no elemento de penetração que vai ser inserido.

Os acessórios de penetração são pré-fabricados, contudo a fixação do acessório de penetração no painel pode ser in situ ou em fábrica. Assim sendo, há dois tipos de soluções para os acessórios de penetração:

- Utilização de painéis de zona corrente que já vêm com o acessório devidamente fixado, ou seja, é um painel que já vem pronto de fábrica com o elemento de penetração fixo. A fixação do acessório ao painel é feita em fábrica por soldadura ou parafusos;

- Utilização de um painel que já vem cortado com as devidas dimensões para receber posteriormente o elemento de penetração. Neste caso o elemento de penetração é fixo sobre o painel por meio de parafusos ou rebites. Antes da colocação do acessório de penetração há ainda um complemento de estanquidade que é disposto sobre a zona do painel que recebe a penetração de forma a conferir-lhe estanquidade.

Para a correta execução destas soluções é necessário fornecer ao fabricante as dimensões da penetração necessária, para que assim o painel e o acessório de penetração sejam fabricados com as corretas dimensões.

Nos casos em que se faz a colocação do acessório de penetração in situ há que ter atenção ao prolongamento do complemento de estanquidade, este deve estar de acordo com os princípios definidos nos desenhos esquemáticos.

Os desenhos esquemáticos D1, D3 e D5 são soluções que apresentam elementos de penetração de ventilação, tubagens emergentes e claraboias fixados in situ. Os desenhos esquemáticos D2, D4 e D6 representam elementos de penetração que são fixos em fábrica, ou seja, o painel já vem com a penetração incorporada.

É necessário chamar especial atenção para a diminuição dos defeitos de execução quando a fixação das penetrações é feita em fábrica, pois trata-se de um processo sujeito a maior controlo de qualidade e menos suscetível à falha humana.

Avaliação:

Desenho esquemático: D1, D3 e D5	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal		X	
Facilidade de execução			X
Nível de desempenho expectável	X		

Desenho esquemático: D2, D4 e D6	Boa	Satisfatória	Fraca
Aplicabilidade em Portugal	X		
Facilidade de execução	X		
Nível de desempenho expectável	X		

Comentário sobre a avaliação dos pormenores:

- De todas as soluções apresentadas, presume-se que as penetrações que são fixas em fábrica (D2, D3 e D4) são mais vantajosas e mais utilizadas, porque não estão sujeitas a erros de medições das aberturas e é menos um trabalho a realizar in situ, o que simplifica e acelera muito o processo de colocação dos painéis.

4

PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA PARA APOIO À REABILITAÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Em todo o processo construtivo e particularmente nos processos de reabilitação, são várias as situações que podem gerar erros e contribuir para uma construção defeituosa. Atualmente tenta-se cada vez mais tornar este processo mais rigoroso e menos suscetível a falhas, por isso é cada vez mais importante criar um conjunto de processos construtivos normalizados que visem o correto esclarecimento de questões relacionadas com a sua conceção. Além desta tentativa de criar pormenores que se baseiam em informação normalizada, é de extrema importância fomentar a elaboração de cadernos de encargos suficientemente claros, objetivos e que não deem espaço para ambiguidades a nível de interpretações. Na eventualidade de haver espaço para dúvidas podem gerar-se problemas em obra que levam a posteriores correções dispendiosas e que só contribuem para a insatisfação do dono de obra.

O caderno de encargos é um documento que engloba condições administrativas e condições técnicas gerais e especiais. É no âmbito das condições técnicas especiais que se pretende que este trabalho tenha um importante contributo, pois é neste campo que se revela de extrema importância uma adequada pormenorização e uma adequada descrição do processo construtivo.

Todo o capítulo 4 prende-se com o desenvolvimento de um conjunto de fichas com soluções-tipo de reabilitação da zona corrente e de alguns pontos singulares de coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich, baseado em pormenores existentes em cadernos de encargos fornecidos pelo orientador desta dissertação, que têm por base a sua experiência profissional.

Neste capítulo tenta-se conjugar as diretrizes fornecidas no capítulo 3 e avaliar à luz deste capítulo os pormenores construtivos disponíveis nos cadernos de encargos e analisar se estes seguem os bons princípios de execução. Além desta análise também se pretende que estas fichas de soluções-tipo sejam uma ferramenta de consulta para a vertente prática, onde se expõe pormenores aptos a aplicar em obra com todas as preocupações de execução e com as especificações quantitativas que devem acompanhar o pormenor a ser executado.

Estas fichas com soluções-tipo de reabilitação contêm o pormenor construtivo do ponto singular ou da zona corrente, as respetivas especificações técnicas, um campo de comentário sobre o desenho do pormenor e um campo que compara o pormenor com os princípios de conceção definidos no capítulo 3.

4.2. PORMENORES CONSTRUTIVOS DE APOIO A PROJETOS DE REABILITAÇÃO

4.2.1. COBERTURA EM TERRAÇO

Na Figura 15 estão representadas dois tipos de coberturas em terraço, uma corresponde à cobertura em terraço não acessível e a outra corresponde a uma cobertura em terraço acessível.

Dadas as semelhanças das coberturas acessíveis e não acessíveis, existem pontos singulares que são executados da mesma forma, tendo apenas ténues diferenças, nomeadamente ao nível de acabamento de proteção e na escolha de materiais devido às características resistentes. Contudo os cuidados e os princípios de execução são os mesmos, sendo por isso desnecessário estar a assinalar e a desenhar na imagem todos os elementos que se repetem em ambas as coberturas.

À cobertura em terraço foi atribuída a designação de Cobertura A para identificação nas fichas de soluções-tipo de reabilitação.



Fig.15 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura em terraço acessível e não acessível com identificação da zona corrente e respetivos pontos singulares

Na tabela 15 procede-se à descrição dos pontos assinalados na Figura 15.

Tabela 15 - Correspondência entre os elementos da cobertura e os pontos assinalados na Figura 15

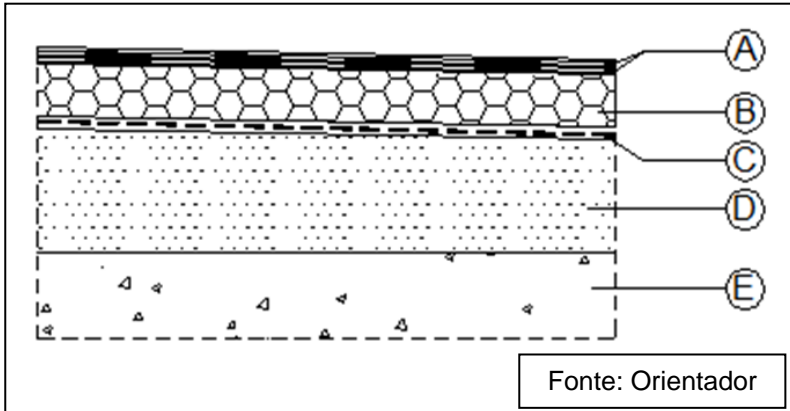
Cobertura não acessível		
Elemento	Referência na cobertura	
Zona corrente	1	
Platibanda	2	
Sistema de drenagem	Caleira	3
	Saídas verticais	3
	Trop-plain	3
Elementos emergentes	Tubagem de ventilação	4
	Chaminé	5
	Claraboia	6
Junta de dilatação elevada	9	
Equipamentos mecânicos ligeiros	11	
Cobertura acessível		
Elemento	Referência na cobertura	
Zona corrente	7	
Platibanda	2	
Sistema de drenagem	Caleira	3
	Saídas verticais	3
	Trop-plain	3
Elementos emergentes	Tubagem de ventilação	4
	Chaminé	5
Vão de acesso à cobertura	8	
Junta de dilatação plana	10	
Equipamentos mecânicos ligeiros	11	

