



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior
Condições de aplicação e utilização na reabilitação
térmica dos edifícios

Nadine Andrade Ribeiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha

Covilhã, outubro de 2013

Dedicatória

À minha família e amigos.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio e cooperação de muitas pessoas às quais quero deixar o meu sincero agradecimento:

Ao Professor Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha, por todo o apoio, incentivo, dedicação e disponibilidade que manifestou na orientação deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia, pela aprendizagem e formação que me proporcionou ao longo destes 5 anos do curso de Engenharia Civil.

A todos os que colaboraram comigo no acompanhamento das obras.

À SAINT-GOBAIN WEBER PORTUGAL, SA pelo fornecimento do equipamento termográfico e pelo apoio do seu colaborador.

Aos meus pais, à minha irmã e restante família pelo amor e carinho que sempre manifestaram, por todo o apoio e pela presença constante nos momentos mais difíceis e de algum desânimo.

A todos os meus colegas e amigos de curso que tornaram este caminho mais fácil, pela amizade, carinho e apoio com tantas palavras de incentivo, compreensão e paciência nas horas de estudo.

Ao meu especial e inseparável grupo “NEPAS”, que apesar da distância esteve sempre presente nesta caminhada.

Aos amigos de longa data, aos novos amigos e a todas as pessoas que fazem parte da minha vida e a tornam a cada dia melhor.

Resumo

O sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite System) é uma solução para isolar termicamente uma habitação pelo exterior, que apresenta inúmeras vantagens comparativamente a outras soluções disponíveis no mercado, nomeadamente por ser um sistema contínuo. Esta solução encontra-se em expansão nos dias de hoje e é cada vez mais utilizada para garantir uma melhor eficiência térmica dos edifícios.

A fim de garantir o seu desempenho, funcionalidades e vantagens é necessário conseguir que a sua aplicação se execute de forma rigorosa segundo as normas e documentos de homologação existentes, através de mão de obra especializada na aplicação do sistema. A realização de inspeções periódicas é fundamental para garantir as condições exigidas de aplicação, sendo que um dos objetivos desta dissertação foi criar fichas de verificação que facilitem este processo em obra. Com base nestas fichas, fez-se a aplicação a seis casos de estudo para verificar a sua adequabilidade mas também as condições de execução do sistema ETICS, detetando quais os aspetos que se encontram em conformidade ou não com o exigido.

A termografia é uma técnica não destrutiva com inúmeras vantagens. Permite por exemplo, identificar heterogeneidades em elementos construtivos. Considerando esta técnica uma mais-valia, executaram-se também levantamentos termográficos que permitiram verificar a necessidade da aplicação do sistema ETICS, as melhorias que este proporciona e também verificar a existência de pontos sensíveis após a sua aplicação.

Os casos de estudo permitiram concluir que, na generalidade, o sistema ETICS é aplicado conforme o exigido. Verificaram-se no entanto, aspetos não conformes, sendo os mais frequentes e relevantes a ausência de perfil de arranque e a ausência do reforço nas zonas do sistema sujeitas a ações de especial agressividade. Quanto ao caso de estudo da termografia, verificou-se uma melhoria na eficiência térmica do edifício depois da intervenção de reabilitação com aplicação de ETICS, revelando os termogramas temperaturas homogéneas nas fachadas. Foi também possível verificar os pontos críticos, responsáveis pela maior troca de calor (ganhos e perdas) entre o interior e exterior.

Pode concluir-se que o sistema ETICS é uma solução construtiva excelente e eficiente e que, sendo bem executado, pode oferecer múltiplas vantagens.

Palavras-chave

Isolamento Térmico - Sistema ETICS - Fichas de Verificação - Termografia

Abstract

The ETICS (External Thermal Insulation Composite System) is a solution to insulate a house from outside, which has many advantages when compared to other solutions available in the market, including the fact that it is a continuous system. This solution is in clear expansion nowadays and is increasingly used to ensure better thermal efficiency of buildings.

To ensure its performance, features and benefits, it is essential that its application is executed strictly according to the rules and technical documents available, through trained manpower in the application of the system. Conducting periodic inspections is a critical way to ensure the conditions of application and one of the goals of this dissertation was to create checklists that facilitate this process. These documents have been applied on six case studies to verify not only its suitability but also the conditions for the application of ETICS system, detecting which aspects are compliant or non-compliant with the requirements.

Thermography is a non-destructive technique with various advantages, such as identifying heterogeneities in building elements. Considering this technique an asset, some thermographic surveys have been made to verify the necessity of the application of ETICS system, the improvements obtained and also to check for sensitive spots after application.

The case studies showed that, in general, the system ETICS is applied as required. However, some non-conforming aspects were found, being the most frequent and relevant the absence of startup profile and the lack of reinforcement in areas of the system subjected to actions of particular aggressiveness. In the thermal imaging study, it was found an improvement in thermal efficiency of the building after the rehabilitation intervention with application of ETICS, where the thermograms revealed homogeneous temperature of the façades. Furthermore, it was possible to identify the critical points, responsible for greater heat exchange (gains and losses) between the indoor and outdoor.

In conclusion, ETICS is an excellent and efficient constructive solution and, when well executed, can offer multiple benefits.

Keywords

Thermal Insulation - ETICS - Checklists - Thermography

Résumé

Le système ETICS (système composite d'isolation thermique extérieure) est une solution pour isoler l'extérieur d'une habitation, qui présente de nombreux avantages par rapport aux autres solutions disponibles sur le marché, aussi parce qu'il s'agit d'un système continu. Cette solution est en pleine expansion en nos jours et est de plus en plus utilisée pour assurer une meilleure efficacité thermique des bâtiments.

Pour assurer ses performances, caractéristiques et avantages, il est nécessaire que l'application soit exécutée en respectant strictement les règles et les documents d'agrément disponibles, avec l'emploi de main-d'œuvre qualifiée à l'application du système. Mener des inspections périodiques est essentiel pour assurer les conditions d'application, et l'un des objectifs de cette dissertation était de créer des listes de contrôle qui facilitent ce processus de travail. Ces listes ont été appliquées dans six études de cas pour vérifier son adéquation, mais aussi évaluer les conditions d'application d'un système ETICS et détecter quels sont les aspects qui sont en conformité ou non avec les exigences.

La thermographie est une technique non destructive avec de nombreux avantages. Elle permet, par exemple, d'identifier les hétérogénéités constructives dans les éléments de construction. Deux registres thermographiques ont été effectués, permettant de vérifier la nécessité de l'application du système ETICS, les améliorations qu'il fournit et aussi vérifier l'existence de points singuliers après l'application.

Les études de cas ont montré que, d'une manière générale, le système ETICS est appliqué selon les recommandations. Il y avait toutefois quelques aspects qui n'étaient pas en conformité, les plus fréquents et pertinents étaient l'absence de profilé de départ et le manque de renforcement dans les zones du système soumises à des mesures particulièrement agressives. Par rapport au cas étudié par thermographie, une amélioration de l'efficacité thermique du bâtiment a été constatée après la réhabilitation avec le système ETICS, et les thermogrammes ont révélé une température homogène des façades. Il fut possible de vérifier les points critiques, responsables pour les plus grandes échanges de chaleur (gains et pertes) entre l'intérieur et l'extérieur.

On peut en conclure que le système ETICS est une solution constructive excellente et efficace et, étant bien exécuté, peut offrir de multiples avantages.

Mots-clés

Isolation Thermique - Système ETICS - Listes de contrôle - Thermographie

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento do tema	3
1.2. Interesses e objetivos da dissertação	4
1.3. Estrutura do texto e organização da dissertação	5
1.4. Metodologia	6
Capítulo 2 - Isolamento térmico pelo exterior	9
2. Isolamento térmico pelo exterior	11
2.1. Generalidades	11
2.2. Sistema ETICS	12
2.3. Vantagens dos ETICS	13
2.4. Desvantagens dos ETICS	16
2.5. Constituição do sistema	17
2.5.1. Suporte	17
2.5.2. Isolamento Térmico	18
2.5.3. Fixações	20
2.5.4. Camada de base do acabamento	24
2.5.5. Rede de reforço (armadura do revestimento)	24
2.5.6. Primário	26
2.5.7. Acabamento final	26
2.5.8. Acessórios	27
2.6. Aplicação do sistema ETICS	29
2.6.1. Fixação dos perfis de arranque	30
2.6.2. Preparação da cola e da camada de base	31
2.6.3. Aplicação da cola e colocação do isolamento	32
2.6.4. Fixação mecânica	34
2.6.5. Reforço dos pontos singulares	35
2.6.6. Aplicação da camada de base armada	37
2.6.6.1. Camada de base com uma armadura normal	38
2.6.6.2. Camada de base com duas armaduras normais	39
2.6.6.3. Camada de base com uma armadura normal e uma armadura reforçada	39
2.6.7. Aplicação da camada de primário	39
2.6.8. Aplicação da camada de acabamento final	40
2.7. Tipos de ensaio de caracterização	41
2.7.1. Generalidades	41
2.7.2. Princípio e critérios de classificação	41

2.7.2.1. Facilidade de reparação.....	42
2.7.2.2. Frequência de manutenção.....	43
2.7.2.3. Resistência ao vento.....	44
2.7.2.4. Estanquidade.....	45
2.7.2.5. Resistência aos choques.....	46
2.7.2.6. Comportamento em caso de incêndio.....	47
2.7.2.7. Resistência térmica.....	47
2.7.3. Recomendações de utilização.....	48
2.7.3.1. Características r e e relativas à gestão técnica dos sistemas existentes.....	48
2.7.3.1.1. Facilidade de reparação.....	48
2.7.3.1.2. Frequência de manutenção.....	48
2.7.3.2. Características de aptidão de utilização.....	48
2.7.3.2.1. Resistência ao vento.....	48
2.7.3.2.2. Estanquidade.....	50
2.7.3.2.2.1. Escolha do tipo de parede em função da exposição à chuva.....	50
2.7.3.2.3. Resistência aos choques.....	51
2.7.3.2.4. Comportamento em caso de incêndio.....	51
2.7.3.2.5. Resistência Térmica.....	52
2.8. Patologias em ETICS.....	53
2.8.1. Destacamento do revestimento.....	54
2.8.2. Fissuração do revestimento.....	55
2.8.3. Empolamento do revestimento.....	59
2.8.4. Dessolidarização parcial ou total do sistema.....	60
2.8.5. Desenvolvimento microbiológico.....	61
2.8.6. Deficiente planimetria do sistema.....	62
2.8.7. Heterogeneidade na cor ou textura da superfície.....	63
2.8.8. Visualização/demarcação das juntas das placas.....	65
2.8.9. Empolamento das placas.....	67
2.8.10. Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço.....	68
2.8.11. Perfuração do sistema.....	68
2.8.12. Degradação em zonas acessíveis.....	69
Capítulo 3 - Fichas de verificação e sua aplicação a casos de estudo.....	73
3. Fichas de verificação e sua aplicação a casos de estudo.....	75
3.1. Generalidades.....	75
3.2. Elaboração das fichas de verificação.....	75
3.3. Aplicação das fichas de verificação.....	89
3.4. Análise da aplicação das fichas de verificação.....	90
Capítulo 4 - Termografia.....	105
4. Termografia.....	107

4.1. Generalidades.....	107
4.2. Aplicação da termografia a um caso de estudo.....	110
4.3. Análise dos Relatórios Termográficos do caso de estudo	111
Capítulo 5 - Conclusões.....	119
5. Conclusões	121
5.1. Conclusões finais	121
5.2. Principais dificuldades	123
5.3. Desenvolvimentos futuros	124
Referências Bibliográficas.....	125
Anexos.....	131
Anexo 1 - Definições dos parâmetros úteis para o uso de V e E	133
Anexo 2 - Fichas de Verificação	143
Anexo 3 - Aplicação das Fichas de Verificação aos casos de estudo.....	169
Anexo 3.1 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 1	170
Anexo 3.2 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 2	243
Anexo 3.3 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 3	277
Anexo 3.4 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 4	335
Anexo 3.5 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 5	381
Anexo 3.6 - Aplicação das Fichas de Verificação na OBRA 6	411
Anexo 4 - Levantamentos Termográficos na OBRA 6	473
Anexo 4.1 - Levantamento Termográfico antes da aplicação do sistema ETICS	474
Anexo 4.2 - Levantamento Termográfico após a aplicação do sistema ETICS	487

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Exemplificação de como a continuidade do isolamento térmico permite reduzir as pontes térmicas [4].....	14
Figura 2.2 - Comparação do gradiente de temperaturas a que estão sujeitas uma parede dupla sem isolamento térmico, uma parede dupla com isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior [4]	15
Figura 2.3 - Composição esquemática de um sistema ETICS [17]	17
Figura 2.4 - Isolamento térmico placas de EPS	19
Figura 2.5 - Fixação por colagem contínua com talocha denteada [4].....	20
Figura 2.6 - Fixação por colagem parcial por pontos [4]	21
Figura 2.7 - Fixação por colagem parcial por bandas [4]	21
Figura 2.8 - Fixação por colagem parcial no contorno perimetral das placas e na zona central	21
Figura 2.9 - Fixação mecânica (disposição) [24]	22
Figura 2.10 - Representação esquemática das características dimensionais das buchas expansíveis [24]	22
Figura 2.11 - Características dimensionais das buchas expansíveis [24]	23
Figura 2.12 - Esquema de fixação da bucha SPIT ISO [26].....	23
Figura 2.13 - Rede de fibra de vidro 150 g/m ²	25
Figura 2.14 - Rede de fibra de vidro 343 g/m ²	26
Figura 2.15 - Perfil perfurado em PVC com rede para reforço de esquinas [24]	27
Figura 2.16 - Perfil perfurado em PVC com rede para reforço de esquinas [24]	27
Figura 2.17 - Perfil em alumínio para arranque inferior do sistema [24]	28
Figura 2.18 - Capeamentos em zinco na platibanda.....	28
Figura 2.19 - Perfil em PVC com rede e membrana deformável, para remate de juntas de dilatação [24].....	29
Figura 2.20 - Reforço das juntas entre perfis de arranque e laterais [4]	31
Figura 2.21 - Preparação da cola	31
Figura 2.22 - Disposição das placas de isolamento térmico [4].....	32
Figura 2.23 - Pormenores de ligações do sistema com elementos construtivos (corte horizontal) [4]	33
Figura 2.24 - Posicionamento das placas de isolamento térmico [4]	34
Figura 2.25 - Representação esquemática do procedimento para a fixação mecânica das placas [24]	35
Figura 2.26 - Aplicação de perfil de pingadeira	35
Figura 2.27 - Reforço da armadura no contorno dos vãos da fachada [4]	36
Figura 2.28 - Exemplificação da aplicação da camada de base	37

Figura 2.29 - Sobreposição das armaduras normais [4]	38
Figura 2.30 - Posicionamento da armadura [4].....	38
Figura 2.31 - Exemplificação da aplicação da camada de primário	40
Figura 2.32 - Exemplificação da aplicação da camada de acabamento final	40
Figura 2.33 - Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fração autónoma [13].....	45
Figura 2.34 - Destacamento do revestimento - Faculdade de Engenharia (UBI)	54
Figura 2.35 - Fissuração de extensão e direção variável [16].....	56
Figura 2.36 - Fissuração diagonal, de extensão limitada, junto a cantos de janela - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI).....	56
Figura 2.37 - Fissuração nas imediações de juntas de dilatação [16]	56
Figura 2.38 - Fissuração do remate junto ao peitoril de janela - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)	57
Figura 2.39 - Fissuração junto à transição de corpos de dimensão distinta [16]	57
Figura 2.40 - Microfissuração reticulada e ortogonal com passo de 2 a 4 cm do acabamento final [16]	57
Figura 2.41 - Fissuração vertical com espaçamento regular sobre cantoneiras de arranque [16]	58
Figura 2.42 - Fissuração sobre as juntas das placas [10]	58
Figura 2.43 - Fissuração larga no revestimento do isolante [16].....	58
Figura 2.44 - Fissuração aleatória do revestimento isolante [16].....	59
Figura 2.45 - Empolamento do acabamento [16]	59
Figura 2.46 - Dessolidarização e queda generalizada do sistema [10]	60
Figura 2.47 - Desenvolvimento Microbiológico	62
Figura 2.48 - Deficiente planimetria do sistema - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI).....	63
Figura 2.49 - Manchas de escorrimento - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)	64
Figura 2.50 - Manchas de escorrimento.....	64
Figura 2.51 - Demarcação das juntas das placas - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)	65
Figura 2.52 - Demarcação das juntas das placas - Faculdade de Engenharia (UBI)	66
Figura 2.53 - Empolamento das placas [16].....	67
Figura 2.54 - Degradação do recobrimento do perfil de arranque - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)	68
Figura 2.55 - Perfuração no sistema ETICS - Faculdade de Engenharia (UBI)	69
Figura 2.56 - Choque provocado por veículo [36]	70
Figura 2.57 - Choque provocado por máquina corta-relva [36].....	70
Figura 2.58 - Choque provocado pelo fecho da porta [36]	70
Figura 2.59 - Deficiência no remate entre parede vertical e rufo de cobertura	71
Figura 2.60 - Deficiência nos remates e diferentes espessuras do isolante	71
Figura 2.61 - Fissuração na ligação do sistema com o revestimento anterior	71
Figura 3.1 - Identificação da obra	76

Figura 3.2 - Título	76
Figura 3.3 - Análise Prévia do Projeto	77
Figura 3.4 - Análise da Proposta de execução dos trabalhos.....	77
Figura 3.5 - Elementos do Projeto	78
Figura 3.6 - Condições do suporte	79
Figura 3.7 - Observações	79
Figura 3.8 - Responsável pela verificação	79
Figura 3.9 - Objeto de análise de conformidade - Mão de obra	80
Figura 3.10 - Objeto de análise de conformidade - Equipamento.....	80
Figura 3.11 - Objeto de análise de conformidade - Materiais	81
Figura 3.12 - Legenda	82
Figura 3.13 - Condições Atmosféricas	82
Figura 3.14 - Condições de preparação dos trabalhos da ficha tipo 3A	83
Figura 3.15 - Condições de preparação dos trabalhos da ficha tipo 3B	83
Figura 3.16 - Condições de execução - Aspetos genéricos (zona corrente) da ficha tipo 3 (3A e 3B)	84
Figura 3.17 - Condições de execução - Reforço dos pontos singulares da ficha tipo 3A	85
Figura 3.18 - Condições de execução - Reforço dos pontos singulares da ficha tipo 3B	86
Figura 3.19 - Condições de execução - Aplicação da camada de base da ficha tipo 3 (3A e 3B)	87
Figura 3.20 - Condições de execução - Aplicação do acabamento final da ficha tipo 3 (3A e 3B)	87
Figura 3.21 - Condições posteriores	88
Figura 3.22 - Levantamento Fotográfico.....	88
Figura 3.23 - Solução adotada para fixação dos caixilhos	98
Figura 3.24 - Solução recomendada para a fixação dos caixilhos [40]	99
Figura 3.25 - Capeamentos na platibanda na OBRA 1	100
Figura 3.26 - Capeamento na OBRA 1	100
Figura 3.27 - Capeamentos na platibanda na OBRA 4	100
Figura 3.28 - Rufo de proteção na OBRA 3	101
Figura 3.29 - Capeamento junto às cantarias na OBRA 5	101
Figura 3.30 - Sobreposição da armadura nas zonas de emenda	102
Figura 3.31 - Colocação da armadura em cantos interiores (dobra superior a 10 cm)	102
Figura 4.1 - Câmara Termográfica	108
Figura 4.2 - Equipamento Termográfico	109
Figura 4.3 - Imagem capturada por câmara termográfica.....	109
Figura 4.4 - Fachadas orientadas a Noroeste e Nordeste	110
Figura 4.5 - Fachadas orientadas a Sudeste e Nordeste	111
Figura 4.6 - Fachada orientada a Sudoeste	111
Figura 4.7 - Imagem capturada e imagem real na fachada lateral	112

Figura 4.8 - Imagem capturada e imagem real na entrada (rés do chão)	112
Figura 4.9 - Linha de perfil das temperaturas na zona da entrada (rés do chão)	113
Figura 4.10 - Imagem capturada e imagem real do acesso exterior ao 1º andar	113
Figura 4.11 - Imagem capturada e imagem real na sala	113
Figura 4.12 - Imagem capturada e imagem real na sala	114
Figura 4.13 - Imagem capturada e imagem real na fachada orientada a Sudeste	114
Figura 4.14 - Imagem capturada e imagem real no quarto	114
Figura 4.15 - Linha de perfil das temperaturas no quarto	115
Figura 4.16 - Imagem capturada e imagem real na varanda do 1º andar	115
Figura 4.17 - Imagem capturada e imagem real na entrada exterior (1º andar)	116
Figura 4.18 - Imagem capturada e imagem real numa zona exterior	116
Figura 4.19 - Imagem capturada no fundo do corredor	117
Figura 4.20 - Imagem capturada e imagem real na sala	117
Figura 4.21 - Imagem capturada e imagem real na sala	117

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Classificação da resistência ao vento relativamente aos níveis de pressão e depressão [33].....	44
Tabela 2.2 - Resistência ao vento em função da região e da altura do edifício [33].....	49
Tabela 2.3 - Tipo de parede em função das condições de exposição [33].....	50
Tabela 2.4 - Tipo de parede em função da natureza da parede de suporte e da classificação do sistema [33].....	50
Tabela 2.5 - Classificação dos valores máximos da reação ao fogo [33].....	52
Tabela 3.1 - Características das obras dos casos de estudo.....	89
Tabela 3.2 - Número de fichas tipo 3 preenchidas por obra dos casos de estudo.....	89
Tabela 3.3 - Síntese da aplicação da ficha tipo 1.....	90
Tabela 3.4 - Síntese da aplicação da ficha tipo 2.....	91
Tabela 3.5 - Síntese da aplicação da ficha tipo 3 (condições atmosféricas e condições de preparação dos trabalhos)	94
Tabela 3.6 - Síntese da aplicação da ficha tipo 3 (condições de execução e condições posteriores)	95
Tabela 4.1 - Condições meteorológicas no dia do primeiro levantamento termográfico	112
Tabela 4.2 - Condições meteorológicas no dia do segundo levantamento termográfico.....	116

Lista de Acrónimos

ATE - Aprovação Técnica Europeia

CAD - Computer Aided Design

CEN - Comité Europeu de Normalização

CO₂ - Dióxido de Carbono

CE - Conformidade Europeia

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DTU - Documents Techniques Unifiés

EN - European Norm (Norma Europeia)

EOTA - European Organisation for Technical Approvals

EP - Elementos de Produção

EPS - Poliestireno Expandido

ERP - Enterprise Resource Planning

ETAG - Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite System with rendering

ETICS - External Thermal Insulation Composite System

ETN - Execução de Trabalhos em Construção Nova

ETR - Execução de Trabalhos em Reabilitação

ISO - International Organization for Standardization

PC - Projeto e Contrato

PIR - Poliisocianurato

PVC - Policloreto de Polivinila

RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

RPE - Revestimento Plástico Espesso

SA - Sociedade Anónima

UBI - Universidade da Beira Interior

XPS - Poliestireno Extrudido

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

1.2. Interesse e objetivos da dissertação

1.3. Estrutura do texto e organização da dissertação

1.4. Metodologia

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

Hoje em dia, a necessidade de melhorar o conforto e a qualidade de vida nas habitações contribuiu como incentivo à evolução de técnicas e sistemas capazes de satisfazer a algumas carências existentes. Cada vez mais, é importante encontrar soluções inovadoras capazes de responder não só às exigências regulamentares, mas também às exigências de nível ambiental, estético e funcional.

O conforto térmico é um parâmetro que não tem uma definição pelo qual se possa facilmente explicar o que representa, porque não corresponde a uma determinada temperatura. O conforto térmico depende de fatores quantificáveis como a temperatura e velocidade do ar, humidade entre outros, e de fatores não quantificáveis que dizem respeito a uma avaliação pessoal que depende do estado mental, dos hábitos e da educação do avaliador. [1]

A transmissão de calor ocorre a partir da troca de energia calorífica entre dois sistemas de temperaturas diferentes, isto é, a transição de energia térmica de um corpo mais quente para outro mais frio. A fim de evitar este fenómeno, é fundamental isolar termicamente as habitações, permitindo assim, reduzir as variações térmicas entre o interior e o exterior da habitação e conseqüentemente, reduzir as necessidades de aquecimento/arrefecimento e os riscos de condensações. [2]

Até há algum tempo atrás, o desempenho energético de um edifício era considerado pouco relevante, em Portugal. No entanto, devido às restrições ambientais e ao aumento dos custos de combustível e energia, este tema tem ganho crescente importância. A necessidade de limitar as transferências térmicas conduziu ao desenvolvimento de soluções técnicas mais adequadas, criando um sector em rápida ascensão na construção atual. [3]

O isolamento térmico permite reduzir os custos de aquecimento/arrefecimento e as emissões de poluentes. Se os edifícios forem corretamente isolados, dispersam menos calor e, conseqüentemente, será necessária uma menor quantidade de combustível para aquecimento/arrefecimento, reduzindo a emissão de CO₂. [3]

As perdas térmicas são mais significativas em pontos localizados designados por pontes térmicas. Uma ponte térmica localiza-se em qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente reduzida em relação à zona corrente. Essa alteração pode ser causada pela existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas e/ou por uma modificação na geometria da envolvente, como é o caso das ligações entre diferentes elementos construtivos. [4]

As pontes térmicas influenciam não só o desempenho energético do edifício mas também, a durabilidade dos elementos de construção. Quando não são tratadas podem conduzir ao aparecimento de condensações superficiais e à degradação a longo prazo das alvenarias. De modo a evitá-las, é conveniente que o isolamento seja aplicado sobre toda a superfície externa das paredes. Desta forma, toda a envolvente do edifício é mantida aquecida de modo uniforme, sem criar gradientes de temperatura entre as diferentes zonas. [2, 3]

O sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite System) é um sistema de isolamento térmico pelo exterior. Nos últimos anos, este sistema tem sido uma solução de elevado crescimento por apresentar um conjunto significativo de vantagens em relação a outras soluções, nomeadamente por se tratar de um sistema de isolamento contínuo. Por exemplo, proporciona um maior conforto térmico, permite a redução de pontes térmicas, diminui o risco de condensações internas em paredes, apresenta uma boa capacidade de resistência a solicitações mecânicas, tem uma boa resistência à fissuração, e permite reduzir e emissão de poluentes. Além disso, é uma solução adequada não só para edifícios novos mas também para a reabilitação de edifícios já existentes. [5]

1.2. Interesses e objetivos da dissertação

A aplicação do sistema ETICS é cada vez mais frequente e usual no nosso país, tendo em conta as inúmeras vantagens que oferece, tanto a nível de conforto térmico, como em questões de impermeabilização e aspeto estético. Também em termos ambientais e com o objetivo de garantir uma melhor eficiência energética, o sistema representa uma ótima solução. Com a entrada em vigor do RCCTE (Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios), que impõe um aumento das exigências de conforto, tanto para novos edifícios como para grandes intervenções de remodelação, é importante ter soluções que para além de reabilitarem as edificações permitam melhorar as suas características energéticas. Assim sendo, é fundamental aprofundar o conhecimento da sociedade em relação à aplicação deste sistema, e proceder a ensaios de caracterização e fiscalização dos trabalhos para evitar patologias associadas à sua inadequada aplicação.

O âmbito desta dissertação é essencialmente direcionado para aplicação do sistema ETICS, considerando a escolha dos materiais, as condições de aplicabilidade do sistema, as patologias associadas a defeitos de execução e a fiscalização de obras onde seja aplicado.

Deste modo, o principal objetivo da dissertação consiste na elaboração de Fichas de Verificação em Obra, relativamente aos elementos de projeto e contrato, aos elementos de produção e à verificação periódica das condições de execução, para posteriormente serem aplicadas na fiscalização de obras, aquando aplicação do sistema. Estas fichas servem como metodologia e apoio à pessoa responsável e permitem verificar de uma forma prática a

conformidade da execução dos trabalhos. Trata-se, portanto, de um sistema de grande utilidade para a verificação da qualidade do projeto e da execução dos trabalhos.

A recolha e tratamento de informação relativa à aplicabilidade do sistema é fundamental para se poder proceder à elaboração das fichas, detalhando e definindo as exigências necessárias para um adequada aplicação do sistema.

A abordagem da dissertação tem como objetivo final uma análise crítica relativamente à aplicabilidade do sistema nos casos em estudo, utilizando as fichas de verificação em obra.

Para além da verificação da correta execução do sistema ETICS também se pretende aplicar a termografia aos casos de estudo, visto ser uma ferramenta muito útil e ainda pouco utilizada tendo em conta as características e vantagens que apresenta. Nesta área, o objetivo é realizar levantamentos termográficos que permitam verificar a necessidade de se proceder à aplicação de uma solução de isolamento térmico pelo exterior, mas também, verificar a eficiência após aplicação do sistema ETICS em situações de reabilitação térmica de edifícios.

1.3. Estrutura do texto e organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos.

Este primeiro capítulo corresponde à introdução da dissertação, destina-se assim ao enquadramento do tema com algumas considerações iniciais, o interesse e os objetivos da mesma, o modo como está organizada e ainda um resumo da metodologia adotada.

No segundo capítulo apresentam-se algumas generalidades relativamente ao isolamento térmico pelo exterior, e faz-se uma caracterização detalhada do sistema ETICS. Relativamente ao sistema, apresentam-se as respetivas vantagens e desvantagens, descrevem-se os diversos constituintes do sistema e as suas principais características. Também é apresentada a metodologia de aplicação do sistema, os tipos de ensaios de caracterização e as principais patologias associadas.

No terceiro capítulo faz-se uma abordagem prática apresentando-se algumas generalidades e os objetivos dos casos de estudo. Apresenta-se o modo de elaboração de fichas de verificação que facilitem o processo de inspeção das condições de projeto, de contrato e de execução dos trabalhos, a sua aplicação a seis casos de estudo e uma análise crítica da sua aplicabilidade às obras, nomeadamente analisando se existe conformidade entre as regulamentações e a aplicação do sistema nos casos de estudo.

No quarto capítulo são apresentadas algumas generalidades acerca da termografia, nomeadamente a sua importância na deteção e diagnóstico de irregularidades em edifícios. Apresenta-se também a aplicação da termografia a um caso de estudo, analisando os

relatórios dos levantamentos termográficos, e tirando conclusões acerca da execução do sistema ETICS.

No quinto capítulo são apresentadas algumas considerações e conclusões finais relativamente à dissertação, as principais dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho e também as propostas para desenvolvimentos de trabalhos futuros.

Na bibliografia apresenta-se todos os documentos que serviram de referência e auxílio à elaboração desta dissertação.

Em anexo apresenta-se informação relativa aos tipos de ensaio de caracterização, as Fichas de Verificação em Obra que foram elaboradas, assim como, toda a documentação resultante da verificação de conformidade nos casos de estudo e ainda os relatórios dos levantamentos termográficos realizados.

1.4. Metodologia

A metodologia seguida tem por objetivo a recolha de informação relativa ao sistema, contextualizando o tema. Nomeadamente, as vantagens e desvantagens que apresenta tendo em conta as várias vertentes (conforto térmico, poupança energética, impermeabilização, ambiental, entre outras), assim como as condições necessárias à sua aplicabilidade, e os procedimentos adequados para uma aplicação eficaz do sistema. É importante também o conhecimento de diversas patologias associadas ao sistema, resultantes de erros construtivos ou erros na aplicação dos materiais e acessórios, de modo a evitá-los e solucionar também eventuais condições favoráveis ao aparecimento de manifestações patológicas.

Com base na informação recolhida e na regulamentação disponível, procede-se à elaboração de fichas de verificação em obra, de modo a facilitar e estruturar o processo de inspeção e verificação das condições necessárias e exigidas para o bom funcionamento e desempenho do sistema.

Posteriormente, procede-se à aplicação das fichas de verificação aos seis casos de estudo. Deste modo, é possível proceder a uma análise crítica dos elementos recolhidos e verificar a conformidade de aplicação do sistema nos casos em estudo, particularmente verificar se o sistema está a ser bem executado e os erros mais comuns a serem cometidos na sua aplicação.

Considerando relevante a questão do conforto térmico, também são realizados ensaios termográficos a uma das obras em estudo, de modo a verificar a necessidade de aplicação de isolamento térmico pelo exterior, detetar eventuais anomalias e deficiências nas fachadas da habitação e as diferenças mais significativas resultantes da aplicação do sistema ETICS.

Assim, é possível verificar até que ponto houve melhorias nos pontos críticos que se pretendia corrigir e verificar os pontos mais sensíveis após a execução do sistema na habitação.

Por fim, apresentam-se as considerações finais sobre a importância deste tema e o desenvolvimento da dissertação, as principais dificuldades, e também algumas propostas a desenvolver em trabalhos futuros no que diz respeito à aplicação das fichas de verificação a outros casos de estudo, assim como o aprofundamento do tema.

Capítulo 2

Isolamento térmico pelo exterior

2. Isolamento térmico pelo exterior

2.1. Generalidades

2.2. Sistema ETICS

2.3. Vantagens dos ETICS

2.4. Desvantagens dos ETICS

2.5. Constituição do sistema

2.6. Aplicação do sistema ETICS com EPS

2.7. Tipos de ensaio de caracterização

2.8. Patologias em ETICS

2. Isolamento térmico pelo exterior

2.1. Generalidades

O isolamento térmico pelo exterior consiste na utilização de sistemas compostos aplicados no exterior dos edifícios e desempenha duas funções essenciais: proteger o edifício contra os agentes de degradação garantindo ainda um agradável aspeto estético e proporcionar conforto no interior da habitação reduzindo as variações térmicas. [6]

Para a aplicação de isolamento térmico pelo exterior existem três tipos de soluções principais [7]:

- ✓ Revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar;
- ✓ Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre o isolante (ETICS);
- ✓ Revestimentos isolantes.

