

PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES INTERIORES DE EDIFÍCIOS

JOÃO JOSÉ JORGE BENTO

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

Orientador: Professor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

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

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

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. José Amorim Faria, pela disponibilidade e pelo seu contributo na definição de estratégias para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos profissionais e investigadores que constam na Bibliografia, pois sem o seu trabalho esta dissertação não seria possível.

À Empresa Construtora que me acolheu e permitiu a execução deste trabalho.

À Metro do Porto, S.A. que autorizou a utilização de peças de projecto para a realização desta dissertação.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram ao longo da minha existência. Agradeço-lhes ainda pela confiança, carinho e transmissão de valores que me ofereceram, sem os quais não me teria tornado na pessoa que sou hoje.

À minha noiva, por todo apoio e amor que me deu para que tivesse a força de vontade necessária para completar esta jornada. E por me querer “aturar” nesse conjunto de grandes aventuras que será o resto das nossas vidas!

À futura sogra, que me recebeu como um filho.

E por fim, gostaria de agradecer a todos os amigos e colegas de trabalho que se revelaram verdadeiros companheiros ao longo desta etapa.

RESUMO

Este trabalho representa o documento final a apresentar para conclusão da unidade curricular Projecto/Investigação, para conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Civil.

Na construção portuguesa, os revestimentos cerâmicos colados continuam a ser amplamente utilizados, pois oferecem elevada durabilidade, bom desempenho técnico e vastas possibilidades estéticas. Apesar da evolução da indústria e dos métodos de fixação, continua a ser um revestimento confrontado frequentemente com graves patologias. A divulgação das causas dessas patologias é de extrema importância, pois permite assumir uma política preventiva reduzindo assim o risco de ocorrência destas. Neste documento reúnem-se as informações necessárias para que, os intervenientes na fase de projecto e de execução, possam realizar os respectivos trabalhos, tendo em conta as anomalias que podem surgir e as suas possíveis causas, permitindo-lhes tomar decisões que limitem a respectiva ocorrência.

No Capítulo 2, apresenta-se uma exposição global da classificação e caracterização dos componentes do subsistema construtivo “revestimentos cerâmicos colados”. A descrição das principais anomalias que afectam este tipo de sistema de revestimentos e as possíveis causas é feita no Capítulo 3. Apresenta-se um estudo de caso – Anomalias em Estações do Metro do Porto – no Capítulo 4 onde se expõem as anomalias, os ensaios realizados, as possíveis causas e as modificações ao sistema inicial nos trabalhos de reparação. Tendo em conta a informação mais teórica apresentada nos Capítulos 2 e 3 e a informação prática resultante do caso estudado no Capítulo 5 resumem-se procedimentos e precauções a ter em conta na fase de projecto e aplicação de revestimentos cerâmicos colados. E por fim no Capítulo 6 sintetizam-se as conclusões possíveis de extrair da realização deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimento cerâmico colado, anomalias, patologias.

ABSTRACT

This work represents the final document to present for the conclusion of my Project/Investigation to obtain the Integrated Master in Civil Engineering.

In the Portuguese construction, adhesive ceramic tiles are still widely used because they offer high durability, good technical performance and vast aesthetic possibilities. Despite the evolution of the industry and fixating methods, it remains a coating often confronted with serious pathologies. The disclosure of the causes of these pathologies is extremely important because it allows taking a preventive policy thereby reducing the risk of its occurrence. This document gathers the necessary information so that the professionals involved in the conception phase and execution can carry out their work, taking into account the anomalies that may arise and their possible causes, allowing them to take decisions that limit the occurrence of these anomalies.

Chapter 2 presents an overall exposure of the classification and characterization of the components of the system - adhesive ceramic tiles. The description of the main anomalies that affect this type of coating system and their possible causes are presented in Chapter 3. It is also analysed a case study in Chapter 4 - Anomalies of the Subway Stations of Porto - presenting an exposure of the anomalies, the tests performed, the possible causes of the anomalies and the changes to the original system in the repair work. Chapter 5 summarizes the procedures and precautions to be taken into account in the conception phase application of adhesive ceramic tiles. Finally Chapter 6 summarizes the possible conclusions to drawn from this work.

Key-Words: Adhesive ceramic tiles, anomalies, pathologies.

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

EN	Norma Europeia
GL	Ladrilhos vidrados
UGL	Ladrilhos não vidrados
E	Absorção de água
W	Dimensão de fabricação
J	Largura da junta
S	Área / Superfície
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
CTCV	Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro
APEB	Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
SIMBOLOS E ABREVIATURAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO	1
1.2. ORGANIZAÇÃO E OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
2. REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES INTERIORES	3
2.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. SÍNTESE HISTÓRICA	3
2.3. MATERIAIS	6
2.3.1. LADRILHOS	6
2.3.1.1. Introdução	6
2.3.1.2. Normalização e Classificação	6
2.3.1.3. Características	9
2.3.1.4. Matérias-Primas e Processos de Fabrico	12
2.3.1.5. Controlo de Qualidade	18
2.3.2. ARGAMASSAS PARA JUNTAS	20
2.3.2.1. Introdução	20
2.3.2.2. Classificação das Juntas	20
2.3.2.3. Características dos produtos de juntas	24
2.3.3. MATERIAIS DE ASSENTAMENTO	26
2.3.3.1. Introdução	26
2.3.3.2. Classificação e Especificações	26
2.4. EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AO SUPORTE	32
2.5. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO APLICÁVEIS	33
2.6. CERTIFICAÇÃO DE MATERIAIS	33
2.6.1. DECISÕES DA COMISSÃO	35
2.6.2. NORMAS HARMONIZADAS	35

2.6.3. ORGANISMOS NOTIFICADOS	37
2.6.4. GRUPO DE ORGANISMOS NOTIFICADOS	38
2.6.5. CONTROLO DA PRODUÇÃO DA FÁBRICA (FPC).....	38
2.6.6. ETIQUETAGEM PARA MARCAÇÃO CE.....	39
2.6.7. EXEMPLO DE DECLARAÇÃO DO FABRICANTE	40
3. ESTUDO DE ANOMALIAS E PATOLOGIAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES – CLASSIFICAÇÃO GERAL	43
3.1. INTRODUÇÃO	43
3.2. DESCRIÇÃO DE ANOMALIAS	43
3.3. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS ANOMALIAS DE REVESTIMENTOS DE PAREDES	48
3.3.1. DESCOLAMENTO E EMPOLAMENTO	48
3.3.2. FISSURAÇÃO.....	50
3.4. EXEMPLOS DE ANOMALIAS	51
3.5. CONCLUSÃO.....	55
4. ESTUDO DE CASO – ANOMALIAS EM ESTAÇÕES DO METRO DO PORTO	61
4.1. INTRODUÇÃO	61
4.2. CARACTERIZAÇÃO	61
4.3. OBSERVAÇÃO DIRECTA	63
4.4. ENSAIOS	65
4.4.1. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS.....	65
4.4.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS “IN SITU”	66
4.4.3. RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS.....	66
4.5. CONSIDERAÇÕES FACE AOS RESULTADOS DOS ENSAIOS.....	66
4.6. SOLUÇÕES PARA OS TRABALHOS DE REPARAÇÃO	68
4.7. CONCLUSÃO	70
5. REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES – BOAS PRÁTICAS CONSTRUTIVAS	71
5.1. INTRODUÇÃO	71
5.2. RECOMENDAÇÕES – CONCEPÇÃO / PROJECTO	71
5.2.1. LADRILHOS CERÂMICOS	72
5.2.2. COLA	72

5.2.3. JUNTAS ENTRE LADRILHOS E RESPECTIVOS PRODUTOS DE PREENCHIMENTO.....	73
5.2.4. LOCALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS JUNTAS DE MOVIMENTO.....	75
5.2.5. ELEMENTOS DE REFORÇO, DE ESTANQUIDADE E DE PROTECÇÃO DE PONTOS SINGULARES.....	79
5.2.6. TÉCNICAS DE ASSENTAMENTO DE PEÇAS CERÂMICAS E CONSUMOS.....	82
5.2.7. AVALIAÇÃO FINAL DA QUALIDADE DO REVESTIMENTO.....	82
5.2.8. ENTRADA EM SERVIÇO DO REVESTIMENTO.....	83
5.3. RECOMENDAÇÕES – EXECUÇÃO.....	84
5.3.1. INTERVALO DE TEMPO A RESPEITAR ENTRE AS SUCESSIVAS FASES DA CONSTRUÇÃO.....	84
5.3.2. PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES A COLAR.....	85
5.3.3. EXECUÇÃO DA COLAGEM.....	89
5.3.3.1. Generalidades.....	89
5.3.3.2. Preparação da cola.....	89
5.3.3.3. Aplicação da cola.....	89
5.3.3.4. Selecção da espátula denteada.....	90
5.3.3.5. Assentamento dos ladrilhos.....	91
5.3.3.6. Condições atmosféricas.....	92
5.3.4. EXECUÇÃO DAS JUNTAS ENTRE LADRILHOS.....	93
5.3.5. LIMPEZA DO REVESTIMENTO APÓS A CONCLUSÃO DA SUA EXECUÇÃO.....	94
6. CONCLUSÃO.....	95

ANEXO I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Rapto das Sabinas no Palácio da Quinta da Bacalhoa – Azeitão [1].....	4
Figura 2.2 – Interior revestido a azulejo no Paço de Sintra – Sintra [1]	4
Figura 2.3 – Quinta dos Azulejos e Palácio dos condes de Mesquitela – Lisboa [1]	4
Figura 2.4 – Zona da foz do Rio Douro, Passeio Alegre – Porto [1].....	5
Figura 2.5 – Zona da Ribeira – Porto [1].....	5
Figura 2.6 – Faculdade de Letras da Universidade do Porto – FLUP [1]	6
Figura 2.7 – Designação das dimensões dos ladrilhos [7]	7
Figura 2.8 – Fluxograma do processo de fabrico pela via seca (prensagem) [7].....	13
Figura 2.9 – Fluxograma do processo de fabrico pela via seca (prensagem) [7].....	14
Figura 2.10 – Fluxograma do processo de fabrico pela via semi-húmida [7]	15
Figura 2.11 – Fluxograma do processo de fabrico pela via seca [7]	16
Figura 2.12 – Fluxograma do processo de fabrico pela via semi-húmida e seca com extrusão [7].....	17
Figura 2.13 – Exemplo de junta estrutural [7]	21
Figura 2.14 – Exemplo de junta periférica [22]	22
Figura 2.15 – Exemplo de junta intermédia [7]	23
Figura 2.16 – Constituição de uma junta de assentamento [7].....	23
Figura 2.17 – Tipos de camadas de aplicação [7]	27
Figura 2.18 – Exemplo de Etiqueta do fabricante / revestimentos [7]	39
Figura 2.19 – Exemplo de Etiqueta do fabricante / cimentos-cola [7].....	40
Figura 2.20 – Exemplo de declaração do fabricante / revestimentos [7]	41
Figura 2.21 – Exemplo de declaração do fabricante / cimentos-cola [7]	42
Figura 3.1 – Descolamentos pontuais mas extensos, sem empolamento aparente, recomendando inspeção geral das condições de aderência [7]	51
Figura 3.2 – Empolamento acentuado em revestimentos interiores [7].....	51
Figura 3.3 – Descolamento, empolamento e queda por acção da água infiltrada para o tardoz [7]	52
Figura 3.4 – Fissura trespassante sem descolamento do azulejo, evidenciando a qualidade da colagem e a sua baixa resistência [7]	52
Figura 3.5 – Junta de dilatação estrutural com funcionamento não eficaz para o revestimento [7].....	52
Figura 3.6 – Fissuração e empolamento em panos de grande dimensão sem juntas de esquadramento [7].....	53
Figura 3.7 – Aplicação deficiente e irregular, com desnivelamento acentuado no topo da laje [7].....	53
Figura 3.8 – Variação de cor e escorrências devidas à entrada e posterior saída de água [7]	53

Figura 3.9 – Enodoamento, micro-fissuração e degradação das juntas de assentamento [7].....	54
Figura 3.10 – Fissuração sobre parede deformada devido aos movimentos da estrutura, acentuada pela sujidade [7]	54
Figura 3.11 – Eflorescência grave em zona localizada, que constitui caminho de escorrência privilegiado da água da chuva [7].....	54
Figura 3.12 – Refluxo de sais pelas juntas de azulejo em edifício antigo, devido a humidades ascensionais do terreno [7]	55
Figura 3.13 – Percentagem de ocorrência dos grupos de causas de anomalias em fachadas. [25] ...	57
Figura 4.1 – Esquema da solução construtiva adoptada.....	62
Figura 4.2 – Aspecto geral da fachada (Estação Salgueiros).....	63
Figura 4.3 – Descolamento pontual (extenso)	64
Figura 4.4 – Queda generalizada de azulejos	64
Figura 4.5 – Azulejos descolados e em risco de queda	65
Figura 4.6 – Método de ensaio de arrancamento "in situ".	65
Figura 4.7 – Reaplicação de azulejos	69
Figura 4.8 – Reaplicação de azulejos	69
Figura 4.9 – Aspecto após reaplicação de azulejos.....	69
Figura 5.1 – Fluxogramas de apoio à escolha do cimento-cola/cola [7].....	73
Figura 5.2 – Cruzetas utilizadas na aplicação dos ladrilhos para obtenção de largura uniforme das juntas [30].....	74
Figura 5.3 – Juntas de movimento do revestimento sobre juntas de dilatação do suporte. Representações esquemáticas [22].....	76
Figura 5.4 – Junta de movimento do revestimento sobre junta estrutural [30].....	76
Figura 5.5 – Canto saliente do revestimento cerâmico protegido com perfil prefabricado [22].....	77
Figura 5.6 – Junta elástica em ângulo reentrante de paredes, realizada com perfil prefabricado [22]	77
Figura 5.7 – Junta elástica na confluência com emergência rígida, realizada com perfil prefabricado [22].....	77
Figura 5.8 – Junta de movimento em ângulo reentrante entre parede e pavimento [30].....	78
Figura 5.9 – Junta de movimento em transição entre revestimentos de materiais diferentes [30]	78
Figura 5.10 – Junta de esquadramento executada com perfil prefabricado [30].....	79
Figura 5.11 – Aplicação em obra da fibra de vidro [7]	80
Figura 5.12 – Descolamento devido a choque mecânico em canto saliente desprotegido de uma parede [30]	80
Figura 5.13 – Perfil de protecção dos bordos dos ladrilhos em degraus de escada [30].....	81
Figura 5.14 – Protecção de um canto saliente de uma parede com perfil prefabricado [30]	81