Neste ponto passa-se à elaboração das fichas de soluções-tipo de reabilitação que englobam alguns pormenores construtivos das coberturas em terraço não acessíveis e acessíveis.

Na Tabela 16 está representada a estrutura das fichas de soluções-tipo de reabilitação. Respetivamente às nomenclaturas utilizadas para os códigos de identificação do pormenor utiliza-se a nomenclatura ANA para as coberturas não acessíveis e AA para coberturas acessíveis.

Tabela 16 – Estrutura das fichas com soluções-tipo de reabilitação

Código da ficha da solução-tipo de reabilitação	
Nome do pormenor	Código de identificação
Desenho do pormenor	Legenda do pormenor
Análise crítica do pormenor	
Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3	
Especificação quantitativa	

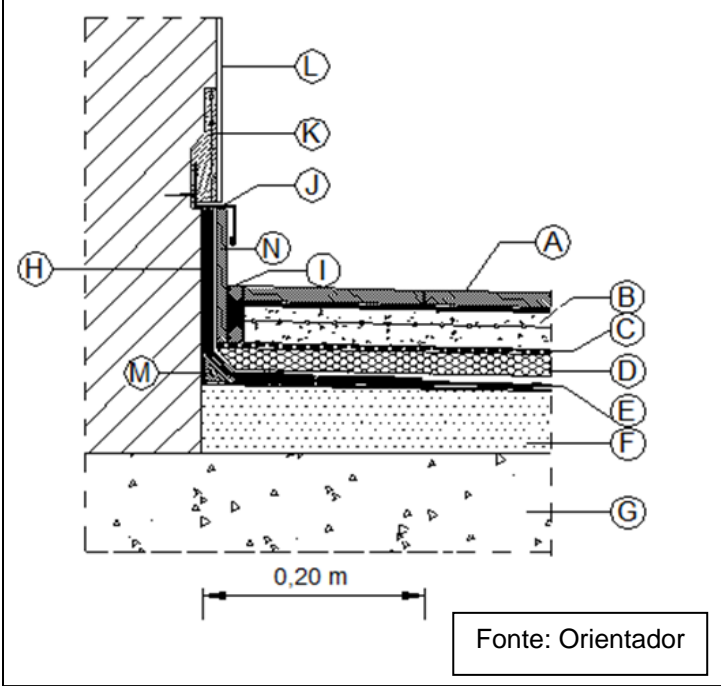
Solução-tipo P-01	
Zona corrente de cobertura em terraço não acessível	Código: ANA-01
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Sistema de impermeabilização, e=10mm</p> <p>B-Isolamento térmico, e=30mm</p> <p>C-Barreira pára-vapor, e=5mm</p> <p>D-Camada de forma, e=70mm</p> <p>E-Laje de betão, e=200mm</p> <p>e-espessura</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No pormenor deveria estar assinalado o valor e o sentido da inclinação da cobertura; ▪ Através do pormenor contabilizam-se as 2 telas de impermeabilização e como o primário betuminoso tem uma espessura muito reduzida não é possível identificá-lo no pormenor. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Numa análise comparativa com os princípios fornecidos nos esquemas de princípio, constata-se que este pormenor está de acordo com esses princípios e que é expectável um bom comportamento deste elemento. Neste pormenor estão presentes todas as camadas que seriam de esperar numa cobertura em terraço não acessível para obtenção de um bom desempenho térmico e minimização das condensações internas (barreira pára-vapor).</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Camada de forma: pendente superior a 1,5%.</p> <p>Barreira pára-vapor: em feltro betuminoso com 3kg/m² e com uma permeância ao vapor menor ou igual a 0,001g/m².h.mmHg.</p> <p>Isolamento térmico: painéis rígidos de lã mineral com massa volúmica superior a 170kg/m³ e aptidão de utilização I₃S₃O₂L₃E₂.</p> <p>Sistema de impermeabilização em 3 camadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Primário betuminoso; ▪ Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4 kg/m² e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m²; ▪ Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5 kg/m² e armadura em poliéster com massa superior a 180 g/m², auto-protegido com elementos minerais de cor clara. 	

Solução-tipo P-02	
Remate do murete/platibanda	Código: ANA-02
<p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Murete, e=75mm</p> <p>B-Tela auto-protégida, e=5mm</p> <p>C-Capeamento em zinco, e=0,65mm</p> <p>e-espessura</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No pormenor deveriam estar legendados mais elementos (camada de suporte, camada de forma, barreira pára-vapor, isolamento térmico, impermeabilização em asfalto, chanfro, elemento de fixação); ▪ Os prolongamentos da tela de impermeabilização deviam estar todos cotados no pormenor, bem como a impermeabilização abaixo do chanfro; ▪ Deveria ser referida a altura do murete; ▪ Não se identificam 3 telas de impermeabilização no canto de reforço da transição do murete para a cobertura; ▪ Não se identifica o primário betuminoso devido à sua reduzida espessura; ▪ Capeamento não é adequado, pois o rufo utilizado permite facilmente a entrada de ventos e água da chuva no murete. O rufo deveria ser prolongado na vertical para contribuir para uma maior estanquidade do murete e do remate de impermeabilização. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Analisando o pormenor à luz dos esquemas de princípio verifica-se que muitos dos cuidados a ter na elaboração do pormenor não foram tidos em conta.</p> <p>Ao faltar no pormenor a tela de reforço no canto e por não serem apresentados os devidos prolongamentos das telas de impermeabilização, verifica-se que não se estão a seguir as diretrizes fornecidas.</p> <p>O capeamento em zinco do murete com uma inclinação adequada para que o escoamento das águas pluviais ocorra para dentro da cobertura e não ao longo da fachada foi uma das diretrizes tidas em conta, contudo este rufo não protege convenientemente o remate do sistema de impermeabilização.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>A impermeabilização deverá revestir interiormente a superfície de todo o murete ao longo de todo o</p>	

contorno da cobertura de acordo com o procedimento:

- Aplicação de 5mm de asfalto puro para impermeabilizar uma altura mínima de 0,10m na vertical acima do revestimento corrente e 0,10m na horizontal na zona corrente;
- Realização de um chanfro de asfalto areado com 0,03m x 0,03m para estabelecer a ligação entre a parte vertical e a parte horizontal e permitir a colocação da tela de impermeabilização sem a quebrar;
- Aplicação de uma camada a frio de um produto à base de betume, em solução ou em emulsão;
- Colocação de uma camada de feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4kg/m² e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m²;
- Reforço do ângulo através de um feltro betuminoso armado com massa superior a 3kg/m² e com um desenvolvimento de 0,20m na vertical e na horizontal, colado sobre asfalto areado.
- Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5kg/m² e armadura em poliéster com massa superior a 180g/m², auto-protégido com elementos minerais de cor clara.