Quando corretamente aplicado, o isolamento das paredes pelo exterior permite a melhoria total e definitiva das pontes térmicas, isto é, dos pontos críticos localizados no perímetro das caixilharias, ângulos, pilares inseridos nas paredes, entre outros, que mais facilmente levam à formação de bolores e manchas. Consequentemente, permite evitar pontos mais frios e aumentar a capacidade de acumulação térmica do edifício. [3]

Nos casos de reabilitação, o isolamento térmico pelo exterior é vantajoso visto que é executado sem perturbar excessivamente os habitantes do edifício, não sendo necessário que as habitações estejam desocupadas, uma vez que aplicação do isolante é feita apenas no exterior. É ideal quando são necessários trabalhos de reestruturação das fachadas do edifício, pois confere estabilidade térmica ao revestimento evitando-se as tensões físicas e impedindo a formação de novas fissuras. [3]

No mercado atual, existem diversos sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior, comumente utilizados em diversos países europeus, quer em construções novas, quer na reabilitação de edifícios cuja envolvente vertical apresente índices de isolamento térmico insuficientes, infiltrações ou aspeto degradado. Estes sistemas constituem uma ótima solução, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista construtivo. [8]

Quando se pensa em aplicar soluções de isolamento térmico pelo exterior numa habitação é necessário ter em conta o tipo de suporte, a zona climática e o nível de conforto térmico pretendido, a exposição da fachada, o tipo de acabamento e condicionamentos

regulamentares relativos ao risco de incêndio, para se adotar o sistema mais adequado à situação. [2]

De um modo geral, os sistemas de isolamento pelo exterior consistem na colocação de um material isolante aplicado sobre o suporte exterior (por exemplo, parede em alvenaria ou betão) e um paramento exterior para proteção, em particular das solicitações climáticas e mecânicas. O isolante pode consistir em placas de poliestireno expandido ou extrudido que devem ser fixadas com uma argamassa colante, onde posteriormente será aplicada esse mesmo tipo de argamassa, armada com rede de fibra de vidro compatível com o isolamento. O isolante também poderá ser à base de poliuretanos, lãs minerais ou derivados de cortiça. O isolamento pelo exterior é a melhor opção, pois é o sistema de isolamento que apresenta um maior número de vantagens. [2]

2.2. Sistema ETICS

O sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite System) é um sistema de isolamento térmico pelo exterior, desenvolvido na Europa no início dos anos 70 do século passado. Na base do progresso destas soluções esteve a necessidade de redução de consumo energético, provocada pela crise de petróleo da época, assim como a necessidade de redução de emissões de poluentes e CO₂ no ambiente. A adoção de um sistema ETICS permite menores variações de temperatura e humidade nas diferentes estações do ano, reduzindo também o risco de condensações internas, proporcionando um maior conforto do edifício, enquanto habitação. Verifica-se assim que o isolamento térmico não é apenas uma solução de revestimento em edifícios novos, mas é também uma técnica adequada de renovação e reabilitação de fachadas. [9]

O sistema ETICS tem como função melhorar o conforto interno da habitação reduzindo pontes térmicas, aumentando a área útil e protegendo as paredes da envolvente. É um recurso construtivo que implica um investimento inicial elevado, mas posteriormente recuperável pois tem uma manutenção e reparação fáceis de executar com uma exposição mínima a grandes variações térmicas, o que permite aumentar a durabilidade do suporte. Este sistema pode ser utilizado praticamente em todo o tipo de construção, nova ou antiga, industrial, comercial ou residencial. [2]

A aplicação do sistema ETICS é recomendada para superfícies planas verticais no exterior dos edifícios, e também em superfícies horizontais ou inclinadas desde que não estejam sujeitas à incidência de precipitação. [10]

Nos casos de reabilitação, a aplicação do sistema ETICS deve ter em consideração alguns aspetos, nomeadamente a análise da envolvente exterior a revestir e a pormenorização do sistema em projeto. Esta avaliação permite a obtenção de soluções passíveis de se adaptarem

às características da fachada, recorrendo a materiais adequados e a uma execução cuidada, possibilitando a correta preparação do suporte. [11]

O sistema ETICS apresenta vantagens no caso de edifícios com isolamento térmico inapropriado, nos casos de infiltrações e nos revestimentos degradados. Além disto, pode diminuir o risco de ocorrência de condensações, através do tratamento das pontes térmicas. [12]

Em Portugal, a utilização de ETICS têm vindo a crescer com a sua aplicação não só em construção nova mas também em reabilitação. Tendo em vista o cumprimento do Regulamento das Características de Comportamento térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei nº40/90, de 6 de Fevereiro (atualizado a 4 de Abril 2006, Decreto-Lei nº 80/2006), a aplicação de ETICS é uma excelente solução construtiva. O RCCTE impõe requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações de modo a garantir a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem consumos excessivos de energia, para aquecimento ou arrefecimento. Para além disto, o RCCTE visa também garantir a minimização de efeitos patológicos na construção resultantes das condensações internas e superficiais nos elementos da envolvente. [13,14]

Estes sistemas são considerados não-tradicionais e têm sido sujeitos a aprovação técnica nos vários países em que têm sido utilizados: Avis Techniques em França, British Board Agrément no Reino Unido, Documento de Homologação em Portugal, entre outros. [10]

Em Março de 2000, a EOTA (European Organisation for Technical Approvals) elaborou um guia para ETICS, o “ETAG 004, *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite System with rendering*”. Este guia, atualizado em 2011, constitui a base para a avaliação técnica da adequabilidade ao uso dos sistemas deste tipo, em todos os países representados na EOTA, entre os quais se encontra Portugal. As fichas de ATE (Aprovação Técnica Europeia), baseadas no guia, são concedidas por qualquer um dos Institutos homologadores dos países da EOTA e são válidos em todos os países representados nessa organização. [10]

2.3. Vantagens dos ETICS

Atualmente, o isolamento térmico pelo exterior é reconhecido, de forma incontestável, como uma solução técnica de alta qualidade. O sistema ETICS inclui inúmeras vantagens [4, 10, 15]:

- ✓ A redução das pontes térmicas, permitindo um revestimento térmico de menor espessura e sem interrupções nas zonas estruturais. Obtém-se assim um coeficiente de transmissão térmica nestas zonas próximo do da envolvente (Fig. 2.1);

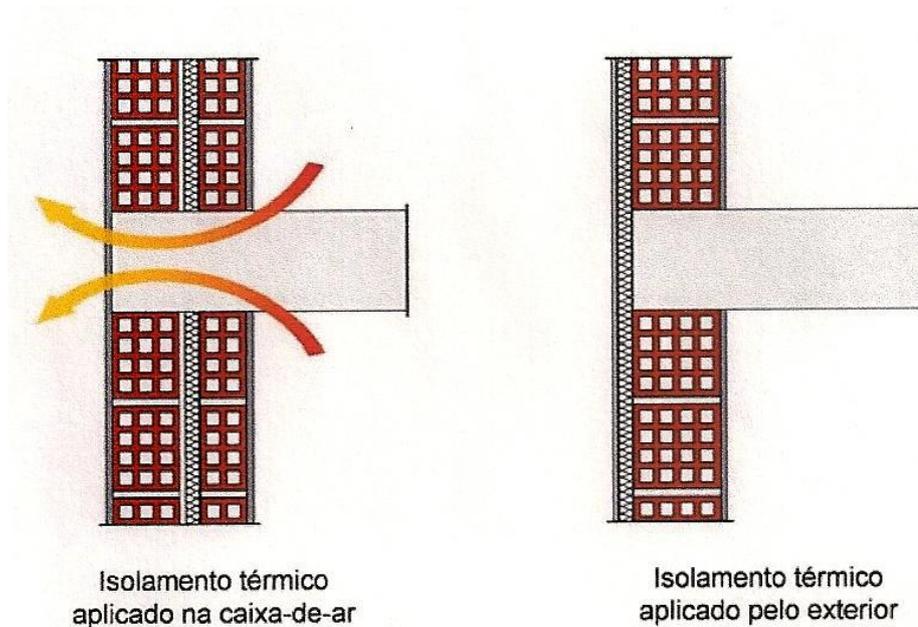


Figura 2.1 - Exemplificação de como a continuidade do isolamento térmico permite reduzir as pontes térmicas [4]

- ✓ A redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura;
- ✓ A dispensa de paredes duplas, permitindo a diminuição da espessura das paredes exteriores e conseqüentemente um aumento da área habitável;
- ✓ A economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior;
- ✓ O aumento da proteção conferida ao revestimento das paredes face às solicitações dos agentes climáticos e atmosféricos (choque térmico, água líquida, radiação solar, etc.), aumentando conseqüentemente a sua durabilidade;
- ✓ O aumento da inércia térmica interior dos edifícios, dado que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior da camada de isolante térmico, evitando grandes variações de temperatura. Este facto traduz-se na melhoria do conforto térmico de Inverno, através do aumento da capacidade de absorção de calor proporcionados pelos ganhos solares, e também de Verão devido à capacidade de regulação da temperatura interior;
- ✓ Melhoria da impermeabilidade das paredes, uma vez que este sistema é classificado como estanque devido ao facto de ser composto por ligantes sintéticos e mistos, atuando como uma barreira a humidades provenientes do exterior;
- ✓ Diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes. O choque térmico, bem como as temperaturas mais severas ocorrem no isolante, estando a temperatura da parede sempre próxima da temperatura interior (Fig. 2.2);

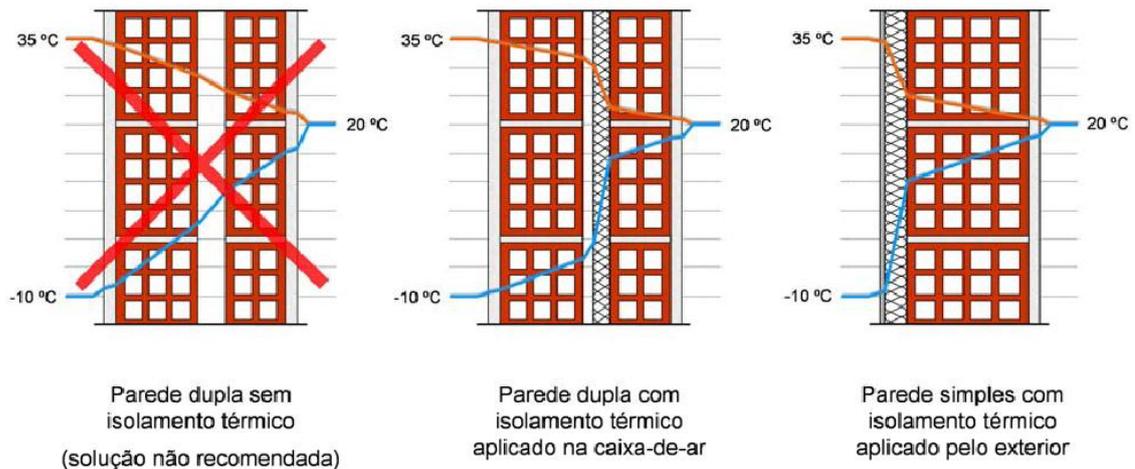


Figura 2.2 - Comparação do gradiente de temperaturas a que estão sujeitas uma parede dupla sem isolamento térmico, uma parede dupla com isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior [4]

- ✓ Diminuição do risco de condensações no interior das paredes envolventes ou à sua superfície, uma vez que a temperatura da superfície interior das paredes é mais elevada, mesmo nas superfícies em contacto com vigas ou pilares, afastando-se da temperatura de ponto de orvalho (limite inferior de temperatura a partir do qual o vapor de água contido no ar passa para o estado líquido);
- ✓ A possibilidade de alteração do aspeto das fachadas;
- ✓ A grande variedade de soluções de acabamento;
- ✓ Os custos de manutenção reduzidos.

Em casos de reabilitação de edifícios, encontram-se outras vantagens além das apresentadas anteriormente:

- ✓ Como o sistema é aplicado pelo exterior permite conservar o espaço interior habitável, permitindo a manutenção das atividades de ocupação no edifício reabilitado;
- ✓ É possível aplicar-se sobre suportes heterogêneos, isto é, sobre suportes constituídos por materiais diferentes como, por exemplo, betão e alvenaria de pedra ou tijolo, que apresentam diferentes condições de aderência;
- ✓ Para além da reabilitação térmica, garante a estanquidade à água e renovação estética. Estes fatores são relevantes no caso de edifícios em uso, que para além de deficiências no isolamento térmico, também apresentam geralmente problemas de infiltração e aspeto;
- ✓ Permitem absorver pequenos movimentos do suporte. A resistência e elasticidade do sistema, tanto pelos seus materiais constituintes, como pela dessolidarização elástica das partes rígidas e salientes da envolvente, e também pelo respeito das eventuais

juntas de dilatação, permite acompanhar pequenos movimentos do suporte sem se verificar a degradação do revestimento;

- ✓ O sistema é uma boa solução para zonas de microfissuração generalizada e estabilizada, podendo até suportar e corrigir pequenas fissuras (largura inferior a 2 mm) sujeitas a pequenos movimentos cíclicos (fissuras devidas a variações térmicas ou de humidade).

2.4. Desvantagens dos ETICS

As principais desvantagens que se destacam neste sistema são: [10]

- ✓ O investimento inicial é elevado. No entanto, tendo em conta não só a reabilitação térmica e os ganhos de energia, em conforto e em durabilidade da construção, mas também a reabilitação de estanquidade e a renovação estética, e ainda os eventuais custos com realojamento dos moradores, o preço de uma solução deste tipo poderá passar a ser competitivo;
- ✓ A aplicação é particularmente difícil em aberturas e pormenores arquitetónicos mais complicados;
- ✓ Necessita de mão de obra especializada para a sua correta aplicação;
- ✓ A reação ao fogo é mais rápida do que em outras soluções de revestimento habitualmente utilizadas, baseadas em produtos minerais;
- ✓ A elevada fragilidade ao choque (débil resistência mecânica) é umas das principais condicionantes do sistema, especialmente em zonas de grande acessibilidade e concentração de pessoas;
- ✓ Suscetibilidade ao desenvolvimento de colonização biológica (fungos e algas);
- ✓ Possível condicionamento dos trabalhos de execução devido às condições climáticas;
- ✓ Não é adequado para monumentos e edifícios históricos, com pormenores arquitetónicos. O sistema, ao envolver toda a superfície opaca da fachada, provoca uma descaracterização da fachada, quando nela exista um valor histórico, cultural ou arquitetónico que se pretenda preservar;
- ✓ Para além das exigências de alguma regularidade e aderência do suporte, o aumento de espessura das paredes poderá ser incompatível, em termos funcionais, com diversos elementos da construção, implicando por exemplo a extração e substituição de peitoris de janelas, caixas de estores, tubagens exteriores, provocando perturbação à normal utilização do edifício. Por outro lado, um elevado número de recortes e pontos singulares poderão provocar futuras anomalias.

2.5. Constituição do sistema

O sistema ETICS é constituído por vários componentes, sendo eles: suporte, isolamento térmico, fixação, camada de base do acabamento, rede fibra de vidro (armadura de reforço do revestimento), primário, acabamento final e acessórios.

É importante salientar que nos ETICS podem ser utilizados vários tipos de isolantes, no entanto, o principal isolante térmico utilizado são as placas de poliestireno expandido moldado, designado por EPS (Poliestireno Expandido). [10, 16] Na figura 2.3 ilustra-se a disposição dos elementos referidos anteriormente.

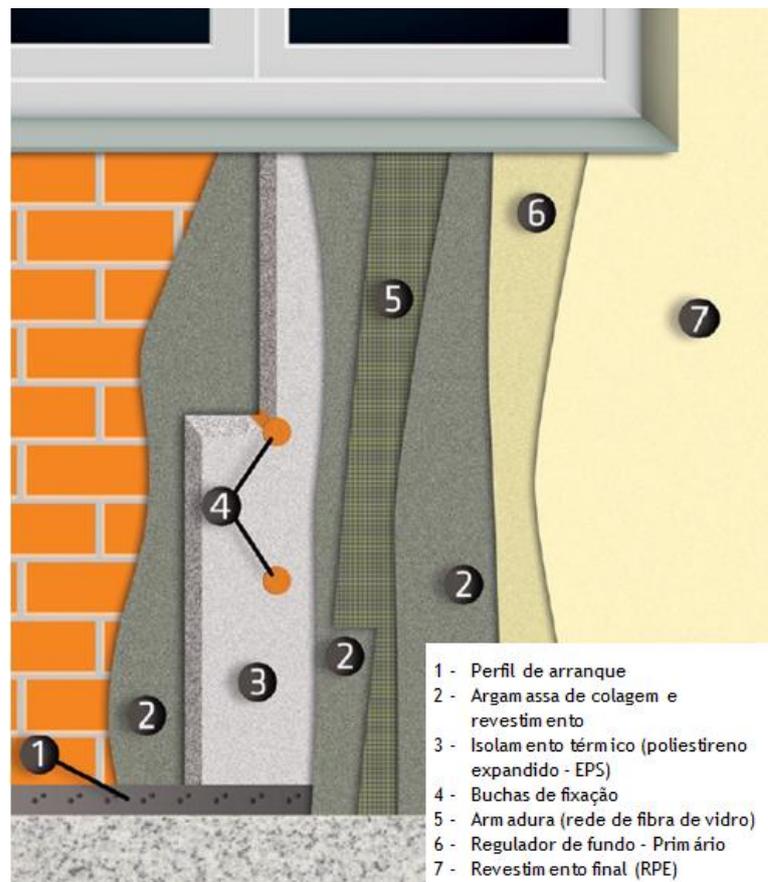


Figura 2.3 - Composição esquemática de um sistema ETICS [17]

2.5.1. Suporte

As características do suporte, nomeadamente da parede, são determinantes na aderência, no comportamento e durabilidade do sistema visto que se encontra em contato direto com o ETICS. Os suportes devem ser planos e não apresentarem nenhuma irregularidade importante na superfície, nem desfasamentos superiores a 0,5 cm (medido com régua de 20 cm) no caso de sistemas fixados mecanicamente (sem adaptação) e de 1 cm para os outros sistemas. Caso

contrário, é necessário proceder ao tratamento da superfície realizando as intervenções necessárias, como por exemplo o tratamento de fendas localizadas. [16, 18]

A aplicação do sistema deverá ter em conta as questões de permeabilidade, sendo que poderá ser aplicado em suportes com superfícies planas verticais exteriores, caso estes se encontrem diretamente sujeitos à ação da chuva, e superfícies horizontais e inclinadas nos casos em que não se encontram expostas à precipitação. [2, 16]

Alguns dos possíveis suportes para aplicação do sistema são [2]:

- ✓ Alvenaria de blocos de betão, tijolo, pedra;
- ✓ Alvenaria com reboco de ligantes hidráulicos;
- ✓ Suportes pintados ou com revestimentos orgânicos ou minerais, desde que a superfície seja devidamente preparada.

Este sistema é uma boa solução para casos de reabilitação, principalmente porque permite proporcionar um melhor conforto térmico, assim como resolver problemas de estanquidade e impermeabilização da envolvente. Nestes casos, é necessário ter um cuidado especial na preparação da superfície de modo a garantir as condições de aderência do sistema ao suporte. [16]

2.5.2. Isolamento Térmico

O isolamento térmico tem como principal função aumentar a resistência térmica da envolvente do edifício, dificultando a dissipação e as trocas de calor entre o edifício e o exterior. Consequentemente, permite reduzir o consumo de energia para aquecimento/arrefecimento e diminuir o risco de ocorrência de condensações. A espessura do isolante é variável e dependente do coeficiente de transmissão térmico desejável. [4, 16]

De acordo com o Anexo II do RCCTE, um isolante térmico é um material que apresente uma condutibilidade térmica (λ) inferior a 0,065 W/m.°C, ou cuja resistência térmica (R) é superior a 0,30 m².°C/W. [13]

Como já foi referido, o isolante térmico mais utilizado neste sistema é o poliestireno expandido moldado (EPS), não apenas em Portugal mas também na Europa, devido às suas características, que são mais vantajosas relativamente a outros isolantes em termos de aderência pois tem maior porosidade superficial.

No entanto, também se utilizam frequentemente as placas de poliestireno extrudido (XPS). Os isolantes menos utilizados mas também viáveis são as placas de PIR, espumas de poliuretano, lã mineral, aglomerado de cortiça, espumas de PVC, entre outros. [10, 16]

O poliestireno expandido (Fig. 2.4) é um material cuja composição é cerca de 2% de poliestireno e 98% de ar. É um material inodoro, inócuo e biologicamente inerte, não permite o desenvolvimento de microrganismos nem ganha bolores. É essencial no isolamento térmico para a construção civil visto que apresenta uma reduzida condutibilidade térmica. As placas de EPS não deverão ter uma espessura inferior a 3 cm, no entanto, a forma mais adequada de se definir a espessura necessária é através do cálculo térmico. O EPS aplicado no ETICS tem uma classe de reação ao fogo M1/Euroclasse E, e é ainda auto-extinguível, isto é, consome-se sem provocar chama devido a um inibidor de combustão adicionado à sua composição. As placas de EPS utilizadas neste sistema deverão ser homologadas e ter uma marcação CE. [19, 20]



Figura 2.4 - Isolamento térmico placas de EPS

O poliestireno extrudido (XPS) apresenta uma maior resistência térmica e mecânica que o poliestireno expandido (EPS), visto ser um material muito mais denso (30 kg/m^3). No entanto, tem menor permeabilidade ao vapor de água, assim como, maior módulo de elasticidade transversal. Esta situação origina maiores expansões e consequentes tensões no sistema. Deve-se prestar especial atenção a possíveis danos resultantes da baixa permeabilidade ao vapor de água das placas e da reduzida aderência (devida à falta de rugosidade das superfícies). A utilização de placas de XPS é recomendada para zonas em contacto com terrenos (zonas térreas) ou água frequente, assim como, para soluções em que o acabamento é revestimento cerâmico. [16]

A lã mineral é o isolante que tem melhor resistência ao fogo, possui uma menor coesão e capacidade autoportante, que consequentemente resulta numa menor aderência. Este facto exige o recurso de fixação mecânica e faz com que tenha uma reduzida resistência ao choque. A sua condutibilidade térmica aumenta com o aumento do teor em humidade. [16]

O aglomerado de cortiça constitui um excelente isolamento térmico e acústico quando aplicado pelo exterior. No entanto, tem algumas desvantagens comparativamente com outros isolamentos, uma vez que permite alguma absorção de água (não sendo inerte a esta) e um módulo de elasticidade transversal elevado, originando algumas deformações significativas no sistema ETICS. [16, 21]

2.5.3. Fixações

A fixação do isolamento térmico é feita mediante as condições do suporte podendo ser feita através da fixação por colagem das placas, ou então, com recurso à fixação mecânica para complementar a fixação por colagem. Relativamente ao suporte, é necessário garantir a sua consistência e proceder à reparação de fendas e fissuras de maior importância. [10, 16, 18, 22]

A fixação por colagem pode ser realizada através da colagem contínua com talocha dentada, colagem parcial por pontos e colagem parcial por bandas. A cola deverá ser aplicada diretamente nas placas do isolante térmico. [16, 18]

A colagem contínua (Fig. 2.5) é recomendada para superfícies regulares e com uma boa planimetria. Consiste na aplicação da argamassa, com uma talocha dentada (dente entre 6 e 10 mm), em toda a superfície da placa, exceto sobre uma faixa com cerca de 2 cm ao longo do contorno da placa, a fim de evitar que a cola preencha as juntas entre as placas. [18]

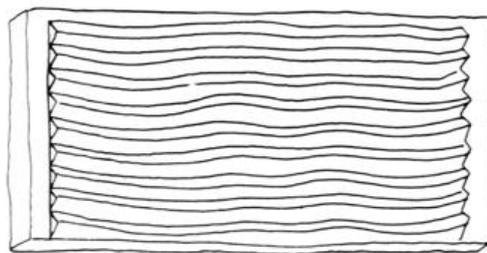


Figura 2.5 - Fixação por colagem contínua com talocha dentada [4]

A colagem parcial é recomendada nos casos de superfícies irregulares e desfasamentos da planimetria até 1 cm. A cola deverá cobrir pelo menos 20% da superfície da placa, ser afastada alguns centímetros do contorno da placa, a fim de evitar a penetração da cola nas juntas da placa.

A colagem parcial por pontos (Fig. 2.6) é feita através de pontos de espessura idêntica, distribuídos regularmente, na razão aproximada de pelo menos, 16 pontos por m^2 .

A colagem parcial por bandas (Fig. 2.7 e 2.8) é feita através de bandas descontínuas de cola com espessura regular, aplicadas no contorno da placa (a pelo menos 2 cm do bordo) e com duas faixas cruzadas no centro, de modo a assegurar uma repartição homogénea da cola. [18] Também poderá ser feita com base num cordão de argamassa com 3 a 4 cm de espessura ao longo de todo o perímetro da placa, e com alguns pontos de argamassa no centro da mesma. Atualmente, alguns fabricantes e representantes dos sistemas ETICS com homologação consideram esta última solução mais eficiente quando se trata de colagem parcial. [16, 23] Para a aplicação do sistema de forma contínua sobre superfícies de grande altura, recorrendo

a um dos métodos de colagem parcial, deverão ser colocadas cantoneiras horizontais de 5 em 5 metros, para assegurar a estabilidade do isolamento até à secagem da cola. [18]

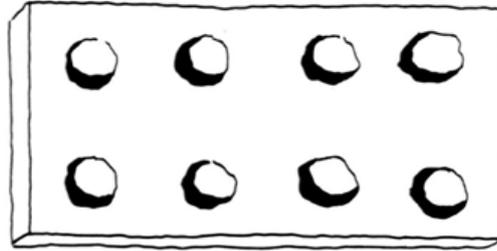


Figura 2.6 - Fixação por colagem parcial por pontos [4]

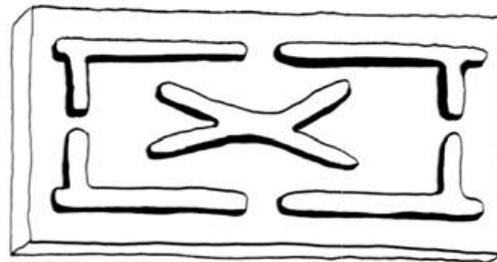


Figura 2.7 - Fixação por colagem parcial por bandas [4]



Figura 2.8 - Fixação por colagem parcial no contorno perimetral das placas e na zona central

A aplicação pontual de placas de isolamento com espessura não superior a 30 mm deverá ser realizada por colagem contínua, independentemente do tipo de fixação utilizada nessa zona. [4, 18]

Embora a estabilidade do sistema seja garantida pela colagem, é possível recorrer a fixações mecânicas que se destinam a fixar provisoriamente as placas de isolamento até à secagem da cola ou, em caso de descolagem do sistema, evitar a sua queda. Esta solução é indicada para a reabilitação de edifícios quando os revestimentos pré-existent (pintura, cerâmica, revestimentos elásticos espessos, etc.) não oferecem a adequada garantia de aderência das

argamassas e em sistemas acima dos 10 metros de altura, quando sujeitos a condições severas de exposição ao vento devido à ação de pressão negativa (sucção) produzida por este. Este reforço de fixação é feito através de buchas com prego de expansão, de plástico ou metálicas. O número mínimo de buchas é determinado tendo em conta a exposição do suporte às forças do vento e à carga admissível das buchas no suporte considerado. No entanto, deverá existir uma quantidade mínima de 6 a 8 unidades por metro quadrado, em zona corrente (Fig. 2.9). [10, 16, 24, 25]

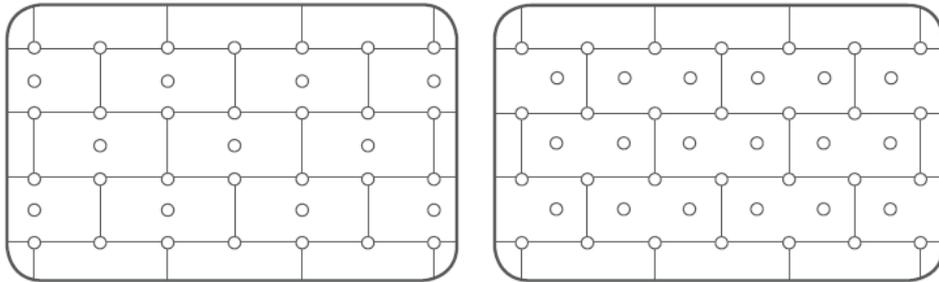


Figura 2.9 - Fixação mecânica (disposição) [24]

As buchas de expansão utilizadas deverão ter uma cabeça com pelo menos 50 mm de diâmetro e estarem abrangidas por um documento de homologação que estabeleça outros critérios necessários. [18] Alguns fabricantes estabelecem os comprimentos adequados para as buchas nas fichas técnicas e documentos homologados, apresentando apenas ligeiras diferenças entre eles. Segundo a Weber [24], as dimensões do comprimento das buchas deverão ser adequados à espessura da placa isolante a fixar. As características dimensionais das buchas expansíveis em polipropileno surgem em fichas técnicas da Weber referentes a sistemas homologados, e são apresentadas nas figuras 2.10 e 2.11 [22]:

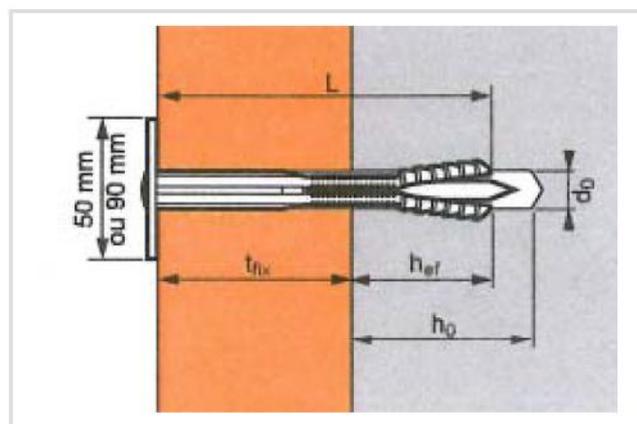


Figura 2.10 - Representação esquemática das características dimensionais das buchas expansíveis [24]

Designação	Prof. de fixação (mm)	Espessura da placa de isolamento (mm)	Ø de perfuração (mm)	Comprimento total de ancoragem (mm)
SPIT ISO ...	h_{ef}	t_{fix}	d_0	L
10/30	30	10-30	10	60
40/60		40-60		90
70/80		70-80		110

Figura 2.11 - Características dimensionais das buchas expansíveis [24]

De acordo com a marca CIN, que também tem um sistema de isolamento térmico homologado (CIN-K), os pregos plásticos (buchas) devem ter, no mínimo, um comprimento superior em 3 cm à espessura de isolante térmico a fixar. [17]

A SPIT apresenta um documento de homologação que define o comprimento da bucha para suportes em betão e alvenaria apresentado na figura 2.12 [26]:

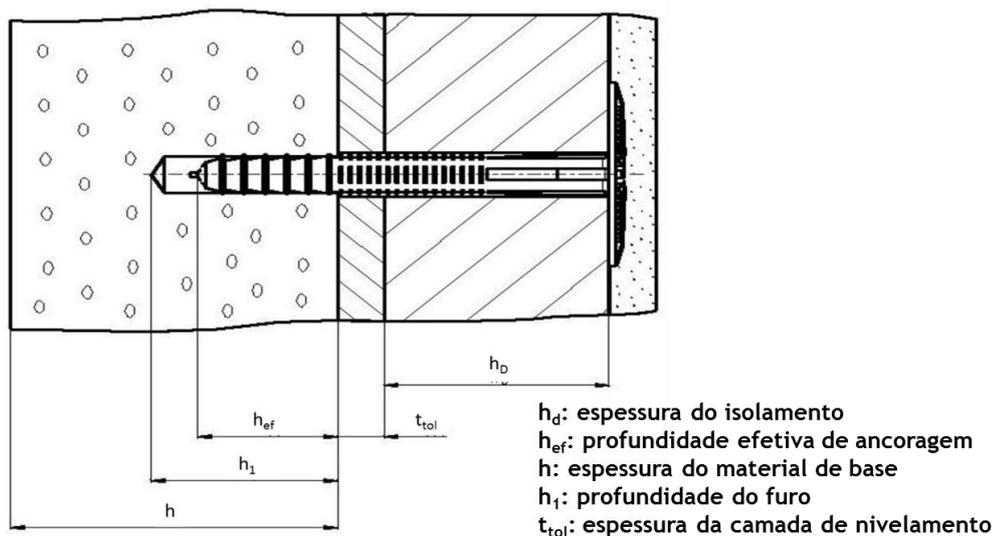


Figura 2.12 - Esquema de fixação da bucha SPIT ISO [26]