Figura 5.15 – Protecção de uma junta de movimento com perfil prefabricado [30]	81
Figura 5.16 – Remate de estanquidade entre revestimento cerâmico e banheira, com perfil prefabricado [30].....	82
Figura 5.17 – Assentamento com colagem dupla de um ladrilho [7].....	90
Figura 5.18 – Tardoz de ladrilhos evidenciando assentamento deficiente dos ladrilhos [30].....	92
Figura 5.19 – Aplicação do material de junta [7].....	93
Figura 5.20 – Limpeza do material sobranete de juntas [7].....	94
Figura 5.21 – Limpeza manual com esponja normal [7].....	94

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Classificação de ladrilhos cerâmicos em função da absorção de água e da conformação [4].....	8
Quadro 2.2 – Caracterização de produtos tradicionais de revestimento [7].....	8
Quadro 2.3 – Identificação de materiais cerâmicos [7].....	9
Quadro 2.4 – Características exigidas para diferentes aplicações [7].....	11
Quadro 2.5 – Valores característicos médios [7].....	12
Quadro 2.6 – Controlo de recepção de matérias-primas [7].....	18
Quadro 2.7 – Controlo em fase de processo [7].....	19
Quadro 2.8 – Controlo do produto final [7].....	19
Quadro 2.9 – Tipos de juntas de construção (juntas estruturais) [7] e [23].....	20
Quadro 2.10 – Tipos de juntas de construção (juntas periféricas) [7] e [23].....	21
Quadro 2.11 – Tipos de juntas de construção (juntas intermédias) [7] e [23].....	22
Quadro 2.12 – Espessuras recomendadas para as juntas entre ladrilhos fixados por colagem com colas ou cimentos-cola [7].....	24
Quadro 2.13 – Especificações para argamassas de juntas à base de cimento (CG) e de resinas de reacção (RG) [7] e [23].....	25
Quadro 2.14 – Classificação dos materiais para fixação por contacto [7] e [24].....	26
Quadro 2.15 – Propriedades das colas a ter em conta na aplicação em obra [7] e [24].....	27
Quadro 2.16 – Especificação para cimentos-cola (C) [7] e [24].....	29
Quadro 2.17 – Especificação para colas em dispersão aquosa (D) [7] e [24].....	30
Quadro 2.18 – Especificação para colas de resinas de reacção (R) [7] e [24].....	30
Quadro 2.19 – Resumo da aplicabilidade dos cimentos-cola (C) [7].....	31
Quadro 2.20 – Resumo da aplicabilidade de colas em dispersão aquosa (D) [7].....	32
Quadro 2.21 – Resumo da aplicabilidade de colas de resinas de reacção (R) [7].....	32
Quadro 2.22 – Sistemas de comprovação da conformidade [7].....	34
Quadro 2.23 – Decisões da Comissão relativas aos sistemas de comprovação da conformidade aplicados aos produtos cerâmicos vidro e cimento [7].....	36
Quadro 2.24 – Documentos normativos [7].....	37
Quadro 2.25 – Funções dos organismos envolvidos na marcação CE [7].....	38
Quadro 3.1 – Anomalias dos revestimentos cerâmicos devidas fundamentalmente a deficiências dos ladrilhos [22].....	44
Quadro 3.2 – Anomalias dos revestimentos cerâmicos em uso devidas fundamentalmente a deficiências dos produtos de preenchimento das juntas entre ladrilhos [22].....	45

Quadro 3.3 – Anomalias mais importantes em ladrilhos cerâmicos quando em uso [22]	46
Quadro 3.4 – Outras anomalias em ladrilhos cerâmicos quando em uso [22]	47
Quadro 3.5 – Tipos de rotura das ligações ladrilho-cola-suporte e suas causas [7]	49
Quadro 3.6 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes [25]	55
Quadro 3.7 – Ficha PATORREB 071 (Empolamento e destacamento de revestimento cerâmico interior) [26]	59
Quadro 4.1 – Resultados dos ensaios à argamassa de assentamento [27]	66
Quadro 4.2 – Resultados dos ensaios a azulejos [27]	66
Quadro 4.3 – Resumo do ponto de situação relativa a cada estação	67
Quadro 4.4 – Resumo dos resultados dos ensaios de arrancamento realizados depois dos trabalhos de reparação	70
Quadro 5.1 – Consumos típicos de cimento-cola (C) em paredes exteriores e métodos de aplicação [7] e [32]	82
Quadro 5.2 – Classificação das paredes interiores quanto ao seu grau de exposição à água [30]	84
Quadro 5.3 – Características dos suportes ou dos ladrilhos com influência na qualidade na colagem [30]	86
Quadro 5.4 – Condições a satisfazer pelos paramentos (interiores ou exteriores) das paredes no momento da colagem [30]	88
Quadro 5.5 – Condições a satisfazer pelos paramentos (interiores ou exteriores) das paredes no momento da colagem [29]	91
Quadro 5.6 – Representação esquemática de alguns denteados das espátulas [7]	92

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

A ocorrência de patologias atinge os vários componentes do sistema que é uma construção, diminuindo a sua vida útil e pondo em causa o cumprimento das exigências de desempenho aplicáveis aos diversos componentes. Provoca ainda a degradação progressiva da construção, o que leva a trabalhos de recuperação incomodativos para os utilizadores e custos que poderiam ser evitados.

A diminuição do aparecimento de anomalias implica um estudo aprofundado, em fase de projecto e de execução, da compatibilização de sistemas, dos materiais, das soluções construtivas a adoptar, das condições climáticas, assim como um conhecimento dos métodos de execução baseado nos estudos realizados e validados pela experimentação e execução de obras similares.

O estudo das patologias e das respectivas causas é assim de extrema importância, pois permite assumir uma política preventiva, evitando a ocorrência das anomalias.

O elemento aqui em estudo, revestimentos cerâmicos colados em paredes, é um subsistema construtivo de um edifício com elevada incidência de patologias. Com a crescente preocupação com a qualidade da construção é imperativa a diminuição da ocorrência de anomalias e a determinação das suas causas.

Na presente dissertação apresenta-se informação existente sobre ladrilhos, argamassas de assentamento, juntas, principais anomalias conhecidas, recomendações para a fase de projecto e fase de execução e ainda um estudo de caso – Anomalias em Estações do Metro do Porto – expondo informação das possíveis causas das patologias e alterações efectuadas ao sistema inicial, nos trabalhos de reparação. Esta informação terá interesse para a empresa construtora, que ao difundi-la pelos colaboradores alertará os intervenientes no processo de construção, estabelecendo assim uma política preventiva que permitirá reduzir custos e promover a melhoria da qualidade das suas construções, nas futuras intervenções de carácter similar.

1.2. ORGANIZAÇÃO E OBJECTIVOS DO TRABALHO

A presente dissertação apresenta-se subdividida em seis Capítulos.

A seguir a esta breve introdução, apresenta-se no Capítulo 2 uma exposição global da classificação e caracterização dos componentes do subsistema “revestimentos cerâmicos colados”.

A descrição das principais anomalias que afectam este tipo de sistema de revestimentos e a identificação das respectivas possíveis causas é feita no Capítulo 3.

No Capítulo 4 é apresentado o estudo de uma anomalia que ocorreu nas Estações do Metro do Porto, onde se verificou o descolamento de peças cerâmicas em áreas muito significativas da construção. Pretende-se aqui, expor os ensaios realizados, as possíveis causas e as modificações ao sistema inicial nos trabalhos de reparação.

No Capítulo 5 resumem-se os principais procedimentos e precauções a ter em conta na fase de projecto e de aplicação de revestimentos cerâmicos colados.

E por fim, no Capítulo 6, sintetizam-se as conclusões possíveis de extrair da realização deste trabalho.

Pretende-se assim, com este trabalho atingir os seguintes objectivos:

- Contribuir para o apuramento das possíveis causas da ocorrência das patologias associadas ao estudo de caso;
- Constituir um documento de consulta para todos os intervenientes;
- Reunir um conjunto de recomendações de boa prática que visam minimizar a ocorrência de anomalias.

2

REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES INTERIORES

2.1. INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, pretende-se caracterizar, de uma forma global, os revestimentos cerâmicos colados.

Numa primeira parte, procede-se a uma síntese histórica expondo a vasta utilização deste tipo de revestimento, seguindo-se uma abordagem à classificação, caracterização e exigências que são impostas aos componentes do sistema “revestimentos cerâmicos colados”, ou seja, aos ladrilhos, às argamassas para juntas, aos tipos de juntas e aos materiais de assentamento. Abordam-se ainda os processos de fabrico, as matérias-primas dos ladrilhos e a certificação dos materiais.

2.2. SÍNTESE HISTÓRICA

Existem em Portugal vestígios da utilização de cerâmica que datam do início do século XIII, tais como a cerâmica pavimentar medieval da abadia cisterciense de Alcobaça. Outro exemplo da aplicação de expressão medieval, embora esporádica e sem continuidade aparente, é o trecho do pavimento da capela tumular de Estêvão Domingues e Mor Martins no claustro da Sé de Lisboa (início do século XIV).

A utilização continuada do azulejo, denunciadora de um mais frequente gosto e tradição, inicia-se no século XV. Este foi introduzido em soluções ornamentais de edifícios civis e religiosos. Encontram-se exemplares deste período no Museu de Beja, no Palácio da Quinta da Bacalhoa em Azeitão (Figura 2.1), no Convento de Jesus em Setúbal, no Paço de Sintra (Figura 2.2), no Museu Nacional do Azulejo, no Museu da Cidade de Lisboa e na Quinta das Torres em Azeitão. O seu uso implicava, até então, um custo elevado limitando-se, na sua maioria, aos revestimentos interiores em forma de tapete ou a peças ornamentais. No exterior era apenas utilizado no revestimento de pináculos e cúpulas de igrejas. [1]



Figura 2.1 – Rapto das Sabinas no Palácio da Quinta da Bacalhoa – Azeitão [1]



Figura 2.2 – Interior revestido a azulejo no Paço de Sintra – Sintra [1]

O Marquês de Pombal, no século XVIII, implementa em Portugal um projecto de industrialização da cerâmica. Cria-se, então, a Fábrica Real (Fábrica de Loiça do Rato), simplificando-se os padrões dos azulejos existentes com o intuito de aumentar a produção e diminuir o seu custo. Tornando-se acessível a um público mais vasto, a utilização do revestimento cerâmico estende-se a espaços intermédios entre o interior e o exterior, como no revestimento de alpendres, pátios e claustros e também na decoração de jardins, em bancos e chafarizes (Figura 2.3).



Figura 2.3 – Quinta dos Azulejos (à esquerda) e Palácio dos condes de Mesquitela (à direita) – Lisboa [1]

De sóbrio e equilibrado bom gosto, este variado azulejo pombalino constitui um período expressivamente bem definido que se estende até ao reinado seguinte de D. Maria, em contraponto com o neoclassicismo da transição para o século XIX. [1] e [2]

No século XIX a proliferação da produção industrializada, decorrente da Revolução Industrial, imprime maior simplicidade e economia na produção e utilização do revestimento cerâmico. O azulejo sai de novo do interior dos edifícios mas, desta vez, para revestir completamente a fachada. Assim, com influências brasileiras, o revestimento cerâmico traz luz, cor e alegria à fachada, definindo um novo ambiente urbano. Para além disso, por ser durável e facilmente lavável, a sua aplicação na fachada, confere salubridade aos edifícios, especialmente nos situados em zonas ribeirinhas (Figura 2.4 e Figura 2.5).



Figura 2.4 – Zona da foz do Rio Douro, Passeio Alegre – Porto [1]



Figura 2.5 – Zona da Ribeira – Porto [1]

Os portugueses desenvolveram, diversificaram e adaptaram, com criatividade muito própria, a utilização do azulejo, transportando-o até à arquitectura do século XXI (Figura 2.6).



Figura 2.6 – Faculdade de Letras da Universidade do Porto – FLUP [1]

O revestimento cerâmico de fachada continua a ser amplamente utilizado, contribuindo para a valorização das edificações, por se esperar deles uma elevada durabilidade, vasta funcionalidade e bom desempenho estético.

2.3. MATERIAIS

2.3.1. LADRILHOS

2.3.1.1. Introdução

Os ladrilhos cerâmicos são produzidos numa gama muito variada de características, em função das matérias-primas utilizadas e dos métodos e procedimentos de fabrico. Estes parâmetros condicionam o grau de vitrificação e, portanto, de porosidade da massa cerâmica, que por sua vez determina o nível de desempenho técnico das peças produzidas (absorção de água, resistência ao desgaste, à flexão, aos choques, à formação de gelo e ao enodamento, regularidade dimensional, etc.).

Dum modo geral, pode dizer-se que o nível de desempenho técnico cresce com a vitrificação, com a excepção da resistência ao choque mecânico de corpos duros que evolui em sentido inverso em virtude de à vitrificação corresponder, em geral, uma maior fragilidade.