Sobre o topo do murete deve ser aplicado um capeamento em zinco com inclinação de 5% para dentro da cobertura e com espessura de 0,65mm (zinco nº 12).

Solução-tipo P-03	
Remate com as paredes de fachada	Código: AA-01
	<p>Legenda:</p> <p>A-Ladrilhos cerâmicos, e=10mm</p> <p>B-Camada de suporte (betão armado), e=50mm</p> <p>C-Filme de polietileno, e=0,150mm</p> <p>D-Isolamento térmico, e=60mm</p> <p>E-Sistema de impermeabilização, e=15mm</p> <p>F-Camada de forma, e=100mm</p> <p>G-Laje de betão, e=200mm</p> <p>H-Reforço de impermeabilização, e=5mm</p> <p>I-Junta do contorno, e≥ 20mm</p> <p>J-Rufo em zinco, e=0,7mm</p> <p>K-Argamassa à base de polímeros, armada</p> <p>L-Revestimento do elemento vertical, e=30mm</p> <p>M-Chanfro de asfalto areado (30mm x 30mm)</p> <p>N-Rodapé cerâmico colado, e=10mm</p> <p>e-espessura</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Faltam as cotagens dos prolongamentos da impermeabilização; ▪ Não está legendada a camada de impermeabilização em asfalto puro que deve ser colocada no canto de transição da cobertura para parede; ▪ Não é possível identificar no pormenor todas as camadas do sistema de impermeabilização. Não se identifica a camada de betume em solução ou em emulsão devido à sua reduzida espessura e também não se consegue contabilizar o reforço de impermeabilização no canto. Assim no pormenor apenas se contabilizam 2 telas de impermeabilização no canto de reforço; ▪ Desenho mal escalado, ou seja as camadas não têm as espessuras adequadas. Ao tomar-se como ponto de referência os 0,20m que estão cotados no pormenor constata-se que os restantes elementos constituintes não se encontram na proporção adequada às 	

espessuras dadas.

A execução de uma cobertura invertida permite que a camada de impermeabilização esteja protegida das variações térmicas e das radiações solares, contribuindo para uma maior durabilidade desta camada.

As coberturas em terraço acessíveis são uma solução construtiva mais complexa que as coberturas em terraço não acessíveis, como tal exigem uma execução mais cuidada.

Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:

Na generalidade este pormenor respeita a informação disponibilizada nos esquemas de princípio e tem em conta as condições de execução.

O rufo é fixo à parede e protege o remate de impermeabilização de forma correta, este é protegido por uma massa de argamassa em polímeros, armada. Denota-se a existência de uma junta de contorno, que é fundamental para evitar estragos na parede gerados pela deformação do pavimento. Outro aspeto que é fundamental na execução deste tipo de coberturas é o fracionamento da betonilha e dos ladrilhos.

A principal falha deste pormenor consiste na inexistência da tela de impermeabilização de reforço do canto de transição e a falta das cotagens dos prolongamentos das telas de impermeabilização que são salientados nos esquemas de princípio do capítulo 3.

Especificação quantitativa:

Camada de forma: betão leve com argila expandida com massa volúmica de 400kg/m^3 , devidamente regularizada e com pendente superior ou igual a 1,5%.

O remate do sistema de impermeabilização da cobertura com os elementos verticais do contorno (fachadas, platibandas e elementos de separação entre coberturas em terraço/varanda adjacentes) deverá seguir os seguintes passos:

- Abertura de roços com profundidade menor ou igual a 3cm na base das paredes de fachada para dobragem das telas;
- Colocação de 5mm de asfalto puro para impermeabilizar uma altura mínima de 0,15m na vertical acima do revestimento corrente e 0,10m na horizontal na zona corrente;
- Realização de um chanfro de asfalto areado com $0,03\text{m} \times 0,03\text{m}$ para estabelecer a ligação entre a parte vertical e a parte horizontal e permitir a colocação da tela de impermeabilização sem a quebrar;
- Aplicação de uma camada a frio de um produto à base de betume, em solução ou em emulsão;
- Colocação de uma camada de feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4kg/m^2 e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m^2 ;
- Prolongamento do sistema de impermeabilização na vertical de pelo menos 0,15m acima do revestimento corrente;
- Reforço do ângulo através de um feltro betuminoso armado com massa superior a 3kg/m^2 e com um desenvolvimento de 0,20m na vertical e na horizontal, colado sobre asfalto areado;
- Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5kg/m^2 e armadura em poliéster com massa superior a 180g/m^2 ;
- Para o remate final da impermeabilização com os elementos verticais deverá colar-se um rodapé cerâmico associado a uma rufagem em zinco;

- A argamassa a utilizar nos remates do perfil em zinco com o contorno deve ser à base de polímeros.

Sobre a camada de isolamento térmico deve-se aplicar um geotêxtil com 150g/m^2 , devendo haver uma sobreposição deste geotêxtil de 150mm na zona das juntas, este funciona como camada de dessolidarização.

A camada de suporte do revestimento deve ser executada da seguinte forma:

- Aplicação de um filme de polietileno (plástico) de proteção com espessura mínima de 0,150mm sobre o geotêxtil que está acima do isolamento térmico;
- Camada de suporte do revestimento em betão armado devidamente esquadrelado, utilizando betão do tipo C25 e armadura do tipo AQ40;
- Deve-se proceder ao fracionamento do betão em ambas as direções no máximo a cada 4m. As juntas devem ter uma largura entre 0,10m e 0,20m e a armadura deve ser interrompida nas juntas;
- Ao longo do contorno da cobertura deve ser criada uma junta periférica com largura igual ou superior a 20mm;
- As juntas devem ser preenchidas com material imputrescível, impermeável e flexível a deformações.