Considerando as buchas que a marca dispõe, o que se propõe é que tendo em conta as características da bucha se determine a espessura máxima de isolamento (h_d) com designação SPIT ISO. Esse processo é feito subtraindo a espessura da camada de nivelamento (t_{tol}) e a profundidade efetiva de ancoragem (h_{ef}) ao comprimento da bucha de expansão (La), ou seja, $h_d = La - t_{tol} - h_{ef}$. É considerado pela marca uma espessura da camada de nivelamento (t_{tol}) igual a 5 mm e a profundidade efetiva de ancoragem (h_{ef}) igual a 30 mm, sugerindo assim que as buchas a utilizar apresentem, no mínimo, um comprimento superior em 3,5 cm à espessura da placa de isolante a fixar. [26]

2.5.4. Camada de base do acabamento

A camada de base permite o total revestimento das placas isolantes, através da aplicação de um reboco (barramento), com alguns milímetros de espessura, em várias camadas, incorporando uma armadura em rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Cada camada deverá ser aplicada após a secagem da anterior. A camada de base final deverá garantir o total recobrimento da armadura, quer a armadura seja normal quer seja reforçada, permitindo um bom desempenho do revestimento. A superfície do acabamento da argamassa deverá ser plana, sem ressaltos ou vincos e com textura constante ao longo da toda a extensão. [10, 15, 18, 20, 23]

A camada de base é composta por uma argamassa sintética, com percentagem reduzida de cimento para melhorar o seu comportamento e aumentar a sua durabilidade. Geralmente, esta argamassa é semelhante à argamassa utilizada na colagem das placas isolantes. É importante que a argamassa utilizada tenha boas condições de aderência ao isolante, elevada resistência à fendilhação, reduzida capilaridade, resistência elevada à perfuração e ao choque e resistência às alterações climáticas. [2, 10, 20]

Esta camada permite proteger os restantes componentes do sistema, retardando o seu envelhecimento, sendo fundamental que a sua espessura, após secagem, obedeça ao limite mínimo de 2 mm. É importante que esta camada não se encontre fissurada, quer pelas ações de choque quer por variações dimensionais de origem térmica do suporte, pois só assim será capaz de garantir uma boa impermeabilização do sistema e elevada permeabilidade ao vapor de água. [10, 20]

2.5.5. Rede de reforço (armadura do revestimento)

A armadura do revestimento é uma rede fibra de vidro de malha quadrada, revestida com PVC ou resina acrílica, ou então uma malha de polipropileno que deverá ser incorporada na camada de base. Esta rede pretende melhorar a resistência mecânica do reboco e assegurar a sua continuidade, deverá ser resistente à humidade e ter um tratamento de proteção anti-alcalino. Também permite restringir as variações dimensionais da camada de base do sistema, melhorar a resistência aos choques do sistema e garantir a resistência à fissuração do revestimento sobre as juntas entre placas do isolamento térmico. [15, 20, 27]

A abertura da malha condiciona a resistência à tração e sua aderência à camada de base, pelo qual deverá ser suficientemente pequena para que garanta uma resistência à tração exigida, no entanto, suficientemente grande para permitir uma boa aderência à argamassa de revestimento. Em geral, utilizam-se espaçamentos entre 3 mm e 5 mm de modo a garantir um equilíbrio destas duas condicionantes. [15, 20, 27]

As zonas de fachadas mais expostas a agressividade mecânica, nomeadamente aquelas de fácil acesso (até 2 metros dos solo, varandas, terraços, etc.) deverão ser reforçadas aplicando uma camada adicional de rede “normal” de fibra de vidro, ou então uma camada adicional de rede “reforçada” de fibra de vidro, incorporada em ambas as hipóteses numa camada de base adicional. No caso de o reforço ser feito através da aplicação de uma camada adicional de rede de fibra de vidro “reforçada”, deverá ser aplicada uma primeira camada de reboco com armadura de reforço, e posteriormente uma nova camada de reboco que incorpore a camada de armadura normal. As juntas da segunda armadura não deverão coincidir com as da armadura reforçada. Nas emendas de armadura feitas com rede de fibra de vidro “normal” deverá existir uma sobreposição de cerca de 10 cm (nunca inferior a 5 cm), enquanto que as emendas de armadura de reforço são realizadas sem sobreposição (Fig. 2.29). Em zonas de utilização pública é recomendado que se utilize uma solução de revestimento superficial mais resistente, como por exemplo a aplicação de um revestimento cerâmico. O reforço dos pontos singulares, nomeadamente o contorno dos vãos, são feitos com rede fibra de vidro antes da aplicação da camada de base armada. [10, 18, 20, 22, 27]

De acordo com o ETAG 004 - “Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering”, a rede de fibra de vidro que deve ser utilizada nos sistemas ETICS deve cumprir os seguintes requisitos: resistência à tração após envelhecimento artificial acelerado por imersão em solução alcalina não inferior a 20 N/mm e não inferior a 50% da resistência à tração no estado novo. Nas zonas de reforço, a rede de fibra de vidro reforçada deverá ter, no mínimo, uma resistência à tração após envelhecimento de 20 N/mm e 40% da resistência à tração no estado novo. A massa por unidade de superfície da rede de fibra de vidro “normal” deverá ser superior a 150 g/m² (Fig. 2.13), no caso da rede de fibra de vidro “reforçada” deverá ser superior a 300 g/m² (Fig. 2.14). [28, 29]



Figura 2.13 - Rede de fibra de vidro 150 g/m²



Figura 2.14 - Rede de fibra de vidro 343 g/m²

2.5.6. Primário

A camada do primário consiste numa camada muito fina de pintura opaca à base de resinas em solução aquosa, aplicada sobre a camada de base. A escolha do produto deverá ter em conta a alcalinidade da camada de base, de modo a que estes sejam compatíveis e só deverá ser aplicado depois da secagem da camada de base (no mínimo 24 horas). [2, 10, 15, 16, 18]

A sua função é regular a absorção e melhorar a aderência da camada de acabamento. Também tem por objetivo garantir a uniformidade da cor do acabamento, pelo que, ambos devem ter a mesma cor. A aplicação do primário poderá ser facultativa, consequentemente nem todos os sistemas incluem esta camada. [2, 10, 15, 16]

2.5.7. Acabamento final

O acabamento final é a última camada do sistema, sendo aplicada sobre a camada de base ou sobre a camada de primário, caso esta exista. O revestimento final é geralmente um revestimento plástico espesso (RPE). Consiste em produtos de ligante sintético, aplicados à trincha ou à talocha, com variadas possibilidades de aspetos e texturas, sendo o aspeto de uma tinta de areia, provavelmente, o mais frequente. Normalmente, verifica-se uma tendência para o uso de cores claras de modo a evitar grandes aumentos de temperatura sob ação dos raios solares. Consoante a marca de cada sistema, poderão ser utilizados outros revestimentos desde que devidamente testados e especificados no documento de homologação do sistema. [4, 10, 16]

O revestimento de acabamento deverá contribuir para a impermeabilidade, proteção da camada de base, aumento da resistência ao choque e decoração do sistema. Por ser a última camada do sistema, deverá também contribuir para a proteção do sistema contra os agentes climáticos, e evitar que a sua superfície sirva de meio de desenvolvimento de determinados microrganismos, nomeadamente o ataque de fungos e algas. Deverá impedir a fissuração e

repelir a chuva sem suprimir a vapo-transpiração desde o interior. Por maiores que sejam as variações térmicas, deve aderir por completo à camada isolante e acompanhar os movimentos do edifício. Os produtos de alguns fabricantes utilizados no revestimento já possuem agentes algicidas e fungicidas que visam dificultar a fixação e proliferação de contaminantes biológicos. No entanto, em zonas de maior potencial de agressividade biológica, isto é, zonas com níveis de humidade elevada e persistente, forte coberto vegetal, entre outros, recomenda-se a aplicação adicional de um agente hidrorrepelente. [4, 16, 24]

2.5.8. Acessórios

A execução do sistema ETICS requer a utilização de alguns acessórios para reforço dos pontos singulares, que permitam a proteção do sistema, a ligação do ETICS com outros elementos salientes e assegurar a continuidade do sistema. No reforço das arestas do sistema são utilizados perfis em alumínio, aço inoxidável, fibra de vidro ou ainda em PVC ou alumínio com armaduras de fibra de vidro. [4, 10, 18, 20, 30] Os principais acessórios utilizados neste sistema subdividem-se em:

- ✓ Perfis de reforço. Estes elementos têm como fim proteger as extremidades dos ETICS e podem ser em alumínio anodizado, PVC e muito raramente em aço inoxidável. Alguns dos perfis utilizados são os perfis de arranque, perfis de esquina, perfis de janela, perfis de pingadeira, apresentando-se alguns exemplos nas figuras 2.15 a 2.17.

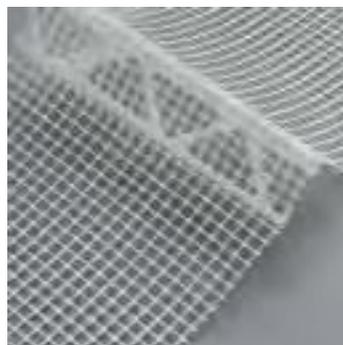


Figura 2.15 - Perfil perfurado em PVC com rede para reforço de esquinas [24]

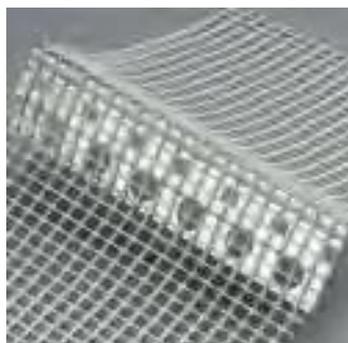


Figura 2.16 - Perfil perfurado em PVC com rede para reforço de esquinas [24]

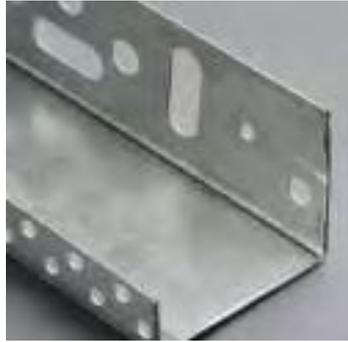


Figura 2.17 - Perfil em alumínio para arranque inferior do sistema [24]

- ✓ Elementos de recobrimento. São necessários estes elementos nos capeamentos, rufos, peitoris, beirais ou beirados. Estes elementos são em alumínio, zinco ou aço inoxidável (Fig. 2.18).



Figura 2.18 - Capeamentos em zinco na platibanda

- ✓ Elementos para juntas. Estes elementos permitem absorver os deslocamentos diferenciais, entre o sistema e os elementos construtivos (resultam devido à variação da dimensão dos elementos) e garantir a estanquidade à água entre eles. Devem ser aplicados na delimitação de juntas, como cobre-juntas e no fundo das juntas. Também é frequente utilizarem-se em varandas, no enquadramento de vãos, confinações do sistema com saliências rígidas e outros pontos singulares. Estes elementos consistem em mástiques elastómeros ou plásticos de 1ª categoria (silicone, poliuretano, acrílicos, entre outros), cordões de espuma impregnada pré-comprimida e perfis de junta de dilatação (Fig. 2.19).



Figura 2.19 - Perfil em PVC com rede e membrana deformável, para remate de juntas de dilatação [24]

Tendo em vista a durabilidade do sistema é recomendada a utilização de perfis de plástico, visto que os perfis metálicos estão mais sujeitos a dilatações devido às variações de temperatura, podendo originar fissurações ao nível do reboco armado. No entanto, nos casos em que são utilizados elementos metálicos deverá garantir-se que estes sejam resistentes à corrosão na presença da humidade, de modo a não condicionar a durabilidade do sistema. O uso de perfis em aço galvanizado é proibido. As faces dos perfis sobre os quais deve aderir o reboco (perfis perfurados), deverão ter uma altura/largura mínima de 30 mm e apresentar, pelo menos, duas fiadas de perfurações que correspondam a 15% da superfície e com diâmetro com cerca de 6 mm. [2, 18]

2.6. Aplicação do sistema ETICS

Antes da aplicação do sistema é necessário realizar uma análise detalhada da envolvente do edifício a isolar, tendo em atenção os pormenores construtivos a fim de identificar os pontos singulares, como por exemplo os contornos dos vãos e peitoris, terraços e varandas, juntas de dilatação, grelhas de ventilação, a cobertura, entre outros. [4, 31]

É importante ter em conta e obedecer às condições de aplicação do sistema, de modo a garantir a sua correta aplicação e minimizar as imperfeições que poderão afetar a funcionalidade e durabilidade do sistema. [4, 18, 32] Referem-se de seguida algumas condições de aplicação:

- ✓ A aplicação do sistema deverá ser efetuada com temperatura ambiente entre + 5°C e + 30°C. O suporte não deve estar gelado, nem estar exposto à radiação solar direta no período de verão. Deve-se garantir a ausência de vento forte, quente e seco, e a ausência de chuva;
- ✓ Em caso de chuva durante a aplicação, deve-se evitar infiltrações de água entre o suporte e o isolamento térmico através da proteção da parte superior do sistema;

Podem ser utilizados andaimes cobertos com toldos para proteger os trabalhos, nomeadamente da chuva e da radiação solar direta;

- ✓ É necessário garantir a estabilidade do suporte;
- ✓ As superfícies do suporte devem estar limpas e secas, caso contrário dever-se-á proceder a remoção do pó, sujidades, vestígios de óleos de descofragem, ferrugem, resina, etc.;
- ✓ É necessário verificar a planimetria do suporte, sem irregularidades significativas ou desníveis superiores a 1 cm. No caso de ser necessário proceder à regularização da superfície deve ser utilizado um reboco compatível com a cola do sistema;
- ✓ Só os materiais definidos no Documento de Homologação deverão ser utilizados na aplicação do sistema;
- ✓ As zonas em betão muito deterioradas e que apresentem degradação por corrosão das armaduras terão de ser restauradas com argamassas específicas para reabilitação de betão e compatíveis com a cola. No caso da existência de fissuras significativas estas devem ser preenchidas e reforçadas;
- ✓ Deve-se remover qualquer presença de pinturas velhas, a destacarem-se parcialmente ou a desfazer-se, através da remoção mecânica ou lavagem à pressão;
- ✓ No caso de revestimentos cerâmicos, deverão ser removidos os elementos que não apresentem aderência suficiente e deverá também prever-se uma lavagem com jacto de areia nos casos em que se trate de superfícies esmaltadas ou vidradas.

A aplicação do sistema ETICS, propriamente dito, inicia-se após a montagem dos andaimes e proteções individuais, da remoção de todos os elementos existentes na fachada que seja necessário substituir ou alterar a sua localização, da desmontagem dos tubos de queda garantindo-se que a evacuação das águas pluviais durante os trabalhos é efetuada longe das fachadas e da preparação dos suportes, como já foi referido anteriormente. [2, 32]

Na descrição dos procedimentos serão apresentadas algumas figuras ilustrativas, no entanto, recomenda-se a visualização dos pormenores construtivos expostos no “Cahier du CSTB 3035”. [18]

2.6.1. Fixação dos perfis de arranque

Os perfis de arranque devem ser adaptados à espessura do isolante e fixados horizontalmente. Deve-se determinar a altura do rodapé (cerca de 15 cm) e em seguida montar os perfis de arranque, alinhados através de um nível e fixados com buchas apropriadas ao suporte e de diâmetro correspondente às perfurações dos perfis, com espaçamento inferior a 30 cm. Deve ser colocada uma fixação a 5 cm, no máximo, das extremidades. Nos casos em que a face inferior do perfil seja revestida com o reboco armado, a armadura deverá ser colada sobre o suporte, antes da aplicação do perfil, e depois dobrada sobre o

isolamento. Entre os perfis deverá existir um espaço de 2 a 3 mm, a fim de permitir a sua dilatação e ser verificado o alinhamento dos perfis no momento da sua fixação (Fig. 2.20). No caso de suportes irregulares, os perfis deverão ser colocados sobre uma faixa de cola para impedir a entrada de ar entre o suporte e o isolante. A fixação dos perfis laterais é idêntica à dos perfis de arranque. [4, 18, 24, 32]

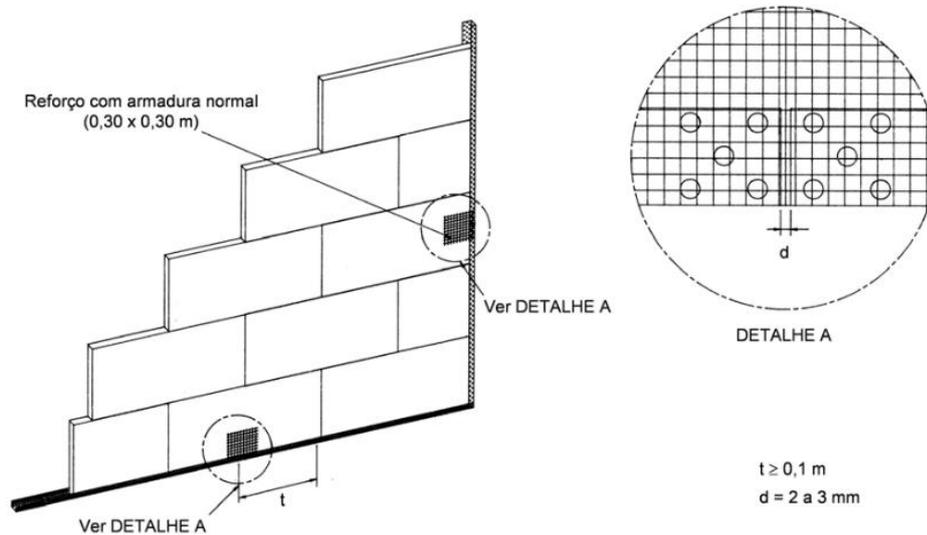


Figura 2.20 - Reforço das juntas entre perfis de arranque e laterais [4]

2.6.2. Preparação da cola e da camada de base

Geralmente, utiliza-se a mesma argamassa para colar e revestir as placas de isolamento térmico. A sua preparação deve ser feita respeitando as dosagens definidas pelo fabricante do sistema, vindo as instruções das fichas técnicas presentes nos sacos do produto. Os diferentes constituintes devem formar um produto homogêneo e por isso ser devidamente misturados com o auxílio de um misturador elétrico (rotação máxima de 300 rot./min), evitando a formação de grânulos (Fig. 2.21). O produto deverá repousar cerca de 5 a 10 minutos, antes da sua aplicação. [4, 18, 32]



Figura 2.21 - Preparação da cola

2.6.3. Aplicação da cola e colocação do isolamento

A cola deve ser aplicada sobre a placa de isolamento, exceto se tiver sido feita uma decapagem parcial do suporte. Não deverá ser utilizada para preenchimento das juntas entre as placas de isolamento térmico. [4, 18] Como já foi referido anteriormente, a distribuição da cola sobre as placas de isolamento poderá ser realizada através da colagem contínua ou de uma das diferentes hipóteses de colagem parcial.

As placas de isolamento são colocadas topo a topo, perfeitamente unidas, em fiadas horizontais sucessivas a partir da base da parede, sendo o nível de referência estabelecido pelo perfil de arranque. As juntas das placas devem ser desfasadas, quer em zona corrente quer nos cantos (Fig. 2.22). [4, 18]

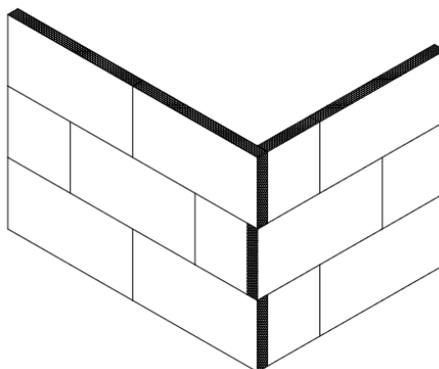


Figura 2.22 - Disposição das placas de isolamento térmico [4]

As juntas entre placas de isolamento deverão estar desfasadas, pelo menos, 10 cm das juntas entre dois perfis de arranque ou perfis laterais (Fig. 2.20). As juntas do isolante também não devem coincidir com as descontinuidades do suporte (por exemplo, as juntas entre painéis prefabricados de betão). [4, 18]

As placas deverão ser colocadas logo após aplicação da cola nas mesmas. De forma a aumentar aderência ao suporte e garantir uma colagem eficaz, as placas deverão ser pressionadas contra o suporte com o auxílio de uma talocha de plástico ou madeira. É importante verificar e ajustar, permanentemente, a regularidade da superfície (verticalidade e alinhamento das placas) com uma régua de 2 metros. [4, 18]

O recorte e ajuste das placas, designadamente nos cantos e nos vãos, devem ser realizados após a colagem do isolamento.

Nas ligações das placas de isolamento com superfícies rígidas (caixilharias, planos salientes, varandas ou palas, remates de topo, etc.) deverá ser deixada uma junta aberta com cerca de 5 mm, para posteriormente ser preenchida com material elástico e impermeável do tipo mástique de poliuretano (Fig. 2.23). [4, 18]

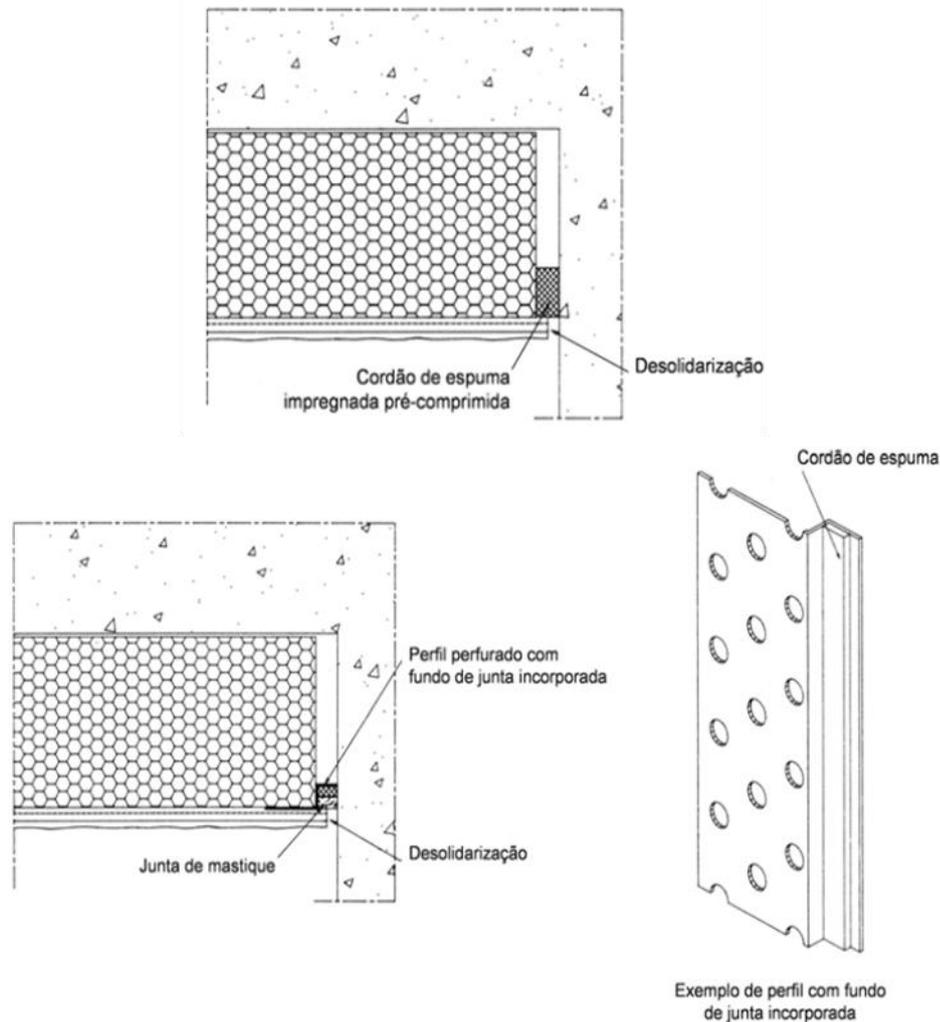


Figura 2.23 - Pormenores de ligações do sistema com elementos construtivos (corte horizontal) [4]

Nos locais onde se verifique a degradação pontual do isolamento (por exemplo cantos partidos) ou a existência de juntas abertas entre placas superior a 2 mm deverão ser preenchidos com poliestireno expandido. No preenchimento das juntas entre placas (largura igual ou inferior a 10 mm) também poderá ser utilizada espuma de poliuretano, no entanto esta nunca deverá ser usada para compensar faltas importantes de isolamento (por exemplo cantos partidos). Nunca deverá ser utilizada a argamassa de colagem ou revestimento para corrigir os defeitos das placas ou para preencher as juntas (Fig. 2.24). [4, 18, 25]

Não deverão existir desníveis entre placas adjacentes (Fig. 2.24). Caso contrário, será necessário eliminar as irregularidades por alisamento (por exemplo, com talocha abrasiva) e de seguida limpar a superfície de modo a remover os resíduos resultantes. Na eventualidade de serem necessárias ações corretivas, estas só deverão ser realizadas após a secagem da cola. [4, 18]



Figura 2.24 - Posicionamento das placas de isolamento térmico [4]

O sistema deverá ser interrompido nas juntas de dilatação do edifício. A fim de respeitar as juntas estruturais, aplicam-se as placas isolantes de modo a deixar um espaço vazio de cerca de 1 cm. Contextualmente à aplicação de perfis de canto com rede, neste espaço será aplicada uma junta de dilatação em PVC com rede. O espaço interior do perfil de junta de dilatação deverá ser selado com mástique de poliuretano sobre cordão de fundo de junta em espuma de polietileno. [4, 23, 32]

2.6.4. Fixação mecânica

Nos casos em que seja necessário recorrer à fixação mecânica, a colagem das placas é feita como referido anteriormente (fixação por colagem) e complementada com aplicação de buchas. A execução dos furos para a fixação é uma fase muito importante para garantir que a bucha fica fixa, a sua profundidade deverá ser maior que o comprimento da bucha. Os furos são feitos com broca de diâmetro e comprimento adequados ao da bucha. De seguida, coloca-se a bucha e o seu aperto é feito através da introdução do prego de expansão, por percussão (Fig. 2.25). As cabeças circulares das buchas deverão ser pressionadas de modo a esmagar um pouco a superfície da placa de EPS, para que não fiquem salientes no plano da mesma. As pequenas cavidades resultantes deste ligeiro esmagamento deverão ser preenchidas com argamassa de revestimento antes do revestimento das placas isolantes. [24, 32]

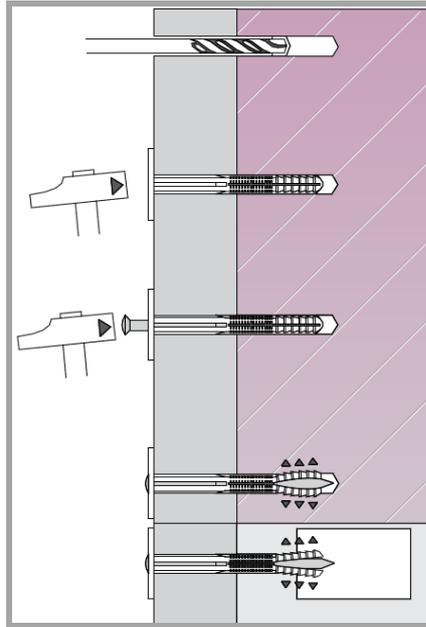


Figura 2.25 - Representação esquemática do procedimento para a fixação mecânica das placas [24]

2.6.5. Reforço dos pontos singulares

É necessário ter em consideração o reforço dos pontos singulares, e proceder à aplicação dos acessórios em alumínio ou PVC, previsto pelos documentos de homologação e projeto.

Em todas as arestas do sistema são colocados perfis de canto em alumínio ou PVC (atualmente é mais frequente usar perfis que incluem rede fibra de vidro com tratamento alcalino), colados diretamente sobre o isolamento com argamassa idêntica à da camada de base. Estes são sempre aplicados por baixo da armadura normal. As juntas entre os perfis não deverão coincidir com as juntas entre placas de isolamento. A utilização de pregos para posicionar os perfis até à sua colagem é proibida. Nos pontos onde existir escoamento de água deverão ser colocados perfis de canto com goteira (perfil de pingadeira) (Fig. 2.26). [4, 18, 23, 32]

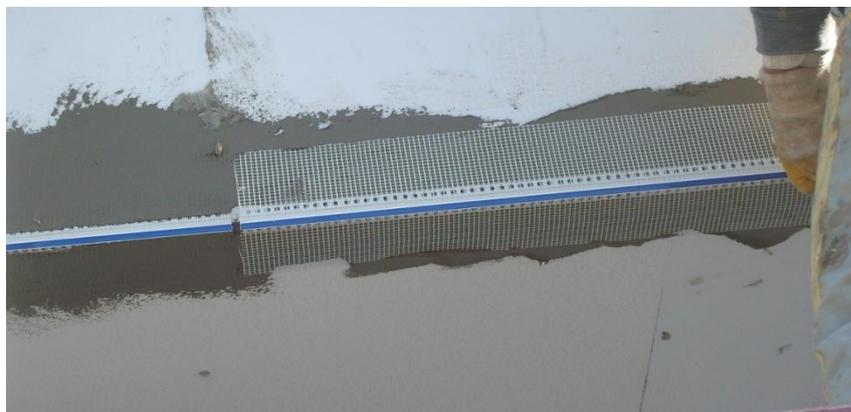


Figura 2.26 - Aplicação de perfil de pingadeira

Antes da realização da camada base armada, é necessário reforçar os cantos dos vãos (Fig. 2.27) e a zona das juntas entre perfis metálicos (Fig. 2.20) com faixas de armadura com $0,3 \times 0,3$ m, no mínimo, posicionadas a 45° e coladas sobre as placas de isolamento usando a argamassa de revestimento. [4, 18, 23]

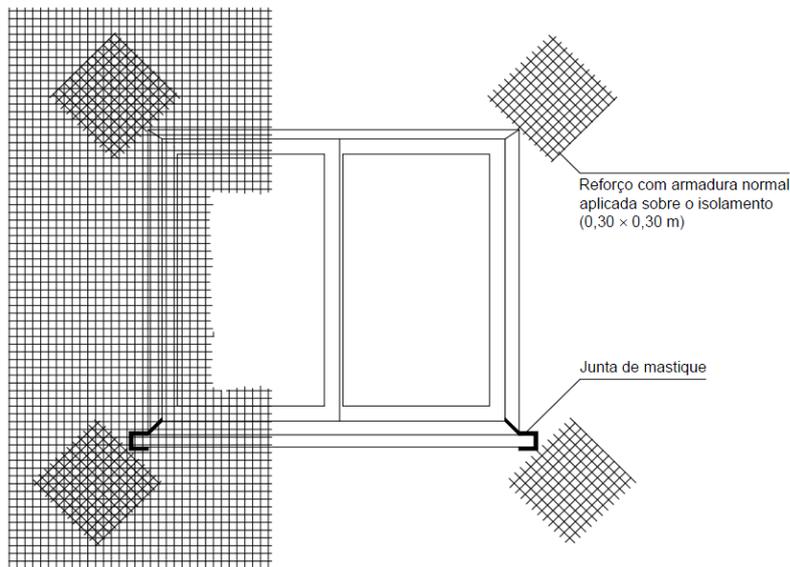


Figura 2.27 - Reforço da armadura no contorno dos vãos da fachada [4]

Nos casos de reabilitação, devido à espessura que é acrescentada à parede original é necessário prever uma solução de adaptação aos peitoris dos vãos.

Poderá proceder-se de três formas distintas:

- ✓ Substituir o peitoril original por um novo, o que em certos casos pode obrigar ao levantamento e reposição do caixilho da janela;
- ✓ Prolongar o peitoril existente em pedra, colando no topo deste um elemento em material semelhante usando argamassa epóxi;
- ✓ Aplicar um novo peitoril metálico ou em PVC sobre o existente, devidamente rematado com a caixilharia (situação cujo detalhe deve ser avaliado caso a caso).

Também deverá ser prestada especial atenção nos remates superiores das fachadas. Será necessário avaliar a necessidade de revisão dos sistemas de remate e proteção superior dos panos das fachadas, de forma a impedir que a água da chuva escorra diretamente sobre a superfície texturada do revestimento, arrastando e depositando detritos.

No caso de beirados e cornijas, deve ser avaliada a necessidade de efetuar correções aos respetivos desenhos.

No caso de rufos metálicos, é necessário substituir os sistemas existentes por novos de dimensões e desenho adaptados à nova espessura do remate da parede. O sistema de drenagem de águas pluviais também deverá ser revisto, e proceder às devidas reparações ou substituições necessárias para garantir a correta drenagem das águas. [11, 24]

2.6.6. Aplicação da camada de base armada

A camada de base deverá ser realizada logo após a secagem da cola (1 a 3 dias, em geral) para evitar a deterioração superficial do isolamento térmico. Esta degradação poderá dever-se à prolongada exposição do poliestireno a intensa radiação solar (cerca de 4 dias). Caso contrário, toda a superfície deverá ser lixada antes da aplicação do reboco. A constituição da camada de base depende do grau de exposição da parede aos choques, consoante a resistência pretendida pode ser aplicada uma única armadura normal, ou duas armaduras normais, ou ainda, uma armadura normal e uma armadura reforçada. [4, 18]

A camada de base armada é realizada em várias camadas, sendo cada uma delas aplicada após a secagem da anterior (geralmente no dia seguinte). O período de secagem entre camadas não deverá ser muito prolongado de modo a garantir uma boa aderência entre as camadas (Fig. 2.28). Assim como na situação de colagem das placas, a argamassa de revestimento não deverá ser utilizada para preencher as juntas entre placas de isolamento térmico. [4, 18]

A camada de base deve manter uma espessura constante. Não se deve corrigir defeitos graves de planimetria das placas isolantes com esta mesma argamassa, já que a utilização de espessuras elevadas pode originar o aparecimento de outras anomalias (fendilhação, ondulações, etc.). [23]



Figura 2.28 - Exemplificação da aplicação da camada de base

2.6.6.1. Camada de base com uma armadura normal

Após a colagem das placas e do reforço dos pontos singulares, a superfície do isolamento térmico é revestida com uma primeira camada de reboco utilizando uma talocha denteada (dentes de 6 mm). A armadura normal é esticada (de cima para baixo) sobre esta camada ainda fresca, alisando-a sobre a argamassa com uma talocha lisa em inox.