A permanente evolução dos ladrilhos cerâmicos no sentido de melhores desempenhos estéticos e técnicos e a necessidade de redução de custos de produção tem conduzido também a constantes alterações na tecnologia de fabrico e na selecção das matérias-primas. [3]

2.3.1.2. Normalização e Classificação

A Norma Europeia EN 14411 [4] define a seguinte terminologia:

Ladrilhos cerâmicos: placas finas feitas de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas como revestimentos para pavimentos e paredes, usualmente conformadas por extrusão ou prensagem à temperatura ambiente, mas podendo ser moldadas por outros processos, em seguida secas e subsequentemente cozidas a temperaturas suficientes para se obterem as propriedades requeridas; os ladrilhos podem ser vidrados (GL) ou não vidrados (UGL), são incombustíveis e não são afectados pela luz;

Ladrilhos extrudidos (tipo A): ladrilhos cuja pasta é conformada no estado plástico numa extrusora, sendo a barra obtida cortada em ladrilhos com dimensões pré-determinadas.

Ladrilhos prensados a seco (tipo B): ladrilhos formados a partir de uma mistura em pó finamente

moída, conformada em moldes a altas pressões;

Ladrilhos fabricados por outros processos (tipo C): ladrilhos fabricados por processos diferentes dos comerciais normais, isto é, da extrusão e da prensagem a seco;

Nota: Podem ser produzidos por moldagem no estado plástico, em moldes planos;

Ladrilhos vidrados: ladrilhos com a aplicação de um revestimento superficial vitrificado que é impermeável;

Nota: são classificados como vidrados (GL);

Ladrilhos não vidrados: ladrilhos a que não é aplicado qualquer revestimento superficial vitrificado;

Nota: são classificados como não vidrados (UGL);

Ladrilhos engobados: ladrilhos a que é aplicado um revestimento superficial à base de argila, com um acabamento mate que pode ser permeável ou impermeável;

Nota: são classificados como não vidrados (UGL);

Absorção de água (E): percentagem em massa de água absorvida, medida segundo a EN ISO 10545-3 [5];

Dimensão nominal (N): dimensão usada para designar o produto;

Dimensão de fabricação (W): dimensão de um ladrilho especificada para produção e com a qual a dimensão actual tem de ser conforme, dentro de tolerâncias admissíveis;

Nota: comprimento, largura e espessura;

Dimensão actual: dimensão obtida por medição da face do ladrilho segundo a EN ISO 10545-2 [6];

Dimensão de coordenação (C): dimensão de fabricação adicionada da largura da junta;

Dimensão modular (M): ladrilhos e dimensões baseados em módulos M, 2M, 3M e 5M e também nos seus múltiplos ou subdivisões, excepto ladrilhos com área superficial inferior a 9000 mm² [7 e 8];

Nota: M= 100 mm.

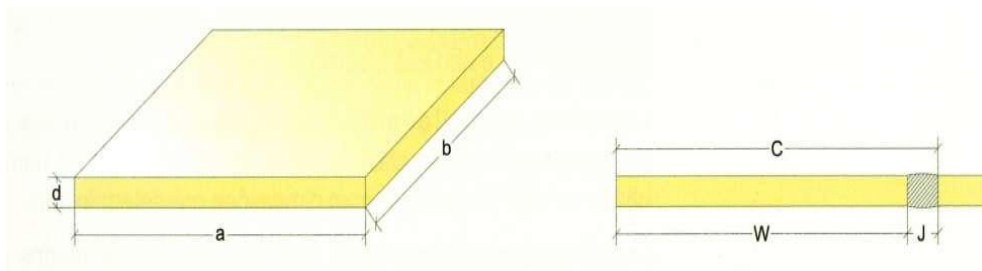


Figura 2.7 – Designação das dimensões dos ladrilhos [7]

$$\text{Dimensão de coordenação (C)} = \text{dimensões de fabricação (W)} + \text{largura da junta (J)} \quad (1.1)$$

$$\text{Dimensão de fabricação (W)} = \text{dimensões da face principal (a) e (b)} \quad (1.2)$$

A norma NP EN 14411 [4] estabelece também a classificação de ladrilhos cerâmicos, combinando o processo de fabrico com a absorção de água do produto final, como se encontra representado resumidamente no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Classificação de ladrilhos cerâmicos em função da absorção de água e da conformação. [4]

Conformação	Grupo I $E \leq 3 \%$	Grupo II _a $3 \% < E \leq 6 \%$	Grupo II _b $6 \% < E \leq 10 \%$	Grupo III $E > 10 \%$
A Extrudidos	Grupo AI _a $E \leq 0,5 \%$	Grupo AII _{a-1} ^a	Grupo AII _{b-1} ^a	Grupo AIII
	Grupo AI _b $0,5 \% < E \leq 3 \%$	Grupo AII _{a-2} ^a	Grupo AII _{b-2} ^a	
B Prensados a seco	Grupo BI _a $E < 0,5 \%$	Grupo BII _a	Grupo BII _b	Grupo BIII _b
	Grupo BI _b $0,5 \% < E \leq 3 \%$			

^a Os Grupos AII_a e AII_b são divididos em duas partes (Partes 1 e 2) com diferentes especificações de produto.

^b O Grupo BIII abrange apenas ladrilhos vidrados. Existe uma pequena produção de ladrilhos prensados a seco não vidrados com uma absorção de água superior a 10 % que não está incluída neste grupo de produtos.

Existe ainda a classificação C que diz respeito aos ladrilhos moldados de forma manual, geralmente por processos artesanais, em oposição aos classificados no Quadro 2.1, que provêm sempre de fabrico industrial.




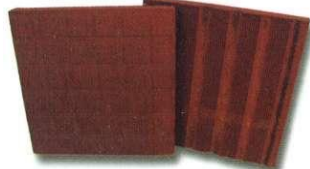





Para facilitar uma correlação entre os tipos de ladrilhos de utilização mais comum e a classificação estabelecida pela norma, segue-se o Quadro 2.2 onde se resume essa correlação.

Quadro 2.2 – Caracterização de produtos tradicionais de revestimento [7]

Designação principal	Porosidade	Tipo de grão	Cor da pasta	Tipo de superfície	Aplicação
Azulejo (faiança)	$E > 10\%$	Grosseiro	De branco a rosa	Vidrado	Paredes
Ladrilho (terracota)	$6 \% < E \leq 10 \%$	Grosseiro	De cor rosa a vermelho	Natural ou vidrado	Parede / Pavimento
Ladrilho em Grés	$0,5 \% < E \leq 3 \%$	Grosseiro	Cinzenta a creme	Vidrado	Pavimento / Parede
Ladrilhos em Grés Porcelânico	$E \leq 0,5 \%$	Grosseiro	De cinzenta a creme	Vidrado	Pavimento / Parede
Ladrilho Porcelânico	$E \leq 0,1 \%$	Fino	De branca a creme ou com efeitos especiais	Natural ou polido	Pavimento / Parede
Klinker	$E \leq 0,1 \%$	Fino	Vermelho a creme	Natural	Pavimento

Para informação complementar apresentam-se no Quadro 2.3 alguns exemplos de ladrilhos e respectiva designação comercial.

Quadro 2.3 – Identificação de materiais cerâmicos [7]

A - Extrudido		B - Prensado a seco		
Grupo I $E \leq 3\%$		Grés Extrudido	Grupo Ia $E \leq 0,5\%$ 	Porcelânico
			Grupo Ib $0,5\% \leq E < 3\%$ 	Grés Porcelânico
Grupo IIa $3\% < E \leq 6\%$		Klinker	Grupo IIa $3\% \leq E < 6\%$ 	Pavimento de Monocozedura
Grupo IIb $6\% < E \leq 10\%$		Terracota	Grupo BIIb $6\% \leq E < 10\%$ 	Revestimento de Monocozedura
Grupo III $E > 10\%$		Tijoleira Rústica	Grupo BIII $E > 10\%$ 	Azulejo

2.3.1.3. Características

Os ladrilhos cerâmicos poderão ser aplicados no revestimento de pavimentos, paredes, terraços e/ou coberturas no interior ou no exterior dos edifícios, considerando sempre as características mais relevantes para cada aplicação.

Os pavimentos são os locais de aplicação de maior exigência por força das solicitações a que estão sujeitos. Usualmente, aplicam-se em pavimentos os ladrilhos que têm menor absorção de água $E \leq 10\%$, por terem melhores características de resistência mecânica e de resistência à abrasão.

Consoante o local de aplicação existem características específicas que deverão ser determinadas nos ladrilhos a aplicar e que se referem de seguida.

- a) Características específicas para pavimentos:
 - Resistência mecânica;
 - Resistência à abrasão;
 - Resistência ao impacto;
 - Resistência ao escorregamento;
 - Resistência às manchas.

- b) Características específicas para aplicações exteriores:
 - Resistência ao gelo;
 - Expansão por humidade;
 - Dilatação térmica linear.

- c) Características específicas para ladrilhos vidrados:
 - Resistência à fendilhagem.

- d) Características específicas para ladrilhos de cor uniforme:
 - Pequenas diferenças de cor.

- e) Características específicas para aplicações em bancas de cozinha ou locais em contacto com alimentos:
 - Libertação de chumbo e cádmio, provenientes de vidrados e decorações.

- f) Características específicas para aplicações em piscinas:
 - Resistência aos aditivos para águas de piscina.

- g) Características específicas para aplicação em instalações da indústria química:
 - Resistência a altas concentrações de ácidos e álcalis.

A norma de especificação EN 14411 [4] remete para normas de ensaio da série EN ISO 10545 a determinação das características dimensionais e das propriedades físicas e químicas, como exposto no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Características exigidas para diferentes aplicações [7]

	Características	Produtos / Aplicações	Norma de ensaio
Dimensões e qualidade	Comprimento e largura		
	Espessura		
	Rectilinearidade das arestas	Pav. / Rev.	ISO 10545-2 [6]
	Planaridade (curvatura e empeno)		
	Qualidade superficial		
Propriedades físicas	Absorção de água	Pav. / Rev.	ISO 10545-3 [5]
	Resistência à flexão	Pav. / Rev.	ISO 10545-4 [9]
	Módulo de ruptura	Pav. / Rev.	ISO 10545-4 [9]
	Resistência à abrasão profunda	Pavimentos não vidrados	ISO 10545-6 [10]
	Resistência à abrasão superficial	Pavimentos vidrados	ISO 10545-7 [11]
	Dilatação térmica linear	Locais sujeitos a temperaturas elevadas*	ISO 10545-8 [12]
	Resistência ao choque térmico	Locais sujeitos a variações de temperatura*	ISO 10545-9 [13]
	Resistência à fendilhagem	Ladrilhos vidrados	ISO 10545-11 [14]
	Resistência ao gelo	Exterior	ISO 10545-12 [15]
	Expansão por humidade	Locais sujeitos a humidade*	ISO 10545-10 [16]
	Pequenas diferenças de cor	Ladrilhos de cor uniforme	ISO 10545-16 [17]
	Resistência ao impacto	Pavimentos	ISO 10545-5 [18]
Propriedades químicas	Resistência às manchas	Pav. / Rev.	ISO 10545-14 [19]
	Resistência a ácidos e bases em baixas concentrações	Pav. / Rev.	ISO 10545-13 [20]
	Resistência a ácidos e bases em altas concentrações	Pav. / Rev.	ISO 10545-13 [20]
	Resistência aos químicos domésticos e aditivos para águas de piscina	Pav. / Rev.	ISO 10545-13 [20]
	Libertação de chumbo e cádmio	Locais em contacto com alimentos*	ISO 10545-15 [21]

* Para produtos colocados nos locais indicados

Para terminar a caracterização dos ladrilhos cerâmicos, apresenta-se o Quadro 2.5 a quantificação das principais características de cada classe de ladrilhos cerâmicos resultantes dos valores médios obtidos em centenas de ensaios realizados ao longo de vários anos.

Quadro 2.5 – Valores característicos médios [7]

Grupo	Absorção de água (%)	Flexão (MPa)	Dilatação térmica linear ($^{\circ}\text{C}$) x10-6	Expansão por humidade (mm/m)*1
AI	0,7 a 3,0	17,6 a 38,8	5,3	-
A IIa	2,3 a 5,5	20,5 a 38,1	5,3	-
A IIb	7,6 a 10,4	10,4 a 15,6	5,3	0,8
A III	11,4	13,5 a 21,5	4,5	1,9
B Ia	0,1 a 0,4	36,2 a 53,0	7,1	-
B Ib	0,7 a 2,8	27,6 a 55,6	5,9	-
B IIa	3,2 a 4,6	30,4 a 45	5,2	-
B III	12,4 a 20,3	13,4 a 33,1	5,4	-

2.3.1.4. Matérias-Primas e Processos de Fabrico

Os ladrilhos e azulejos são fabricados a partir de uma mistura de várias matérias-primas argilosas, como a argila e o caulino e fundentes como a areia e o feldspato, entre outros. Poderão ter vários tipos de acabamento: o natural, o polido e o vidrado. Os vidrados são normalmente decorados e necessitam de matérias-primas tais como vidros e corantes.

Os principais processos de fabrico baseiam-se na conformação por prensagem e por extrusão. No processo de extrusão, a preparação da pasta cerâmica pode ser feita por via seca ou por via semi-húmida.

A) Processo de fabrico com prensagem a seco (ver Figuras 2.8 e 2.9)

O processo mais evoluído de fabrico de ladrilhos e azulejos é designado por monocozedura, dado que os produtos passam apenas uma vez no forno para cozedura da pasta cerâmica e fixação de vidrados e decorações. No processo de bicozedura é primeiro cozida a pasta, obtendo-se o biscoito ou chacota e depois é feita a vidragem, a decoração e finalmente a segunda cozedura.

No processo de prensagem por monocozedura, os materiais fundentes são moídos em moinhos rotativos, horizontais, revestidos interiormente com placas de alubite e contendo no seu interior cargas moentes de elevada dureza, normalmente bolas de alubite. Neste processo reduz-se a granulometria dos materiais até ao grau de finura necessário.