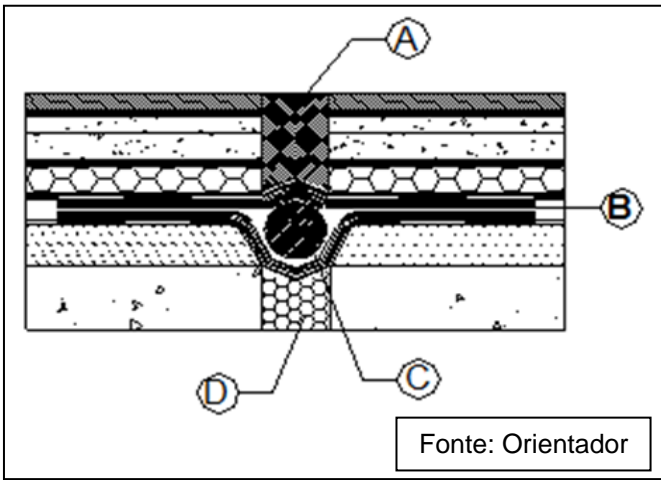
A proteção superior é feita em ladrilhos cerâmicos devendo seguir-se os seguintes critérios:

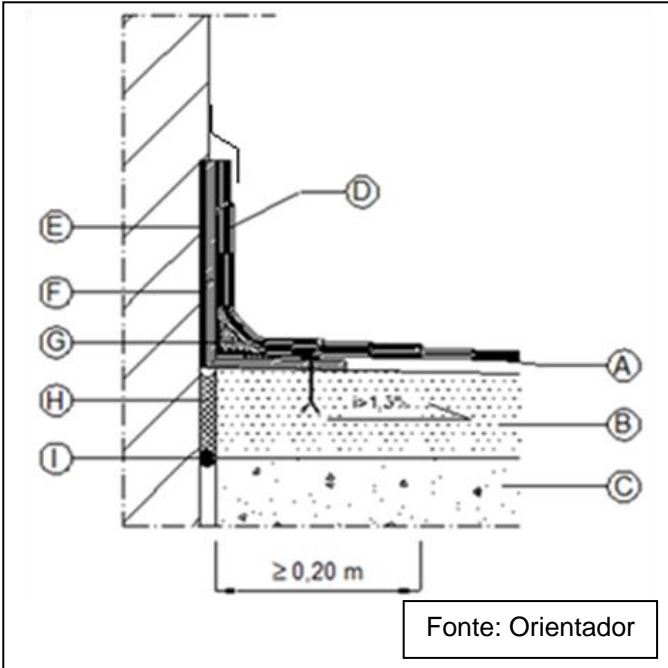
- Os ladrilhos cerâmicos deverão ser anti-derrapantes e ter uma classificação mínima de utilização $U_3P_2E_3C_0$;
- Na fixação dos ladrilhos deve-se utilizar cimento cola com classificação C2. A colagem deve ser feita no suporte e no tardo do cerâmico;
- Deverão ser criadas juntas de assentamento, sendo que estas devem coincidir com as juntas da camada de suporte. A espessura das juntas deve ser definida pelo fabricante em função das características do material a aplicar, contudo devem ser superiores a 5mm;
- Juntas preenchidas com mastique à base de poliuretano, de classe 25E atestada pela marca SNJF Façade. O mastique terá que apresentar dureza Shore A superior a 35.

Solução-tipo P-04	
Remate com as soleiras dos vãos de acesso às coberturas em terraço	Código: AA-02
<p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Reforço de impermeabilização</p> <p>B-Mastique,</p> <p>C-Soleira</p> <p>D-Argamassa à base de polímeros</p> <p>E-Caixilharia</p> <p>e-espessura</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Deveriam estar mais elementos legendados (lintel em betão, pingadeira, chanfro, junta de contorno); ▪ Pormenor não refere a forma de colagem da soleira (cimento cola); ▪ Não menciona o prolongamento da impermeabilização que deve ser dado para dentro do lintel e o reforço de impermeabilização não está cotado no pormenor; ▪ Não é possível contabilizar o número de telas de impermeabilização. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Apesar deste pormenor não estar referido no capítulo 3, é possível afirmar que este remate segue os cuidados adequados no remate da impermeabilização, tornando-o devidamente estanque. Contudo falha em alguns pontos, nomeadamente na perceção do número de telas de impermeabilização utilizadas no canto de reforço e o número de telas que são prolongadas para dentro da soleira.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Sistema de impermeabilização sobe na vertical da soleira, o que pode obrigar à realização de um lintel em betão para ajustar a cota. A altura do lintel apenas poderá ser definida em obra para cada terraço de forma a garantir uma pendente mínima de 1,5%, no sentido da saída das águas pluviais.</p> <p>A superfície do lintel para assentamento da soleira deve ser impermeabilizada com argamassa à base de polímeros, armada.</p> <p>Sob a soleira deve ser aplicado um cordão de mastique à base de betume.</p> <p>A execução do sistema de impermeabilização deve seguir o seguinte procedimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocação de 5mm de asfalto puro para impermeabilizar uma altura mínima de 0,15m na vertical acima do revestimento corrente e 0,10m na horizontal na zona corrente; ▪ Realização de um chanfro de asfalto areado com 0,03m x 0,03m para estabelecer a ligação entre a parte vertical e a parte horizontal e permitir a colocação da tela de 	

impermeabilização sem a quebrar;

- Aplicação de uma camada a frio de um produto à base de betume, em solução ou em emulsão;
- Colocação de uma camada de feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4kg/m^2 e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m^2 ;
- Reforço do ângulo através de um feltro betuminoso armado com massa superior a 3kg/m^2 , ao longo da zona do lintel (zona vertical e horizontal do lintel) e num desenvolvimento de 0,20m na horizontal em zona corrente, colado sobre asfalto areado;
- Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5kg/m^2 e armadura em poliéster com massa superior a 180g/m^2 ;
- O sistema de impermeabilização é prolongado na horizontal para dentro do lintel.

Solução-tipo P-05	
Remate com as juntas de dilatação	Código: AA-03
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Mastique, e=20mm</p> <p>B-Reforço da impermeabilização</p> <p>C-Cordão de neoprene; d=10mm</p> <p>D-Injeção de poliuretano, e=20mm</p> <p>e-espessura</p> <p>d-diâmetro</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A forma como a impermeabilização contorna a junta não é adequada, pois as telas principais não deviam atravessar a junta. ▪ No pormenor não está representado o prolongamento a dar no reforço de impermeabilização. Este além de não representar o término do reforço também não mostra a forma do sistema de impermeabilização que segue para a zona corrente; ▪ As restantes camadas que compõem este pormenor também podiam estar legendadas (camada de suporte da cobertura, camada de forma, isolamento térmico, camada de dessolidarização, camada de suporte do revestimento, revestimento); 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Segundo os esquemas de princípio, neste tipo de remate as telas principais de impermeabilização não passam de um lado ao outro sobre a junta, ou seja, as telas da zona corrente são interrompidas e só o sistema de reforço de impermeabilização é que contorna a junta. Pelo pormenor apresentado fica-se com a ideia que todo o sistema de impermeabilização contorna a junta, o que vai contra o esquema de princípio do capítulo 3.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Injeção de poliuretano ao longo de toda a junta.</p> <p>Procedimento de aplicação do sistema de impermeabilização:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicação de uma camada a frio de um produto à base de betume, em solução ou em emulsão; ▪ Colocação de uma camada de feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4kg/m² e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m²; ▪ Reforço da impermeabilização abaixo e acima do cordão de espuma de poliuretano expandido através de um feltro betuminoso armado com massa superior a 3kg/m²; ▪ Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5kg/m² e armadura em poliéster com massa superior a 180g/m². <p>A junta é preenchida superiormente com mastique à base de poliuretano, de classe 25E atestada pela marca SNJF Façade. O mastique terá que apresentar dureza Shore A superior a 35.</p>	