Nas emendas de armadura (Fig. 2.29) deverá existir uma sobreposição de cerca de 10 cm (nunca inferior a 5 cm). A armadura deverá envolver as arestas onde existam perfis de reforço. [4, 18]

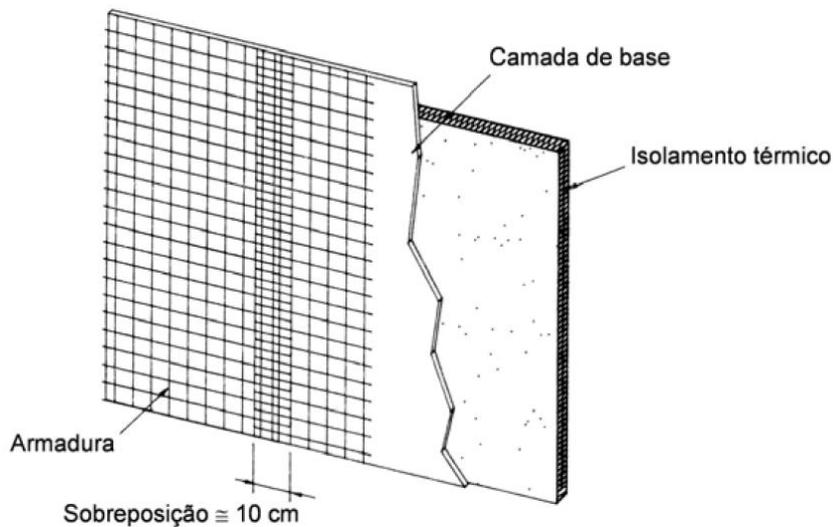


Figura 2.29 - Sobreposição das armaduras normais [4]

A armadura nunca deverá ser aplicada diretamente sobre o poliestireno expandido (Fig. 2.30).

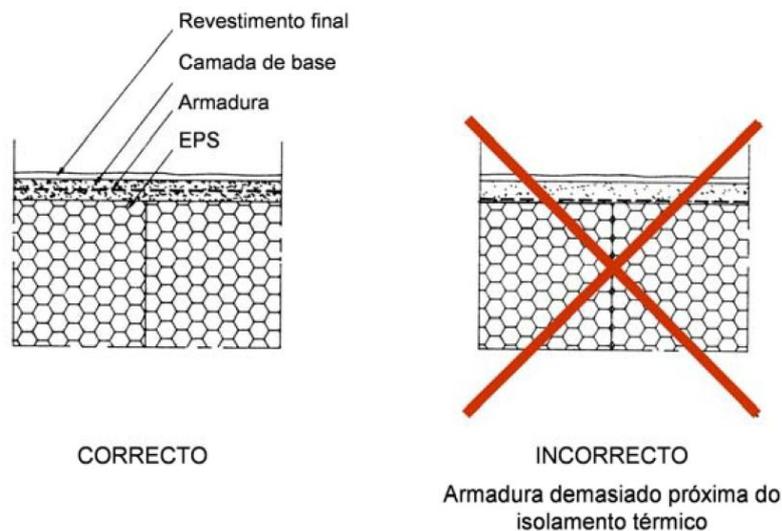


Figura 2.30 - Posicionamento da armadura [4]

Após a secagem da primeira camada é aplicada uma segunda camada de reboco de modo a envolver completamente a armadura e esta não ser perceptível ao olhar. A espessura total da camada de base sobre as placas de EPS deve ser de pelo menos 3 mm. A superfície de acabamento da argamassa de revestimento deve ser plana, sem ressaltos ou vincos e com textura uniforme em toda a extensão. [4, 18, 23, 32]

2.6.6.2. Camada de base com duas armaduras normais

A primeira camada de reboco armado é realizada como no caso em que apenas se utiliza uma única armadura normal (conforme o § 2.6.6.1). Após a secagem desta camada, é aplicada outra camada de reboco e colocada a segunda armadura normal, de preferência com as juntas desfasadas em relação à primeira. Depois de um período de secagem, aplica-se uma última camada para envolver totalmente a segunda armadura, de modo a não ser perceptível ao olhar. [4, 18]

2.6.6.3. Camada de base com uma armadura normal e uma armadura reforçada

Após a aplicação das placas de isolamento térmico, dos reforços de armadura na envolvente dos vãos e nas juntas dos perfis metálicos, mas antes de colocar os perfis de reforço, reveste-se a superfície do isolamento com uma camada de reboco. Sobre a camada ainda fresca aplica-se a armadura reforçada com uma talocha em inox. As emendas de armadura de reforço são realizadas sem sobreposição. De seguida colam-se os perfis de reforço sobre a armadura reforçada.

Após secagem da camada inicial de reboco, a superfície é revestida com uma nova camada de reboco que incorpore uma armadura normal (conforme o § 2.6.6.1). As juntas da armadura normal não deverão coincidir com as da armadura reforçada. [4, 18]

2.6.7. Aplicação da camada de primário

Depois da camada de base armada estar seca (no mínimo 24 horas), o primário é aplicado com rolo ou trincha. Poderá ser aplicada uma ou mais demãos do primário de homogeneização (Fig. 2.31). [4, 18, 24]



Figura 2.31 - Exemplificação da aplicação da camada de primário

2.6.8. Aplicação da camada de acabamento final

O revestimento final é aplicado sobre a camada de primário (após secagem), ou se esta não existir, sobre a camada de base armada. A aplicação do revestimento final deverá ser feita consoante a escolha deste e as respetivas exigências de aplicação. No caso de se optar por um acabamento com aspeto de tinta de areia (mais frequente), este deverá ser aplicado por barramento com talocha lisa em inox, de baixo para cima, apertando o material bem contra o suporte de forma a regularizar e nivelar a camada. Deve-se passar a talocha nos sentidos horizontal e vertical até obter uma camada uniforme e sem excesso de material. O acabamento é feito uma talocha plástica em suaves movimentos circulares, verticais ou horizontais, conforme a textura e efeito desejados (Fig. 2.32). Antes da aplicação, o produto deve ser misturado (com misturador elétrico) de forma a homogeneizar os seus componentes. É de referir que também poderão ser utilizados revestimentos cerâmicos, desde que sejam respeitadas as condições das fichas técnicas. [4, 18, 22, 24]



Figura 2.32 - Exemplificação da aplicação da camada de acabamento final

2.7. Tipos de ensaio de caracterização

2.7.1. Generalidades

As disposições construtivas mínimas constantes de documentos regulamentares e os ensaios de caracterização são fundamentais para determinar e avaliar o funcionamento e qualidade dos sistemas de isolamento. O CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*) desenvolveu uma classificação designada por *reVETIR*, com o intuito de ajudar na escolha criteriosa de sistemas de isolamento pelo exterior. A classificação *reVETIR* permite especificar as principais características do desempenho dos sistemas tradicionais ou não, destinados ao isolamento térmico, nomeadamente para as paredes verticais exteriores que formam a envolvente do edifício. Esta classificação aplica-se apenas a sistemas com resistência térmica igual ou superior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{° K/W}$. [33]

Não existindo nenhuma classificação do género em Portugal, pretende-se estudar esta classificação francesa fazendo-se nesta secção uma análise detalhada e procurar adaptar alguns parâmetros à realidade portuguesa.

O “Guia para ETICS”, da EOTA (*European Organisation for Technical Approvals*), menciona também alguns aspetos importantes em relação à adequabilidade deste sistema e às exigências de desempenho, assim como, métodos de verificação de variados aspetos de desempenho, critérios de avaliação, condições para conceção e execução do sistema. [16, 28]

2.7.2. Princípio e critérios de classificação

A classificação proposta no documento do CSTB tem por base sete características que se dividem em dois grupos. O primeiro grupo inclui duas características que estão relacionadas com a gestão técnica dos sistemas ao longo do tempo e que são representadas pelas letras *r* e *e*, em minúsculas. As últimas cinco características formam o 2º grupo e dizem respeito à sua aptidão de uso tendo em conta a regulamentação e legislação em vigor. São representadas pelas letras *V*, *E*, *T*, *I*, *R*, em maiúsculas. [33]

Forma-se assim a sigla *reVETIR* que, traduzindo do francês, representa o seguinte:

r - réparation → reparação (facilidade de reparar ou substituir);

e - entretien → manutenção (frequência de manutenção);

V - Vent → Vento (resistência aos efeitos do vento);

E - Etanchéité → Estanquidade (estanquidade à água, impermeabilização);

T - Tenue aux chocs → Resistência aos choques (choque e punçoamento);

I - Incendie → Incêndio (reação ao fogo);

R - Résistance thermique → Resistência térmica.

Cada uma destas características é afetada por um índice que pode ser atribuído com base em características conhecidas e verificadas, ou tendo em conta os resultados obtidos em ensaios bem definidos.

Um sistema que não obtém o nível 1 numa das sete características não pode ser classificado.

Esta classificação é independente da parede de suporte onde vai ser aplicado. É assim fundamental verificar que a parede é capaz de receber um sistema a nível de: estabilidade, estanqueidade ao ar, planimetria, aderência (caso de colagem), resistência ao arrancamento das fixações. Os níveis das características de classificação são apenas válidos se o sistema for aplicado em conformidade com os documentos de homologação e fichas técnicas.

Um sistema pode apresentar-se sob diversas variantes, sendo cada uma destas suscetível de ser classificada separadamente.

2.7.2.1. Facilidade de reparação

A facilidade de reparação consiste na maior ou menor facilidade de reparar ou de fazer reparar pontualmente um sistema.

De um modo geral, consiste numa reparação idêntica (em termos funcionais e estéticos) que seria executada por uma empresa local, podendo intervir mais de 10 anos após a sua aplicação.

A incapacidade de manter o desempenho inicial pode justificar uma classificação inferior.

No caso de reparação localizada de um sistema, pode tornar-se difícil realizar um novo revestimento totalmente idêntico ao anterior (exceto no caso de algumas placas em cerâmica, vidro, porcelana,...) devido à sujidade, envelhecimento das cores e pela dificuldade de encontrar ou fazer exatamente os mesmos tons.

Geralmente, estas diferenças são admissíveis em elementos descontínuos. No entanto, em revestimentos contínuos, a pintura deve ser feita sobre uma zona mais ampla que a área sujeita a reparação. [33]

Em França, de acordo com a classificação do CSTB, o sistema é classificado:

r1 → se a reparação é difícil e requer produtos ou componentes específicos do sistema. Compreende-se por reparação difícil, uma reparação que necessite a desmontagem do

sistema em vários m² à volta do ponto a reparar por uma empresa especializada na aplicação de um sistema deste tipo;

r2 → se a reparação é fácil, mas exige produtos ou componentes específicos do sistema, fornecido num lote mínimo ao executante no momento dos trabalhos, ou se a reparação for difícil (ver **r1**) mas pode ser feita com produtos disponíveis no mercado diversificado dos produtos de construção;

r3 → se a reparação pode ser realizada facilmente com produtos disponíveis no mercado diversificado dos produtos de construção, mas requer, em resultado de continuidade do sistema e do seu aspeto, aplicação de pintura sobre uma área mais ampla do que a de reparação;

r4 → se a reparação pode ser realizada facilmente e localmente com produtos disponíveis no mercado diversificado dos produtos de construção, sem outras intervenções.

2.7.2.2. Frequência de manutenção

Esta característica tem em conta os trabalhos de manutenção necessários para garantir a durabilidade do sistema (pintura, reparação do revestimento, etc.).

Não tem em conta os trabalhos de manutenção simples relacionados com a estética, como a limpeza normal com uma simples lavagem ou tratamento anti-fúngico.

Os diferentes níveis de classificação incidem sobre a frequência de manutenção do revestimento exterior (revestimentos, elementos planos industrializados, placas de pedra, etc.), a manutenção é realizada sem desmontagem ou remoção completa do sistema. [33]

Em França, de acordo com a classificação do CSTB, o sistema é classificado:

e1 → se necessita de manutenção num intervalo de tempo reduzido (3 a 10 anos, aproximadamente);

e2 → se necessita de manutenção num período de tempo normal (8 a 20 anos);

e3 → se o sistema é suscetível de não necessitar de manutenção, mas a sua aparência não consegue manter-se (mesmo depois de lavagem) ou se precisa de intervenções em intervalos de tempo alargados (15 anos ou mais);

e4 → se a aparência é preservada sem manutenção, além de lavagem periódica.

Os prazos apresentados correspondem à duração antes da primeira manutenção em ambiente urbano normal (segundo a norma P34-301 ou P34-310).

Na realidade, é muitas vezes difícil (por falta de experiência, estado do revestimento no momento da reparação, a natureza da reabilitação), indicar um intervalo de tempo adequado para a realização da próxima manutenção.

Deve notar-se que o período de manutenção é função não apenas das características do sistema, mas também da sua exposição a intempéries e ao meio ambiente da envolvente, podendo o tempo especificado variar dependendo da agressividade da exposição a que está sujeito.

De um modo geral não há ensaios previstos, a frequência de manutenção é avaliada caso a caso, seja por experiência, seja por ensaios específicos ao sistema ou ao revestimento protetor do revestimento exterior.

2.7.2.3. Resistência ao vento

Se os níveis mínimos de resistência útil ao vento normal (segundo a DTU “Règles NV 65”) (em Pa) forem satisfeitos tanto na pressão como depressão, um sistema é classificado segundo o CSTB, em França, como se apresenta na tabela 2.1:

Tabela 2.1 - Classificação da resistência ao vento relativamente aos níveis de pressão e depressão [33]

	Pression	Dépression
V_1	510	640
V_2	910	1 140
V_3	1 280	1 600
V_4	1 790	2 235

Geralmente, a resistência não pode ser conhecida por cálculo, obtém-se a partir de ensaios, tendo em conta a representatividade do modelo, a dispersão do desempenho dos produtos implementados e da sua evolução previsível (envelhecimento, fadiga, ...). [33]

Em Portugal, o RCCTE [13] classifica o grau de exposição ao vento das fachadas dos edifícios e das frações autónomas de acordo com o quadro IV.2, apresentado na figura 2.33:

QUADRO IV.2

Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fracção autónoma

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
Menor que 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
De 10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
De 18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
Superior a 28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

Notas

- Região A — todo o território nacional, excepto os locais pertencentes à região B.
- Região B — Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e ou de altitude superior a 600 m.
- Rugosidade I — edifícios situados no interior de uma zona urbana.
- Rugosidade II — edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural.
- Rugosidade III — edifícios situados em zonas muito expostas (sem obstáculos que atenuem o vento).

Figura 2.33 - Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fracção autónoma [13]

2.7.2.4. Estanquidade

Em função da estanquidade relativa que proporciona ao suporte, exposto diretamente à penetração de água da chuva, de acordo com a classificação do CSTB [33], em França, o sistema é classificado:

E1 → se não impede completamente que a água da chuva atinja a parede de suporte (mantendo-se as quantidades de água que atravessam o sistema a um nível reduzido) devido à ausência de corte da capilaridade entre o revestimento do sistema e o isolante e:

- ✓ da baixa impermeabilidade à água do seu revestimento final (fissuração ou forte permeabilidade);
- ✓ da forte capilaridade ou da pouca impermeabilidade do isolante.

E2 → se é capaz de se opor ao caminho da água da chuva até à parede do suporte, devido à impermeabilidade do revestimento final e do isolante, ou da presença de um corte de capilaridade entre o sistema e o isolante;

E3 → se tem, por detrás do revestimento final, dispositivos de recuperação e evacuação de eventuais infiltrações de água e desde que a infiltração de água não provoque alterações no sistema. O isolamento deve ser, além disso, não hidrófilo segundo a DTU 20.1;

E4 → se tem um revestimento final que assegure por si só estanquidade à água do sistema devido à estanquidade intrínseca do material e dos dispositivos colocados nas juntas. O isolamento deve ser, além disso, não hidrófilo sob a DTU 20.1;

Em geral, os ensaios não são necessários para decidir a classificação, sendo esta dada pelos conhecimentos adquiridos sobre os principais sistemas. A realização de ensaios pode no entanto tornar-se indispensável para sistemas novos ou pouco conhecidos. [33]

2.7.2.5. Resistência aos choques

Os níveis de resistência aos choques são definidos abaixo e anotados resumidamente, a partir de dois dados principais [33]:

- ✓ O 1º corresponde à massa do corpo de choque ou ao diâmetro do Perfotest (ensaio de perfuração);
- ✓ O 2º à energia do choque.

Os ensaios de punçamento do tipo *Perfotest* aplicam-se apenas aos sistemas com revestimento fino sobre o isolante.

Em França, de acordo com a classificação do CSTB, o sistema é classificado:

T₁- → se o sistema resiste ao choque de um corpo duro 0,5 kg/0,35 J e ao choque de um corpo mole 3 kg/3 J;

T₁₊ → se resiste ao choque de um corpo duro 0,5 kg/1 J e ao choque de um corpo mole 3 kg / body 3 J;

T₂ → se resiste ao choque de um corpo duro 0,5 kg/3 J e ao choque de um corpo mole 3 kg/10 J inalterado e ao *Perfotest* 20 mm/3.75 J, sem perfuração;

T₃ → se resiste respetivamente:

- ao choque de um corpo duro 0,5 kg/3 J;
 - ao choque de um corpo mole 3 kg/20 J;
 - ao choque de um corpo mole 50 kg/130 J;
- e ao *Perfotest* 12 mm/3.75 J, sem perfuração.

T₄ → se resiste respetivamente:

- ao choque de um corpo duro 1 kg/10 J;
 - ao choque de um corpo mole 3 kg/60 J;
 - ao choque de um corpo mole 50 kg/400 J;
- e ao *Perfotest* 6 mm/3.75 J, sem perfuração.

Os ensaios de resistência aos choques são definidos na norma experimental P08-301. Trata-se de ensaios convencionais com esfera de aço de 0,5 e 1 kg, bola esférica de 3 kg e peso esférico-cônico 50 kg.

Os ensaios de punçamento são definidos no documento “Directives UEAtc pour l’ agrément des complexes d’ isolation extérieure des façades avec enduit mince sur isolant en polystyrène expansé”. [34]

Nota: Os níveis acima correspondem à classificação seguinte da norma P08-302:

→ T_{1+} = Q1 facilmente substituível;

→ T_2 = Q1 dificilmente substituível;

→ T_3 = Q4 facilmente substituível;

→ T_4 = Q4 dificilmente substituível.

2.7.2.6. Comportamento em caso de incêndio

O critério apresentado diz respeito à classificação da reação ao fogo do sistema completo (não apenas do revestimento exterior, a não ser que este esteja em contato direto com o isolante térmico) como definido pelo decreto de 30 de junho de 1983. [33]

Em França, de acordo com a classificação do CSTB, o sistema é classificado:

I_1 → se é M.4;

I_2 → se é M.3;

I_3 → se é M.2 ou M.1;

I_4 → se é M.0.

Segundo a ETAG [28], a reação ao fogo dos ETICS deverá estar de acordo com as leis, regulamentos e administrativas aplicáveis aos ETICS e destinadas a ser utilizadas na sua aplicação. Este desempenho deve ser expresso na forma de uma classificação especificados em conformidade com a decisão da CE e a classificação padrão CEN.

2.7.2.7. Resistência térmica

A resistência térmica considerada na classificação do sistema é a resistência máxima suscetível de ser obtida com o sistema de isolamento completo. De acordo com a classificação do CSTB [33] o sistema é classificado:

R_1 → se $0,5 \leq R < 1 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$;

$R_2 \rightarrow$ se $1 \leq R < 2 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$;

$R_3 \rightarrow$ se $2 \leq R < 3 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$;

$R_4 \rightarrow$ se $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$.

2.7.3. Recomendações de utilização

2.7.3.1. Características r e e relativas à gestão técnica dos sistemas existentes

2.7.3.1.1. Facilidade de reparação

O nível de classificação dá uma indicação das restrições impostas ao sistema durante as ações de reparação ou substituição.

Este critério é tão mais importante quanto o risco de degradação é mais elevado, especialmente para os rés-do-chão tendo em conta o seu grau de acessibilidade e exposição ao choques.

Em alguns casos, a satisfação de um determinado uso é função tanto de r e de T, resistência aos choques, uma vez que se admite que a facilidade de reparação compensa a relativa fragilidade dos sistemas. [33]

2.7.3.1.2. Frequência de manutenção

A classificação fornece uma informação comparativa sobre a frequência de manutenção previsível.

A facilidade e a frequência de manutenção podem ser tidas em conta para o cálculo dos custos de manutenção do sistema. [33]

2.7.3.2. Características de aptidão de utilização

São tomadas em conta a exposição da fachada ao vento e à chuva. [33]

2.7.3.2.1. Resistência ao vento

Os níveis de pressão e depressão ao vento para um dado edifício são obtidos, a partir do DTU "Règles NV 65" (maio 1994), ou a partir de um estudo específico ou de ensaios em apropriados.

Um resumo dos principais fatores relevantes para o cálculo encontram-se no caderno do CSTB 2719 “Le Mur Manteau - Synthese des Regles et Codes” de maio de 1994.

A norma francesa apresenta uma classificação que relaciona a região onde se localiza o edifício (local normal ou exposto), com altura em metros, verificando para cada situação especificada qual a resistência ao vento mais adequada (Tabela 2.2). É importante salientar que aplicação estrita do método simplificado é limitada a uma altura de 30 m, pelo qual valores acima de 30 m têm apenas um carácter indicativo. [33]

Tabela 2.2 - Resistência ao vento em função da região e da altura do edifício [33]

Région \ Hauteur en m	Site normal				Site exposé			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
10	V ₁	V ₂	V ₂	V ₃	V ₂	V ₂	V ₂	V ₃
15							V ₃	V ₃
20			V ₃	V ₄		V ₄		
25								
30	V ₂	V ₂	V ₃	V ₃	V ₄			
35*	V ₂	V ₃	V ₄	V ₄	V ₃	V ₄	V ₄	V ₄
40*								
45*								
50*								

* L'application stricte de la méthode simplifiée est limitée à 30 m, les valeurs pour des hauteurs supérieures à 30 m n'ont donc qu'un caractère indicatif.

Para um edifício fechado isolado com base retangular satisfazendo a definição prevista no método simplificado das Regras NV 65 referidas no (Anexo 1), a escolha do sistema do ponto de vista dos riscos de degradação devido aos efeitos do vento é feito de acordo com a tabela 2.2 para um sítio normal ou exposto, se o sistema não contemplar disposições especiais em zonas de costa.

Para os sistemas de conceção diferente em zona corrente e em zona de costa, as especificações da tabela 2.2 aplicam-se apenas à resistência em depressão em zona de costa. É importante salientar que a exigência de resistência admissível em depressão é dividida por 2 em zona corrente.

2.7.3.2.2. Estanquidade

2.7.3.2.2.1. Escolha do tipo de parede em função da exposição à chuva

A tabela 2.3 especifica o tipo mínimo a prever consoante as condições de exposição (ver definição no Anexo 1):

Tabela 2.3 - Tipo de parede em função das condições de exposição [33]

Hauteur du mur au-dessus du sol	Situation a, b, c		Situation d		
	Façade abrité	Façade non abrité	Façade abrité	Façade non abrité	
				Zone littorale sauf front de mer	Front de mer
< 6 m	XI	XI	XI	XII	XII
6-18 m	XI	XII	XI	XII	XII
18-28 m	XI	XII	XI	XII	XIII
28-50 m		XIII		XIII	XIII
50-100 m		XIII		XIV	XIV

Esta tabela é retirada do Caderno do CSTB 1833 de Março de 1983 intitulado “Conditions générales d’emploi des systèmes d’isolation thermique des façades par l’extérieur faisant l’objet d’un Avis Technique” [35] onde são descritos estes tipos de paredes.

A tabela 2.4 mostra o tipo de parede a prever de acordo com a natureza da parede de suporte e da classificação do sistema.

Tabela 2.4 - Tipo de parede em função da natureza da parede de suporte e da classificação do sistema [33]

Paroi support (disposition minimale)	Classement du système	Type de mur obtenu
Maçonnerie d’éléments non enduite insuffisante pour être du type I au sens du DTU 20.1 ou béton banché à parement élémentaire	E ₁	XI
	E ₂	XII
	E ₃	XIII
	E ₄	XIV
Maçonnerie d’éléments enduite au mortier de liants hydrauliques ou béton banché à parement ordinaire, courant ou soigné	E ₁	XII
	E ₂	XIII
	E ₄	XIV

2.7.3.2.3. Resistência aos choques

A classificação mínima depende da exposição aos choques da fachada (excluindo vandalismo) [33]:

T_1 → para as zonas da fachada que não são suscetíveis de ser expostas aos choques devidos a condições ambientais;

T_{1+} → para zonas correntes em altura e rés-do-chão inacessíveis se os sistemas são de fácil reparação;

T_2 → para as zonas correntes em altura e rés-do-chão inacessíveis;

T_3 → para as zonas de rés-do-chão acessíveis mas protegidas e pouco solicitadas (em particular habitações individuais) varandas, galerias;

T_4 → para as zonas de rés-do-chão acessíveis mas não protegidas (circulação, passeio, ...).

Para as aplicações no rés-do-chão, é conveniente avaliar o risco de degradações voluntárias: riscos, escritos, sujidade. No caso de riscos elevados, é conveniente escolher um sistema “difícilmente degradável” ou “facilmente reparável” classificado r_3 . Poderão ser também consideradas outras soluções (construção com parede dupla, piso térreo tornado inacessível, ...).

Alguns sistemas classificados com T_1 ou T_2 podem eventualmente ser utilizados no piso térreo, desde que sejam facilmente reparáveis (r_3) ou suficientemente fácil de reparar (r_2); as indicações precisas são então mencionadas com a classificação. [33]

2.7.3.2.4. Comportamento em caso de incêndio

A classificação mínima de reação ao fogo a respeitar é estabelecida pela regulamentação em vigor, em França. Os principais textos relativamente às fachadas são [33]:

→ Habitação nova: decreto de 31 de janeiro de 1986 e 18 de agosto 1986;

→ Habitação existente: circular de 13 de dezembro de 1982;

→ Edifícios públicos (disposições gerais ERP): decretos de 25 de junho de 1980 e 22 de dezembro 1981;

→ Edifícios altos: decretos de 18 de outubro de 1977 e 22 de outubro de 1982;

→ Instrução técnica fachadas nº 249 de 21 de junho de 1982 e modificação para Circular 3 de julho de 1991.

Estes documentos legais franceses exigem, além disso, satisfazer a regra C + D e respeitar os valores exigidos para a carga combustível da fachada e do seu revestimento. Este último requisito, não pode evidentemente ser aplicado apenas ao sistema de isolamento, na medida em que por um lado, a parede de suporte (natureza e forma) intervém diretamente e, por outro lado, a carga de combustível do sistema de isolamento é geralmente função da espessura de isolamento e às vezes da densidade do sistema estrutural. [33]

Quanto à classificação da reação ao fogo do sistema completo, a aplicação da regulamentação para novas obras apresenta-se na tabela 2.5:

Tabela 2.5 - Classificação dos valores máximos da reação ao fogo [33]

Type de bâtiment		Niveau minimal requis selon présent classement	Classement maximal correspondant
Habitat 1 ^{re} famille avec distance à limite de parcelle supérieure à 4 m		I ₁	M.4
Habitat 1 ^{re} famille autre cas et habitat 2 ^e famille		I ₂	M.3
Habitat 3 ^e et 4 ^e familles et ERP	en étage avec P/H ≥ 0,8	I ₂	M.3
	rez-de-chaussée et en étage avec P/H ≤ 0,8	I ₃	M.2
IGH		I ₄	M.0
P : distance minimale à laquelle peut se trouver l'immeuble vis-à-vis. H : hauteur la plus élevée des deux immeubles.			

No entanto, os sistemas com paramentos de madeira podem ficar isentos da aplicação desta tabela nos termos dos artigos 12 e 13 do Decreto de 31 de janeiro de 1986, para habitações novas.

2.7.3.2.5. Resistência Térmica

O cálculo das perdas e necessidades tem de incluir a envolvente do edifício e, por conseguinte, não pode ser definido um nível específico apenas para as paredes de suporte. Este cálculo do balanço térmico do edifício, leva a determinar, para o sistema de isolamento exterior, uma resistência térmica R. Na escolha deve portanto, considerar-se apenas os sistemas cuja classificação permite satisfazê-lo, isto é em que o nível é pelo menos [33]:

$$R_1 \rightarrow \text{se } R \geq 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W};$$

$$R_2 \rightarrow \text{se } R \geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W};$$

$R_3 \rightarrow se R \geq 2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K/W};$

$R_4 \rightarrow se R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K/W}.$

O cálculo do balanço térmico deve ser realizado de acordo com os DTU “Règles Th-G” e “Règles Th-K” relativos às características térmicas dos edifícios.

Além disso, os valores da resistência térmica devem cumprir os requisitos mínimos previstos no documento “Solutions Techniques pour le respect du reglement thermique”:

- ✓ Habitações individuais - Caderno do CSTB 2242 de maio de 1988;
- ✓ Edifícios coletivos (menos de 50 apartamentos) - Caderno do CSTB 2390 de janeiro/fevereiro de 1990.

2.8. Patologias em ETICS

A aplicação do sistema ETICS requer mão de obra especializada, assim como boas condições atmosféricas no momento de aplicação e secagem dos seus componentes. No entanto, estes critérios nem sempre são cumpridos, e encontram-se aplicadores com pouca ou até nenhuma formação, que acabam por cometer erros na aplicação do sistema que se refletem posteriormente.

Alguns constituintes do sistema são preparados em obra, razão pela qual as suas características e/ou comportamento podem ser alterados devido ao modo de preparação e condições necessárias.

As condições atmosféricas também são determinantes, devendo-se evitar temperaturas muito baixas ou muito altas, sendo aconselhado aplicar o sistema entre 5°C a 30°C. Também não se deve aplicar sob sol, ventos fortes ou chuva, sobre suporte gelado, em degelo ou em risco de gelar nas 24 horas seguintes.

As características da argamassa de colagem e do reboco poderão ser alteradas devido ao desrespeito das dosagens especificadas pelo fabricante, à falta de homogeneização da mistura ou adição de água desnecessária. Quando aplicados em condições atmosféricas adversas poderá provocar a perda de capacidade de aderência e coesão da argamassa. [10, 18]

Quando não são satisfeitas estas condições o sistema fica sujeito à degradação do seu estado inicial, conseqüentemente acarreta riscos para o futuro. O desempenho de todo o sistema é afetado, manifestando-se através do aparecimento de variadas patologias. [10]

Das diversas patologias que podem surgir na aplicação deste sistema as mais frequentes são [10, 36]:

1. Destacamento do revestimento
2. Fissuração do revestimento
3. Empolamento do revestimento
4. Dessolidarização parcial ou total do sistema
5. Desenvolvimento microbiológico
6. Deficiente planimetria do sistema
7. Heterogeneidade na cor ou textura da superfície
8. Visualização/demarcção das juntas das placas
9. Empolamento das placas
10. Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço
11. Perfuração do sistema
12. Degradação em zonas térreas

2.8.1. Destacamento do revestimento

O destacamento consiste na perda total ou parcial da aderência do revestimento ou de uma das suas camadas, originando descontinuidades na superfície por falta de material (Fig. 2.34). [37]



Figura 2.34 - Destacamento do revestimento - Faculdade de Engenharia (UBI)

O aparecimento de microfissuras no acabamento final, pode provocar o destacamento gradual ou até a queda do mesmo, quando sujeito à ação de agentes exteriores (biológicos, climatéricos,...) e outros fatores. [36]

O destacamento afeta não só o aspeto estético das fachadas, assim como a proteção que o revestimento confere ao suporte e às paredes dos edifícios, facilitando a penetração de água e agentes destrutivos. [37]

As principais causas que provocam este tipo de anomalia são [10, 18, 36]:

- ✓ Condições atmosféricas adversas durante a aplicação;
- ✓ Suportes com teores de humidade elevados ou que se encontrem muito quentes;
- ✓ Desrespeito das dosagens especificadas pelo fabricante na preparação do reboco;
- ✓ Mau estado de conservação dos materiais no momento da aplicação (deficiência de armazenamento);
- ✓ Aplicação do reboco sobre placas de poliestireno degradadas;
- ✓ Espessura de recobrimento da armadura insuficiente;
- ✓ Ausência da camada de primário entre a camada de base e o revestimento final;
- ✓ Incompatibilidade de materiais;
- ✓ Deficiente aplicação do reboco e/ou revestimento final;
- ✓ Incumprimento dos intervalos de secagem;
- ✓ Utilização de materiais não homologados;
- ✓ Infiltrações de água no sistema;
- ✓ Ação dos agentes exteriores;
- ✓ Peso excessivo.