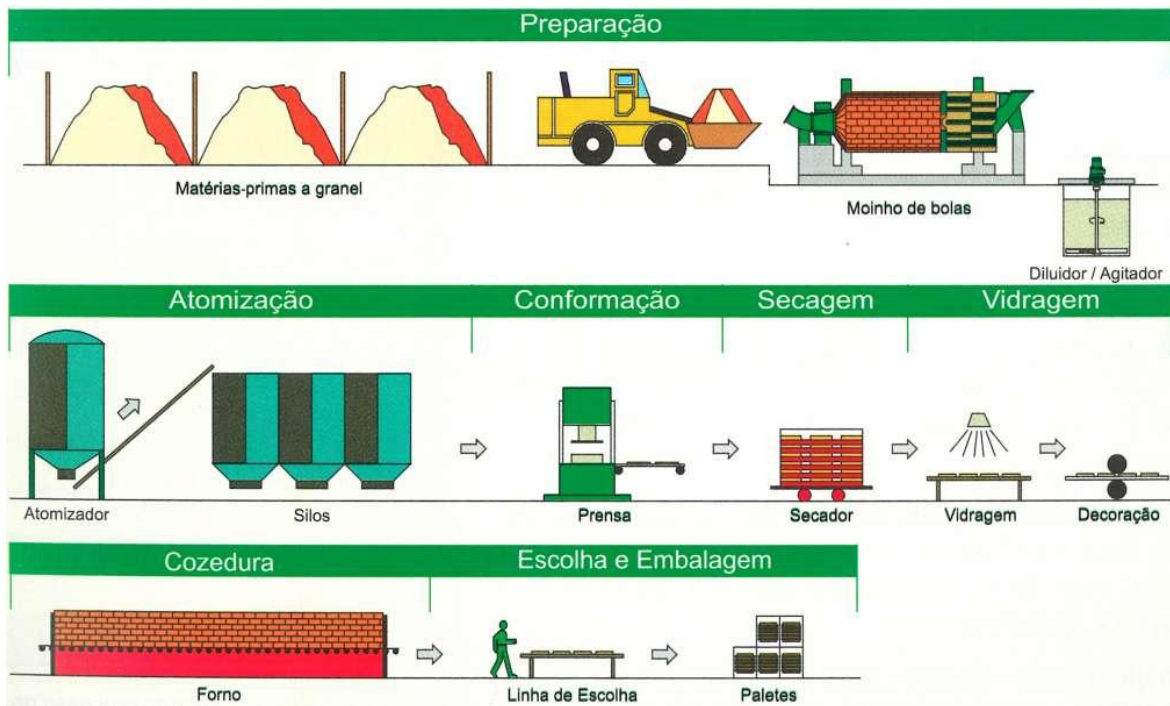


Figura 2.8 – Fluxograma do processo de fabricação pela via seca (prensagem) [7]

As argilas são diluídas em tanques (turbo diluidores), peneiradas e misturadas ao material moído. À mistura resultante dá-se o nome de barbotina.

Homogeneizada a barbotina, a sua água é evaporada em atomizadores, sendo o pó resultante recolhido e armazenado em silos.

O pó atomizado é prensado em prensas hidráulicas isostáticas com cunhos adequados de forma a obter as dimensões, formatos e efeitos desejados.

Depois da prensagem, os produtos passam para secadores funcionando a temperaturas entre 100 e 150°C, para perderem a humidade de conformação.

Nos azulejos e ladrilhos vidrados, o vidro base é aplicado por dispositivos especiais (campânula, pistola, disco, etc.) sendo a decoração aplicada por serigrafia, impressão por rolos, etc.

Após a vidragem, caso exista, os produtos são cozidos a elevadas temperaturas, acima de 1100°C, em fornos contínuos de rolos, durante um período entre 45 e 90 minutos.

Após a cozedura, os produtos são escolhidos em linhas adequadas e actualmente por meios automáticos e sujeitos à verificação de existência de defeitos visuais (tonalidade, desenho, areias, cantos, etc.), ou dimensionais. Os ladrilhos e azulejos poderão ser classificados, consoante o tipo de defeitos encontrados, normalmente em 1ª e 2ª escolha, em que a primeira não tem defeitos visíveis e a 2ª apresenta pequenos defeitos que, nas condições da norma EN 14411 [4], não prejudicam a sua aplicação e desempenho.

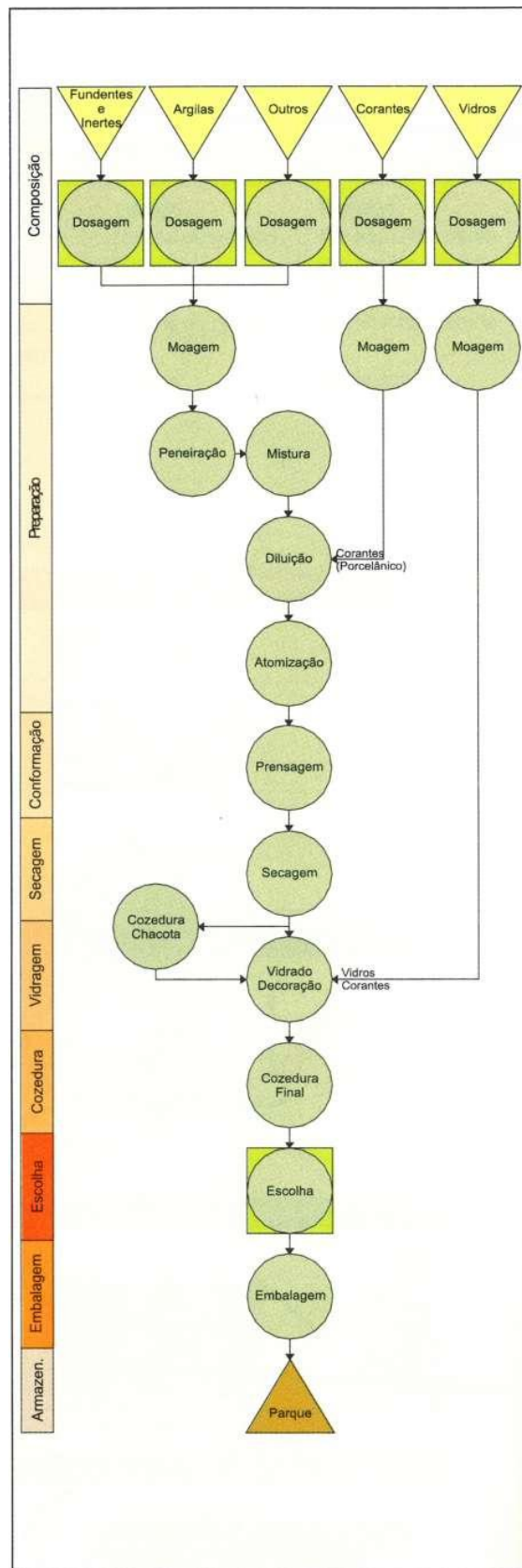


Figura 2.9 – Fluxograma do processo de fabrico pela via seca (prensagem) [7]

Os produtos poderão também ser separados e classificados por calibres de forma a agrupa-los por tamanho, se as dimensões variarem ligeiramente relativamente ao padrão.

Caso haja variação de tonalidade para mais claro ou mais escuro relativamente ao padrão, os produtos poderão ser classificados em lotes / tonalidades.

Todas estas informações de escolha, calibre e lote são registadas nas embalagens. É importante para o aplicador conhecer estes códigos e aplicar apenas lotes homogêneos, de forma a que a aplicação não seja prejudicada com estas pequenas, mas por vezes significativas, diferenças. [7]

B) Processo de fabrico por extrusão com preparação por via semi-húmida (ver Figuras 2.10 e 2.12)

A diferença entre o fabrico por extrusão e por prensagem ocorre no processo de conformação.

Como no processo anterior, as argilas, os fundentes e os inertes (areias) passam por um processo de mistura e redução da granulometria (moagem, laminagem) ao qual poderão ser adicionados óxidos ou outros componentes caso se pretenda alterar a cor natural ou corrigir qualquer componente da mistura. É introduzida água, de forma a garantir uma plasticidade adequada. A pasta resultante é extrudada em fiéis para a espessura desejada. Após a extrusão, o material é conformado com o comprimento e largura desejados, seguindo o mesmo processo anterior. Normalmente os pavimentos e revestimentos cerâmicos extrudados não são decorados, embora possam ter um acabamento natural ou vidrado. [7]

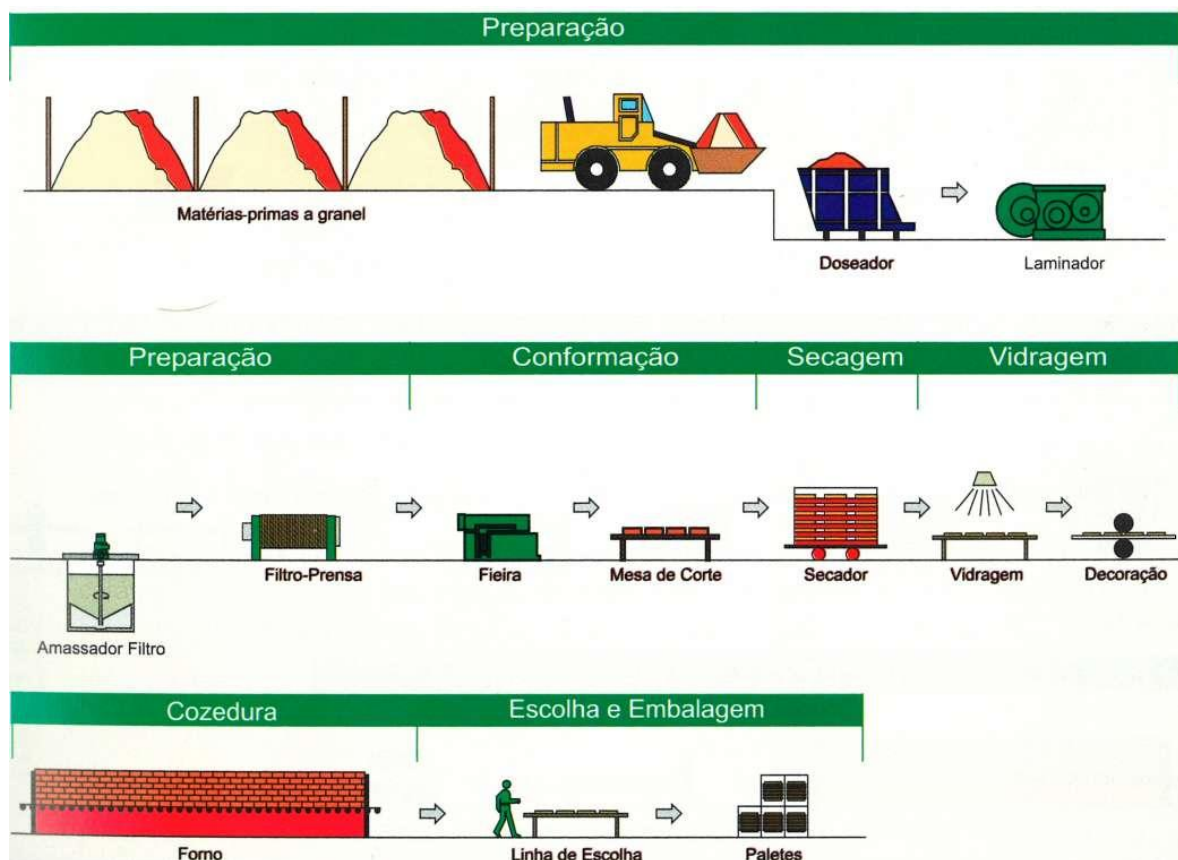


Figura 2.10 – Fluxograma do processo de fabrico pela via semi-húmida [7]

C) Processo de fabrico por extrusão com preparação por via seca (ver Figuras 2.11 e 2.12)

Este processo difere da preparação por via húmida por não apresentar diluição das matérias-primas em água.

As matérias-primas são misturadas e moídas por via seca em moinhos do tipo pendular ou de anéis. O pó resultante é amassado e humedecido e a pasta resultante é extrudada em fieiras para a espessura desejada. Após esta fase, o material é conformado com o comprimento e largura desejados seguindo o mesmo processo anterior.