Solução-tipo P-06	
Remate das juntas de dilatação entre edifícios	Código: AA-04
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Sistema de impermeabilização, e=15mm</p> <p>B-Camada de forma, e=100mm</p> <p>C-Laje de betão, e=200mm</p> <p>D-Reforço da impermeabilização</p> <p>E-Cantoneira metalizada, e=15mm</p> <p>F-Isolamento térmico, e=5mm</p> <p>G-Chanfro de asfalto areado (30mm x 30mm)</p> <p>H-Cordão de espuma de polietileno expandido, e=20mm</p> <p>I-Mastique, d=20mm</p> <p>e-espessura</p> <p>d-diâmetro</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Não está legendado o sistema de proteção do remate da impermeabilização (rufo) nem a forma de fixação da cantoneira; ▪ Este pormenor é de uma relevância elevada, pois mostra como deve ser adequadamente executada uma junta entre edifícios de forma a que hajam movimentações dos elementos (retrações e contrações) sem que haja transmissão entre eles; ▪ No pormenor não estão representadas todas as camadas que constituem uma cobertura em terraço acessível. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Embora nos esquemas de princípio não exista um pormenor igual ao apresentado, este parece seguir todos os cuidados de impermeabilização e permite o normal desempenho de uma junta sem restringir os movimentos da mesma.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Aplicação do mastique a nível da camada de suporte (laje de betão armado) e preenchimento da junta com cordão de espuma em polietileno expandido.</p> <p>Entre a parede e a cantoneira metalizada encontra-se o isolamento térmico que funciona como elemento de desligamento. A cantoneira está fixa somente à cobertura. Todo este sistema permite</p>	

a movimentação dos elementos sem os danificar.

O sistema de impermeabilização deverá ser executado segundo os seguintes passos:

- Colocação de 5mm de asfalto puro para impermeabilizar uma altura mínima de 0,15 m na vertical acima do revestimento corrente e 0,10m na horizontal na zona corrente;
- Realização de um chanfro de asfalto areado com 0,03m x 0,03m para estabelecer a ligação entre a parte vertical e a parte horizontal e permitir a colocação da tela de impermeabilização sem a quebrar;
- Aplicação de uma camada a frio de um produto à base de betume, em solução ou em emulsão;
- Colocação de uma camada de feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 4kg/m² e armadura em fibra de vidro com massa superior a 60g/m²
- Prolongamento do sistema de impermeabilização na vertical de pelo menos 0,15m acima do revestimento corrente;
- Reforço do ângulo através de um feltro betuminoso armado com massa superior a 3kg/m² e com um desenvolvimento de 0,20m na vertical e na horizontal, colado sobre asfalto areado;
- Feltro com betume elastomérico SBS, com massa igual ou superior a 5kg/m² e armadura em poliéster com massa superior a 180g/m², auto-protégido com elementos minerais de cor clara;

A existência do rufo em zinco permite um remate estanque do sistema de impermeabilização.

4.2.2. COBERTURA INCLINADA EM PAINEL SANDWICH

Na Figura 16 pretende-se identificar a cobertura inclinada em painel de sandwich e os seus respetivos pontos singulares, procedendo à sinalização desses pontos. Esta cobertura tem a designação de Cobertura B para sua identificação nas fichas com soluções-tipo de reabilitação.



Fig.16 – Projeção em 3D de um edifício com cobertura inclinada em painel sandwich com identificação da zona corrente e respetivos pontos singulares

Após a sinalização da zona corrente e dos pontos singulares na Figura 16 procede-se à identificação desses pontos, criando-se para esse efeito a Tabela 17.

Tabela 17 – Correspondência entre os elementos da cobertura e os pontos assinalados na Figura 16

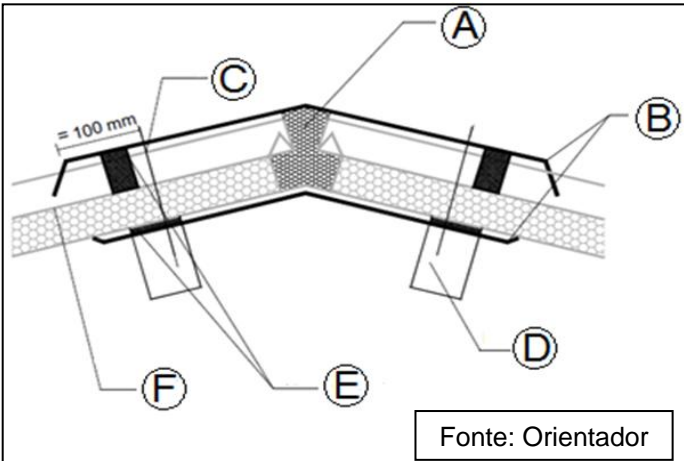
Cobertura inclinada em painel sandwich		
Elemento	Referência na cobertura	
Zona corrente	1	
Juntas entre painéis	Junta longitudinal	2
	Junta transversal	3
Cumeeira	4	
Caleira	5	
Elementos emergentes	Claraboia	6
	Chaminé/Ventilação	7
Remates de extremidade	8	

Antes de se passar à apresentação das fichas com soluções-tipo para apoio a projetos de reabilitação de coberturas inclinadas em painel sandwich faz-se através da Tabela 18 a descrição da sua estrutura.

Relativamente a esta tecnologia salienta-se que esta é complementada com a aplicação de isolamento térmico sobre a laje estrutural do desvão.