De modo a evitar este tipo de anomalias deverá existir algum tipo de fiscalização e controlo durante aplicação, a fim de evitar o desrespeito das condições de aplicação e garantir a correta aplicação do revestimento. Assim sendo, prevê-se a utilização de materiais homologados e em bom estado de conservação, condições favoráveis de execução e garante-se a qualidade na aplicação, que deverá ser feita por mão de obra especializada. [10]

2.8.2. Fissuração do revestimento

A fissuração é uma das anomalias mais relevante e complexa do sistema ETICS, manifestando-se nas mais variadas formas originando diversos fenómenos de fissuração. [10, 16, 36] Esta patologia tem uma grande influência no comportamento do sistema, visto que o seu aparecimento poderá afetar a capacidade de impermeabilização do revestimento, que, ao permitir o acesso da água e de outros agentes agressivos, reduz a durabilidade do revestimento, afeta o conforto termo-higrométrico e a estética. [12, 37]

As fissuras são aberturas de pequena dimensão, superficiais ou em toda a espessura do revestimento ocorrendo com ou sem direção preferencial. [37]

Os principais fenómenos de fissuração e mais frequentes no sistema ETICS são:

- ✓ Fissuração de extensão e direção variável (Fig. 2.35);

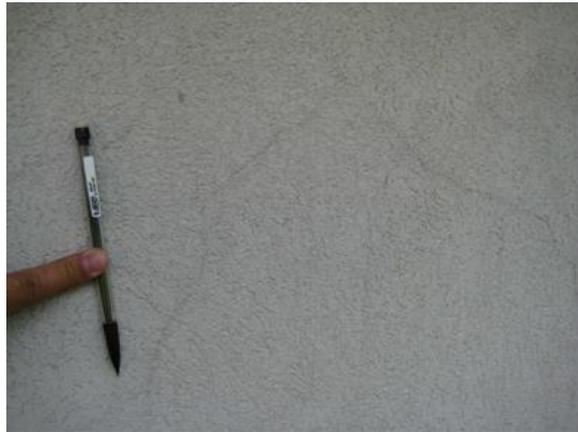


Figura 2.35 - Fissuração de extensão e direção variável [16]

- ✓ Fissuração diagonal, de extensão limitada, junto a cantos de janelas (Fig. 2.36);



Figura 2.36 - Fissuração diagonal, de extensão limitada, junto a cantos de janela - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)

- ✓ Fissuração nas imediações de juntas de dilatação (Fig. 2.37);

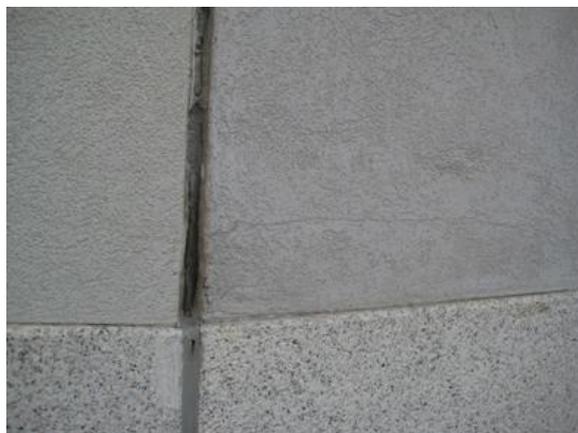


Figura 2.37 - Fissuração nas imediações de juntas de dilatação [16]

- ✓ Fissuração junto a elementos construtivos (caixilharias, peitoris, etc.) (Fig. 2.38);



Figura 2.38 - Fissuração do remate junto ao peitoril de janela - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)

- ✓ Fissuração junto à transição de corpos de dimensão distinta (Fig. 2.39);



Figura 2.39 - Fissuração junto à transição de corpos de dimensão distinta [16]

- ✓ Microfissuração reticulada e ortogonal com passo de 2 a 4 cm do acabamento final (Fig. 2.40);

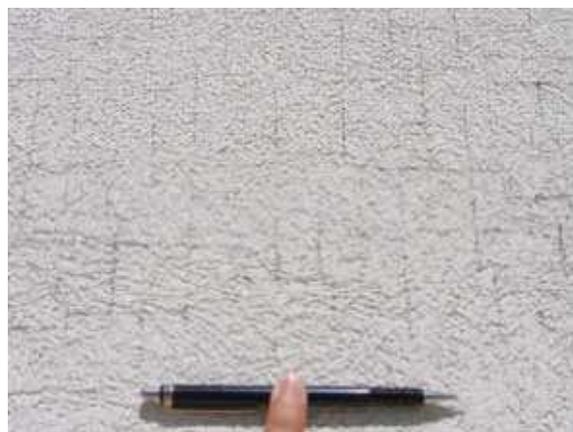


Figura 2.40 - Microfissuração reticulada e ortogonal com passo de 2 a 4 cm do acabamento final [16]

- ✓ Fissuração vertical com espaçamento regular sobre cantoneiras de arranque (Fig. 2.41);



Figura 2.41 - Fissuração vertical com espaçamento regular sobre cantoneiras de arranque [16]

- ✓ Fissuração sobre as juntas das placas (Fig. 2.42);



Figura 2.42 - Fissuração sobre as juntas das placas [10]

- ✓ Fissuração larga no revestimento do isolante (Fig. 2.43);



Figura 2.43 - Fissuração larga no revestimento do isolante [16]

- ✓ Fissuração aleatória do revestimento do isolante (Fig. 2.44).



Figura 2.44 - Fissuração aleatória do revestimento isolante [16]

2.8.3. Empolamento do revestimento

O empolamento consiste numa deformação convexa no revestimento (para o exterior), provocada pela perda de aderência localizada de uma ou mais camadas que constituem o revestimento (Fig. 2.45). Esta patologia manifesta-se com o aparecimento de bolhas na superfície do revestimento, devido à retenção de ar, humidade ou incompatibilidade do revestimento. Na maior parte dos casos, apenas afeta o aspeto estético, no entanto ao longo do tempo tende a expandir-se provocando a rotura da zona empolada, fissurando e originando o destacamento do revestimento. [10, 16, 37]



Figura 2.45 - Empolamento do acabamento [16]

Geralmente, este tipo de anomalia surge devido às condições de aplicação do reboco ou do revestimento, nomeadamente [10, 12, 18, 37]:

- ✓ Condições de aplicação desfavoráveis (temperaturas elevadas, ventos fortes, ...);

- ✓ Incumprimento dos intervalos de secagem entre as demãos;
- ✓ Degradação ou deficiente execução de diversos elementos construtivos da envolvente exterior (por exemplo rufos, peitoris ou juntas de dilatação);
- ✓ Presença de humidade excessiva ou infiltrações de água na base (devido a erros de construção);
- ✓ Ausência de alguma camada do revestimento;
- ✓ Aplicação de materiais inadequados e incompatíveis.

Como forma preventiva deste tipo de anomalias deverá garantir-se a correta execução dos pontos singulares, sendo fundamental o acompanhamento e fiscalização da obra. A utilização de sistemas homologados e a sua correta aplicação permitirá também evitar o aparecimento indesejável deste género de patologias. Ao longo do tempo, deverá ser garantida uma manutenção adequada, sendo esta determinante para evitar o aparecimento de empolamentos do revestimento. [10, 16]

2.8.4. Dessolidarização parcial ou total do sistema

O descolamento do sistema do respetivo suporte é um dos fenómenos menos comum relativamente aos outros tipos de anomalias, no entanto é aquele que é considerado mais gravoso e que põe em causa o desempenho do sistema ETICS (Fig. 2.46). O descolamento poderá ser parcial ou total provocando a queda do sistema de isolamento (ETICS). [10, 36]



Figura 2.46 - Dessolidarização e queda generalizada do sistema [10]

As principais causas associadas a esta anomalia são a deficiente preparação do suporte e a má execução e aplicação do sistema, nomeadamente [10, 18, 36]:

- ✓ Deficiente preparação do suporte, que apresenta sujidades, poeiras, óleos de descofragem ou produtos hidrófugos;
- ✓ Condições climatéricas desfavoráveis à aplicação do sistema (suportes gelados ou muito molhados, temperaturas baixas e tempo húmido);
- ✓ Aplicação do sistema sobre suportes com revestimentos orgânicos (pinturas, revestimentos impermeáveis, entre outros);
- ✓ Deficiente colagem das placas, devido à má repartição do produto de colagem nas placas de isolante, assim como, pela deficiente compressão das mesmas contra o suporte (não garantindo um contato suficiente entre a cola e o suporte);
- ✓ Deficiente fixação mecânica, devido à utilização de buchas não homologadas ou inadequadas ao suporte, à sua má aplicação na obra, assim como, à densidade insuficiente de buchas face à exposição da fachada ao vento;
- ✓ Deficiente proteção superior da parede (rufos, capeamentos, etc.) e consequente infiltração de água para o tardo do sistema;
- ✓ Má execução de pontos singulares (caixilharias, peitoris, etc.);
- ✓ Movimentos acentuados do suporte incompatíveis com a estabilidade do sistema.

Relativamente às condições do suporte e aplicação do sistema, é importante referir que os produtos de colagem normalmente utilizados, constituídos à base de cimento, quando aplicados sobre revestimentos de ligantes orgânicos, produzem reações químicas lentas que conduzem geralmente ao descolamento do ETICS do seu suporte. Quando a aplicação é feita com temperaturas baixas ou tempo húmido os tempos de secagem da camada de colagem deverão ser maiores, de modo a evitar descolamentos parciais e outros géneros de perturbações posteriores.

A única forma de evitar este tipo de anomalia será de garantir a correta execução do sistema ETICS, com particular atenção nos pontos singulares, sobre um suporte devidamente preparado.

2.8.5. Desenvolvimento microbiológico

O desenvolvimento de microrganismos biológicos na superfície dos revestimentos do ETICS, é provavelmente a maior vulnerabilidade deste sistema, visto que ainda não existem nenhum tipo de medidas preventivas capazes de evitar este fenómeno. [36] As manchas resultantes do desenvolvimento biológico são provocadas por microrganismos de origem animal ou vegetal, tais como algas, fungos, musgos, líquenes ou vegetação parasitária. Na maior parte dos casos os microrganismos que se desenvolvem são as algas (cor verde), no entanto também é

frequente o aparecimento de fungos (bolor negro) e líquenes (cor variável) (Fig. 2.47). [10, 37]



Figura 2.47 - Desenvolvimento Microbiológico

A manifestação desta anomalia implica que se verifiquem determinadas condições, no entanto a mais influente é a presença de um nível elevado de humidade atmosférica, ou seja, um ambiente húmido. As restantes condições variam consoante a origem dos microrganismos, isto é, os microrganismos de origem animal, como os fungos, desenvolvem-se em ambientes sombrios, com pouca ventilação e com presença de material orgânico e os de origem vegetal, como as algas, desenvolvem-se em ambientes quentes, com exposição de radiação solar e com presença de dióxido de carbono. Esta anomalia tem um maior impacto em superfícies rugosas, isto é, os revestimentos texturados possibilitam uma maior fixação de partículas, poeiras ou microrganismos. [12, 37]

Esta manifestação patológica afeta principalmente o carácter estético do edifício, principalmente em revestimentos de cor clara, desfavorecendo esta solução visto que causa um aspeto desagradável de envelhecimento prematuro das construções. Ao longo do tempo, verifica-se uma gradual deterioração dos revestimentos e do próprio suporte.

Como forma preventiva deverá evitar-se que ocorram escorrências nas fachadas, e se possível evitar a existência de vegetação próximo a estas. Sendo assim, reforça-se a ideia de ter em especial atenção os pontos singulares (peitoris, platibandas, etc.). Para evitar esta patologia também se poderá proceder à aplicação de repelente ou produtos fungicidas, assim como, garantir a manutenção do sistema mais concretamente a limpeza das fachadas.

2.8.6. Deficiente planimetria do sistema

A deficiente planimetria do sistema encontra-se associada a diferentes tipos de causas, tais como choques devido à circulação de veículos, uso de andaimes do tipo bailéu, remates

devido as fixações de andaimes às paredes, aplicação irregular da camada de colagem, recobrimento insuficiente das placas e falta de regularidade das mesmas (Fig. 2.48). [10, 36]

A norma do CSTB [18], refere que num suporte plano os desvios da superfície do sistema, medido com uma régua de 2 m, não devem exceder os 7 mm.

A falta de planimetria do sistema favorece o aparecimento de outras patologias. Quanto mais irregular for uma superfície, menos auto-lavável será e, por consequência, maior será a probabilidade de se acumularem poeiras e outras sujidades, assim como, o aparecimento de outras anomalias. [10, 36]



Figura 2.48 - Deficiente planimetria do sistema - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)

De modo a evitar esta anomalia, não deverão ser usados andaimes do tipo bailéu nem outros elementos que possam afetar a planeza do sistema ETICS. É importante garantir o reforço das zonas acessíveis suscetíveis a choques de veículos ou de outros objetos com aplicação de um lambril (com altura mínima de 2,0 m) resistente a este tipo de choques, ou optar por colocar obstáculos (passeios, guarda corpos, etc.) que evitem a colisão com a parede. [10, 36]

Quanto ao aspeto construtivo também terá que se garantir uma adequada seleção dos materiais, nomeadamente materiais homologados, e a correta aplicação dos mesmos.

2.8.7. Heterogeneidade na cor ou textura da superfície

Quando são verificadas heterogeneidades na cor ou textura da superfície após a execução da obra, revela que houve deficiências na aplicação do sistema. Este tipo de anomalia está relacionado com as condições atmosféricas durante aplicação, com a ausência da camada do

primário, ou então, a utilização de produtos inadequados e que não são homologados. A afinação das cores em diferentes lotes de produção poderá também influenciar na cor final da superfície, manifestando-se vários tons nas fachadas das obras. No que diz respeito à textura existem vários tipos de acabamento, no entanto, deverá ter-se em atenção para não existirem variações quando se realiza o acabamento para evitar um aspeto inestético da fachada.

Ao longo do tempo, também se verificam alterações nas cores da superfície provocadas por anomalias ou defeitos na execução dos elementos construtivos que dão origem a escorrimentos anómalos de água nas fachadas, ou então pela acumulação de poeiras e sujidades e pela oxidação de elementos metálicos existentes na fachada, nomeadamente caixilhos e capeamentos (Fig. 2.49 e 2.50). [10, 16, 36]



Figura 2.49 - Manchas de escorrimento - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)



Figura 2.50 - Manchas de escorrimento

No entanto, é importante referir que as alterações de cor e brilho nos revestimentos fazem parte do envelhecimento natural do revestimento devido à ação dos agentes de degradação,

tais como a exposição solar, exposição ao vento e à poluição atmosférica, a presença de humidade presente na envolvente do edifício. [36, 37]

Este tipo de anomalia contribui para a perceção da degradação da fachada, ou seja, tem um carácter essencialmente estético o que conseqüentemente leva à desvalorização do edifício. [37]

Como já foi referido anteriormente, a alteração de cor poderá ser consequência do envelhecimento natural do revestimento por isso uma das formas preventivas desta anomalia é uma correta manutenção do sistema, isto é, realizar a limpeza das fachadas e até mesmo uma renovação de pintura. No entanto, é preciso referir que a questão da heterogeneidade e também alguns tipos de alteração da cor são consequência da execução, isto é, deverá garantir-se que os elementos construtivos são executados corretamente para evitar os escorrimentos, a utilização de mão de obra especializada e produtos homologados e em bom estado de conservação, e ainda a utilização de materiais resistentes à oxidação nos diversos elementos que integram a fachada. O respeito pelas condições atmosféricas adequadas para a execução do revestimento e aplicação contínua do revestimento poderá evitar o aparecimento de diferentes tonalidades ao longo da fachada. [10, 16, 36]

2.8.8. Visualização/demarcação das juntas das placas

Este tipo de anomalia ocorre quando é perceptível visualizar a delimitação das juntas das placas do isolante através do revestimento, sendo mais visível nos períodos em que se registam temperaturas elevadas e radiação solar direta na fachada (Fig. 2.51 e 2.52). [10, 36]

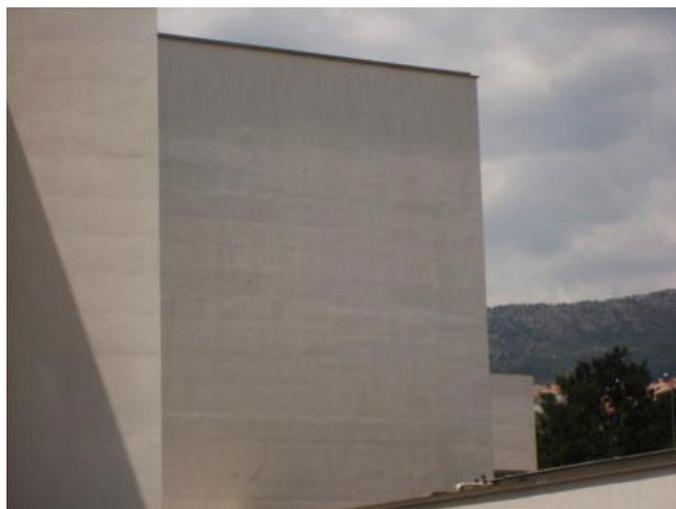


Figura 2.51 - Demarcação das juntas das placas - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)



Figura 2.52 - Demarcação das juntas das placas - Faculdade de Engenharia (UBI)

As causas apontadas a este tipo de patologia são a possibilidade de ter ocorrido um ligeiro empolamento da superfície exterior das placas devido às solicitações higrotérmicas, ou então casos de deficiências de regularidade dimensional das placas ou até mesmo desfasamentos da planimetria das mesmas (desníveis). No caso das solicitações térmicas, estas provocam uma expansão transversal no EPS, apesar de o EPS ter um baixo módulo de elasticidade transversal comparativamente com outros isolantes. Consequentemente, ocorre o empolamento da superfície exterior das placas tornando-se perceptível a sua demarcação no revestimento do ETICS e a visualização das juntas das placas. [10, 16, 36]

A norma do CSTB [18], refere que não devem existir desníveis entre placas adjacentes, devendo proceder à sua regularização com uma talocha abrasiva ou material equivalente, no caso da sua existência. Sobre um suporte plano, a planimetria do sistema, medida com o auxílio de uma régua de 2 metros, deve ser no máximo de 7 mm. [18] Dado isto, é importante garantir a regularização das placas e evitar desníveis na aplicação das diferentes fases do sistema, sendo importante respeitar as regras e normas de aplicação do sistema.

A existência de desvios de alguns milímetros entre placas será suficiente para serem detetados com luz rasante, tornando possível a visualização da demarcação das juntas.

Este tipo de patologia é considerado para muitos autores como uma desvantagem deste tipo de revestimento e não propriamente anomalia, visto que este fenómeno não afeta as principais funções do sistema (isolamento e estanqueidade), sendo apenas de carácter estético e visual durante curtos períodos de tempo. [36]

A melhor forma para evitar e prevenir a origem desta patologia será proceder-se a uma correta execução e aplicação do sistema sobre um suporte regular, com placas de EPS regularizadas dimensionalmente e se possível a utilização de placas de juntas de meia madeira ou macho-fêmea, utilizando a maior espessura praticável na camada de base. [10, 36]

2.8.9. Empolamento das placas

O empolamento das placas consiste numa irregularidade acentuada da superfície do ETICS. É mais relevante que o fenómeno anterior da visualização das juntas das placas, no entanto, é uma patologia pouco frequente no ETICS (Fig. 2.53). [10, 16, 36]



Figura 2.53 - Empolamento das placas [16]

A deficiente execução do sistema é a principal origem desta anomalia, isto é, quando a aplicação do sistema é feita sobre suportes irregulares, deficiente colagem das placas do isolante ao suporte ou entrada de água pelo tardo do ETICS. Estes erros de execução associados às solicitações higrotérmicas, provocam expansões nas placas de EPS originando o empolamento das mesmas. Consequentemente, poderá originar a fissuração do revestimento nas zonas mais tracionadas, o descolamento parcial ou total das placas afetadas e aumentar a probabilidade de acumulação de sujidades e outras substâncias, assim como a deficiente planeza do sistema. Os esforços provocados pela fixação mecânica de andaimes, ou outros equipamentos, também poderão estar na origem desta anomalia. [10, 36]

A fim de evitar o empolamento das placas salienta-se a importância de se fazer uma correta aplicação do sistema, assim como uma boa e adequada execução dos remates da envolvente exterior, tendo cuidado na utilização de andaimes durante e após a construção (não devem ser utilizados andaimes tipo bailéu). [10, 36]

2.8.10. Deterioração do revestimento das cantoneiras de reforço

Este tipo de anomalia caracteriza-se através da existência de uma fissuração longitudinal do revestimento do perfil ao longo do seu comprimento, com possível desenvolvimento para dessolidarização e queda do mesmo. Em determinadas situações verifica-se casos de dupla fissuração, pois coincide com os bordos do perfil. A origem desta patologia estará nas dilatações e contrações incompatíveis entre a cantoneira e o revestimento, associada por vezes à deficiente aplicação dos perfis de reforço e à utilização de materiais não homologados, assim como, a deficiente execução do revestimento da cantoneira (Fig. 2.54). [10, 36]



Figura 2.54 - Degradação do revestimento do perfil de arranque - Faculdade de Ciências da Saúde (UBI)

A norma do CSTB [18], não apresenta um pormenor específico da ligação do sistema ETICS com os lambris das fachadas, conduzindo à improvisação na aplicação do sistema. No entanto, nesta mesma norma, é referida a necessidade de criar juntas em zonas de contato com elementos rígidos (por exemplo caixilharias, peitoris, lambris) preenchidas com mástique, a fim de absorver os deslocamentos diferenciais do ETICS, provocados por solicitações higrótérmicas. [10, 36]

Para evitar este tipo de anomalia deverão ser evitados erros de conceção e/ou execução e garantir-se a utilização de produtos homologados, nomeadamente perfis com geometria e constituição homologada e com um tipo de furação regulamentada para garantir aderência do revestimento. [10, 36]

2.8.11. Perfuração do sistema

Esta anomalia consiste na rotura localizada do sistema devido a um choque provocado na superfície do sistema. Para além do revestimento exterior ficar danificado, também poderá

ocorrer o rompimento da rede fibra de vidro, assim como, a degradação do revestimento do isolante e do próprio isolante (Fig. 2.55). [10, 36]



Figura 2.55 - Perfuração no sistema ETICS - Faculdade de Engenharia (UBI)

Este é um tipo de anomalia frequente no sistema ETICS visto que este apresenta uma reduzida resistência ao choque (punção). O revestimento do isolante armado, sendo a única camada que contribui para a resistência do conjunto, não consegue garantir níveis satisfatórios de resistência do sistema. [10, 36] Esta anomalia poderá ser consequência de choques fortuitos, causados por pessoas ou veículos, e até mesmo resultado de casos de vandalismo.

De modo a evitar este tipo de anomalia é importante proceder ao reforço das zonas acessíveis e suscetíveis a choques, através do reforço de armadura ou com a utilização de lambris.

2.8.12. Degradação em zonas acessíveis

A degradação em zonas térreas resulta de erros de execução e é frequente quando não se protege nem reforça o sistema nessas zonas mais propícias a serem danificadas, nomeadamente todas as zonas acessíveis e suscetíveis a choques acidentais (Fig. 2.56 a 2.58). Verifica-se assim nessas zonas danos no sistema que poderá afetar uma ou mais camadas, isto é, este tipo de anomalia encontra-se associada à referida anteriormente (perfuração do sistema). No entanto, esta anomalia poderá também resultar de sistemas de drenagem danificados, inadequados e incompatíveis com o sistema, e problemas associados ao fenómeno da ascensão capilar. [36]

Como medidas preventivas para evitar esta anomalia será importante garantir a proteção e reforço do sistema em zonas acessíveis e utilizar sistemas de drenagem adequados.



Figura 2.56 - Choque provocado por veículo [36]



Figura 2.57 - Choque provocado por máquina corta-relva [36]



Figura 2.58 - Choque provocado pelo fecho da porta [36]

Para além das patologias já apresentadas muitas outras poderiam ser descritas. A seguir apresentam-se alguns exemplos de outros tipos de patologias que se podem ver nos edifícios onde é aplicado de forma incorreta o sistema ETICS (Fig. 2.59 a 2.61).



Figura 2.59 - Deficiência no remate entre parede vertical e rufo de cobertura



Figura 2.60 - Deficiência nos remates e diferentes espessuras do isolante



Figura 2.61 - Fissuração na ligação do sistema com o revestimento anterior

Capítulo 3

Fichas de verificação e sua aplicação a casos de estudo

3. Fichas de verificação e sua aplicação a casos de estudo

3.1. Generalidades

3.2. Elaboração das fichas de verificação

3.3. Aplicação das fichas de verificação

3.4. Análise da aplicação das fichas de verificação

3. Fichas de verificação e sua aplicação a casos de estudo

3.1. Generalidades

Em Portugal, a aplicação do sistema ETICS ainda padece de algumas deficiências e erros de execução sendo a fiscalização e o controlo da conformidade fundamentais para garantir a qualidade e correta aplicação do sistema. De acordo com o conhecimento já adquirido pretende-se verificar quais as condições de aplicação do sistema, se são ou não cumpridas as normas de execução e aplicabilidade do sistema.

O objetivo é acompanhar as diferentes fases de execução do sistema ETICS em várias obras, nomeadamente de reabilitação térmica, de modo a verificar e registar, em cada uma delas, as condições de preparação dos trabalhos, a aplicabilidade e o modo de execução a fim de detetar quais os erros mais frequentes na sua utilização. Para facilitar a verificação da correta execução das tarefas em obra, foram desenvolvidas fichas de verificação, de acordo com as normas de aplicação do CSTB e os documentos técnicos existentes, obtendo-se assim uma base de informação específica para cada obra. De modo a complementar o trabalho de verificação procedeu-se ao levantamento fotográfico da aplicação do sistema.

3.2. Elaboração das fichas de verificação

As fichas de verificação elaboradas visam melhorar e facilitar a inspeção dos trabalhos em cada obra, sendo que foram elaboradas três fichas diferentes (Anexo 2).

A primeira ficha diz respeito à verificação dos Elementos de Projeto e Contrato, nos casos que existam e se tenha acesso a essas informações.

A segunda é uma ficha de verificação dos Elementos de Produção, e por fim a terceira é uma ficha de verificação periódica das condições de execução, sendo que existe uma versão 3A para a verificação de execução em construção nova e uma versão 3B para a verificação de execução em reabilitação. A elaboração destas fichas teve em especial consideração as normas do CSTB, documentos de homologação, fichas técnicas e a dissertação de mestrado “Metodologia da fiscalização de obras - Planos de controlo de conformidade de fachadas”. [4, 17, 18, 23 - 25, 29, 38 - 40]

As fichas são estruturadas em vários campos através de quadros de preenchimento, em espaços para especificar tarefas, equipamentos, mão de obra ou mesmo materiais utilizados e em espaços de verificação de conformidade ou não conformidade. [38]

Estas fichas permitem compilar toda a informação necessária, e servir de guia ao técnico, auxiliando a verificação de todos os aspetos a controlar.

O primeiro campo consiste na identificação da obra, do local e da referência da própria ficha (Fig. 3.1). Este é o primeiro campo de qualquer uma das fichas (1, 2, 3A, 3B). Para além de se estabelecer uma referência a cada obra, surge também uma referência à ficha em causa, sendo que para a primeira ficha - ELEMENTOS DE PROJETO E CONTRATO considerou-se a sigla PC, para identificar a segunda ficha - ELEMENTOS DE PRODUÇÃO utilizou-se a sigla EP, para a ficha 3A - FICHA DE VERIFICAÇÃO PERIÓDICA DAS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO EM CONSTRUÇÃO NOVA estabeleceu-se a sigla ETN e por fim, para a ficha 3B - FICHA DE VERIFICAÇÃO PERIÓDICA DAS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO EM REABILITAÇÃO a sigla ETR.

1. IDENTIFICAÇÃO					
Obra:	<input type="text"/>				
Local:	<input type="text"/>				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">REF. ^a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	REF. ^a		<input type="text"/>	<input type="text"/>
REF. ^a					
<input type="text"/>	<input type="text"/>				

Figura 3.1 - Identificação da obra

O segundo campo (Fig. 3.2) complementa o primeiro, pois permite a identificação da ficha, designando o fim a que se destina a ficha. Este campo também é aplicável a qualquer uma das fichas (1, 2, 3A, 3B).

2. TÍTULO
<input type="text"/>

Figura 3.2 - - Título

Os campos seguintes são específicos de cada ficha, e por isso diferem consoante o tipo de verificação a efetuar.

Na ficha nº1 - ELEMENTOS DE PROJETO E CONTRATO o terceiro campo (Fig. 3.3) diz respeito à análise prévia do projeto. Pretende-se verificar a existência de projeto e de pormenores para as zonas singulares, a descrição dos materiais previstos e da forma de execução dos trabalhos e a existência do caderno de encargos com as condições técnicas para o desenvolvimento dos trabalhos.

3. ANÁLISE PREVIA DO PROJETO	
Existe projeto?	<input type="text"/>
Existem pormenores para os pontos singulares?	<input type="text"/>
Cunhais	<input type="text"/>
Vãos	<input type="text"/>
Arranque	<input type="text"/>
Ligações com elementos salientes	<input type="text"/>
Juntas de dilatação	<input type="text"/>
Remate com a cobertura	<input type="text"/>
Zonas expostas a ações de especial agressividade (ate 2m de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, etc)	<input type="text"/>
Materiais previstos:	
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	
Existe a descrição da forma de execução dos trabalhos?	<input type="text"/>
Existe caderno de encargos com as condições técnicas especiais de desenvolvimento dos trabalhos?	<input type="text"/>

Figura 3.3 - Análise Prévia do Projeto

O quarto campo diz respeito à análise da proposta de execução dos trabalhos (Fig. 3.4), através do qual se pretende verificar se existe uma descrição completa sobre os materiais a utilizar e da forma de execução dos trabalhos, e a existência de um contrato para a execução dos trabalhos.

4. ANÁLISE DA PROPOSTA DE EXECUÇÃO DOS TRABALHOS	
Existe descrição completa sobre os materiais a utilizar?	<input type="text"/>
Existe descrição completa sobre a forma de execução dos trabalhos?	<input type="text"/>
Existe algum contrato para a execução dos trabalhos?	<input type="text"/>

Figura 3.4 - Análise da Proposta de execução dos trabalhos

No quinto campo - Elementos de Projeto (Fig. 3.5), destina-se à compilação da informação de determinados pontos singulares e pormenores construtivos complementada pelas respetivas peças desenhadas, isto no caso de existir e se ter acesso ao projeto. É importante a sua existência pois permite o conhecimento das condições técnicas e a informação relativa à execução da tarefa em causa.

5. ELEMENTOS DO PROJETO			
1-	<table border="1"> <tr> <td>Pormenor Construtivo</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Pormenor Construtivo	
Pormenor Construtivo			
2-	<table border="1"> <tr> <td>Pormenor Construtivo</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Pormenor Construtivo	
Pormenor Construtivo			
3-	<table border="1"> <tr> <td>Pormenor Construtivo</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Pormenor Construtivo	
Pormenor Construtivo			
4-	<table border="1"> <tr> <td>Pormenor Construtivo</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Pormenor Construtivo	
Pormenor Construtivo			
5-	<table border="1"> <tr> <td>Pormenor Construtivo</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>	Pormenor Construtivo	
Pormenor Construtivo			

Figura 3.5 - Elementos do Projeto

O sexto campo desta primeira ficha diz respeito às condições do suporte (Fig. 3.6), visto que a forma de aplicação do sistema ETICS poderá variar consoante o suporte, como é nos casos de construção nova ou reabilitação. Até poderão ser necessárias algumas medidas preventivas tendo em conta o estado em que este se encontra.

6. CONDIÇÕES DO SUPORTE	
Tipo de suporte:	<input type="text"/>
Estado do suporte:	<input type="text"/>
Aspetos relevantes:	 <hr/> <hr/> <hr/>

Figura 3.6 - Condições do suporte

O campo das observações (Fig. 3.7) é um campo comum às outras fichas, e tem por objetivo o registo de algum tipo de ocorrências ou situações de interesse relevante, e outras informações complementares.

7. OBSERVAÇÕES
<hr/> <hr/> <hr/>

Figura 3.7 - Observações

O último campo desta ficha - Responsável pela verificação (Fig. 3.8) é também um campo comum a qualquer outra das fichas elaboradas. Destina-se ao registo da data e hora da fiscalização, assim como, dar conhecimento de quem é o responsável pela inspeção (fiscal de conformidade) com a respetiva rubrica.

8. RESPONSÁVEL PELA VERIFICAÇÃO	
Verificado em: _____ / _____ / _____	Hora: _____
Responsável: _____	Ass: _____

Figura 3.8 - Responsável pela verificação

Na ficha nº2 - ELEMENTOS DE PRODUÇÃO o terceiro campo corresponde ao objeto de análise de conformidade, considerado bastante relevante tendo em conta que reúne informações em relação à mão de obra, equipamento disponível e materiais a adotar.

No primeiro sub-campo - Mão de obra (Fig. 3.9), pretende-se definir a equipa que irá executar os trabalhos previstos e conhecer as suas qualificações. De acordo com estas qualificações e com os trabalhos previstos deverá confirmar-se a adequação da equipa.

3. OBJETO DE ANÁLISE DE CONFORMIDADE				
3.1 MÃO DE OBRA				
Equipa:	Enquadramento:	Encarregado	n° _____	<input type="checkbox"/>
	Comando:	Arvorado	n° _____	<input type="checkbox"/>
	Produção:	Oficial	n° _____	<input type="checkbox"/>
		Serventes	n° _____	<input type="checkbox"/>
Notas sobre qualificações:				

Adequação da equipa: _____				

Figura 3.9 - Objeto de análise de conformidade - Mão de obra

O sub-campo - Equipamento de apoio à execução aos trabalhos (Fig. 3.10) pretende identificar os equipamentos necessários e a respetiva presença em obra para a execução dos trabalhos a realizar.