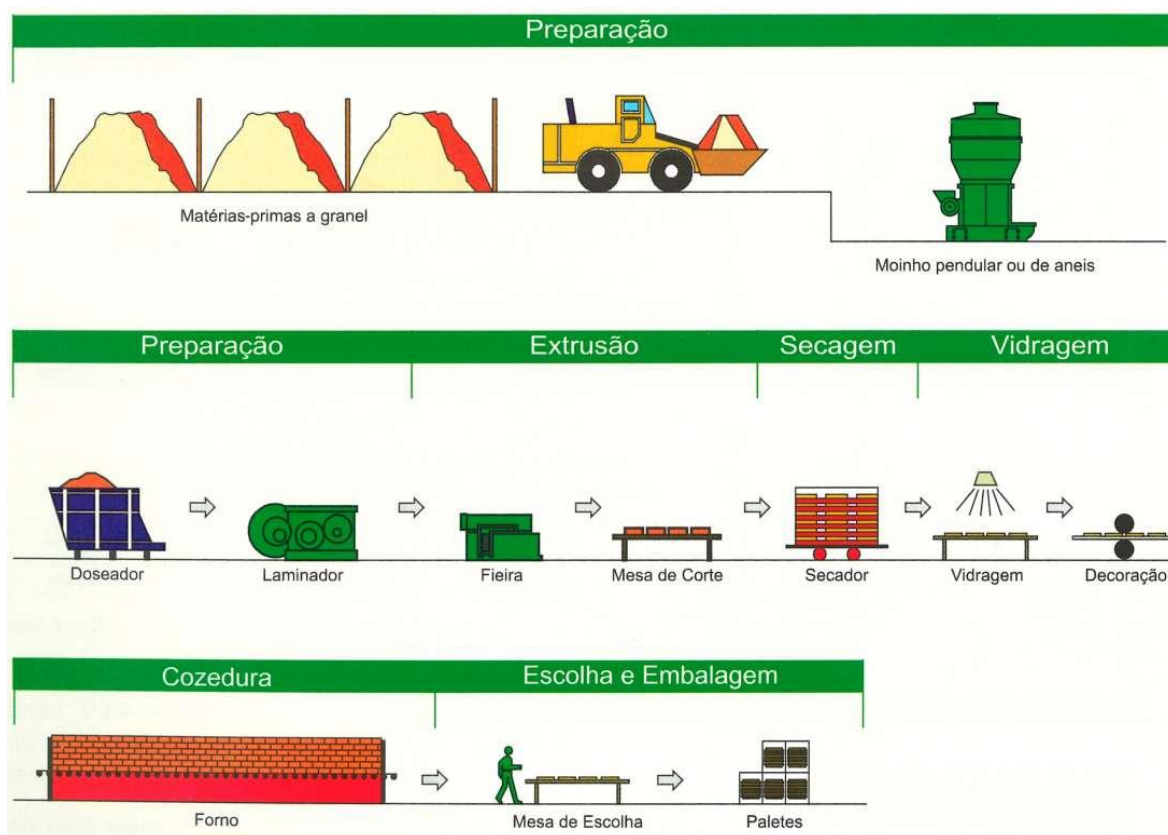


Figura 2.11 – Fluxograma do processo de fabrico pela via seca [7]

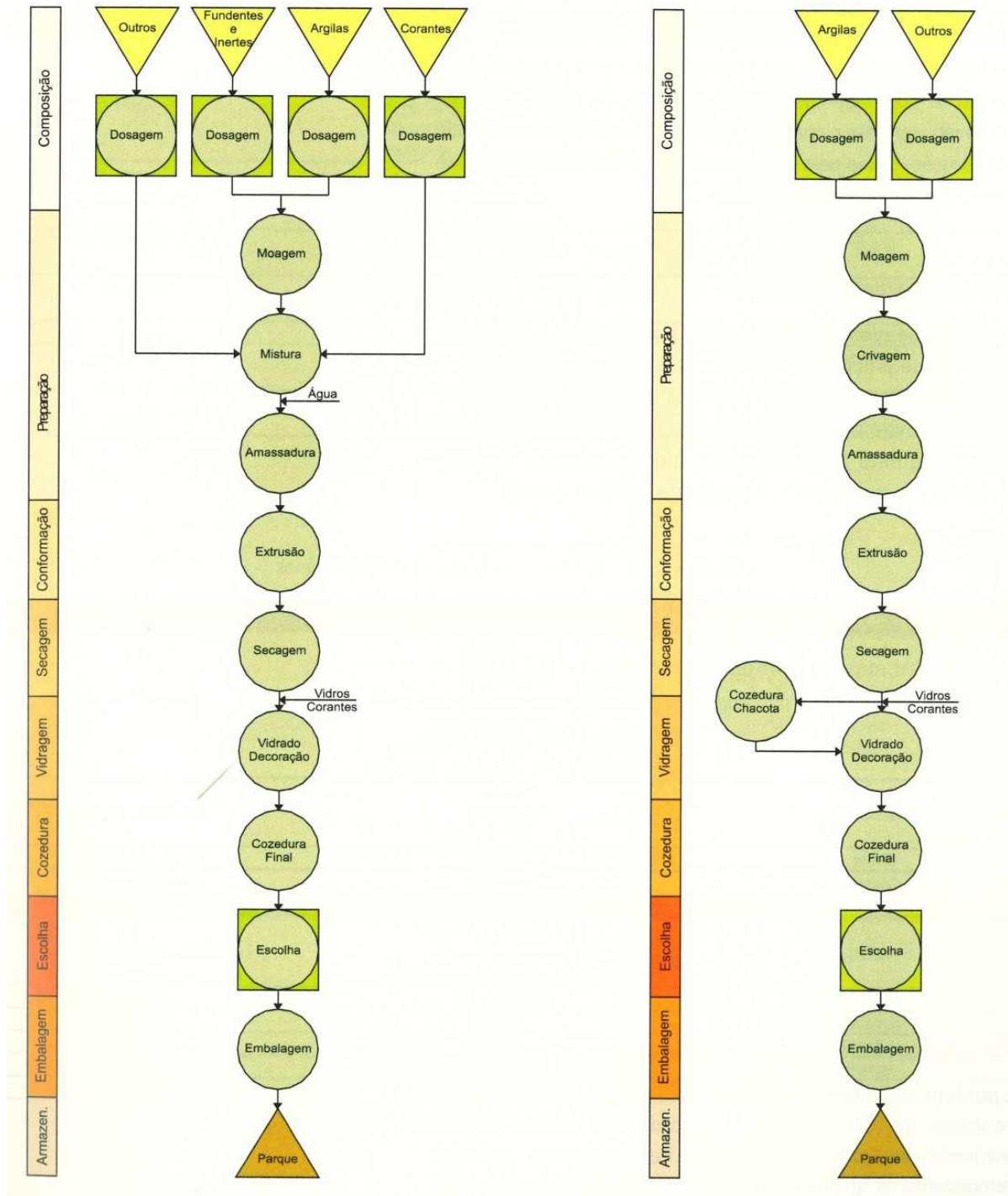


Figura 2.12 – Fluxograma do processo de fabrico pela via semi-húmida e seca com extrusão [7]

2.3.1.5. Controlo de Qualidade

O controlo da qualidade destes produtos é uma actividade diária que requer equipamentos adequados e operadores qualificados. O controlo da qualidade dos produtos começa nas matérias-primas, que devem ser seleccionadas e controladas antes da sua entrada em produção, passando pelo controlo do produto em vias de processo e terminando no produto final embalado. [7]

A) Controlo de matérias-primas

O controlo de recepção de matérias-primas permite prevenir a ocorrência de problemas durante a fase de fabrico e no produto final, antecedendo a entrada das matérias-primas em produção sendo normalmente efectuado no acto de recepção. No Quadro 2.6 apresentam-se alguns ensaios que são realizados regularmente na recepção de matérias-primas.

Quadro 2.6 – Controlo de recepção de matérias-primas [7]

Matérias primas	Ensaio	Periodicidade
Argilas e caulinos	Aspecto visual	Recepção do lote
	Granulometria	
	Retracção após secagem e cozedura	
	Cor após cozedura	
	Absorção de água após cozedura	
	Resistência mecânica após cozedura	
Feldspato	Resíduo	Recepção do lote
	Fusibilidade	
	Cor após cozedura	
Areia	Resíduo	Recepção do lote
Vidros	Dilatometria	Recepção do lote
	Cor	

B) Controlo em fase de processo de fabrico

O produto é também controlado nas etapas intermédias do processo, de forma a evitar que produtos não conformes avancem no processo e que seja possível corrigir atempadamente qualquer desvio eventualmente detectado face às especificações estabelecidas. No Quadro 2.7 apresentam-se alguns ensaios que são realizados regularmente no controlo do produto durante o processo.

Quadro 2.7 – Controlo em fase de processo [7]

Produto em fase de processo	Ensaios	Periodicidade
Pasta	Aspecto visual	Semanal
	Resíduo ao peneiro	
	Retração após secagem e cozedura	
	Absorção de água após cozedura	
	Resistência mecânica após cozedura	
Barbotina	Densidade	Diária
	Viscosidade	
	Resíduo	
Pó atomizado	Granulometria	Horário
	Humidade	
Prensado	Dimensões, espessura, densidade aparente e resistência mecânica	Horário / Diário
Seco	Humidade	Horário
Vidro, engobe	Densidade	Horário
	Viscosidade	
Vidrado	Gramagem	Horário
Cozido	Dimensões	Contínuo (automático)

Quadro 2.8 – Controlo do produto final [7]

Produto final	Ensaios	Periodicidade
Pavimentos / Revestimentos	Resistência mecânica	Diário
	Absorção de água	
	Dimensões, espessura, empeno	
Revestimentos	Fendilhagem	Semanal
Pavimentos	Abrasão	Semanal
Pavimentos	Impacto	Mensal
Pavimentos / Revestimentos	Resistência aos químicos e manchas	Mensal
Pavimentos / Revestimentos	Gelo / Degelo	Anual

C) Controlo do produto final

O produto final é também controlado de forma a garantir que cumpre as especificações aplicáveis e evitar a colocação no mercado de produto não conforme. No Quadro 2.8 apresentam-se alguns ensaios que são realizados, com regularidade para controlo do produto final.

2.3.2. ARGAMASSAS PARA JUNTAS

2.3.2.1. Introdução

O bom funcionamento de um conjunto só é conseguido desde que seja possível o movimento de algumas das partes que a constituem, partindo daí a necessidade de definir e instalar juntas em todo o processo de construção para que o conjunto completo possa “mexer” sem provocar roturas ou descolamentos. Esses movimentos são, habitualmente, de origem térmica (expansão e contracção) e também devidos a acção de cargas concentradas e distribuídas.

Designam-se por juntas todos os sistemas que interrompem a continuidade de uma estrutura ou sistema construtivo, as juntas têm uma grande importância no desempenho do revestimento cerâmico, sendo necessário o seu correcto dimensionamento. As suas principais funções, incluem, proporcionar o alívio de tensões, otimizar a aderência dos ladrilhos e vedar o revestimento.

2.3.2.2. Classificação das Juntas

Há que considerar diversos tipos de juntas consoante as funções desempenhadas e que incluem: juntas estruturais ou juntas de dilatação; juntas periféricas; juntas intermédias, de esquadramento ou fraccionamento; e juntas de assentamento.

Em seguida descrevem-se os diversos tipos de juntas:

- **Juntas Estruturais ou juntas de dilatação** (Quadro 2.9 e Figura 2.13) – estão localizadas ou sobre as juntas existentes no suporte ou nas zonas de transição de diferentes materiais de suporte. A sua largura tem que obrigatoriamente de ser superior à largura das juntas existentes no suporte.

Quadro 2.9 – Tipos de juntas de construção (juntas estruturais) [7] e [23]

Tipos de juntas de construção	Dimensões	Posição	Construção
Estruturais	Largura > junta do suporte Profundidade - a adequada para garantir o prolongamento da junta de suporte	Imediatamente sobre e na continuação das juntas estruturais do suporte	Feitas em obra ou pré-fabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis (Figura 2.13)

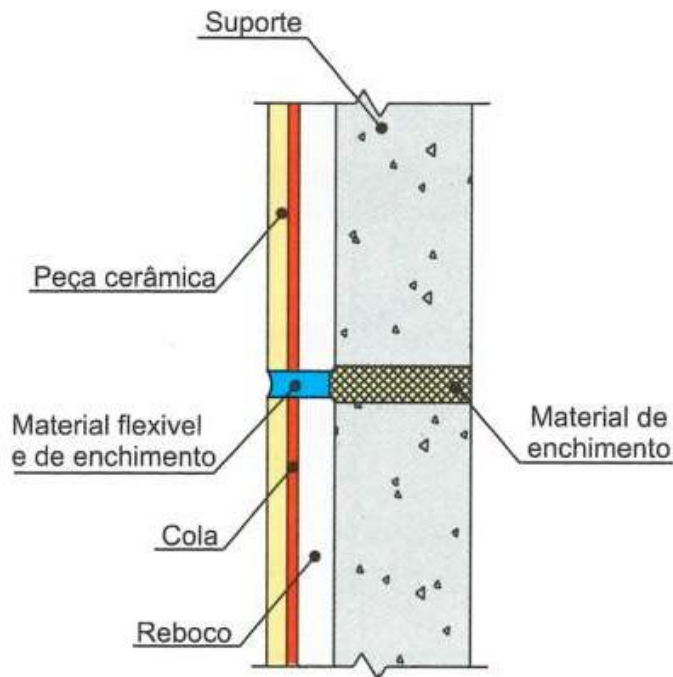


Figura 2.13 – Exemplo de junta estrutural [7]

- **Juntas Periféricas** (Quadro 2.10 e Figura 2.14) – são juntas ao longo de todas as fronteiras confinadas do revestimento que impedem que os elementos adjacentes possam transmitir ou restringir as deformações dos revestimentos cerâmicos aderentes.

Quadro 2.10 – Tipos de juntas de construção (juntas periféricas) [7] e [23]

Tipos de juntas de construção	Dimensões	Posição	Construção
Periféricas	Largura - mínima de 5 mm Profundidade - a adequada para penetrar a totalidade da espessura do reboco de suporte	Nos limites da superfície revestida	Feitas em obra ou pré-fabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis (Figura 2.14)

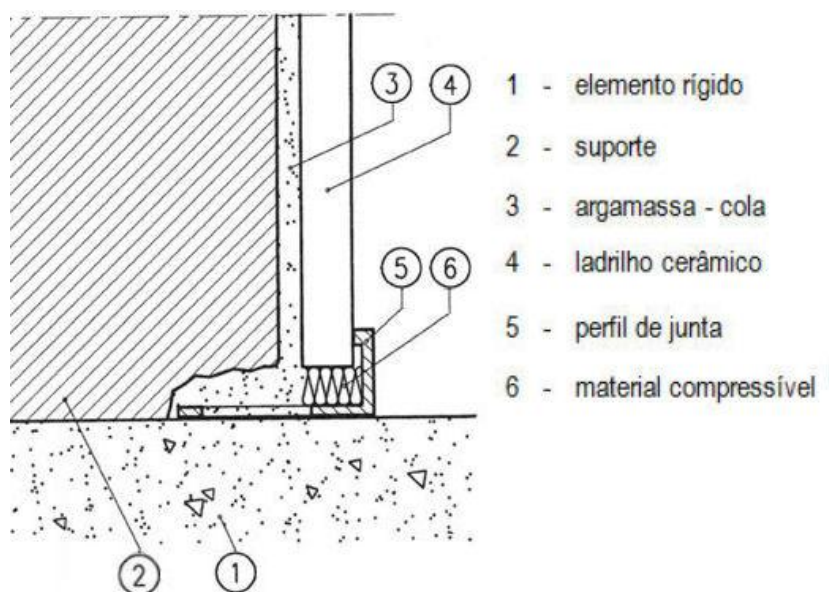


Figura 2.14 – Exemplo de junta periférica [22]

- **Juntas Intermédias, juntas de esquadramento ou juntas de fraccionamento** (Quadro 2.11 e Figura 2.15) – têm o objectivo de evitar a fissuração e o descolamento devidos a tensões originadas por deformações de natureza higrotérmica do suporte, do material de assentamento e dos ladrilhos.