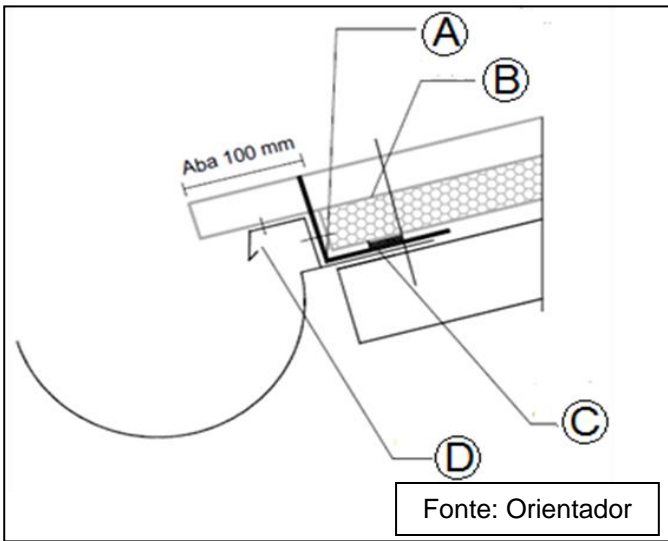
Tabela 18 – Estrutura das fichas com soluções-tipo de reabilitação

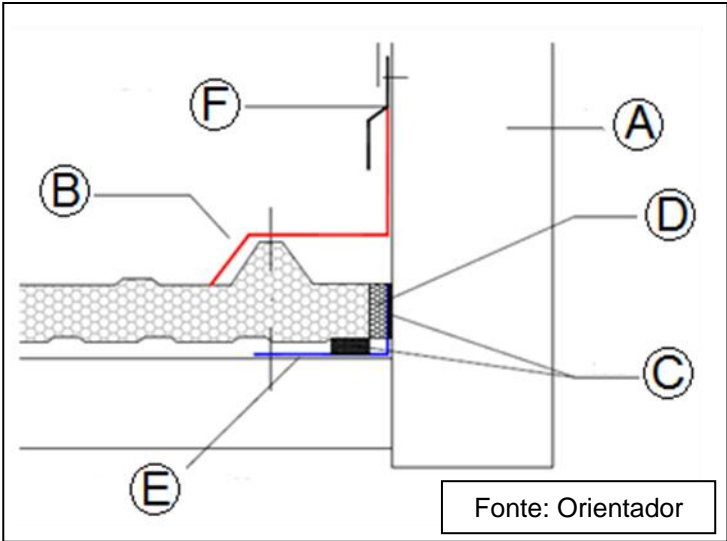
Código da ficha da solução-tipo de reabilitação	
Nome do pormenor	Código de identificação
Desenho do pormenor	Legenda do pormenor
Análise crítica do pormenor	
Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3	
Especificação quantitativa	

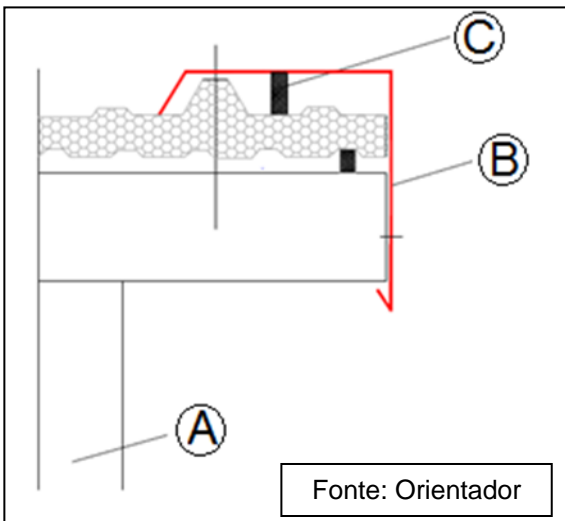
Solução-tipo P-07	
Remate da cumeeira	Código: B-01
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A- Isolamento complementar</p> <p>B-Acessórios de cumeeira</p> <p>C-Fixação</p> <p>D-Estrutura de suporte</p> <p>E-Complemento de estanquidade</p> <p>F-Painel sandwich</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dado que esta tecnologia e a sua execução em obra depende muito dos fornecedores destes painéis e dos seus acessórios é normal requerer um produto devidamente certificado e com catálogos técnicos adequados tanto a nível das características dos painéis como conselhos de aplicação; ▪ O pormenor parece estar em conformidade com a sua função, que é proteger a cumeeira e conferir-lhe a devida estanquidade. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Este pormenor está mais completo que as bases fornecidas nos esquemas de princípio, pois faz referência a um isolamento complementar e a acessórios de estanquidade, logo permite um desempenho térmico mais adequado.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Painel sandwich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ O núcleo central deve ser preenchido com poliisocianurato de densidade nominal $\geq 40\text{kg/m}^3$ ou lã mineral não hidrofogada com massa nominal $\geq 90\text{kg/m}^3$. Também será aceitável o poliuretano, desde que se garanta a classe mínima de reação ao fogo. O isolamento deverá ter espessura mínima de 30mm e classe de reação ao fogo mínima C-s₂ d₀; ▪ Chapas metálicas nervuradas de espessura mínima de 0,6mm para o exterior e de 0,5mm para o interior. As chapas devem ser em aço galvanizado (classe mínima de galvanização: Z 225 - zinco, 225g/m², na dupla face no exterior e Z 100 no interior), com pré-lacagem e acabamento exterior em PVDF com espessura seca de pelo menos 35µm e acabamento interior em poliéster com uma espessura seca de pelo menos 20µm, ou outro de qualidade superior. <p>Elementos de fixação em aço inox associados a complementos de estanquidade na ligação com os elementos de revestimento.</p> <p>Deve garantir-se a estanquidade das juntas de ligação dos painéis com os acessórios da cumeeira</p>	

através da aplicação de um complemento de estanquidade, este complemento pode ser em espuma de polietileno.

O tipo de acessório a utilizar para a cumeeira depende da inclinação da cobertura, neste caso trata-se de uma cumeeira de inclinação superior a 10%.

Solução-tipo P-08	
Remate do beiral	Código: B-02
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A-Acessório de fecho/tapa juntas</p> <p>B-Fixação</p> <p>C-Complemento de estanquidade</p> <p>D-Rufo</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Este pormenor segue todos os cuidados de execução necessários para lhe conferir estanquidade; ▪ Salienta-se a dependência da execução desta tecnologia com os produtos e conselhos fornecidos pelos fabricantes deste produto, tendo ainda que estar tudo devidamente certificado. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Este pormenor está de acordo com os princípios do capítulo 3. Neste tem-se o cuidado de conferir a devida estanquidade do remate completando-o com um rufo. Para este remate há ainda outra solução em que se dispensa o rufo desde que a aba tenha um prolongamento superior a 200mm.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Nos beirais da cobertura deverão ser usados painéis de sandwich com bordo protegido. O painel deve ter um prolongamento da chapa exterior de forma a dar origem a uma aba de 100mm.</p> <p>Deve ser aplicado um tapa juntas para conferir estanquidade.</p> <p>O beiral deve ser complementado com a colocação de caleiras de recolha de águas pluviais, tendo que ser aplicado um perfil complementar (rufo em zinco) com pingadeira, fixo sob o painel de revestimento no remate.</p> <p>Os elementos de fixação são em aço inox associados a complementos de estanquidade na ligação com os elementos de revestimento.</p>	