3.2 EQUIPAMENTO DE APOIO À EXECUÇÃO DOS TRABALHOS	
Equipamento de elevação:	
Andaimes / cavalete + prancha devidamente montados	<input type="checkbox"/>
Capacidade de execução: _____	
Equipamento de carga e transporte:	
Grua	<input type="checkbox"/>
Empilhador	<input type="checkbox"/>
Guincho	<input type="checkbox"/>
Outros: _____	<input type="checkbox"/>
Equipamento para execução:	
Dispositivos de corte (serra elétrica / tesouras...)	<input type="checkbox"/>
Dispositivo mecânico para mistura	<input type="checkbox"/>
Dispositivo para verificar desempenho (fio de prumo / réguas / esquadro)	<input type="checkbox"/>
Ferramentas de auxílio à aplicação das várias camadas do sistema (berbequim, martelo, espátulas, rolo, trincha)	<input type="checkbox"/>
Sistema de projeção para execução do acabamento	<input type="checkbox"/>
Sistema utilizado: _____	
Equipamento adequado:	

Figura 3.10 - Objeto de análise de conformidade - Equipamento

O último sub-campo - Materiais (Fig. 3.11), serve para identificar os materiais e as respetivas características, previstos na execução do sistema ETICS.

3.3 MATERIAIS	
Material isolante	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Espessuras: _____	
Forma de Fixação (mecânica / colagem)	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Comprimentos: _____	
Armadura	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Revestimento / Base	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Acabamento	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Acabamento nas zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Acessórios:	<input type="checkbox"/>
Perfil de arranque	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Perfil de esquina	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Perfil de pingadeira	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Perfil de janela	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	
Perfil de junta de dilatação	<input type="checkbox"/>
Tipo: _____	

Figura 3.11 - Objeto de análise de conformidade - Materiais

Nesta ficha o quarto campo corresponde às observações, já apresentado anteriormente, onde nesta ficha será útil no caso de haver alguma informação complementar relativa à mão de obra, equipamentos ou materiais a adotar.

O quinto campo desta ficha é a legenda (Fig. 3.12), campo comum a outras fichas, que tem por fim indicar as instruções para o preenchimento da ficha.

5. LEGENDA		
Conforme: ✓	Não conforme: ✖	Não aplicável: --

Figura 3.12 - Legenda

Por fim o último campo desta ficha - Responsável pela verificação, já foi referido anteriormente.

A ficha nº3 - VERIFICAÇÃO PERIÓDICA DAS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO subdivide-se em duas fichas, uma para construções novas (3A) e outra para casos de reabilitação (3B). O primeiro e segundo campo destas fichas são comuns às outras fichas, o campo identificação e o campo do título respetivamente. O terceiro campo difere da ficha nº 1 e nº 2, no entanto é igual tanto em 3A como 3B, e diz respeito às condições atmosféricas (Fig. 3.13). Neste campo pretende-se verificar a conformidade ou não conformidade, no respeito das condições atmosféricas de execução adequadas e exigidas para a execução dos trabalhos.

3. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
NOTAS:	_____

3.1 CONDIÇÕES PRÉVIAS	
Orientação	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Verificar condições ambientais necessárias à correta aplicação	
5°C ≤ T _{ext} ≤ 30°C	<input type="checkbox"/>
Ausência de radiação solar direta	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Ausência de vento forte, quente e seco	<input type="checkbox"/>
Ausência de chuva durante a execução e nas 48h seguintes	<input type="checkbox"/>
Ausência de suportes gelados	<input type="checkbox"/>
Verificar a existência de humidade excessiva	<input type="checkbox"/>

Figura 3.13 - Condições Atmosféricas

O quarto campo - Condições de preparação dos trabalhos (Fig. 3.14 e 3.15) é comum às fichas 3A e 3B, e tem em consideração alguns aspetos que necessitam ser executados e corrigidos antes da aplicação do sistema ETICS. No entanto, apesar de ser um campo comum, há tarefas

que só precisam ser executadas em casos de reabilitação. Por isso, existem mais aspetos a serem verificados e corrigidos nestes casos.

4. CONDIÇÕES DE PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS	
Verificar condições de limpeza do suporte e tempos de secagem	<input type="checkbox"/>
Verificar se as superfícies se encontram planas, isentas de irregularidades e defeitos de planimetria superiores a 10mm quando controlados com uma régua de 2m de comprimento	<input type="checkbox"/>
Regularização da superfície com um reboco com resistência adequada ao suporte de esforços, que deverá ter pelo menos um mês de idade quando forem aplicadas as placas de isolante térmico	<input type="checkbox"/>
Verificar esquema e demãos de aplicação	<input type="checkbox"/>
Proteger as superfícies não destinadas à pintura	<input type="checkbox"/>
Verificar se as superfícies se encontram bem niveladas e apuradas antes de receberem a pintura	<input type="checkbox"/>

Figura 3.14 - Condições de preparação dos trabalhos da ficha tipo 3A

4. CONDIÇÕES DE PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS	
Verificar condições de limpeza do suporte e tempos de secagem	<input type="checkbox"/>
Limpar, raspar e escovar substratos (isentos de humidade, gorduras, cascão de laminagem, ferrugem, resina)	<input type="checkbox"/>
Preencher fissuras caso seja necessário	<input type="checkbox"/>
Verificar se as superfícies se encontram planas, isentas de irregularidades e defeitos de planimetria superiores a 10mm quando controlados com uma régua de 2m de comprimento	<input type="checkbox"/>
Regularização da superfície com um reboco com resistência adequada ao suporte de esforços, que deverá ter pelo menos um mês de idade quando forem aplicadas as placas de isolante térmico	<input type="checkbox"/>
Verificar esquema e demãos de aplicação	<input type="checkbox"/>
Proteger as superfícies não destinadas à pintura	<input type="checkbox"/>
Verificar se as superfícies se encontram bem niveladas e apuradas antes de receberem a pintura	<input type="checkbox"/>

Figura 3.15 - Condições de preparação dos trabalhos da ficha tipo 3B

O quinto campo da ficha 3 - Condições de execução, é o mais extenso e descritivo de todos. É neste campo que se descrevem as etapas e tarefas necessárias à verificação da execução de uma determinada tarefa. Subdivide-se nos aspetos genéricos relativamente à zona corrente (Fig. 3.16), no reforço dos pontos singulares (Fig. 3.17 e 3.18), na aplicação da camada de

base (Fig. 3.19) e por fim na aplicação do acabamento final (Fig. 3.20). Este é um campo semelhante nas duas versões da ficha 3, no entanto com algumas particularidades nos casos de reabilitação no que diz respeito ao reforço dos pontos singulares.

5. CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO	
5.1. ASPETOS GÊNICOS (ZONA CORRENTE)	
Colocação dos perfis de arranque	<input type="checkbox"/>
Colocação horizontal no limite inferior da zona a revestir	
Preparação da argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Respeitar as dosagens de acordo com as instruções	
Pasta de consistência cremosa e com aspeto homogéneo	
Aplicação da cola ao sistema de isolamento	
Tipo (contínua / por pontos / por bandas)	
<input type="checkbox"/> <u>Colagem contínua:</u> aplicação da argamassa em toda a superfície da placa, exceto sobre uma faixa com cerca de 2cm ao longo do contorno da placa, com talocha denteada (dente entre 6 e 10mm)	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <u>Colagem parcial por pontos:</u> em pontos de espessura idêntica, distribuídos regularmente, na razão aproximada de pelo menos, 16 pontos por m ² , perfazendo no mínimo 20% da superfície da placa	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <u>Colagem parcial por bandas:</u> (sobre superfícies irregulares)	
<input type="checkbox"/> Bandas descontinuas de cola com espessura regular, aplicadas no contorno da placa (a pelo menos 2cm do bordo) e em duas faixas centrais, perfazendo no mínimo 20% da superfície da placa	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cordão de argamassa com 3 a 4 cm de espessura ao longo de todo o perímetro da placa, acrescentando pontos de argamassa no centro da mesma	<input type="checkbox"/>
Colocação do isolamento térmico	
Imediatamente após aplicação da cola nas placas, sendo aplicadas em posição horizontal em fiadas sucessivas, de baixo para cima, a partir do perfil de arranque.	<input type="checkbox"/>
Os topos das placas não devem conter argamassa	<input type="checkbox"/>
Pressão das placas sobre o suporte	<input type="checkbox"/>
Juntas entre placas desfasadas de pelo menos 10cm das juntas dos perfis de arranque/laterais e desfasadas das juntas de suporte	<input type="checkbox"/>
Verificação da regularidade das placas	<input type="checkbox"/>
Preenchimento das juntas abertas entre placas com isolamento térmico ou espuma de poliuretano, antes da aplicação do revestimento	<input type="checkbox"/>
Fixação mecânica das placas de isolante térmico	<input type="checkbox"/>
Colocação de buchas após cura da camada de aderência	<input type="checkbox"/>
Verificação do número de buchas conforme especificado	<input type="checkbox"/>
Verificação do comprimento das buchas, que deve ser adequado à espessura da placa de isolante térmico a fixar	<input type="checkbox"/>
Pressionar as cabeças circulares das buchas de modo a esmagar a superfície da placa de EPS, para que não fiquem salientes no plano da mesma	<input type="checkbox"/>
Preencher as pequenas cavidades resultantes com argamassa de revestimento, numa operação prévia à aplicação da camada de base	<input type="checkbox"/>

Figura 3.16 - Condições de execução - Aspetos genéricos (zona corrente) da ficha tipo 3 (3A e 3B)

5.2. REFORÇO DOS PONTOS SINGULARES	
5.2.1. Arestas	
Reforço das arestas do sistema, com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
5.2.2. Esquinas de paredes	
Reforço das esquinas de paredes com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
5.2.3. Zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade (até 2m de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, etc)	
<input type="checkbox"/> O reforço pode ser feito com uma das seguintes hipóteses:	
Aplicação de uma camada adicional de rede "normal" de fibra de vidro, incorporada numa camada de base adicional	<input type="checkbox"/>
Aplicação de uma camada adicional de rede "reforçada" de fibra de vidro, incorporada numa camada de base adicional	<input type="checkbox"/>
Aplicação de um revestimento rígido	<input type="checkbox"/>
5.2.4. Vãos	
Reforço dos contornos de vãos com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Reforço dos cantos dos vãos com tiras de rede de fibra de vidro antialcalina com dimensão mínima de 30cm x 30cm, posicionadas com inclinação a 45° e coladas sobre as placas de EPS usando a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Reforço das padieiras das janelas ou portas com aplicação de perfis de pingadeira com rede, abraçando a aresta do plano da fachada com o plano interior do vão	<input type="checkbox"/>
5.2.5. Juntas de dilatação	
Interrupção do sistema nas juntas de dilatação e aplicação de perfis de junta de dilatação em PVC com rede e membrana deformável, colados sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Selagem do espaço interior do perfil de junta de dilatação com mástique de utilização exterior, sobre cordão de fundo de junta de espuma de polietileno, com secção de diâmetro adequado	<input type="checkbox"/>
5.2.6. Remates	
Nas ligações das placas com superfícies rígidas deixar uma junta aberta com cerca de 5mm, e preencher com material elástico e impermeável do tipo mástique para utilização exterior	<input type="checkbox"/>
Verificação do remate do sistema com a cobertura:	
<input type="checkbox"/> Verificar a colocação de capeamentos	<input type="checkbox"/>
Verificar a colocação de complementos de estanquidade	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Verificar a colocação de telha de remate	<input type="checkbox"/>

Figura 3.17 - Condições de execução - Reforço dos pontos singulares da ficha tipo 3A

5.2. REFORÇO DOS PONTOS SINGULARES	
5.2.1. Arestas	
Reforço das arestas do sistema, com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
5.2.2. Esquinas de paredes	
Reforço das esquinas de paredes com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
5.2.3. Zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade (até 2m de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, etc)	
<input type="checkbox"/> O reforço pode ser feito com uma das seguintes hipóteses:	
Aplicação de uma camada adicional de rede "normal" de fibra de vidro, incorporada numa camada de base adicional	<input type="checkbox"/>
Aplicação de uma camada adicional de rede "reforçada" de fibra de vidro, incorporada numa camada de base adicional	<input type="checkbox"/>
Aplicação de um revestimento rígido	<input type="checkbox"/>
5.2.4. Vãos	
Reforço dos contornos de vãos com perfis de alumínio ou PVC, que incluem rede de fibra de vidro com tratamento antialcalino. Os perfis são colados diretamente sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Reforço dos cantos dos vãos com tiras de rede de fibra de vidro antialcalina com dimensão mínima de 30cm x 30cm, posicionadas com inclinação a 45° e coladas sobre as placas de EPS usando a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Reforço das padieiras das janelas ou portas com aplicação de perfis de pingadeira com rede, abraçando a aresta do plano da fachada com o plano interior do vão	<input type="checkbox"/>
<u>Devido à espessura que é acrescentada à parede original opta-se por uma das seguintes soluções, no que diz respeito aos peitoris dos vãos:</u>	
<input type="checkbox"/> Substituição do peitoril original por um novo, o que em certos casos pode obrigar ao levantamento e reposição do caixilho da janela	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Extensão do peitoril existente em pedra, colando no topo deste um elemento em material semelhante usando argamassa epóxi	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Aplicação de novo peitoril metálico ou PVC sobre o existente, devidamente rematado com a caixilharia (situação cujo detalhe deve ser avaliado caso a caso)	<input type="checkbox"/>
5.2.5. Juntas de dilatação	
Interrupção do sistema nas juntas de dilatação e aplicação de perfis de junta de dilatação em PVC com rede e membrana deformável, colados sobre as placas de EPS com a argamassa de colagem	<input type="checkbox"/>
Selagem do espaço interior do perfil de junta de dilatação com mástique de utilização exterior, sobre cordão de fundo de junta de espuma de polietileno, com secção de diâmetro adequado	<input type="checkbox"/>
5.2.6. Remates	
Nas ligações das placas com superfícies rígidas deixar uma junta aberta com cerca de 5mm, e preencher com material elástico e impermeável do tipo mástique para utilização exterior	<input type="checkbox"/>
Verificação do remate do sistema com a cobertura:	
<input type="checkbox"/> Verificar a colocação de capeamentos	<input type="checkbox"/>
Verificar a colocação de complementos de estanquidade	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Verificar a colocação de telha de remate	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> No caso de rufos metálicos, substituir os sistemas existentes por novos de dimensões e desenho adaptados à nova espessura do remate da parede	<input type="checkbox"/>

Figura 3.18 - Condições de execução - Reforço dos pontos singulares da ficha tipo 3B

5.3. APLICAÇÃO DA CAMADA DE BASE	
Respeitar as dosagens de acordo com as especificações	<input type="checkbox"/>
Aplicação da primeira camada de base sobre as placas de EPS, com talocha denteada, após o endurecimento da argamassa de colagem, garantindo a estabilidade das placas (1 a 3 dias)	<input type="checkbox"/>
Sobre a primeira camada ainda fresca, esticar a rede de fibra de vidro e alisar a argamassa com talocha lisa, incorporando a rede na superfície da mesma	<input type="checkbox"/>
Nas zonas de emenda de armadura, sobrepor no mínimo 10cm	<input type="checkbox"/>
Nos cantos interiores, a faixa da armadura deverá dobrar no mínimo 10 cm	<input type="checkbox"/>
Aplicação da segunda camada de base após o endurecimento da primeira camada (6 a 12 horas), garantindo a cobertura da rede de fibra de vidro	<input type="checkbox"/>
A espessura total da camada de base sobre as placas de EPS deve ser de pelo menos de 3mm	<input type="checkbox"/>
A superfície de acabamento da argamassa de revestimento deve ser plana, sem ressaltos ou vincos e com textura uniforme em toda a extensão	<input type="checkbox"/>
Reforço das zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade mecânica, nomeadamente as que são acessíveis aos utilizadores (até 2m de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, ...), com aplicação de uma camada adicional de rede de fibra de vidro incorporada numa camada de base adicional	<input type="checkbox"/>

Figura 3.19 - Condições de execução - Aplicação da camada de base da ficha tipo 3 (3A e 3B)

5.4. APLICAÇÃO DO ACABAMENTO FINAL	
Respeitar as dosagens de acordo com as especificações	<input type="checkbox"/>
Secagem da camada de base durante pelo menos 24 horas antes da aplicação do acabamento final	<input type="checkbox"/>
Aplicação de uma demão do primário de homogeneização, utilizando um rolo	<input type="checkbox"/>
Aplicação do acabamento decorativo através do seu barramento com uma talocha lisa de inox	<input type="checkbox"/>

Figura 3.20 - Condições de execução - Aplicação do acabamento final da ficha tipo 3 (3A e 3B)

3.3. Aplicação das fichas de verificação

A aplicação das fichas de verificação elaboradas é fundamental para poder proceder a uma análise crítica do trabalho desenvolvido, com a finalidade de verificar a aplicabilidade prática das fichas, assim como, proceder à verificação das condições de aplicação do sistema ETICS.

A aplicação das diversas fichas foi realizada em seis obras distintas. Na tabela 3.1 apresentam-se algumas características de cada obra.

Tabela 3.1 - Características das obras dos casos de estudo

Referência	Tipologia da obra	Tipo de trabalho	Localização
OBRA 1	Habitação unifamiliar	Construção Nova	Quinta da Ponte Terra - Teixoso
OBRA 2	Habitação unifamiliar	Reabilitação	Celorico da Beira
OBRA 3	Habitação unifamiliar	Reabilitação	Póvoa do Concelho
OBRA 4	Habitação unifamiliar	Reabilitação	Vila Cortês do Mondego
OBRA 5	Edifício de habitação e comércio	Reabilitação	Vilar Formoso
OBRA 6	Habitação unifamiliar	Reabilitação	Ribeira de Freixo

Para cada uma destas obras, foi preenchida uma ficha tipo 1 e uma ficha tipo 2. Quanto ao número de fichas tipo 3 (verificação da execução) de cada obra foi variável (Tabela 3.2), consoante a disponibilidade e os prazos de execução dos trabalhos. Como o preenchimento das fichas é um processo contínuo, a sua atualização deve ser permanente ao longo dos trabalhos. As fichas que foram preenchidas, correspondentes a cada uma destas obras, encontram-se no Anexo 3.

Tabela 3.2 - Número de fichas tipo 3 preenchidas por obra dos casos de estudo

Referência	Localização	Número de fichas tipo 3 preenchidas	Período
OBRA 1	Quinta da Ponte Terra - Teixoso	17	4/03/2013 - 23/08/2013
OBRA 2	Celorico da Beira	7	16/04/2013 - 6/05/2013
OBRA 3	Póvoa do Concelho	13	26/04/2013 - 4/06/2013
OBRA 4	Vila Cortês do Mondego	10	2/05/2013 - 27/05/2013
OBRA 5	Vilar Formoso	6	3/07/2013 - 23/07/2013
OBRA 6	Ribeira de Freixo	14	26/08/2013 - 16/09/2013

3.4. Análise da aplicação das fichas de verificação

A partir das fichas preenchidas (Anexo 3) faz-se a análise dos dados registados em cada um dos campos das diversas fichas e retiram-se algumas conclusões relativamente à execução do sistema ETICS.

Na tabela 3.3 apresenta-se uma síntese da aplicação da ficha tipo 1 - ELEMENTOS DE PROJETO E CONTRATO.

Tabela 3.3 - Síntese da aplicação da ficha tipo 1

Aspetos relevantes	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6
Tipo de obra	Nova	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.
Existe Projeto?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Existem pormenores para os pontos singulares?	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Cunhais	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Vãos	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Arranque	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Ligações com elementos salientes	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Juntas de dilatação	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Remate com a cobertura	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Zonas expostas a ações de especial agressividade	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Existe caderno de encargos?	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Existe descrição completa sobre os materiais a utilizar?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existe descrição completa sobre a forma de execução dos trabalhos?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existe algum contrato para a execução dos trabalhos?	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Tipo de suporte	Reboco Liso					
Estado do suporte	Bom	Razoável	Razoável	Degradado	Degradado	Razoável

Relativamente a esta primeira ficha verificou-se que apenas a OBRA 1, talvez por se tratar de uma obra de construção nova, apresenta projeto térmico. No entanto, apesar de existir a descrição completa das soluções adotadas não existem pormenores construtivos para a aplicação do sistema ETICS em zonas singulares.

Em nenhum dos casos de estudo, as obras apresentam caderno de encargos e contrato para a execução dos trabalhos. É importante referir que a existência destes documentos, em todas as obras, seria fundamental para melhorar a organização, realização dos trabalhos e respetiva fiscalização.

Quanto ao estado do suporte verificou-se a necessidade de proceder algumas reparações antes da aplicação do sistema ETICS, nomeadamente por causa da existência de algumas fissuras de maior dimensão. Nas obras de reabilitação, as fachadas foram sujeitas à lavagem a alta pressão com jacto de água, de modo a eliminar eventuais poeiras e vestígios de tinta com pouca aderência.

Na tabela 3.4 apresenta-se uma síntese da aplicação da ficha tipo 2 - ELEMENTOS DE PRODUÇÃO.

Tabela 3.4 - Síntese da aplicação da ficha tipo 2

Aspetos relevantes	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6
Tipo de obra	Nova	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.
Mão de obra						
Encarregado	1	1	1	1	1	1
Arvorado	--	--	--	--	--	--
Oficial	1	1	1	1	2	2
Servente	1	1	1	1	2	1
Equipamento						
Capacidade de execução	400 m ²	300 m ²	380 m ²	300 m ²	650 m ²	370 m ²
Equipamento de elevação	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
Equipamento de carga e transporte	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
Equipamento para execução	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
Materiais						
Isolante	EPS 100 8 cm	EPS 100 6 cm	EPS 100 8 cm	EPS 100 6 cm	EPS 100 6 cm	XPS 6 cm

Tabela 3.4 - Síntese da aplicação da ficha tipo 2 (Cont.)

Tipo de Fixação	Colagem/ Fixação mecânica	Colagem/ Fixação mecânica	Colagem/ Fixação mecânica	Colagem/ Fixação mecânica	Colagem/ Fixação mecânica	Colagem/ Fixação mecânica
Comprimentos	110 mm	90 mm	110 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Armadura	Rede fibra de vidro 340 g/m ²	Rede fibra de vidro 160 g/m ²				
Revestimento/Base	Reboco weber therm pro					
Acabamento	Areado weber plast decor M					
Acabamento em zonas acessíveis	x	x	x	x	x	x
Acessórios	x	x	x	x	x	x

Na segunda ficha procedeu-se à identificação da mão de obra, do equipamento de apoio à execução dos trabalhos e dos materiais necessários à aplicação do sistema.

Cada obra exige a sua própria organização dos trabalhos, apesar de em todas elas ser aplicado o sistema ETICS. Assim sendo, é necessário adequar as equipas tendo em conta a organização dos trabalhos que tem em consideração a arquitetura, as condições atmosféricas, a orientação das fachadas, o tipo de uso a que se destina (apenas habitação ou também prestação de serviços e comércio), prazos para a execução dos trabalhos, entre outros fatores. Em todas as obras analisadas considerou-se que as equipas eram adequadas, sendo que em algumas obras verificou-se o apoio de mais um elemento no dia da aplicação do acabamento decorativo, de forma a garantir a sua uniformidade na textura e cor. Em todas as obras, os elementos das equipas têm formação na área e são especializados na aplicação do sistema ETICS no entanto, não frequentaram cursos de formação escolar tradicional. Este tipo de cursos especializados ainda é pouco frequente nesta área e no nosso país, no entanto, a formação é sempre um elemento essencial e fundamental para garantir a adequada aplicação dos sistemas e respetivos materiais.

É necessário haver equipamento adequado e ajustado às necessidades dos trabalhos, não só a nível do rendimento mas também da qualidade do serviço prestado. O equipamento de carga e transporte é dependente da dimensão da obra, das condições de descarga/localização/acessos à obra. O equipamento disponível em cada uma das obras foi considerado adequado para a execução dos trabalhos.

No que diz respeito aos materiais, verificou-se a aplicação de EPS 100 nas OBRAS 1, 2, 3, 4 e 5 enquanto que na OBRA 6 se verificou a aplicação de XPS. Nas OBRAS 1 e 3 o isolante tinha uma espessura de 8 cm, enquanto nas restantes o isolante era de 6 cm. A espessura do isolante varia consoante as necessidades de isolar termicamente uma habitação, e também da possibilidade da sua aplicação face à sua dimensão, pois aumenta a espessura da parede inicial. Não existindo projeto térmico coloca-se a questão da definição das espessuras de isolante escolhidas. A informação recolhida junto do empreiteiro permitiu verificar que foi este a sugeri-la. A sugestão foi feita em função da perceção empírica da maior ou menor agressividade climática da zona de localização dos edifícios. Por vezes, a escolha do proprietário poderá ser também influenciada pelos preços praticados em função da espessura.

Nas obras onde foi utilizado o poliestireno expandido (EPS 100) foi aplicado o sistema composto de isolamento térmico pelo exterior *weber.therm classic* [23, 41], enquanto que na OBRA 6 com a utilização de poliestireno extrudido (XPS) foi aplicado o sistema composto de isolamento térmico pelo exterior *weber.therm extra* [39, 42], tendo-se assim em atenção as diferentes condições de aderência do material isolante.

Quanto ao tipo de colagem recorreu-se à colagem e fixação mecânica em todas as obras. Na OBRA 1, sendo ela construção nova, teria sido dispensada a fixação mecânica, mas dada a regularização da superfície com um reboco hidrofugado a empresa aplicadora preferiu garantir a estabilidade do sistema recorrendo também à fixação mecânica. Nas restantes obras, casos de reabilitação, a fixação mecânica é obrigatória considerando que os revestimentos preexistentes não oferecem a adequada garantia de aderência das argamassas de colagem e assim pretende-se evitar algum tipo de descolagem parcial ou total do sistema. Os comprimentos das buchas de fixação adotados são adequados às características dimensionais que surgem nos documentos de homologação deste tipo de sistema.

Na OBRA 1 foi aplicada rede fibra de vidro “reforçada” de 340 g/m² e nas restantes obras rede fibra de vidro “normal” de 160 g/m². Em todos os casos verifica-se o respeito da utilização mínima recomendada, visto que para armaduras reforçadas é de 300 g/m² e armaduras normais de 150 g/m².

A opção para se utilizar rede “reforçada” na OBRA 1 deriva de se garantir uma maior resistência do sistema, não só pela utilização desta rede mas também porque, conseqüentemente, a espessura da camada de base é maior. Geralmente apenas é utilizada rede fibra “normal” por ser a mínima exigida e ser também muito mais económica.

Em todas as obras foi utilizada a mesma argamassa para o revestimento das placas (camada de base) e o mesmo tipo de acabamento decorativo, nomeadamente o produto *weber.therm pro* e o produto *weber.plast decor M*. Quanto ao acabamento, em todas elas foi do tipo areado variando a cor consoante a gama M da marca em causa.

Nas zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade, nomeadamente zonas acessíveis (até 2 metros de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, etc.) não foi previsto em qualquer das obras dos casos de estudo o reforço do sistema com uma camada adicional de rede fibra de vidro ou com um acabamento decorativo mais resistente.

Relativamente aos acessórios necessários à aplicação do sistema sugeridos pelas publicações e recomendações técnicas, verifica-se a não conformidade com o exigido, visto que nem todos são previstos de serem aplicados. Em destaque verifica-se que em nenhuma das obras está prevista aplicação do perfil de arranque e que apenas na OBRA 1 e OBRA 3 está previsto ser empregue perfil de pingadeira, sendo que na OBRA 2 não foi possível aplicar este perfil pingadeira devido a questões arquitetónicas.

Nas tabelas 3.5 e 3.6 apresentam-se umas sínteses da aplicação da ficha 3 - FICHA DE VERIFICAÇÃO PERIÓDICA DAS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO.

Tabela 3.5 - Síntese da aplicação da ficha tipo 3 (condições atmosféricas e condições de preparação dos trabalhos)

Aspetos relevantes	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6
Tipo de obra	Nova	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.
Condições atmosféricas prévias	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Condições de preparação dos trabalhos	✓	✓	✓	✓	✓	✓

No geral, as condições prévias para a execução do sistema ETICS, nomeadamente as condições atmosféricas foram respeitadas. Em obra, verificou-se a organização do trabalho em função da incidência da radiação solar, ou seja, de modo a evitar executar trabalhos que pudessem ser afetados pela sua incidência. Em algumas situações poderia haver a incidência de alguma radiação solar, no entanto, esta foi considerada pouco relevante por ter uma fraca intensidade (meses frios, hora do dia,...), ou então, por não afetar a execução dos trabalhos (por exemplo, a colocação de buchas). No acompanhamento das obras verificou-se a necessidade e o cuidado de ajustar a realização dos trabalhos com eventuais períodos de chuva, também se verificou o cuidado de avançar com os trabalhos mas de forma a garantir não haver estragos provocados pela chuva. Este fator foi mais condicionante na OBRA 1, dado altura em que se iniciaram os trabalhos, sendo que nos dias de chuva e que se previa chuva nos dias seguintes foram realizados trabalhos em zonas não afetadas por esta (varandas, fachadas recuadas para o interior,...). Foi também necessário parar os trabalhos durante alguns dias devido às condições meteorológicas.

Relativamente às condições de preparação dos trabalhos, verificou-se em todas as obras a realização dos trabalhos necessários. As obras de reabilitação, todas elas foram sujeitas à lavagem a alta pressão com jacto de água de modo a eliminar poeiras e sujidade, restos de tintas e resíduos que pudessem por em causa a aderência na colagem das placas de isolamento térmico. Também foi feita a reparação das fissuras de maior dimensão, a proteção de elementos não destinados à aplicação do sistema e a verificação do nivelamento das superfícies o qual é determinante para a escolha do tipo de colagem (contínua ou parcial). É importante salientar que na OBRA 1, caso de construção nova, as paredes eram constituídas com bloco térmico no entanto foi feita a regularização da superfície com um reboco. Aquando a aplicação do sistema, já tinham sido respeitados os tempos de secagem necessários.

Tabela 3.6 - Síntese da aplicação da ficha tipo 3 (condições de execução e condições posteriores)

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO						
Aspetos relevantes	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6
Tipo de obra	Nova	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.	Reab.
Zona Corrente						
Perfil de arranque	x	x	x	x	x	x
Preparação da argamassa de colagem	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tipo de colagem	Contínua x	Parcial ✓	Parcial ✓	Parcial ✓	Contínua x	Contínua x
Colocação do isolamento térmico	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fixação Mecânica	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reforço dos pontos singulares						
Arestas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Esquinas de parede	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zonas vulneráveis	x	x	x	x	x	x
Vãos	✓	✓	✓	x	x	x
Juntas de dilatação	--	--	--	--	--	--
Remates	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aplicação da camada de base	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aplicação do acabamento final	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CONDIÇÕES POSTERIORES						
Aspetos relevantes	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4	OBRA 5	OBRA 6
Verificação das condições após a execução do sistema	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Com base na tabela 3.6 e nas fichas de verificação preenchidas em obra consegue perceber-se quais os erros mais frequentes na execução do sistema ETICS.

Em nenhuma das obras foi aplicado o perfil de arranque. No caso da OBRA 1, verificou-se a existência de isolamento desde as fundações, isto é, na zona das fundações foram utilizadas placas de XPS, sendo que o isolamento térmico com o EPS 100 assentou no XPS, a partir do nível do solo. Nestes casos, nem sempre é considerado obrigatório a utilização de perfil de arranque, embora existam recomendações para a colocação de isolamento nestes sítios.

Nos casos de reabilitação, quando o sistema começou acima do nível do solo verificou-se a sua proteção com perfil de aresta. No entanto, houve casos em que o sistema começou do nível do solo.

Quanto à preparação da argamassa de colagem pouco há a dizer, visto que foram respeitadas as dosagens especificadas pelo fabricante e utilizado um misturador elétrico para se obter a pasta homogénea.

Nas OBRAS 1, 5 e 6 a colagem foi contínua, verificando-se aplicação da argamassa de colagem em toda a placa sendo que nem sempre são respeitados os 2 cm sem argamassa no contorno da placa. Verificou-se que nem sempre era fácil deixar os 2 cm até porque há sempre a questão que toda a placa deverá colar ao suporte, no entanto, apesar de esta condição nem sempre ser respeitada verificou-se que na eventualidade de alguma argamassa sair para os topos das placas essa é retirada, continuando a garantir as exigências do sistema.

Relativamente às OBRAS 2, 3 e 4 a colagem foi parcial (por bandas) através da colocação de argamassa ao longo do contorno perimetral da placa e com pontos no centro da mesma. Considera-se a sua aplicação de forma correta, mas é importante salientar que também neste método, na eventualidade de alguma argamassa sair para os topos das placas essa é retirada, continuando a garantir as exigências do sistema.