Quadro 2.11 – Tipos de juntas de construção (juntas intermédias) [7] e [23]

Tipos de juntas de construção	Dimensões	Posição	Construção
Intermédias	Largura - mínima de 5 mm Profundidade - a adequada para penetrar a totalidade da espessura do reboco de suporte	As áreas mínimas entre juntas e/ou a distância entre juntas devem ser especificadas. Os valores de referência deverão ser estabelecidos de acordo com o tipo de ambiente a que se destinam (interior, exterior). As áreas entre juntas devem ser aproximadamente quadradas. Exemplo: Área máx. 40 m ² Distância máx. 8 m	Feitas em obra ou pré-fabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis (Figura 2.15)

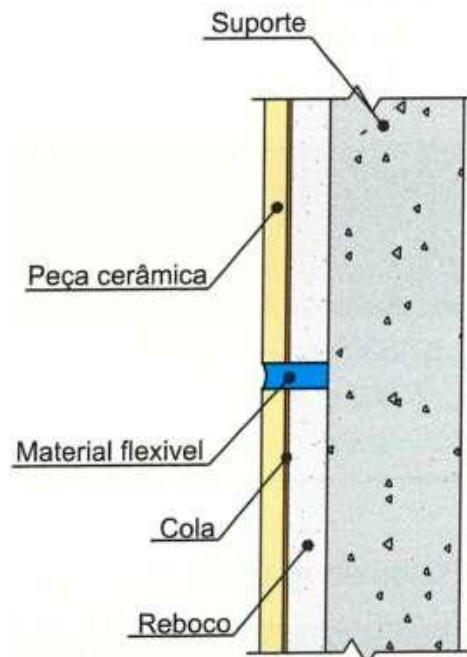


Figura 2.15 – Exemplo de junta intermédia [7]

- **Juntas de assentamento ou juntas entre ladrilhos** (Figura 2.16).

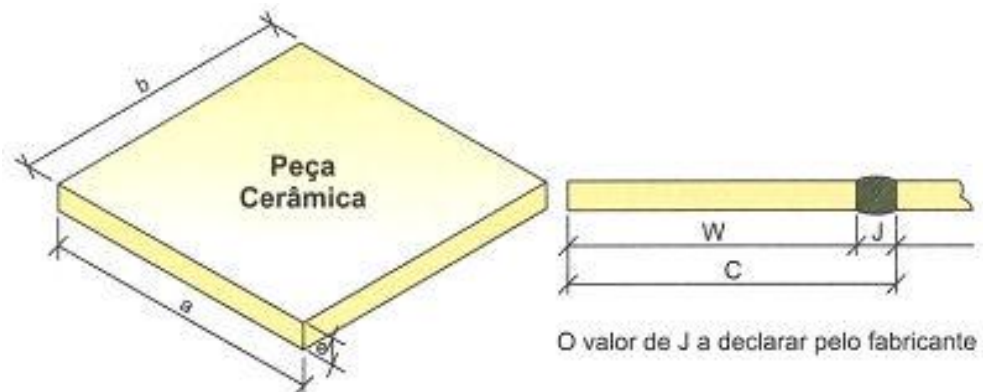


Figura 2.16 – Constituição de uma junta de assentamento [7]

As juntas entre ladrilhos deverão ser definidas pelo fabricante em função do tipo de aplicação prevista, atendendo às características dos ladrilhos, nomeadamente, à sua deformabilidade face às diferentes solicitações, em particular às de carácter higrotérmico.

A aplicação com junta não superior a 1 mm é específica de produtos rectificadas. Para produtos tradicionais recomendam-se os valores mínimos definidos no Quadro 2.12. [7]

Quadro 2.12 – Espessuras recomendadas para as juntas entre ladrilhos fixados por colagem com colas ou cimentos-cola [7]

Superfície a revestir	Tipo de ladrilhos	Espessura mínima das juntas entre ladrilhos [mm]
Pavimentos interiores	Prensados a seco:	
	$S \leq 500 \text{ cm}^2$	2
	$S > 500 \text{ cm}^2$	3
	Ladrilhos de terracota e ladrilhos extrudidos	6
	Ladrilhos aplicados sobre pavimento radiante (eléctrico)	4
Pavimentos exteriores	Ladrilhos de terracota e ladrilhos extrudidos	6
	Restantes materiais	5
Paredes interiores	Prensados a seco:	
	$S \leq 500 \text{ cm}^2$	2
	$S > 500 \text{ cm}^2$	3
Paredes Exteriores	Ladrilhos e "plaquetas" de terracota e ladrilhos extrudidos	6
	Restantes materiais	4

2.3.2.3. Características dos produtos de junta

As características destes produtos têm em conta as tensões normais resultantes da aplicação de pavimento e revestimento e o seu uso nas juntas permite atenuar tais tensões (Quadro 2.13).

Muitas das propriedades das argamassas são determinadas pelo tipo de ligante utilizado e pela sua composição química. Estas argamassas destinam-se a aplicações de refeito de juntas em revestimentos interiores e exteriores, com a excepção de juntas de construção. [7]

As categorias a considerar para argamassas de juntas são:

- À base de cimento (CG), recomendadas para as seguintes aplicações: paredes interiores, pavimentos interiores e exteriores;
- À base de resinas de reacção (RG), recomendadas para as seguintes aplicações: piscinas, cozinhas industriais ou indústria média / pesada e exteriores (mesmo em condições ambientais agressivas).

Quadro 2.13 – Especificações para argamassas de juntas à base de cimento (CG) e de resinas de reacção (RG) [7] e [23]

Argamassas de juntas à base de cimento (CG)	
Características fundamentais	
Características	Valores de referência
Resistência à abrasão	$\leq 2000 \text{ mm}^3$
Resistência à flexão (cond. padrão)	$\geq 3,5 \text{ N/mm}^2$
Resistência à flexão (após ciclos gelo / degelo)	$\geq 3,5 \text{ N/mm}^2$
Resistência à compressão (cond. padrão)	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$
Resistência à compressão (após ciclos gelo / degelo)	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$
Retracção livre	$\leq 2 \text{ mm/m}$
Absorção de água após 30 min.	$\leq 5 \text{ g}$
Absorção de água após 240 min.	$\leq 10 \text{ g}$
Características adicionais	
Características	Valores de referência
Forte resistência à abrasão	$\leq 1000 \text{ mm}^3$
Absorção reduzida de água após 30 min.	$\leq 2 \text{ g}$
Absorção reduzida de água após 240 min.	$\leq 5 \text{ g}$
Argamassas de juntas à base de resinas de reacção (RG)	
Características fundamentais	
Características	Valores de referência
Resistência à abrasão	$\leq 250 \text{ mm}^3$
Resistência à flexão (cond. padrão)	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$
Resistência à compressão (cond. padrão)	$\geq 45 \text{ N/mm}^2$
Retracção livre	$\leq 1,5 \text{ mm/m}$
Absorção de água após 240 min.	$\leq 0,1 \text{ g}$

2.3.3. MATERIAIS DE ASSENTAMENTO

2.3.3.1. Introdução

Os métodos de aplicação de revestimentos têm evoluído de acordo com o desenvolvimento dos produtos cerâmicos e dos sistemas de fixação. Actualmente estão disponíveis argamassas e colas que apresentam propriedades específicas para cada situação de aplicação, em função do tipo de material a aplicar e do comportamento que se pretende obter do conjunto.

Por sua vez os processos e as tecnologias de fabrico são melhores, permitindo a produção de peças de dimensões cada vez maiores obrigando a criar alternativas às formas de fixação tradicionais (cimentos e colas). Recentemente começaram a ser desenvolvidos sistemas de fixação mecânica de materiais, particularmente para fachadas. Estes novos sistemas são particularmente adequados para edificações novas, mas também facilitam as obras de recuperação de edificações já existentes e permitem o cumprimento de exigências de normas de segurança, promovendo o conforto e facilitando a manutenção.

Genericamente consideramos dois grandes processos de fixação:

- Por contacto;
- Por fixação mecânica.

É ainda de referir que a escolha do sistema de assentamento deve ter em consideração as características do suporte, as condições de trabalho, o ambiente em que o conjunto vai trabalhar e a finalidade do conjunto. [7]

2.3.3.2. Classificação e Especificações

Os produtos de assentamento são regulados segundo a norma EN 12004 [24], onde são definidos como uma “mistura de ligantes hidráulicos, inertes e aditivos orgânicos, a qual é misturada com água ou outro líquido imediatamente antes da aplicação” e são classificados em três grupos: C (cimentos-cola); D (colas em dispersão aquosa) e R (colas de resinas de reacção). Segue-se o Quadro 2.14 onde se apresenta esta classificação. [7]

Quadro 2.14 – Classificação dos materiais para fixação por contacto [7] e [24]

Materiais para fixação por contacto	Argamassa tradicional (Camada espessa - de 5 a 20 mm)
	Ex. típicos de traços
	para paredes 1:1/2:5 (Cimento; Cal e Areia)
	para pavimentos 1:5 (Cimento e Areia)
	Cimento-cola (C) - Mistura de ligantes hidráulicos, inertes e outros aditivos orgânicos
Colas em dispersão aquosa (D)-Mistura de agentes ligantes orgânicos na forma aquosa constituída por polímeros, aditivos orgânicos e cargas minerais	
Colas de resinas de reacção (R) - Mistura de resinas sintéticas, cargas minerais e aditivos orgânicos (endurecimento por reacção química)	

O sistema tradicional do uso da argamassa como meio de fixação é sempre em camada espessa (5 a 20 mm) e tem acção complementar de regularização (mais ou menos importante) das superfícies a revestir (Figura 2.17).

Todos os outros processos, com recurso a cimento-cola ou colas, são do tipo de camada fina (2 a 5 mm) (Figura 2.17).

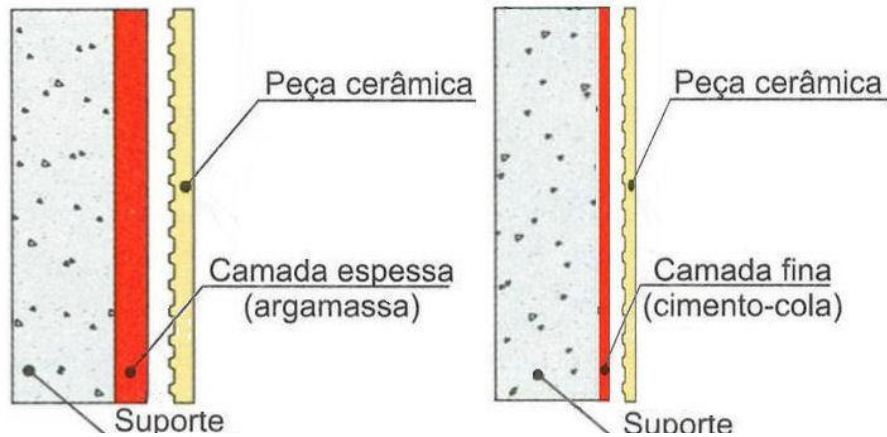


Figura 2.17 – Tipos de camadas de aplicação [7]

Segue-se no Quadro 2.15 um resumo de designações aplicadas aos materiais para fixação por contacto e respectivos significados.

Quadro 2.15 – Propriedades das colas a ter em conta na aplicação em obra [7] e [24]

Designações	Definições
Tempo de vida útil	Tempo em armazém durante o qual uma argamassa mantém as suas propriedades
Tempo de repouso	Intervalo de tempo necessário desde a preparação até ao uso
Tempo de vida	Máximo intervalo de tempo até ao uso
Tempo aberto	Máximo intervalo de tempo para acabamento desde a aplicação
Tempo de presa	Intervalo de tempo a partir do fabrico das argamassas até começa a endurecer
Tempo de endurecimento	Tempo necessário para que a argamassa desenvolva a sua resistência

É importante considerar regras gerais para adequação ao uso, de forma a garantir que o comportamento esperado da obra final seja alcançado.

Assim deverá ter-se em conta:

- Características dos revestimentos e pavimentos cerâmicos, tendo em atenção a porosidade aberta, o desenho do tardez do elemento a colar, a espessura da peça, o peso, (particular atenção para o caso do revestimento de fachadas) e a geometria da peça;
- Características do suporte a revestir e requisitos funcionais (tensões, cargas mecânicas, comportamento térmico e higrométrico, enquadramento estético e dureza, porosidade, estado de conservação e limpeza do suporte e ainda a resistência e planaridade do mesmo);
- Condições ambientais adequadas à colagem e posterior endurecimento (temperatura ambiente, condições de humidade, riscos de gelo e ambientes agressivos);
- Posição da superfície a revestir (horizontal e vertical como casos limite);
- Adequação da superfície revestida ao uso previsto. [7]

Relativamente aos materiais que garantem a adesão, cimento-cola e colas, são de considerar os requisitos essenciais constantes nos Quadros 2.16, 2.17 e 2.18.

A norma EN 12004 subdivide ainda estes grupos em classes de acordo com as características de desempenho fundamentais e opcionais correspondendo a:

Classes com características fundamentais:

- 1 – Adesivo normal;
- 2 – Adesivo melhorado.