Solução-tipo P-09	
Remate lateral com paredes emergentes	Código: B-03
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A- Empena</p> <p>B- Perfil de remate do sistema</p> <p>C- Complemento de estanquidade</p> <p>D- Isolamento complementar</p> <p>E- Proteção inferior</p> <p>F- Rufo de zinco</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os acessórios utilizados são adequados para o remate e contribuem para conferir uma correta estanquidade; ▪ Os materiais que constituem os complementos de estanquidade, bem como os acessórios para este tipo de remate devem ter as suas características devidamente explanadas pelos fornecedores destes produtos, devendo ainda estar certificados. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Através da informação disponibilizada no esquema de princípio do capítulo 3 constata-se que este pormenor foi devidamente elaborado e tem em conta a necessidade de lhe conferir uma adequada estanquidade. Apenas há a referir que não está definida a distância entre a fixação e a empena, pois há um limite máximo definido para esta distância.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>Neste tipo de remate deve ser utilizado um acessório adequado para o remate, sendo as características deste fornecida pelo fabricante dos painéis sandwich.</p> <p>Este sistema é complementado com um rufo em zinco de modo a garantir a estanquidade da ligação.</p> <p>Para a adequada execução do remate também se deve proceder à colocação de um isolamento complementar e complementos de estanquidade. A proteção inferior deve ser fixa ao painel sandwich.</p> <p>Os elementos de fixação são em aço inox associados a complementos de estanquidade na ligação com os elementos de revestimento.</p>	

Solução-tipo P-010	
Remate longitudinal com paredes não emergentes	Código: B-04
 <p style="text-align: center;">Fonte: Orientador</p>	<p>Legenda:</p> <p>A- Empena</p> <p>B-Perfil de remate do sistema</p> <p>C-Complemento de estanquidade</p>
<p>Análise crítica do pormenor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apenas há a referir que não está definida a distância entre a fixação e o bordo do painel, pois há um limite máximo definido para esta distância; ▪ Os materiais que constituem os complementos de estanquidade, bem como os acessórios para este tipo de remate devem ter as suas características devidamente explanadas pelos fornecedores destes produtos, devendo ainda estar certificados. 	
<p>Análise comparativa com os esquemas de princípio do capítulo 3:</p> <p>Neste remate longitudinal e comparando-o com a informação disponibilizada no capítulo 3 constata-se que este pormenor foi devidamente elaborado e respeitam-se as condições que lhe conferem estanquidade ao proteger o remate com um acessório adequado.</p>	
<p>Especificação quantitativa:</p> <p>No remate com paredes não emergentes deve ser usado um acessório apropriado (banda de bordadura lateral), sendo as suas características fornecidas pelo fabricante do painel sandwich.</p> <p>Deverá garantir-se a estanquidade da ligação através da utilização de complementos de estanquidade.</p> <p>Os elementos de fixação são em aço inox associados a complementos de estanquidade na ligação com os elementos de revestimento.</p>	

5

CONCLUSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo vai-se enunciar as várias conclusões a que se chegou com o desenvolvimento deste trabalho e as principais dificuldades sentidas ao longo de todo o processo.

Com todo o desenvolvimento deste trabalho reforça-se a ideia de que a reabilitação deve ter um papel crescente no setor da construção. Esta é a solução para requalificar e recuperar o edificado e dotá-lo das condições adequadas para a sua habitabilidade.

Com toda a recolha de dados estatísticos retém-se que a degradação das coberturas do edificado do período em estudo (1961 a 1985) é bastante significativa. Todavia, o tipo de intervenção de reabilitação maioritariamente necessário corresponde a pequenas intervenções. Aspecto bastante positivo, pois desta forma uma pequena intervenção é capaz de dotar a cobertura de todas as suas exigências funcionais.

Com a elaboração dos esquemas de princípio no capítulo 3, chegou-se a um modelo que engloba desenhos esquemáticos e respetivas diretrizes. Através destes, reconhece-se que um conjunto de informação normalizada facilita todo o processo de reabilitação, minorando os erros e as dificuldades inerentes às zonas correntes e pontos singulares das coberturas em terraço e coberturas inclinadas em painel sandwich.

O desenvolvimento dos esquemas de princípio basearam-se maioritariamente na informação técnica do DTU. No contacto com a informação presente no DTU, salienta-se alguma dificuldade inerente aos termos técnicos franceses, sendo necessário fazer uma interpretação da informação e descrevê-la da melhor forma possível nos esquemas de princípio. Na consulta desta informação também se realça que para se criar um certo à-vontade com o DTU é preciso dedicação na sua leitura para compreender todas as matérias abrangidas e assim ser possível sintetizar a informação relevante para o estudo.

Na elaboração dos esquemas de princípio das coberturas chegou-se à conclusão que a cobertura que apresenta mais singularidades na sua execução é a cobertura em terraço. Esta exige muitos cuidados na aplicação dos elementos em zona corrente e nos pontos singulares. Em contrapartida na cobertura inclinada em painel sandwich denota-se que muitas das dificuldades de execução podem ser evitadas se a maior parte dos processos forem feitos no ambiente controlado da fábrica e se for utilizada mão-de-obra especializada.

Com a criação das fichas com soluções-tipo de reabilitação do capítulo 4, obteve-se uma base de apoio ao projeto de reabilitação. Esta fornece algumas noções de como apresentar um pormenor a nível de desenho e de especificação quantitativa para possível utilização em obra.

O desenvolvimento destas fichas com soluções-tipo baseou-se em cadernos de encargos fornecidos pelo orientador desta dissertação e permitiu que o conhecimento retirado da elaboração dos esquemas de princípios e respetivas diretrizes do capítulo 3 auxiliasse a avaliação crítica dos pormenores fornecidos.

Nesta fase do trabalho observou-se que a elaboração de um pormenor é bastante complexa. Para se obter um bom pormenor além de se ter um desenho numa escala adequada, deve-se fazer referência a todas as camadas que o compõe e inserir todas as cotagens necessárias. Outro aspecto que ficou bem frisado, é que o conhecimento das características dos materiais é fundamental para perceber qual a sua representatividade no desenho. Para uma boa solução construtiva é imprescindível que o desenho do pormenor seja acompanhado da descrição quantitativa de todos os elementos para completar adequadamente a informação visual.

No estudo das coberturas em terraço, ficou bastante claro que a principal dificuldade de execução reside na camada de impermeabilização e no seu respetivo remate.

Relativamente às coberturas inclinadas em painel sandwich, destaca-se que para uma boa execução é necessário que os trabalhadores ao fazerem a aplicação dos painéis conheçam a tecnologia em causa. Também é imprescindível que os fabricantes disponibilizem informação sobre as formas de fixação, de colocação dos painéis e dos remates dos pontos singulares, devendo todos estes elementos estar devidamente certificados.

Inicialmente na produção deste trabalho o conhecimento incompleto sobre as tecnologias de construção das coberturas estudadas e a falta de conhecimento a nível dos materiais mais correntemente utilizados na prática, foram um obstáculo ao seu desenvolvimento. Esta dificuldade deve-se à falta de experiência profissional e do contacto com o campo de obra. Contudo, com toda a pesquisa e estudo desenvolvido foi possível aprofundar e adquirir conhecimentos sobre as tecnologias relacionadas.