Em todas as obras, a colocação do isolamento térmico foi feita de acordo com as exigências. Após a aplicação da cola nas placas, estas foram aplicadas horizontalmente em fiadas sucessivas de baixo para cima, no entanto, não foi feito a partir do perfil de arranque visto já se ter referido que este não foi aplicado em nenhuma das obras dos casos de estudo. As restantes exigências como a pressão das placas sobre o suporte, os topos das placas não conterem argamassa, as juntas das placas serem desfasadas (quer em zona corrente quer nos cantos), as juntas entre placas serem desfasadas de pelo menos 10 cm das juntas de suporte e o preenchimento das juntas abertas entre placas com isolamento térmico ou espuma de poliuretano (antes da aplicação do revestimento) foram cumpridas. Na zona dos cantos das envolventes dos vãos, verificou-se também a preocupação em fixar as placas de forma a “abraçar” o canto, de modo a diminuir a tendência para a formação de fendas a partir dos referidos cantos. Na OBRA 5 verificou-se uma particularidade na colocação do isolamento, devido à existência de cantarias no contorno das janelas. Estas cantarias mantiveram-se e por

isso o isolamento apenas foi aplicado nas fachadas acabando por ficar a um nível mais saliente, devido ao aumento da espessura da parede. Devido a esta situação, considera-se que no local destas cantarias irão existir pontes térmicas devido a não existir isolamento nessa zona.

Como já foi referido anteriormente, em todas as obras se recorreu à fixação mecânica para complementar a colagem das placas. A fixação foi feita como o especificado e exigido e por isso considerou-se conforme em todas as obras. No entanto, verificou-se que nas OBRAS 1, 2, 3, e 5 a colocação de buchas correspondeu a 6 unidades por metro quadrado, enquanto nas OBRAS 4 e 6 foram aplicadas 8 unidades por metro quadrado. Na OBRA 6, como foram aplicadas placas de XPS, 8 unidades por metro quadrado é o mínimo obrigatório.

O reforço dos pontos singulares é fundamental e deve ser respeitado segundo as exigências do sistema. No que diz respeito às arestas e às esquinas de paredes, o reforço foi feito em todas as obras com perfis em PVC que incluem rede fibra de vidro com tratamento antialcalino. Estes perfis foram colados com a mesma argamassa de colagem das placas e serviram de proteção ao sistema.

As zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade (até 2 metros de altura a partir do solo, em varandas ou terraços, etc.) deveriam ter sido reforçadas com uma das possíveis soluções, no entanto, isto não foi verificado em nenhuma das obras. No caso da OBRA 1, apesar de ter sido aplicada na camada de base uma camada de rede “reforçada” considera-se que para estas zonas acessíveis deveria ter sido colocada uma camada de rede fibra de vidro “normal” adicional. No caso das outras obras, com aplicação de rede fibra de vidro “normal” na camada de base, o reforço deveria ter sido feito com uma camada adicional de rede “normal”, ou então, rede “reforçada”. Em qualquer uma das obras, também se poderia ter optado pela aplicação de um revestimento mais rígido nestas zonas algo que não foi verificado. No entanto, é importante salientar que na OBRA 5, o edifício apenas foi isolado termicamente nas zonas habitacionais, isto é, acima dos 2 metros de altura a partir do solo, com a exceção de uma fachada em que deveria ter sido feito este tipo de reforço.

Em relação ao reforço dos vãos, verificou-se em todas as obras a colocação de perfis em PVC que incluem rede fibra de vidro com tratamento antialcalino nos contornos dos vãos. Para além do reforço dos contornos, também foi feito o reforço dos cantos dos vãos com aplicação de tiras de rede fibra de vidro antialcalina posicionadas com inclinação a 45° e dimensão superior a 30 cm x 30 cm. Estes reforços, perfis e tiras de rede foram colados com a mesma argamassa de colagem das placas. Ainda relacionado com os vãos, refere-se a necessidade de reforçar as padieiras das janelas ou portas com aplicação de perfis de pingadeira com rede (abraçando a aresta do plano da fachada com o plano interior do vão), no entanto, este tipo de perfil nem sempre foi aplicado. Nas OBRAS 1 e 3 verificou-se a aplicação de perfil de pingadeira, na OBRA 2 as padieiras das janelas e portas são em arco impossibilitando

aplicação deste tipo de perfil. Nas OBRAS 4 e 6 a colocação deste perfil de pingadeira não foi realizada por opção do cliente. Relativamente à OBRA 5 não se verificou a necessidade de aplicar este perfil nas padieiras das portas visto que o sistema foi aplicado acima dos 2 metros, não afetando as portas deste edifício, no entanto, deveria ter sido aplicado nas padieiras das janelas o que não se verificou também por opção do cliente.

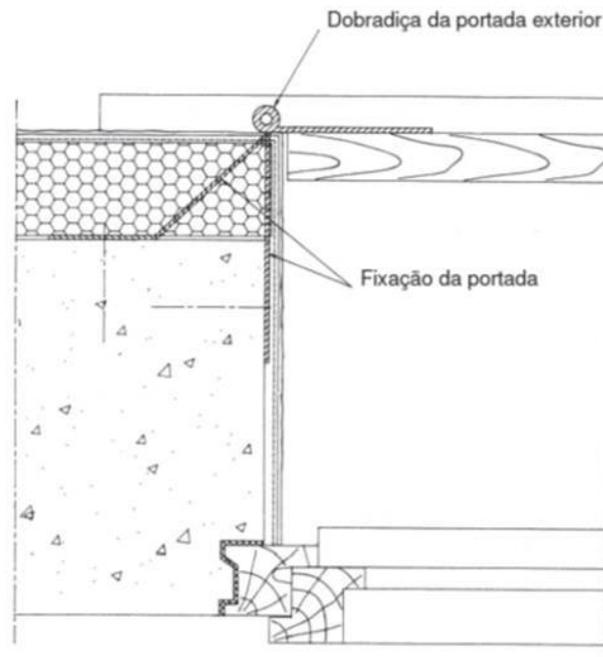
Quando se trata de reabilitação há mais particularidades a ter em conta, por exemplo dado o aumento da espessura da parede original é necessário adotar uma solução adequada para os peitoris dos vãos. Nas OBRAS 2, 3, 4, e 6 a solução adotada passou pela extensão do peitoril existente em pedra. No entanto, na OBRA 3 também houve em alguns casos a substituição do peitoril original por um novo peitoril. Na OBRA 5, apesar de também ser um caso de reabilitação, não foi necessário adotar nenhuma destas soluções visto que existem cantarias em torno dos vãos e estas vão permanecer, isto é, o isolamento fica sobressaído em relação às cantarias e não há qualquer tipo de necessidade de adotar uma solução ao peitoril pois este não está em contacto nem é afetado pelo aumento de espessura da parede original.

Nos casos de reabilitação, há outra vertente importante de referir no que diz respeito aos caixilhos das portadas. Devido ao aumento da espessura da parede é necessário que estes sejam retirados e colocados novamente de forma adequada ao bom funcionamento das portadas. Esta situação foi encontrada nas OBRAS 2 e 6. Nem sempre há esta necessidade, visto que em alguns casos de reabilitação se verifica a existência de estores e não portadas.

Em obra, o que se verificou foi aplicação de chapas metálicas no suporte que após aplicação do isolamento dobra para cima da placa isolante, permitindo assim ser fixado aí o caixilho (Fig. 3.23). Os remates das juntas foram feitos com mástique impermeável à cor do caixilho. No entanto, nos pormenores construtivos que são fornecidos em alguns documentos de homologação (Fig. 3.24) a estrutura de fixação da portada é mais complexa.



Figura 3.23 - Solução adotada para fixação dos caixilhos



A estrutura de fixação da portada deve ser aplicada previamente

Figura 3.24 - Solução recomendada para a fixação dos caixilhos [40]

Em nenhuma das obras dos casos de estudo se verificou a existência de juntas de dilatação, por essa razão não foi necessário ter em atenção esta zona e a forma de intervenção necessária e adequada para o reforço deste tipo de situação.

No caso dos remates, salienta-se a necessidade de deixar uma junta aberta com cerca de 5 mm nas ligações das placas com superfícies rígidas e preencher-se com um material elástico e impermeável do tipo mástique para utilização exterior. Em todas as obras foi verificado este pormenor construtivo, sendo que em alguns casos quando a junta tendia a ter dimensões maiores o seu preenchimento foi feito com espuma de poliuretano, considerada também impermeável e com a vantagem de isolar termicamente, comparativamente com mástique.

Os remates com a cobertura também foram verificados em todas as obras, sendo que nas OBRAS 1, 3, 4 e 5 foram colocados capeamentos para proteger o isolamento térmico, enquanto que nas OBRAS 2 e 6 não foi necessário a sua aplicação. Na OBRA 1, verificou-se aplicação de capeamentos na platibanda (Fig. 3.25 e 3.26), assim como, na OBRA 4 (Fig. 3.27). Na OBRA 3 apenas foi necessário em lugares pontuais (Fig. 3.28). Relativamente à OBRA 5, foram colocados capeamentos nos remates superiores com a cobertura de uma das fachadas (as outras devido à existência da cornija não necessitavam), em lugares pontuais, e também no remate inferior das cantarias das janelas (Fig. 3.29).



Figura 3.25 - Capeamentos na platibanda na OBRA 1



Figura 3.26 - Capeamento na OBRA 1



Figura 3.27 - Capeamentos na platibanda na OBRA 4



Figura 3.28 - Rufo de proteção na OBRA 3



Figura 3.29 - Capeamento junto às cantarias na OBRA 5

O próximo aspeto a ser verificado foi a aplicação da camada de base. Em todas as obras, verificou-se o respeito pelas dosagens de acordo com as especificações na preparação da argamassa a utilizar na camada de base. A aplicação da primeira camada de base sobre as placas isolantes foi feita com talochas denteadas, após o endurecimento da argamassa de colagem, sendo que na OBRA 1 usaram-se talochas com dente de 8 e 10 mm visto ter sido aplicada rede “reforçada”, enquanto nas restantes obras onde se aplicou rede “normal” usaram-se talochas com dente de 6 mm. Na OBRA 6, visto ter havido uma fachada com aplicação de rede “reforçada” também foram usadas talochas com dente superior a 6 mm nessa fachada.

Verificou-se também, em todas as obras, que com a primeira camada ainda fresca, foi aplicada uma camada de rede fibra de vidro e alisada a argamassa com uma talocha lisa, incorporando a rede na superfície da mesma. Nas zonas de emenda de armadura foi cumprida a sobreposição de pelo menos 10 cm (Fig. 3.30), assim como nos cantos interiores, a faixa de armadura a dobrar foi sempre superior aos 10 cm (Fig. 3.31), mínimo recomendável.

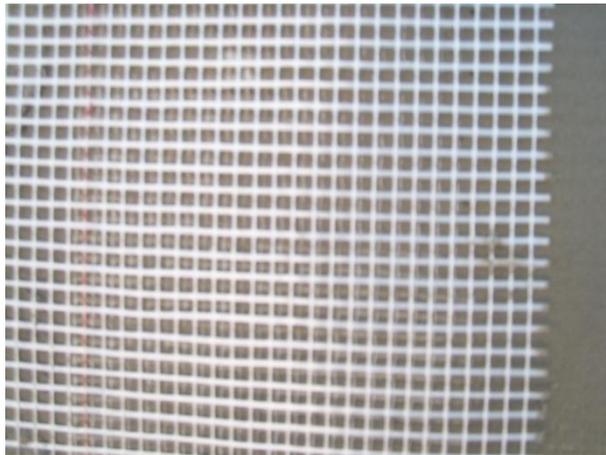


Figura 3.30 - Sobreposição da armadura nas zonas de emenda

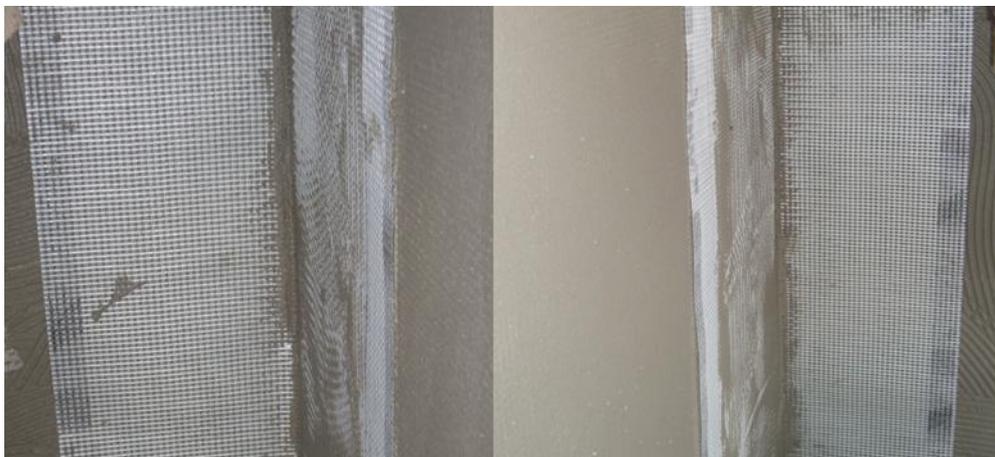


Figura 3.31 - Colocação da armadura em cantos interiores (dobra superior a 10 cm)

A aplicação da segunda camada de base decorreu após o endurecimento da primeira camada, respeitando as 6 a 12 horas mínimas de secagem, garantindo a cobertura da rede fibra de vidro e uma espessura total da camada de base de pelo menos 3 mm sobre as placas de isolante. É importante salientar que nos casos da OBRA 1 e também da fachada onde foi aplicada rede “reforçada” na OBRA 6, foi necessário aplicar uma terceira camada de argamassa para garantir o total cobrimento da armadura.

Quanto à superfície de acabamento da argamassa de revestimento, em todas as obras verificou-se ser plana, sem ressaltos ou vincos e com textura uniforme em toda a extensão. No entanto, é de destacar que em todas as obras, à exceção da OBRA 4, se verificou o cuidado de uniformizar a superfície de revestimento (no momento da sua aplicação) com uma esponja húmida. Para além de permitir uma maior uniformização da superfície verifica-se que a sua textura acaba por garantir uma melhor aderência à camada de primário que posteriormente foi aplicada.

Como já foi referido anteriormente, em nenhuma das obras se verificou o reforço das zonas do sistema expostas a ações de especial agressividade, no entanto, na eventualidade de se ter realizado este reforço com uma camada de rede fibra de vidro adicional teria sido feito nesta fase da aplicação da camada de base. No caso do reforço previsto ser um acabamento decorativo mais rígido não afetaria a aplicação da camada de base e seria feito posteriormente.

Por fim, verificou-se a aplicação do acabamento final, sendo que em todas as obras foram respeitadas as condições e exigências de aplicação. Relativamente ao primário mas também ao acabamento decorativo, as dosagens foram respeitadas visto que os produtos aplicados já vinham preparados de fábrica. Em obra apenas foi necessário proceder à sua homogeneização com um misturador elétrico. A camada de primário foi sempre aplicada após a secagem da camada de base (mínimo 24 horas), utilizando um rolo mas também uma trincha para os cantos e zonas junto a elementos salientes onde não se consegue passar o rolo.

O acabamento decorativo foi aplicado através do barramento com uma talocha lisa de inox, sendo que para apresentar uma textura uniforme e com o aspeto desejado (areado) realizaram-se suaves movimentos circulares com uma talocha plástica lisa. Em todas as obras foram verificados estes procedimentos, para satisfação dos clientes com o resultado final.

De uma forma geral, verifica-se uma boa aplicação do sistema sendo que os aspetos mais críticos da sua aplicação e não conformes com o que é exigido foram:

- ✓ A não utilização do perfil de arranque;
- ✓ A não realização do reforço das zonas acessíveis e sujeitas a mais ações de especial agressividade.

Devido a estes erros de execução, mas não só, seria conveniente implementar inspeções periódicas nos edifícios, a fim de avaliar o desempenho e comportamento do sistema ao longo do tempo e poder detetar precocemente o surgimento de fenómenos patológicos. Também é importante para além das inspeções ter a noção que é essencial proceder-se à manutenção do sistema, realizar por exemplo lavagens periódicas de modo a evitar a acumulação de sujidades e agentes destrutivos do revestimento.

Capítulo 4

Termografia

4. Termografia

4.1. Generalidades

4.2. Aplicação da termografia a um caso de estudo

4.3. Análise dos relatórios termográficos do caso de estudo

4. Termografia

4.1. Generalidades

Hoje em dia existe uma grande evolução nos meios e técnicas para medir e avaliar as heterogeneidades de paredes ou outros elementos estruturais, substituindo métodos mais clássicos, como a remoção de estuques e rebocos, que tem por vezes um carácter destrutivo, tornando-se prejudicial e até mesmo inaceitável no caso de construções de interesse patrimonial. De modo a evitar este tipo de intervenções, justifica-se o recurso a técnicas não destrutivas de deteção e caracterização dos elementos. [43]

A termografia é uma técnica de ensaio em tempo real, não destrutiva, muito versátil e de larga escala, que permite detetar heterogeneidades existentes em elementos construtivos, não visíveis a olho nu, isto é, permite supervisionar e diagnosticar não conformidades em edifícios sem necessitar de contacto físico. Com o recurso a esta técnica, é possível referenciar a presença de elementos ocultos por revestimentos ou descontinuidades associadas a fases de construção, pontes térmicas e outros aspetos relevantes. Alguns problemas como infiltrações em paredes e coberturas, falta de isolamento térmico em fachadas e coberturas, roturas em tanques e depósitos, entre outros, podem também ser detetados através de um ensaio termográfico. No entanto, na área da construção civil ainda é pouco utilizada para o estudo dos edifícios. [43 - 46]

A termografia é uma ferramenta de diagnóstico que requer uma constante evolução tecnológica dos equipamentos, sendo também necessário maior informação relativamente à sua aplicação. Os levantamentos termográficos permitem a obtenção de imagens térmicas, que podem ser analisadas quantitativa ou qualitativamente. A análise é quantitativa quando se pretende determinar a temperatura superficial dos materiais e elementos, e é qualitativa quando apenas se pretende visualizar as diferenças de temperatura nas superfícies em causa. Esta técnica baseia-se no princípio segundo o qual todos os corpos emitem radiação térmica. Com o equipamento adequado, é possível visualizar e registar os diferentes graus de emissão na faixa dos infravermelhos. [43, 46]

O comportamento térmico dos materiais é determinado por dois parâmetros: o calor específico e a condutibilidade térmica. As diferenças nos valores destes parâmetros fazem com que os vários materiais reajam de maneira diferente às solicitações térmicas provenientes do exterior. [43]

Nos levantamentos termográficos existem diversos fatores que influenciam a análise dos resultados, sendo essencial ter em atenção certos cuidados antes e durante os ensaios, de modo a não retirar conclusões erradas. [46]

Na análise dos termogramas existe um risco elevado de se confundirem os defeitos do objeto com as irregularidades na temperatura superficial devido às condições térmicas do objeto e do meio em que se encontra, antes e durante o ensaio, à presença de fontes externas (sombra, superfícies com diferentes acabamentos, entre outras) e condições de medição (emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre a câmara e o objeto, ângulo de observação...). [46]

Na execução do levantamento termográfico, a parede ou outro elemento a observar termograficamente são previamente aquecidos, utilizando projetores de luz com potência adequada, ou simplesmente, no caso de elementos exteriores, aproveitando a própria radiação solar. [43]

O equipamento necessário para realizar um levantamento termográfico é constituído, basicamente, por uma câmara termográfica (Fig. 4.1) sensível à radiação infravermelha, dando a conhecer a temperatura na superfície do material emissor, pares termoelétricos para controlo das temperaturas e equipamento de gravação (Fig. 4.2). [43]



Figura 4.1 - Câmara Termográfica



Figura 4.2 - Equipamento Termográfico

As observações termográficas efetuadas em obra são registadas em CD's ou utilizando aparelhagem videográfica. Estes registos são fundamentais para a elaboração de um relatório termográfico, pois a sua visualização permitirá a confirmação e interpretação do observado na obra. [43]

As imagens capturadas (exemplo na figura 4.3) apresentam as diferenças de temperatura existentes em superfícies totais de paredes e fachadas, envidraçados, condutas de ar e água, maquinaria e equipamentos informáticos através de uma escala de cores. Quando são visualizadas assimetrias térmicas em superfícies de igual material estas representam anomalias que resultam, na maioria dos casos, em perdas de energia. [44]

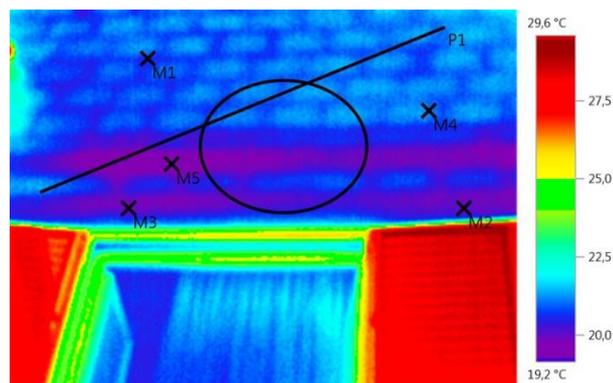


Figura 4.3 - Imagem capturada por câmara termográfica

Em certos casos, as heterogeneidades observadas podem ser referenciadas diretamente na superfície observada, utilizando giz ou marcador.

A informação obtida das heterogeneidades apresentadas pelos elementos construtivos observados poderá ser transferida para alçados ou outros desenhos, de preferência em suporte CAD. [43]

4.2. Aplicação da termografia a um caso de estudo

Dada a importância da termografia e a mais valia que esta representa para a deteção de heterogeneidades em elementos construtivos, anomalias, erros de execução, entre outros, e a possibilidade de verificar se as soluções de reabilitação introduzidas são ou não eficazes, resolveu-se realizar um ensaio termográfico numa das obras dos casos de estudo (OBRA 6).

Para o efeito, foram realizados dois levantamentos termográficos, no período de Verão (Anexo 4). O primeiro levantamento foi realizado antes da aplicação do sistema ETICS, no dia 5/08/2013, enquanto que o segundo levantamento foi realizado após aplicação do sistema ETICS no dia 23/09/2013. Estes ensaios foram realizados com o apoio da empresa SAINT-GOBAIN WEBER PORTUGAL, SA e a colaboração de um profissional especializado na realização deste tipo de levantamentos termográficos e respetiva análise qualitativa.

Através da realização destes ensaios e da análise dos respetivos relatórios o objetivo é verificar até que ponto houve melhorias nas zonas críticas, as quais se procurou corrigir com a aplicação do sistema ETICS, e ver se após a execução do sistema ETICS continuam a existir pontos mais sensíveis.

Apresentam-se de seguida algumas fotografias da habitação, para melhor perceção da sua arquitetura e dos seus pormenores construtivos (Fig. 4.4 a 4.6).



Figura 4.4 - Fachadas orientadas a Noroeste e Nordeste



Figura 4.5 - Fachadas orientadas a Sudeste e Nordeste



Figura 4.6 - Fachada orientada a Sudoeste

4.3. Análise dos Relatórios Termográficos do caso de estudo

O primeiro levantamento termográfico realizado no dia 5/08/2013 tinha por objetivo apurar a real necessidade da aplicação do sistema ETICS. O caso de estudo foi a OBRA 6 em que se verificou tratar-se de uma moradia unifamiliar com algumas fissuras provocando infiltrações. A inspeção simplificada foi realizada com uma câmara termográfica de acordo com a EN 13187. A recolha de dados termográficos decorreu entre as 14h20 e as 15h00 (hora legal).

As condições meteorológicas registadas no dia da realização deste primeiro levantamento termográfico apresentam-se na tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Condições meteorológicas no dia do primeiro levantamento termográfico

Temperatura do ambiente interior	20 °C
Diferença da temperatura do ar entre o lado interior e exterior da superfície envolvente	9 °C
Temperatura do ambiente exterior	29 °C
Diferença da pressão de ar entre o lado de sotavento e o de barlavento	---
Outros fatores	---

No levantamento termográfico realizado a 5/08/2013 (Anexo 4.1) foi possível detetar que a espessura de argamassa do reboco é heterogénea, contribuindo para o fenómeno de espectro detetado em alguns pontos.

Relativamente à zona da entrada (1º andar) verificou-se que tem um comportamento térmico homogéneo. Na fachada lateral, confirmou-se a diferença no reboco de 2 cm verificando-se um aumento de temperatura na zona de transposição de espessura do reboco (Figura 4.7).

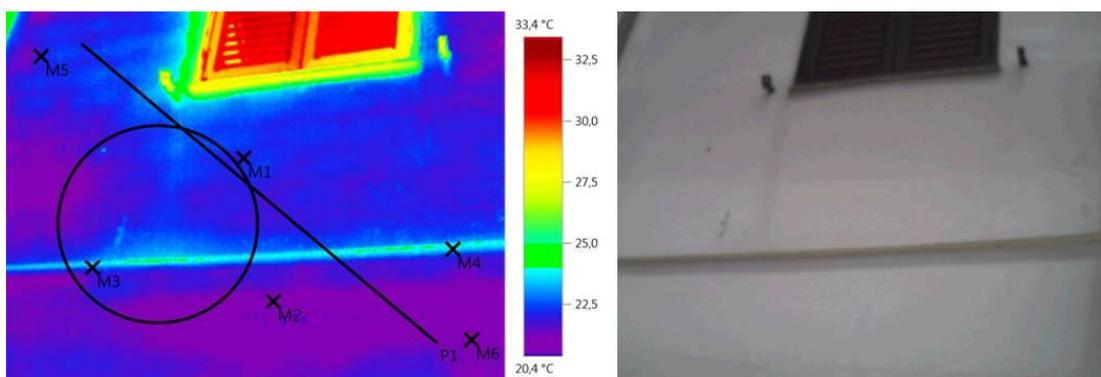


Figura 4.7 - Imagem capturada e imagem real na fachada lateral

Na entrada exterior do rés do chão, verificou-se um comportamento térmico algo heterogéneo mas sem grande variação de temperatura em termos de valores (variação na ordem dos 1,4 °C) (Fig. 4.8 e 4.9).

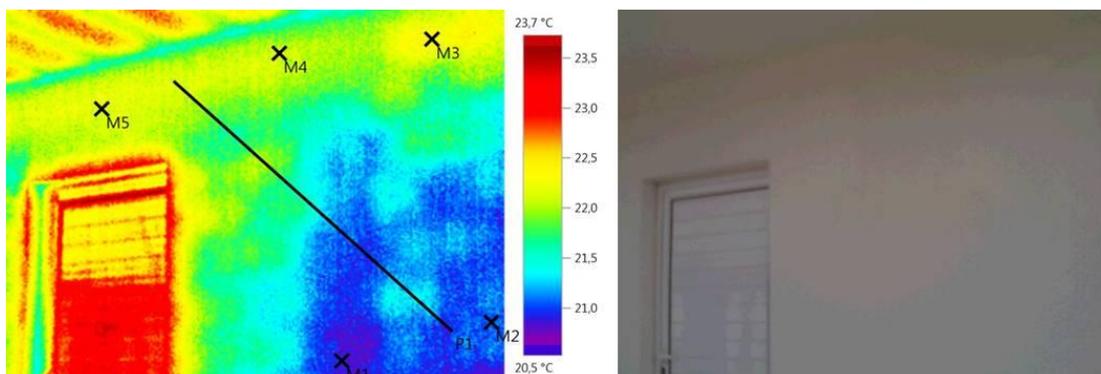


Figura 4.8 - Imagem capturada e imagem real na entrada (rés do chão)

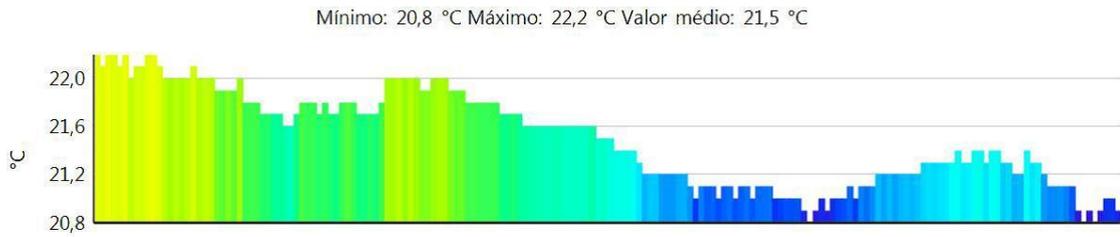


Figura 4.9 - Linha de perfil das temperaturas na zona da entrada (rés do chão)

No que diz respeito ao acesso exterior ao primeiro andar verificou-se que a fachada tem uma variação relativamente baixa (Fig. 4.10), sendo que os elementos presentes que apresentam temperaturas superiores são as portas e caixilharias, candeeiros e grades metálicas (escadas).

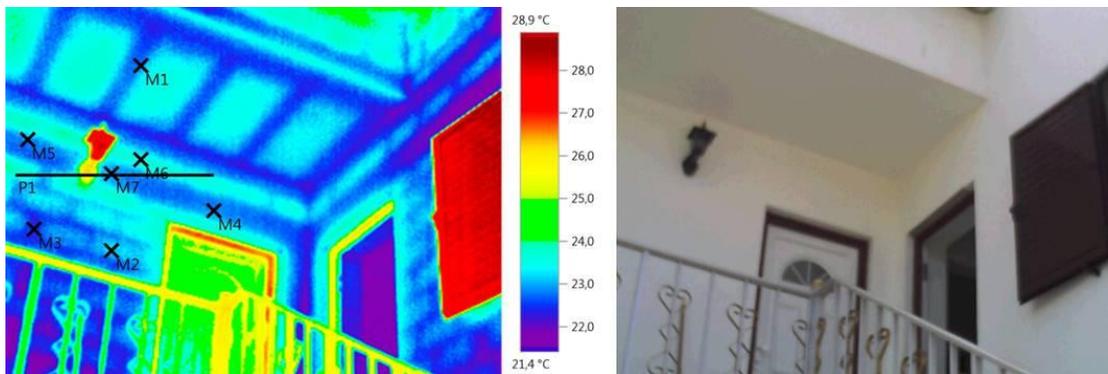


Figura 4.10 - Imagem capturada e imagem real do acesso exterior ao 1º andar

No interior, mais concretamente na sala localizada no primeiro andar, verificou-se que a variação da temperatura medida era relativamente baixa considerando a temperatura interior das fachadas homogénea. No entanto, é possível verificar a existência de pontes térmicas na parede do lado direito e temperaturas superiores na zona dos envidraçados, como seria de esperar (Fig. 4.11 e 4.12).

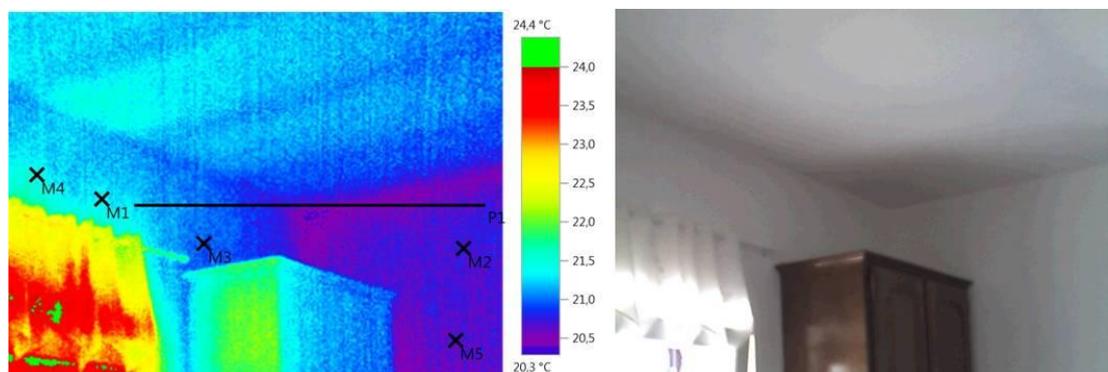


Figura 4.11 - Imagem capturada e imagem real na sala

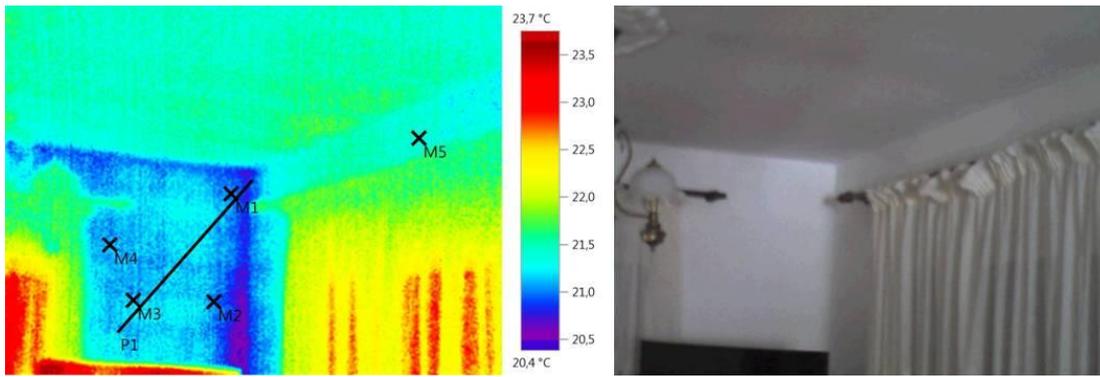


Figura 4.12 - Imagem capturada e imagem real na sala

Na fachada das traseiras orientada a Sudeste, foi possível visualizar diversas fissuras e comportamento diferenciado de diferentes camadas de reboco (Fig. 4.13).