Classes de características opcionais:

- E – Adesivo de tempo aberto prolongado;
- F – Adesivo de presa rápida;
- T – Adesivo com resistência ao deslizamento vertical.

Deste modo, é possível definir quais os produtos mais adequados para cada aplicação. As classes de cimentos-cola ou adesivos existentes são: C1, C1F,C1T, C1FT, C2, C2E, C2F, C2T, C2TE, C2FT, D1, D1T, D2, D2T, D2TE, R1, R1T, R2 e R2T.

Seguem-se os Quadros 2.19 a 2.21, onde se resumem as aplicações, vantagens e cuidados a ter dos diversos materiais de assentamento por contacto. [7]

Quadro 2.16 – Especificação para cimentos-cola (C) [7] e [24]

Especificação para cimentos-cola (C)	
Características fundamentais	
Colas de presa normal	
Características	Valores de referência
Tensão de adesão inicial	
Tensão de adesão após imersão em água	
Tensão de adesão após envelhecimento por calor	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Tensão de adesão após ciclos gelo / degelo	
Tensão de adesão: Tempo aberto	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após mais de 20 min
Colas de presa rápida	
Características	Valores de referência
Tensão de adesão inicial	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após não mais de 24 h
Tensão de adesão: Tempo aberto	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após mais de 10 min
Determinação à resistência ao deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$
Características opcionais	
Características especiais	
Características	Valores de referência
Deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$
Características adicionais	
Características	Valores de referência
Tensão de adesão inicial elevada	
Tensão de adesão após imersão em água elevada	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$
Tensão de adesão após envelhecimento por calor elevada	
Tensão de adesão após ciclos gelo / degelo elevada	
Tensão de adesão: Tempo aberto prolongado	$\leq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após mais de 30 min

Quadro 2.17 – Especificação para colas em dispersão aquosa (D) [7] e [24]

Especificação para colas em dispersão aquosa (D)	
Características fundamentais	
Características	Valores de referência
Resistência inicial ao corte	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$
Resistência ao corte após envelhecimento por calor	
Tensão de adesão: Tempo aberto	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após de 20 min
Características opcionais	
Características	Valores de referência
Deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$
Características adicionais	
Características	Valores de referência
Adesão após imersão em água	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$
Adesão a alta temperatura	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$
Tensão de adesão: Tempo aberto prolongado	$\leq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após mais de 30 min

Quadro 2.18 – Especificação para colas de resinas de reacção (R) [7] e [24]

Especificação para colas de resinas de reacção (R)	
Características fundamentais	
Características	Valores de referência
Resistência inicial ao corte	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$
Resistência ao corte após imersão em água	
Tensão de adesão: Tempo aberto	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ após 20 min
Características opcionais	
Características	Valores de referência
Deslizamento	$\leq 0,5 \text{ mm}$
Características adicionais	
Características	Valores de referência
Tensão ao corte de adesão após choque térmico	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$

Quadro 2.19 – Resumo da aplicabilidade dos cimentos-cola (C) [7]

Cimentos-cola (C)			
	Aplicações típicas	Vantagens	Cuidados
Com aditivos orgânicos e inorgânicos	Aplicação interior de mosaicos, azulejos e tijoleiras de grés de porosidade média Suporte à base de cimento	Colagem de peças cerâmicas porosas no interior das edificações No acto da colagem as peças não sofrem deslizamento Rapidez de aplicação Custo controlado	O suporte deve apresentar uma boa planeza e limpeza
Derivados celulósicos	Recomendando para pavimentos interiores e exteriores, revestimentos interiores e piscinas.	Elevada resistência à água	Necessidade de controlar a espessura, que nunca deve ultrapassar 10 mm. Aplicação após boa estabilização do suporte
Ligantes mistos orgânicos e inorgânicos	Recomendado para revestimentos de fachadas, pavimentos de tráfego intenso, com peças de pequeno e grande formato com porosidade alta e baixa.	Aplicação nos revestimentos de fachadas Reparação de pavimentos antigos não absorventes Alta flexibilidade	Aplicação após boa estabilização do suporte. Necessidade de controlar a espessura, que nunca deve ultrapassar 10 mm. Baixa porosidade do suporte
Aluminoso com ligantes mistos	Colocação de peças cerâmicas pouco absorventes em todos os tipos de suporte (excepto em pavimentos de madeira). Aplicação em colagem simples de peças até 60x60x1.5.	Aplicação rápida das peças Renovação de pavimentos Colocação em ambientes frios Elevada rentabilidade de aplicação	Remoção de resíduos e produtos de conservação de anteriores aplicações Eventual necessidade de limpeza com detergentes no caso de recuperação Aplicação após boa estabilização do suporte. Necessidade de controlar a espessura, que nunca deve ultrapassar 10 mm. Baixa porosidade do suporte
Dois componentes com resinas	Colocação do Cimento-cola em pavimentos de betão e cerâmica antiga e em revestimentos de paredes de betão, reboco ou cerâmica antiga	Elevado poder de colagem Colagem de peças cerâmicas de grandes formatos Reparação de pavimentos	Remoção de resíduos e produtos de conservação de anteriores aplicações Aplicação após boa estabilização do suporte. Necessidade de controlar a espessura, que nunca deve ultrapassar 10 mm.

Quadro 2.20 – Resumo da aplicabilidade de colas em dispersão aquosa (D) [7]

Colas em dispersão aquosa (D)			
	Aplicações típicas	Vantagens	Cuidados
Pasta adesiva	Colocação em todo o tipo de pavimentos e revestimentos (gessos tradicionais, gessos projectados, pré-fabricados de gesso, rebocos e betão, fibrocimento, betão celular, madeira prensada, etc), excepto metal.	Não necessita de preparação (em pasta) Reparação de pavimentos e revestimentos Colagem sobre qualquer tipo de suporte	Aplicação após boa estabilização do suporte

Quadro 2.21 – Resumo da aplicabilidade de colas de resinas de reacção (R) [7]

Colas de resinas de reacção (R)			
	Aplicações típicas	Vantagens	Cuidados
Resina Epoxy	Cola aplicada em revestimentos e pavimentos de indústrias químicas, laboratórios, lavandarias, tinturarias, piscinas e termas.	Aplicação em ambientes quimicamente agressivos Aplicação sobre o metal	Custo do produto elevado, sendo a sua utilização devidamente justificada

2.4. EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AO SUPORTE

Os suportes de revestimentos cerâmicos devem apresentar-se estáveis, são, secos e livres de qualquer contaminação. Os suportes em betão devem estar isentos de produtos de desmoldagem, a não ser que seja comprovada a sua compatibilidade com os trabalhos de revestimento. A decapagem deste tipo de produtos pode ser efectuada na altura da desmoldagem das peças, com água a alta pressão ou sobre o betão endurecido, por picagem, decapagem com jacto abrasivo de areia ou com água a muito alta pressão (pelo menos 400 bar).

Os suportes à base de cimento devem secar por períodos mínimos que vão de 4 semanas a 6 meses, dependendo do seu tipo, espessura e das condições ambientais a que é sujeito. Os suportes à base de gesso devem curar, pelo menos, 4 semanas e secar completamente. As membranas e painéis que sirvam de suporte a revestimentos cerâmicos devem apresentar-se rígidos e sem deformações.

É também de referir a exigência de compatibilidade suporte – sistemas de revestimento com ladrilhos cerâmicos, do ponto de vista mecânico, geométrico e químico.

A compatibilidade mecânica está relacionada com o módulo de elasticidade e a resistência à tracção do suporte e do revestimento, procurando-se evitar que as tensões instaladas provoquem degradações.

A compatibilidade geométrica entre um sistema de revestimento com ladrilhos cerâmicos e o respectivo suporte traduz-se na necessidade do suporte apresentar planeza e regularidade superficial adequadas à espessura e técnica de aplicação do revestimento.

A incompatibilidade química entre o sistema de revestimento cerâmico e o suporte pode provocar a degradação do elemento construtivo, traduzindo-se por deformações, destacamento do revestimento, etc.

Apesar de nas situações correntes estes aspectos não serem preocupantes, é necessário tomá-los em consideração. [7]

2.5. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO APLICÁVEIS

A Directiva Europeia dos Produtos da Construção (89/106/CEE, modificada pela Directiva 93/63/CEE) exige que este tipo de produtos respeite determinadas exigências de modo a que, uma vez aplicados em obra, garantam o cumprimento dos seis **Requisitos Essenciais** [7]:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e protecção do ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

Para além destes requisitos essenciais existem ainda outras exigências que devem ser equacionadas na concepção e projecto de sistemas de revestimento cerâmico, nomeadamente exigências de compatibilidade com o suporte, de conforto visual e táctil, de durabilidade e de adaptação à utilização normal.

2.6. CERTIFICAÇÃO DE MATERIAIS

A marcação CE é um sistema de comprovação da conformidade dos produtos marcados com Requisitos Essenciais indicados na directiva aplicável, necessária para a circulação de determinados produtos dentro do Espaço Económico Europeu.

A marcação CE de produtos de construção, sendo obrigatória, sobrepõe-se aos sistemas de certificação dos produtos actualmente em vigor. Não é uma marca de qualidade como a marca "Produto Certificado" mas sim um "livre-trânsito" para a circulação dos produtos no Mercado Europeu.

As marcas da qualidade actualmente existentes continuarão a ser utilizadas em paralelo com a marcação CE e permitirão a distinção no mercado dos produtos de maior qualidade.

As bases de implementação da marcação CE nos produtos da construção estão publicadas na Directiva Europeia 89/106/CE (ver Capítulo 2.5).

Esta Directiva exige que produtos de construção aplicados em obra, de algum modo relevantes para o cumprimento de alguns dos seis Requisitos Essenciais, necessitem de um comprovativo de que cumprem tais requisitos, a fim de poderem circular no mercado europeu.

Depois da publicação da Directiva dos Produtos de Construção (CPD) a Comissão Europeia (DG III)

publicou seis documentos interpretativos para esclarecer as exigências dos seis requisitos essenciais e sua aplicabilidade aos diferentes tipos de produtos.

De acordo com esta Directiva, o comprovativo da conformidade para com os requisitos essenciais pode ser emitido pelo próprio fabricante (declaração do fabricante) ou por um organismo notificado (organismo de certificação), dependendo do sistema de comprovação que estiver definido para o produto em causa. Poderão ainda participar na comprovação da conformidade outros organismos notificados (laboratórios ou organismos de inspecção). [7]

No Quadro 2.22 apresentam-se os sistemas de comprovação da conformidade, indicados no Anexo III da Directiva.

Quadro 2.22 – Sistemas de comprovação da conformidade [7]

Funções	Sistema					
	1+	1	2+	2	3	4
Controlo de produção da fábrica	F	F	F	F	F	F
Ensaio inicial do produto			F	F		F
Ensaio de amostras colhidas na fábrica de acordo com um programa de ensaios previamente estabelecido.	F	F	F			
Ensaio inicial do produto	C/L	C/L			L	
Inspeção inicial da fábrica e do controlo de produção da fábrica	C/I	C/I	C/I	C/I		
Fiscalização, apreciação e aprovação contínuas do controlo de produção da fábrica.	C/I	C/I	C/I	C/I		
Ensaio aleatório de amostras colhidas na fábrica, no mercado ou no local da obra	C/I					

Organismo envolvido: **F** -fabricante; **L** -laboratório; **I** - Org. Inspeção; **C** - Org. de certificação

O traço de união entre todos os sistemas consiste na necessidade do fabricante controlar o processo de fabrico com regularidade.

O sistema 1+ é o mais exigente, pois necessita da intervenção de um organismo notificado para certificação da conformidade do produto com base na realização de ensaios iniciais, avaliação inicial do sistema de controlo da produção do fabricante e acompanhamento através da realização de ensaios e avaliação do controlo da produção da fábrica. O fabricante é responsável pelo controlo da produção da fábrica e pela realização de ensaios ao produto ou sua encomenda a laboratórios exteriores. No sistema 1 os ensaios de acompanhamento são da responsabilidade do fabricante.

O sistema 2+ difere do anterior, porque é liderado pelo fabricante, que emite uma declaração de conformidade pela qual é o único responsável. Para tal este deve possuir um controlo da produção adequado e realizar os ensaios periódicos ao produto na fábrica ou num laboratório exterior. Deve também solicitar a um organismo aprovado a certificação do controlo da produção da fábrica e o seu acompanhamento. O sistema 2 difere do anterior pelo facto de não haver acompanhamento do controlo de produção da fábrica.

O sistema 3 é também baseado numa declaração de conformidade, emitida pelo fabricante, após a realização de ensaios iniciais num laboratório aprovado.

O sistema 4 é o menos exigente pois é da responsabilidade única do fabricante, que deverá ter um controlo da produção implementado e realizar ensaios ao produto. O resultado é a emissão, pelo fabricante, de uma declaração de conformidade do produto, sob sua responsabilidade.

No caso dos sistemas 1 e 1+, o Organismo de certificação pode recorrer a laboratórios ou organismos de inspecção para a realização de tarefas específicas como ensaios ou auditorias ao sistema de controlo do fabricante, respectivamente.

No caso dos sistemas 2 e 2+, o Organismo de certificação pode recorrer a organismos de inspecção para a realização das auditorias ao sistema de controlo do fabricante. [7]

2.6.1. DECISÕES DA COMISSÃO

Com base nos resultados de inquéritos em que participaram todos os países da União, a Comissão Europeia publicou várias decisões que indicam, para determinada família de produtos, qual o sistema de comprovação da conformidade a ser utilizado.