Com o desenvolvimento deste trabalho conclui-se que a existência de um conjunto de informação normalizada, com desenhos esquemático e orientações de conceção são um meio facilitador para a realização de pormenores construtivos funcionais, contribuindo para uma reabilitação eficaz. No entanto, é fundamental ter sempre um espírito crítico quanto às soluções construtivas adotadas, porque cada obra tem as suas próprias singularidades e é sempre possível encontrar novas soluções mais adequadas, desde que sejam devidamente estudadas e pensadas.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No âmbito do tema desta dissertação surgem algumas possibilidades de continuidade do desenvolvimento e aprofundamento do que aqui foi abordado, nomeadamente:

- Continuidade da criação de esquemas de princípio com informação normalizada e diretrizes de apoio à execução dos restantes elementos construtivos que compõem os edifícios e consequente explanação das diferentes tecnologias adotadas;
- Pesquisa e consulta de outros documentos técnicos nacionais e internacionais que complementem a informação sobre os princípios de conceção dos pormenores construtivos dos diferentes elementos construtivos;
- Elaboração de fichas com soluções-tipo de reabilitação, com pormenores construtivos devidamente cotados e com especificação quantitativa para implementação em obra dos vários elementos construtivos;

BIBLIOGRAFIA

- [1] Estatísticas da Construção e Habitação 2011, INE, 2012. www.ine.pt. (30/10/2012).
- [2] Censos 2011, Resultados provisórios, INE, 2012. www.ine.pt. (30/10/2012).
- [3] Censos 2001, Resultados definitivos, INE, 2002. www.ine.pt. (30/10/2012).
- [4] <http://www.inci.pt/Portugues/inci/EstudosRelatoriosSectoriais/EstudosRelatorios%20Sectoriais/RelatoriodaConstrucao2011.pdf>. (28/10/2012).
- [5] <http://www.fepicop.pt/index.php?id=21>. (31/10/2012).
- [6] Lopes, Jorge M. Grandão. *Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço*, Informação Técnica Edifícios, ITE 33. LNEC, Lisboa, 1994.
- [7] Lopes, Jorge M. Grandão. *Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*, Informação Técnica Edifícios, ITE 34. LNEC, Lisboa, 1994.
- [8] Mascarenhas, Jorge Morarji dos Remédios Dias. *Sistemas de Construção IV- Coberturas Planas, Juntas; Materiais básicos (2ª parte): Materiais Ferrosos e Alumínio*. Livros Horizonte, Lisboa, 2003.
- [9] Mascarenhas, Jorge Morarji dos Remédios Dias. *Sistemas de Construção VI- Coberturas Inclinadas (1ª parte)*. Livros Horizonte, Lisboa, 2006.
- [10] Associação Portuguesa de Industriais de Cerâmica e Construção. *Manual de Aplicação de telhas Cerâmicas*. APICER, Coimbra, 1998.
- [11] Freitas, Vasco Peixoto de. *Cadernos de encargos e pormenorização construtiva*.
- [12] Decreto de lei n.º38 382, de 7 de agosto de 1951 - Regulamento Geral das Edificações Urbanas.
- [13] <http://paginas.fe.up.pt/jornadasdeq/12asjornadas/wp-content/uploads/2012/10/feup-panorama-com-nome.jpg>. (09/01/2013).
- [14] <http://www.behance.net/gallery/Construcao-de-uma-Moradia/4425889>. (29/11/2012).
- [15] Documents Techniques Unifiés. 43.1(P84-204): Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie.
- [16] Documents Techniques Unifiés. 40.35(P34-205): Couverture en plaques nervurées issues de tôles d'acier revêtues.
- [17] Decreto de lei n.º235/83, de 31 de maio - Regulamento de Segurança e acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.
- [18] Simpósio Internacional sobre patologia, durabilidade e reabilitação de edifícios. *Aprendendo com os erros e defeitos da construção*. LNEC, Lisboa, 2003.
- [19] Rocha, Jaime Miguel Ferreira da Silva. *Reabilitação do ponto de vista térmico de coberturas inclinadas, no centro histórico do Porto*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
- [20] Lameiras, João Pupo Correia Salgado. *Contributo para a elaboração de um manual de apoio à reabilitação de edifícios das décadas de 60,70 e 80*. Dissertação de Mestrado, Feup, 2010.
- [21] Abrantes, Vitor., Freitas, Vasco Peixoto de., Sousa, Marília. *Reabilitação de edifícios, Estudo do comportamento e análise técnico-económica das soluções utilizadas nas obras de construção e reabilitação*. Instituto de Gestão e Alienação do Património Habitacional do Estado, Porto, 1999.

- [22] Freitas, Vasco Peixoto de et all. *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*. Ordem dos Engenheiros - Região Norte, Porto, 2012.
- [23] Gomes, Ruy José. *Coberturas em terraço*, Informação Técnica Edifícios, ITE 1. LNEC, Lisboa, 1968.
- [24] <http://www.engenhariacivil.com/barreiras-para-vapor-inteligentes>. (23/11/2012).
- [25] <http://www.engenhariacivil.com/concepcao-coberturas-edificios>. (21/11/2012).
- [26] <http://www.onduline.com/pt/files/docs/1342444411.pdf>. (17/11/2012).
- [27] <http://www.jular.pt/pdf/Painel-sandwich-Termopan.pdf>. (17/11/2012).
- [28] <http://www.bricomarkt.com/madera/panel-sandwich-thermochip/precio-panel-sandwich.html>. (17/11/2012).
- [29] http://www.ftb.pt/produtos/pormenores_constr_sandwich.htm. (17/11/2012).
- [30] <http://www.weber.com.pt/argamassas-tecnicas/apoio-ao-projecto/desenhos-de-pormenor/impermeabilizacoes.html>. (19/12/2012).
- [31] http://www.geradordeprecios.info/obra_nova/Coberturas/Planas/Pontos_singulares. (19/12/2012).
- [32] www.weber.com.pt/fileadmin/user_upload/weber_guide/argamassas_tecnicas/detalhes_construtivos/C19_-_Remate_da_impermeabilizacao_nas_soleiras.pdf. (19/12/2012).
- [33] <http://www.texsa.com.br/Desenhos/Junta1.GIF> (19/12/2012)
- [34] http://www.grazimac.pt/up/custom_catalogo-bin_catalogo_pt_0032981001348756641-801.pt. (21/12/2012).
- [35] <http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=467>. (21/11/2012).
- [36] <http://www.bbacerts.co.uk/CertificateFiles/43/4363ds2i1.pdf>. (20/12/2012).
- [37] <http://www.bbacerts.co.uk/CertificateFiles/43/4363ds3i1.pdf>. (20/12/2012).
- [38] http://www.arcelormittal.com/distributionsolutions/repo/BSemedo/Catalogos/Paineis%20Sandwich%20de%20Cobertura%20ArcelorMittal%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Portugal_%20Dez_2011.pdf. (19/12/2012).