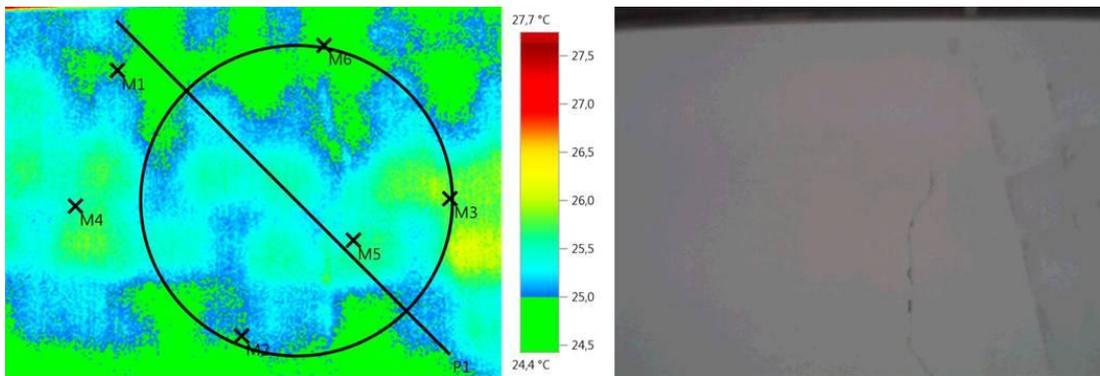


Figura 4.13 - Imagem capturada e imagem real na fachada orientada a Sudeste

É possível verificar a distribuição das temperaturas interiores nos quartos, nas figuras 4.14 e 4.15.

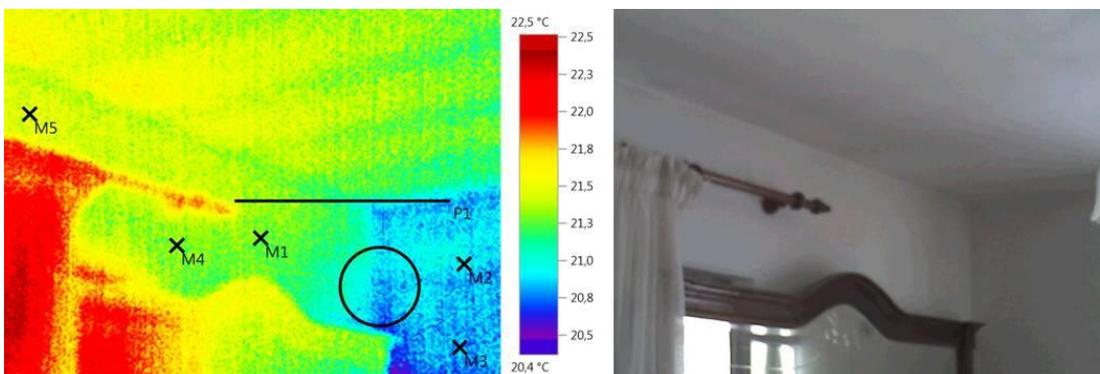


Figura 4.14 - Imagem capturada e imagem real no quarto

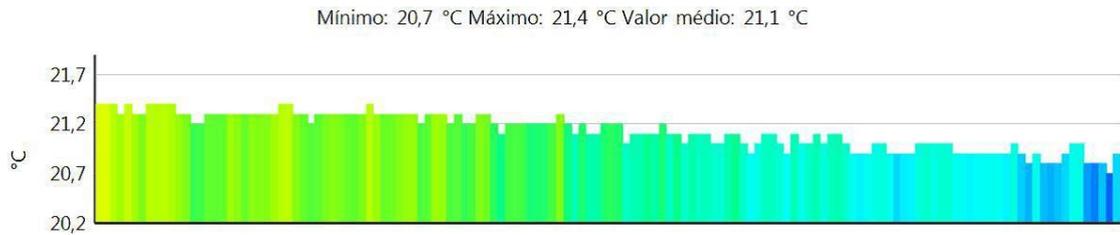


Figura 4.15 - Linha de perfil das temperaturas no quarto

Por fim, também foi feito um registo termográfico que inclui o teto da varanda do primeiro andar (Fig. 4.16).

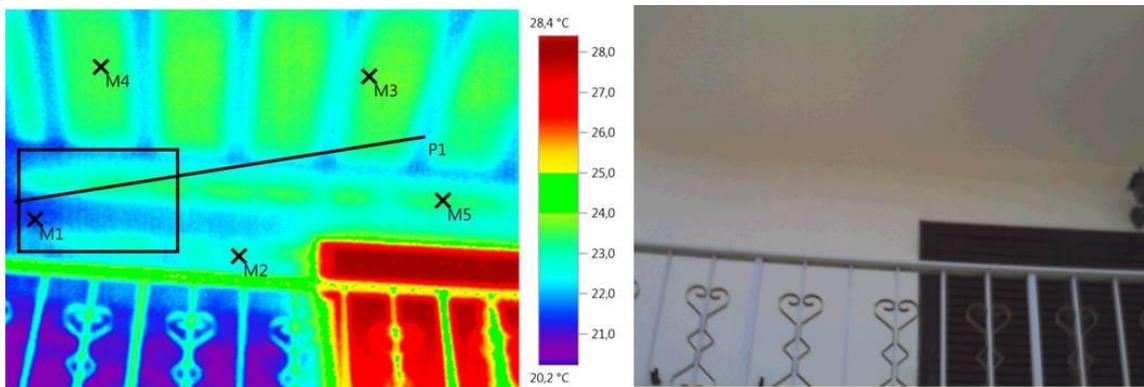


Figura 4.16 - Imagem capturada e imagem real na varanda do 1º andar

As conclusões que se retiram deste levantamento termográfico, passam pelas vantagens de aplicação do sistema ETICS, uma vez que garante melhorias térmicas e que a solução de simples reparação do revestimento exterior com aplicação de barramento armado pode não ser eficaz para resolver os problemas relacionados com as fissuras estruturais. A aplicação do sistema ETICS permite a homogeneidade do comportamento térmico das fachadas de forma generalizada, confere uma maior estabilidade no comportamento dos suportes antigos, na medida em que estes ficam protegidos das agressões climatéricas (frio, sol, chuva, etc.), mas também permite a renovação estética da moradia.

O segundo levantamento termográfico realizado à OBRA 6, no dia 23/09/2013, foi efetuado após a execução do sistema ETICS. Neste registo, a inspeção simplificada também foi realizada com uma câmara termográfica de acordo com a EN 13187. A recolha de dados termográficos decorreu entre as 9h00 e as 9h45 (hora legal).

As condições meteorológicas registadas no dia da realização do segundo levantamento termográfico apresentam-se na tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Condições meteorológicas no dia do segundo levantamento termográfico

Temperatura do ambiente interior	18 °C
Diferença da temperatura do ar entre o lado interior e exterior da superfície envolvente	5 °C
Temperatura do ambiente exterior	23 °C
Diferença da pressão de ar entre o lado de sotavento e o de barlavento	---
Outros fatores	---

No levantamento termográfico realizado a 23/09/2013 (Anexo 4.2) foram analisadas diversas zonas. Na entrada exterior (1º andar) verifica-se que a parede exterior apresenta uma temperatura inferior relativamente à situação inicial, o que significa que a solução de isolamento térmico permite um melhor comportamento (Fig. 4.17).

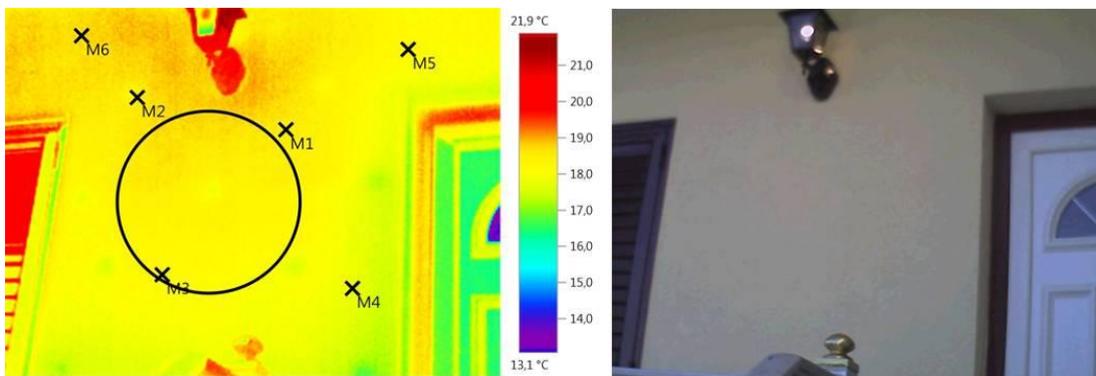


Figura 4.17 - Imagem capturada e imagem real na entrada exterior (1º andar)

Nos registos seguintes, numa zona exterior (Fig. 4.18), no fundo do corredor (Fig. 4.19) e na sala (Fig. 4.20 e 4.21), verifica-se nos elementos da zona corrente das paredes que as temperaturas registadas evidenciam temperaturas homogéneas e mais reduzidas do que na situação inicial. Regista-se maiores temperaturas nos elementos metálicos das portadas exteriores, como seria de esperar.

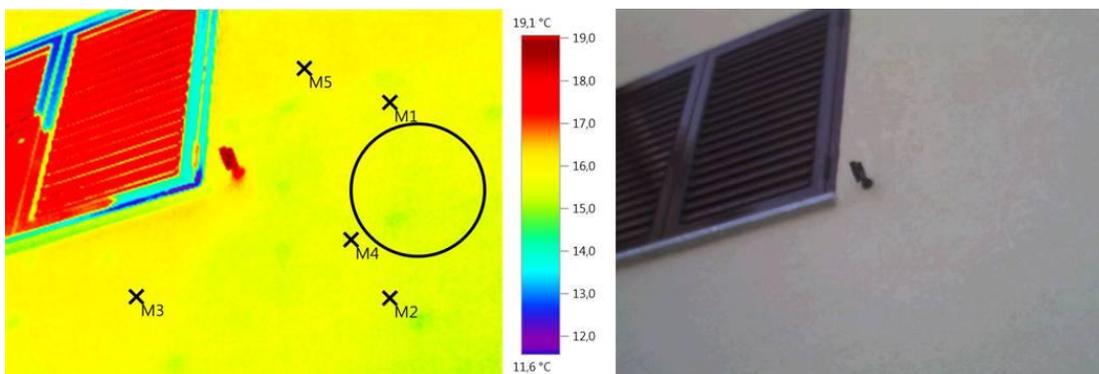


Figura 4.18 - Imagem capturada e imagem real numa zona exterior

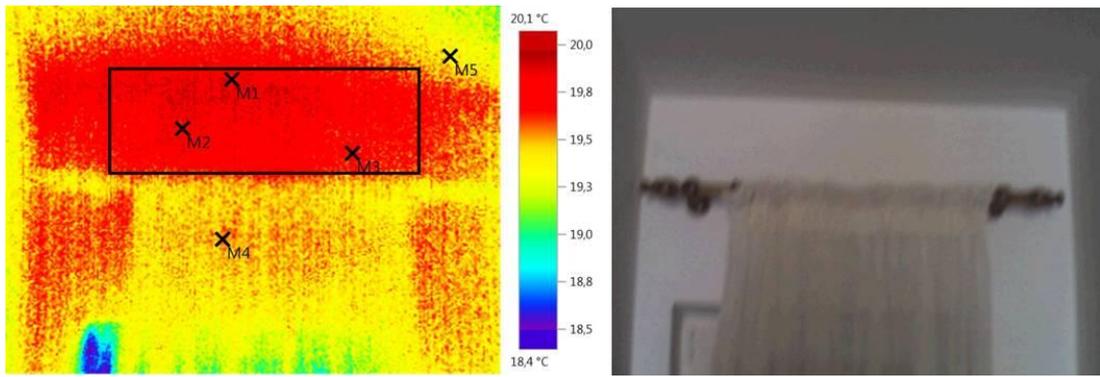


Figura 4.19 - Imagem capturada no fundo do corredor

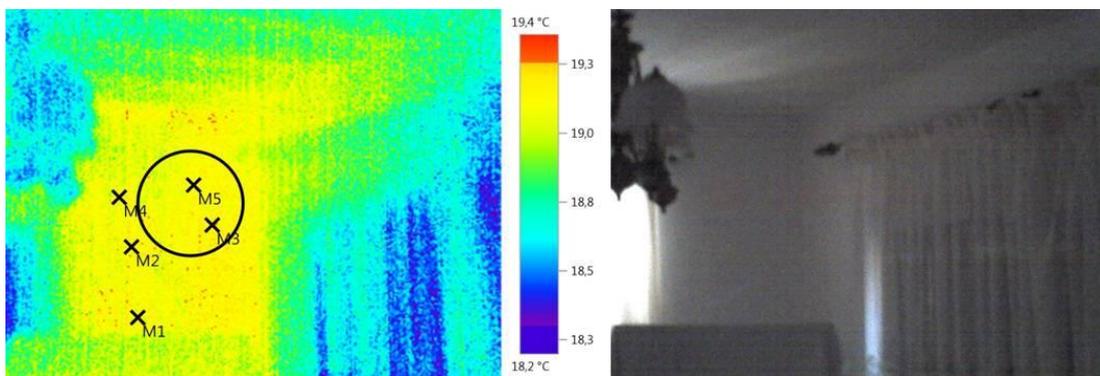


Figura 4.20 - Imagem capturada e imagem real na sala

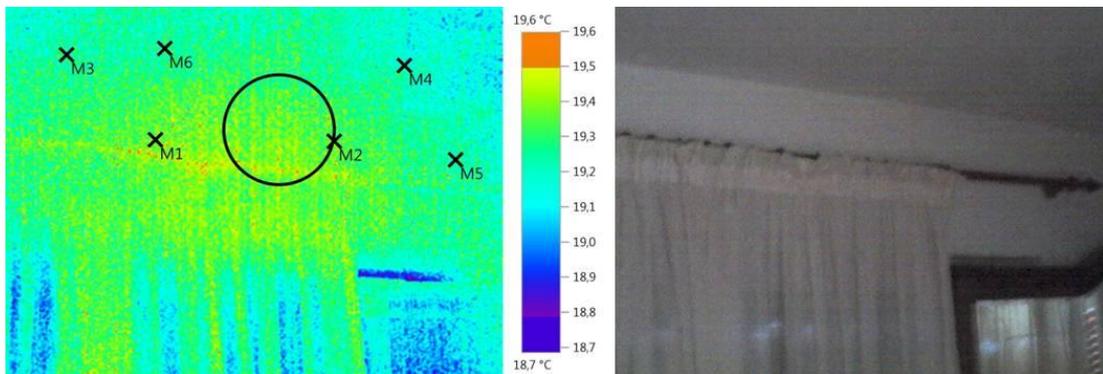


Figura 4.21 - Imagem capturada e imagem real na sala

Analisando os vários registos deste levantamento termográfico relativo ao edifício com aplicação de ETICS, e embora nem sempre as zonas de medição sejam coincidentes, verifica-se que as fachadas e paredes medidas apresentam temperaturas mais homogêneas e mais reduzidas comparativamente com a situação inicial.

Com base nos dois levantamentos termográficos realizados, verifica-se a existência de melhorias térmicas na habitação após aplicação do sistema ETICS, visto que inicialmente se

registava um comportamento térmico algo heterogéneo, apesar das variações de temperatura serem muito pequenas. Também se pode verificar que a amplitude térmica entre o interior e exterior da habitação é menor no segundo levantamento termográfico, visto que no primeiro levantamento verificava-se uma diferença de temperatura do ar entre o lado interior e exterior da superfície envolvente de 9 °C reduzindo-se no segundo levantamento a 5 °C. É importante salientar que após a aplicação do sistema ETICS já não se visualizam zonas nas fachadas com as heterogeneidades apresentadas na figura 4.13, devido à correção das fissuras e da impermeabilização do sistema. No entanto, ainda se verificam alguns pontos sensíveis, nomeadamente nas caixilharias e suas proteções e junto das varandas visto que estas não foram isoladas termicamente.

Considerando que estes levantamentos foram executados no período de Verão, as zonas de pontos críticos vão tendencialmente ser zonas de ganhos de calor para o interior, aliás como se verificou no conjunto dos termogramas.

A realização de levantamentos termográficos no período de Inverno seria bastante interessante para verificar a localização das perdas significativas de calor do interior para o exterior, embora se considere que estes pontos devem coincidir com os pontos que permitem os ganhos de calor do exterior para o interior no período de Verão. Chama-se atenção para o facto de haver a necessidade destes levantamentos termográficos produzirem os registos em zonas idênticas para ser possível efetuar comparações entre as situações, antes e após intervenção de reabilitação.

Capítulo 5

Conclusões

5. Conclusões

5.1. Conclusões finais

5.2. Principais dificuldades

5.3. Desenvolvimentos futuros

5. Conclusões

5.1. Conclusões finais

A realização desta dissertação permitiu o alargamento e aprofundamento do tema, no que diz respeito aos pormenores mais técnicos e que uma pessoa não lida no dia-a-dia quando se aborda o tema. O conhecimento da regulamentação em vigor e das normas técnicas de aplicação são instrumentos fundamentais para a fiscalização e melhoria da qualidade de execução, evitando erros e garantindo uma maior durabilidade. Para além da recolha e tratamento de informação, o acompanhamento de casos de estudo permitiu um maior contacto com a realidade no sentido da aplicação do sistema ETICS.

Ao longo do desenvolvimento do tema procurou-se, para além de conhecer as diversas patologias frequentes no sistema ETICS, identificar casos práticos. Não foi possível fazer o levantamento de todo o tipo de patologias, no entanto, conseguiu verificar-se a manifestação de algumas patologias mais frequentes, que até se repetiam em vários casos e zonas do mesmo edifício.

A elaboração e aplicação das fichas de verificação foi uma componente muito importante, pois para além do estudo da documentação necessária para a sua elaboração, estas reúnem os aspetos essenciais e necessários para a execução do sistema ETICS. A inspeção em obra fica não só facilitada mas também mais rigorosa com a sua utilização, porque não há o risco de cair em esquecimento algum pormenor e permite a correção de algum erro que esteja a ser cometido, chamando atenção ao encarregado de obra.

Relativamente à primeira ficha (Elementos de Projeto e Contrato) concluiu-se que ainda há pouca organização neste campo, isto porque não são elaborados projetos técnicos de especialidade que facilitem a adequação do sistema às obras, na medida da escolha dos materiais e da elaboração de pormenores construtivos que evitem dúvidas no momento da execução. A existência de contratos também permitiria haver uma maior noção das responsabilidades, prazos e tarefas a serem executadas.

Quanto aos Elementos de Produção, verifica-se que a formação das equipas é adequada e ajustada aos trabalhos necessários a realizar, a longo prazo, isto é, no decorrer da obra mas também um ajuste de mão de obra consoante a tarefa a ser executada. Também se verifica a existência do equipamento necessário para uma correta execução, o que é favorável à questão do rendimento e produtividade em obra. Não existindo projeto térmico, os materiais a aplicar são definidos livremente entre a empresa aplicadora e o cliente. Verifica-se nos casos estudados que nunca é previsto a utilização de perfis de arranque, nem o reforço das

zonas do sistema sujeitas a ações de especial agressividade. Em alguns casos também não se prevê a aplicação de perfil de pingadeira.

Relativamente aos isolantes aplicados, em cinco obras dos casos de estudo o isolamento térmico foi previsto e executado com EPS 100. Teve-se a possibilidade de acompanhar também uma obra com aplicação de XPS. É importante ter a noção que o XPS apresenta uma maior resistência térmica e mecânica, por ser mais denso, e conseqüentemente uma maior durabilidade a esse nível. No entanto, tem uma menor permeabilidade ao vapor de água, assim como, um maior módulo de elasticidade transversal, o que implica que é mais suscetível ao fenómeno de condensação e ao aparecimento de fissuras, em relação ao EPS.

As fichas de verificação da execução dos trabalhos são bastante detalhadas e permitem acompanhar todas as etapas da aplicação do sistema ETICS, o que permitiu concluir facilmente quais os aspetos conformes e não conformes. Considerando os elementos que nem sequer são previstos conclui-se logo que se encontram erros na aplicação pela sua ausência. De resto, verifica-se o respeito pelas condições necessárias de aplicação, tanto ao nível das condições atmosféricas mas também das condições de preparação dos trabalhos, mais concretamente a preparação do suporte. Mais detalhadamente, poderá dizer-se que o primeiro erro é a ausência dos perfis de arranque, mas a partir daí a preparação da argamassa de colagem, a colocação do isolamento e a fixação mecânica são executados de acordo com o exigido. O reforço dos pontos singulares também segue o esquema de aplicação exigido, com aplicação dos perfis de esquina e aresta, sendo os remates bem executados. O reforço dos contornos dos vãos é executado também com perfis e o reforço dos cantos dos vãos com rede fibra de vidro. Estes reforços de armadura são fundamentais tendo em conta que são zonas mais suscetíveis de fissurar. É de salientar, novamente, a ausência do reforço nas zonas mais vulneráveis devido à sua importância e também, em alguns casos de estudo, a ausência da aplicação do perfil de pingadeira nas padieiras das janelas ou portas.

Quanto à aplicação da camada de base e também do acabamento final verifica-se a conformidade do executado com o definido e exigido.

A maior parte dos casos de estudo (cinco em seis) são casos de reabilitação, os quais exigiram mais alguns requisitos. Devido à espessura que é acrescentada na parede original, teve que se garantir uma solução para o peitoril dos vãos, algo que foi sempre verificado e executado nos casos de estudo, ou com a substituição do peitoril original por um novo ou com a extensão do peitoril existente em pedra. Também houve casos em que foi necessário uma solução para os caixilhos das portadas, nesses casos de estudo, verificou-se uma solução adaptável através da fixação dos caixilhos a chapas metálicas, no entanto, existem em documentos específicos pormenores construtivos com elementos de fixação mais complexos aos que estão a ser aplicados nestes casos de estudo.

No final verificaram-se as condições posteriores, o que é favorável não só para o sistema em si, mas também para a satisfação do cliente.

Os casos de estudo também permitem uma certa apreciação das condições do mercado atual no ramo da construção civil em Portugal. Em seis casos de estudo, cinco deles são casos de reabilitação o que revela que o mercado da construção nova se encontra praticamente estagnado, enquanto que aposta passa por reabilitar os edifícios existentes.

As inspeções realizadas ao longo da execução do sistema são fundamentais, no entanto, é importante referir que qualquer obra deveria prever inspeções de manutenção, não só para proceder aos trabalhos necessários de manutenção, como lavagens periódicas, mas também para poder detetar o aparecimento de manifestações patológicas ainda em fase inicial. Não só as patologias que já são comuns ao sistema, mas também aquelas que poderão surgir devido aos erros na execução, pois será muito mais fácil proceder à sua reparação quando o problema ainda não se encontra desenvolvido.

A realização de levantamentos termográficos ofereceu uma contribuição importante nesta dissertação no sentido de permitir verificar a necessidade de aplicar uma solução de isolamento pelo exterior, mas também verificar a eficácia do sistema. Consegui perceber-se que o caso de estudo ao qual foi aplicada a termografia, não é dos casos mais explícitos para demonstrar a melhoria do conforto térmico numa habitação, mas mesmo assim verificaram-se melhorias como era pretendido e esperado. O recurso a esta técnica não destrutiva deveria ser mais frequente não só para a realização de projetos térmicos, mas também para verificação da eficácia das soluções adotadas.

5.2. Principais dificuldades

Na realização desta dissertação surgiram algumas dificuldades no que diz respeito à recolha de informação. Em Portugal não existem normas e documentos técnicos generalistas para aplicação do sistema ETICS, existem apenas fichas técnicas e documentos de homologação de sistemas concebidos por empresas e marcas específicas. A informação desses documentos foi essencial. No entanto, foi necessário recorrer à informação disponível noutros países, mais especificamente às normas francesas. A maior parte dessas normas encontra-se disponível *online*, no entanto, verificou-se que há algumas que não são disponibilizadas e o seu acesso é muito restrito. Ainda se tentou entrar em contacto com algumas empresas através de o envio de alguns emails para perceber a disponibilidade em fornecer essa informação para a sua aplicação nesta dissertação, mas não foi obtida qualquer resposta.

Por questões de disponibilidade e também de organização do trabalho, foi impossível realizar levantamentos termográficos nos outros casos de estudo, o que teria sido interessante de analisar. Por outro lado, considerando o limite do prazo de entrega desta dissertação, tornou-

-se inviável realizar levantamentos termográficos no período de Inverno, algo que teria sido relevante para a análise dos pontos significativos onde existem perdas de calor antes e após aplicação do sistema ETICS.

5.3. Desenvolvimentos futuros

O conhecimento da regulamentação revelou-se fundamental, principalmente na elaboração das fichas de verificação. No entanto, foi necessário recorrer à regulamentação estrangeira visto não existirem normas portuguesas para aplicação do sistema. Seria importante vir a existir em Portugal, até porque há muitos parâmetros que já são abordados noutras publicações do RCCTE e do LNEC, no entanto não são compilados no sentido da aplicação específica do sistema ETICS.

As fichas criadas nesta dissertação facilitaram muito o processo de verificação em obra, e visto terem sido aplicadas a casos de estudo em que a empresa aplicadora do sistema foi sempre a mesma seria interessante aplicar estas fichas em outras obras executadas por outras empresas aplicadoras. Assim, permitiria uma análise mais geral e comparativa de como está a ser executado o sistema ETICS em Portugal. Os erros que foram detetados nestes casos de estudo poderão ser comuns ou não, assim como poderão existir outros erros para além dos detetados.

Os casos de estudo foram sujeitos à verificação da execução do sistema. Poder-se-ia também prolongar o trabalho com a realização de inspeções periódicas de manutenção e verificar qual o comportamento do sistema ao longo do tempo, assim como, o aparecimento de manifestações patológicas. A elaboração de algumas fichas com os aspetos essenciais de serem visualizados e registados, poderia facilitar o processo das inspeções periódicas de manutenção.

Considerando que a maior parte dos casos de estudo não têm projeto térmico, e que em nenhum caso se verificou a existência de pormenores construtivos para aplicação do sistema ETICS, caderno de encargos e contrato, a aplicação das fichas de verificação a casos de estudo que possuíssem essas informações poderia revelar diferenças na forma de execução do sistema.

A termografia é outro campo onde se poderia continuar a trabalhar, seria interessante a realização de mais levantamentos termográficos em outros tipos de obra, por exemplo com aplicação de EPS, mas também para além dos levantamentos em período de Verão realizar também levantamentos termográficos durante o período de Inverno.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- [1] Silva, Pedro Correia Pereira. “Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE.” Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2006.
- [2] LENA ETICS. *Isolamento térmico pelo exterior - Manual de Aplicação*. 2010.
- [3] MAPEI. “MAPETHERM - Sistema de isolamento térmico pelo exterior de edifícios.” Caderno técnico.
- [4] Freitas, Vasco Peixoto. *Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido - ETICS (Sistema "HOTSkin")*. Isolamento térmico de fachadas - HT 191A/02, Porto: Maxit, 2002.
- [5] Silva, Luis, Vasco Pereira, Pedro Sequeira, e António Sousa. “Avaliação da compatibilidade de fixação de elementos cerâmicos com o Sistema ETICS.” *Congresso APFAC*. Lisboa, 2010.
- [6] Futureng - Engenharia e Projecto. <http://www.futureng.pt/etics> (acedido em Outubro de 2013).
- [7] Anselmo, Isabel, e Carlos Nascimento. *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais*. Lisboa, 2004.
- [8] Sepúlveda, Jacinto. “Sistema Capotto - ETICS.” Maio de 2007. <http://engenhariacivil.wordpress.com/2007/05/21/sistema-capotto-etics> (acedido em Outubro de 2013).
- [9] Pereira, Vasco, Pedro Sequeira, Joana Barreto, e Luis Silva. “O Sistema ETICS como técnica de excelência na reabilitação de edifícios na segunda metade do século XX.” *Congresso APFAC*. Lisboa, 2007.
- [10] Silva, João Carlos Martins Lopes. “Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção.” Dissertação de Mestrado, ISEL, 2012.
- [11] Fernandes, Claribel, e Jorge Brito. *Soluções para integração arquitectónica do sistema ETICS em reabilitação*. 2012.
- [12] Chaves, Ana Margarida Vaz Alves. “Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas.” Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2009.
- [13] RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. <http://www.rccte.com> (acedido em Outubro de 2013).

- [14] APFAC. “Argamassas de reboco, monomassas e ETICS - Tema 3: Argamassas de Reboco e Monomassas (EN 998-1).” Monografia.
- [15] Guerra, João. “Revestimento de fachadas.” Universidade Fernando Pessoa, 2010.
- [16] Sousa, Luís Filipe Tavares Teixeira. “Durabilidade da construção. Estimativa da vida útil - ETICS.” Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [17] CIN. “Sistema CIN-k Isolamento térmico pelo exterior.” Manual de utilização, Porto, 2012.
- [18] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé*. Cahier du CSTB 3035, Paris: CSTB, 1998.
- [19] Centro Empresarial Lusoworld. “Polistireno expandido - EPS (Acoustic Treatment Pack - ATP).” Ficha técnica.
- [20] Primo, André Duarte de Oliveira. “Estudo da durabilidade de materiais e sistemas construtivos.” Dissertação de mestrado, FEUP, 2008.
- [21] ISOCOR. “Isolamento de Fachadas - Tipo ETICS.” Ficha técnica, Lisboa, 2010.
- [22] Weber Saint-Gobain. “Sistema weber.therm classic.” Ficha técnica, 2010.
- [23] DH 911 - Weber. *Therm Classic Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior*. Documento de Homologação, Lisboa: LNEC, 2010.
- [24] Weber Saint-Gobain. “Fachadas Eficientes Weber.therm.” Manual técnico, 2012.
- [25] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *ETA-004/0009 Weber.therm PPE - enduit mince sur polystyrène expansé*. Document Technique d'Application 7/10-1467, CSTB, 2011.
- [26] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *ETA-04/0076 - SPIT ISO*. Agrément Technique Européen, Paris: CSTB, 2012.
- [27] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *Définition des caractéristiques des treillis en fibres de verre utilisés dans les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant*. Cahier du CSTB 3204-V2, Paris: CSTB, 2012.
- [28] ETAG-004. “Guideline for European technical approval of External thermal insulation composite systems with rendering.” Bruxelas, Bélgica, 2011.
- [29] DH 918 - *Viplás 50, 100, AR95, 167 e 275 Redes para reforço de revestimentos de paredes*. Documento de Homologação, Lisboa: LNEC, 2012.

- [30] Freitas, Vasco Peixoto. “Nota técnica sobre a aplicação de revestimento constituído por reboco delgado armado sobre poliestireno expandido.” Isolamento térmico de fachadas pelo exterior - Relatório preliminar, Porto, 2001.
- [31] Morais, Ana Isabel Barbosa. “Soluções de reabilitação de fachadas com revestimento em ladrilhos cerâmicos.” Dissertação de Mestrado, FEUP, 2007.
- [32] Fassa Bartolo. “Sistema “Capote” Isolamento térmico.”
- [33] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *Classement reVETIR des systèmes d’isolation thermique des façades par l’extérieur*. Cahier du CSTB 2929, Paris: CSTB, 1996.
- [34] Union Européenne pour l’agrément technique dans la construction (UEAtc). *Directives UEAtc pour l’agrément des complexes d’isolation extérieure des façades avec enduit mince sur isolant en polystyrène expansé*. Cahier du CSTB 2289, Paris: CSTB, 1988.
- [35] CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment. *Systèmes d’isolation thermique des façades par l’extérieur faisant l’objet d’un avis technique*. Cahiers CSTB 1833, Paris: CSTB, 1983.
- [36] Lopes, Tiago José Oliveira Lima Portugal. “Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios - Aplicação ao revestimento ETICS.” Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- [37] Choon Chai, Cristina de Vilhena Veludo. “Previsão da vida útil de revestimentos d superfícies pintadas em paredes exteriores.” Dissertação de Mestrado, IST, 2011.
- [38] Peixoto, Maria Pereira. “Metodologia da fiscalização de obras - Planos de controlo de conformidade d fachadas.” Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
- [39] DH 914 - Weber. *Therm Extra Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior*. Documento de Homologação, Lisboa: LNEC, 2011.
- [40] DH 917 - CIN-k *Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior*. Documento de Homologação, Lisboa: LNEC, 2012.
- [41] ETA 11/0287 - Weber. *Therm Classic Sistema de compósito de isolamento térmico pelo exterior*. Aprovação Técnica Europeia, Lisboa: LNEC, 2011.
- [42] ETA 11/0369 - Weber. *Therm Extra Sistema de compósito de isolamento térmico pelo exterior*. Aprovação Técnica Europeia, Lisboa: LNEC, 2011.
- [43] Córias, Vítor. *Inspeccões e ensaios na reabilitação de edifícios*. 2ª Edição. Lisboa: IST Press, 2009.
- [44] “Termografia de intervenção.” *Municipia Energy*. 2012. www.municipiaenergy.com (acedido em Outubro de 2013).

[45] PPH - *Peritagem de Patologia da Habitação*. <http://www.peritagemdeedificios.com> (acedido em Outubro de 2013).

[46] Barreira, Eva Sofia Botelho Machado. “Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios.” Dissertação de Mestrado, FEUP, 2004.

[47] Viegas, João Carlos. *Componentes de edifícios - Selecção de caixilharia e seu dimensionamento mecânico*. ICT - Informação técnica, Lisboa: LNEC, 2008.

Anexos

Anexos

Anexo 1 - Definições dos Parâmetros úteis para o uso de V e E

Anexo 2 - Fichas de Verificação

Anexo 3 - Aplicação das Fichas de Verificação aos casos de estudo

Anexo 4 - Levantamentos Termográficos na OBRA 6