No Quadro 2.23 apresentam-se os sistemas previstos nas Decisões, para as aplicações mais relevantes de alguns produtos na área dos materiais cerâmicos, vidro e cimentos. Os sistemas indicados resultam da interpretação das Decisões da CE, tendo por base o pressuposto de que os produtos cerâmicos, vidro e os produtos à base de cimento são classificados na classe A de reacção ao fogo, sem necessitarem de ensaio prévio, conforme previsto na Decisão 96/603/CE. No entanto, cabe ao Grupo de Organismos Notificados a decisão final quanto ao procedimento a adoptar.

As decisões da Comissão Europeia tiveram em conta, para além das respostas aos inquéritos, a necessidade de garantir para as famílias de produtos mais críticas, relativamente aos **Requisitos Essenciais**, sistemas de comprovação da conformidade mais exigentes. [7]

2.6.2. NORMAS HARMONIZADAS

Para além das normas voluntárias de especificação de produto e de ensaios que os Comités Técnicos do CEN tinham desenvolvido, houve a necessidade de harmonizar as especificações de produto com os **Requisitos Essenciais** que a Directiva indica. Foram então emitidos novos mandatos para os Comités Técnicos desenvolverem as necessárias revisões às normas de especificação existentes e indicarem, para cada produto, quais os requisitos essenciais a satisfazer.

As normas harmonizadas são normas europeias EN que especificam as características dos produtos objecto da marcação CE. De um modo geral, possuem duas partes: uma parte voluntária, com indicação das características e ensaios, e uma parte harmonizada, com a Directiva, designada por Anexo ZA, obrigatória para efeitos da marcação CE, com indicação das características mínimas dos produtos. A parte harmonizada informa também qual o sistema de comprovação da conformidade indicado na Decisão correspondente. [7]

O Quadro 2.24 apresenta o estado de desenvolvimento das normas e respectivo Anexo ZA. Só após a publicação do conjunto norma e Anexo ZA é que haverá condições para concretizar a Marcação CE.

Quadro 2.23 – Decisões da Comissão relativas aos sistemas de comprovação da conformidade aplicados aos produtos cerâmicos vidro e cimento [7]

Decisão	Família de Produto	Uso Previsto/ Obs.	Sistema
95/204/CE	Produtos de betão	Com fins estruturais	2+
		Sem fins estruturais	4
95/467/CE	Chaminés	Fugas	2+
		Remates	4
96/578/CE	Aplicações sanitárias	Higiene pessoal	4
96/582/CE	Vidros exteriores colados (fachada cortina)	Categoria II e IV	1
		Categoria I e III	2+
97/436/CE	Cobertura de telhados	Segurança contra incêndios	4
97/555/CE	Cimentos	Preparação de betão	1 +
97/740/CE	Elementos de alvenaria	Resistência mecânica garantida (categoria I)	2+
		Outros usos (categoria II)	4
97/808/CE	Revestimentos de piso	Interior e exterior	4
98/437/CE	Acabamentos de paredes e tectos, interiores e exteriores	Queda de objectos	
		Substâncias perigosas (Pb e Cd)	3
		Outras aplicações	4
98/598/CE	Agregados	Com exigências de segurança	2+
		Sem exigências de segurança	4
99/94/CE	Produtos pré fabricados de betão	Para fins estruturais	2+
		Sem fins estruturais	4
99/146/CE	Betão e argamassas	Para edifícios e obras de engenharia civil	2+
99/470/CE	Adesivos para ladrilhos	Para interiores e exteriores	3
2000/245/CE	Vidro plano, vidro perfilado e blocos de vidro	Opor resistência ao fogo	1
		Segurança contra incêndio	3
		Prova de bala	1
		Conservação de energia/redução do ruído	3

Quadro 2.24 – Documentos normativos [7] (*)

Norma	Produto	Observações
EN 1806:2006	Fugas cerâmicas para chaminés	Aprovada em 01/05/2007
EN 197-1:2000	Cimento	Aprovada em 01/04/2001
EN 295-10:2005	Tubos de grés	Aprovada em 01/01/2006
EN 490:2004	Telhas de cimento	Aprovada em 01/09/2005
EN 997:2003	Sanitas	Aprovada em 01/12/2004
EN 1304:2005	Telhas cerâmicas	Aprovada em 01/02/2006
EN 13055-1:2002	Agregados leves	Aprovada em 01/03/2003
EN 1338:2003	Pavers em cimento	Aprovada em 01/03/2004
EN 1340:2003	Lancis	Aprovada em 01/02/2004
EN 1344:2002	Pavers cerâmicos	Aprovada em 01/01/2003
EN 13502:2002	Terminais para chaminés cerâmicas	Aprovada em 01/08/2003
EN 13888:2009	Argamassas para enchimento de juntas de pavimentos e revestimentos	Em elaboração
EN 1857:2003	Fugas para chaminés em betão	Aprovada em 01/01/2009
EN 771-1:2003	Tijolos cerâmicos	Aprovada em 01/04/2005
EN 771-2:2003	Blocos de cimento	Aprovada em 01/04/2005
EN 12004:2007	Adesivos para pavimentos e revestimentos	Aprovada em 01/06/2008
EN 14411:2006	Pavimentos e revestimentos cerâmicos	Aprovada em 01/01/2008
EN 13310:2003	Lava louças	Aprovada em 01/02/2004
EN 13407:2006	Urinóis	Aprovada em 01/01/2008
EN 12620:2002	Agregados para betão	Aprovada em 01/01/2009
EN 13139:2002	Agregados para argamassas	Aprovada em 01/03/2003
EN 1341:2001	Lajes de pedra	Aprovada em 01/10/2001
EN 1469:2004	Pedra para revestimento de fachada	Aprovada em 01/07/2005

(*) Informação actualizada em http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/documents/harmonised-standards-legislation/list-references/construction-products/index_en.htm, em 29/06/2010.

2.6.3. ORGANISMOS NOTIFICADOS

Organismos notificados são todos os laboratórios, organismos de inspecção ou organismos de certificação que se encontram registados junto da Comissão Europeia, no âmbito da marcação CE.

Conforme indicado no Quadro 2.22, são necessários organismos notificados quando o sistema de

comprovação da conformidade especificado na norma harmonizada for o 1,1 +, 2, 2+ ou 3.

No sistema 3 é necessário que o fabricante recorra a um laboratório para a realização de ensaios aos produtos.

No sistema 2 é necessária a intervenção de um organismo de inspecção para verificar a realização dos ensaios e o controlo da produção no fabricante.

No sistema 1 é o organismo de certificação que coordena toda a marcação CE recorrendo quando necessário aos laboratórios de ensaios e organismos de inspecção.

Em Portugal encontram-se, até ao momento, notificados três organismos para os produtos da construção: o LNEC e o CTCV e a APEB. [7]

2.6.4. GRUPO DE ORGANISMOS NOTIFICADOS

Para que as regras de certificação sejam iguais em toda a Europa, todos os organismos notificados terão que ter os mesmos procedimentos. Foi com este objectivo que foi criado o Grupo de Organismos Notificados (NB-AG) que reúne periodicamente em Bruxelas e nos quais participa um organismo representante de cada Estado Membro. Para cada família de produtos foram criados grupos sectoriais que se dedicam à elaboração de regras comuns. [7]

Quadro 2.25 – Funções dos organismos envolvidos na marcação CE [7]

	Comissão Europeia (DG III)	Comité Europeu de Normalização (CEN)	Grupo de Organismos Notificados (NB-AG)
Directiva Produtos da Construção	X		
Decisões relativas aos produtos da construção	X		
Normas Harmonizadas		X	
Procedimentos para as regras de marcação			X

2.6.5. CONTROLO DA PRODUÇÃO DA FÁBRICA (FPC)

O fabricante, qualquer que seja o produto que fabrica, desde que abrangido pela marcação CE, tem a responsabilidade de produzir em conformidade com os requisitos mínimos indicados na parte harmonizada da norma (Anexo ZA) e também por validar esses requisitos ao longo do tempo.

O controlo de produção da fábrica, no âmbito da marcação CE dos produtos da construção, encontra-se descrito no "Guidance Paper B" editado pela Comissão Europeia e preparado pelo Comité Permanente da Construção.

O fabricante deverá evidenciar que opera um sistema de controlo da produção de forma a assegurar que esta resulta conforme com as especificações técnicas relevantes. O fabricante é responsável por implementar um sistema de controlo da produção documentado na forma de procedimentos escritos, prever a existência de registos das variáveis do processo, de realizar ensaios de acordo com um plano

adequado e registos regulares da recepção das matérias-primas, do produto em fase de fabrico e do produto final. Todos estes ensaios realizar-se-ão de acordo com regras específicas e os resultados devem ser previsíveis, ou seja, integram-se dentro de intervalos de tolerância ou critérios de aceitação. O equipamento de inspecção e ensaio deverá ser periodicamente calibrado. O controlo do produto não conforme bem como as acções correctivas desencadeadas e o tratamento dado às reclamações dos clientes deve ser posto em evidência.

Um fabricante que tenha os produtos certificados pelo sistema 5 da ISO, marca "Produto Certificado" ou a empresa certificada pela norma ISO 9001, cumpre as exigências da marcação CE. [7]

2.6.6. ETIQUETAGEM PARA MARCAÇÃO CE

O símbolo de marcação CE consiste exclusivamente nas letras CE na forma especificada na Directiva 93/68/CE. O símbolo de conformidade CE para revestimentos cerâmicos deve aparecer na embalagem e/ou na documentação comercial que acompanha o produto, devendo a seguinte informação ser adicionada (ver exemplo apresentado na Figura 2.18 e 2.19):

- Referência à norma europeia EN 14411 [4];
- Nome ou marca do produtor;
- Os últimos dois dígitos do ano em que a marca foi afixada;
- A classificação do produto e destino de aplicação;
- As indicações das características do produto determinadas com base na especificação técnica EN 14411 [4] (tabela ZA.1 subA e subB).

Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Reacção ao Fogo	Classe A1	S/ Ensaio (Decisão 96/603/CE)
Resistência à Flexão	Força de Ruptura > 800 N	EN ISO 10545-4
	Modulo de Ruptura R > 30 kN/m ²	
Resistência ao gelo/degelo	Cumpre	EN ISO 10545-12
Resistência ao Choque Térmico	Resistente	EN ISO 10545-9
Libertação de Subs. Perigosas	Libertação de Cádmio 0 mg/dm ²	EN ISO 10545-15
	Libertação de Chumbo 0 mg/dm ²	

Figura 2.18 – Exemplo de Etiqueta do fabricante / revestimentos [7]


		
NP EN 12004: 2001/A1 2002 PRODUTO: Cimento-Cola UTILIZAÇÃO: Acabamento de paredes e pavimentos Interiores e exteriores EXTRA COLA, S.A Coimbra - Portugal		
Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Aderência	Força inicial de adesão ao corte > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.2)
Durabilidade:		
Envelh. por aquecimento	Força de adesão em tracção após envelhecimento por calor > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.4)
Acção da humidade	Força de adesão em tracção após imersão em água > 0.5 Mpa	EN 1324 (Secção 7.3)
Ciclos de gelo/degelo	Força de adesão em tracção após ciclos de gelo/degelo > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.5)

Figura 2.19 – Exemplo de Etiqueta do fabricante / cimentos-cola [7]

No caso de cimentos-cola e colas, o Anexo ZA da norma EN 12004 [24], prevê a indicação na Declaração do Fabricante, de Resistência da adesão antes a após sujeição e diferentes condições de calor, humidade e gelo. [7]

2.6.7. EXEMPLO DE DECLARAÇÃO DO FABRICANTE

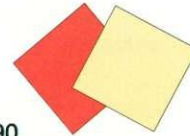
Quando o cumprimento das exigências do Anexo ZA da norma EN 14411 [4] for atingido, o fabricante ou o seu agente estabelecido no EEE (Espaço Económico Europeu) deve preparar e manter uma declaração de conformidade (Declaração de Conformidade CE) que autoriza a afixação da marcação CE. Esta declaração deve incluir (ver exemplo apresentado nas Figuras 2.20 e 2.21):

- Nome e endereço do fabricante, ou seu representante autorizado estabelecido no EEE e local de produção;
- Descrição do produto (tipo, identificação, destino de aplicação, etc.) e cópia da informação que acompanha a marcação CE;
- Características de conformidade do produto (Anexo ZA da EN 14411 [4]);
- Condições particulares de aplicação do produto (por exemplo, particularidades para uso em condições determinadas, etc.);
- Nome e função da pessoa responsável para assinar a declaração, em nome do fabricante ou seu representante autorizado;
- Nome e endereço do laboratório notificado (relevante quando aplicável para aplicações com exigências de limitação de substâncias perigosas, por exemplo Chumbo e Cádmio);

A declaração acima mencionada deve ser apresentada na língua oficial do Estado Membro em que o produto irá ser utilizado. [7]

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE

CERÂMICA DO FUTURO, S.A
 Sede e Local de Produção:
 Rua da Esperança
 0000 - 000 CIDADE INDUSTRIAL
 Telefone: +351 123 456789 Fax: +351 123 456790
 Email: ceramica@competitiva.pt



Revestimento Cerâmico Prensado
 Grupo BIII (Norma EN 14411 Anexo L)
 Aplicação: Exterior / Interior
 Tipo: Revestimento Vidrado

CE 2003	NP EN 14411: 2003	
	PRODUTO: Revestimentos Cerâmicos Prensados UTILIZAÇÃO: Interior e/ou exterior	
	CERÂMICA DO FUTURO, S.A Coimbra - Portugal	
Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Reacção ao Fogo	Classe A1	S/ Ensaio (Decisão 96/603/CE)
Resistência à Flexão	Força de Ruptura > 800 N	EN ISO 10545-4
	Modulo de Ruptura R > 30 kN/m ²	
Resistência ao gelo/degelo	Cumpre	EN ISO 10545-12
Resistência ao Choque Térmico	Resistente	EN ISO 10545-9
Libertação de Subs. Perigosas	Libertação de Cádmió 0 mg/dm ²	EN ISO 10545-15
	Libertação de Chumbo 0 mg/dm ²	

Os produtos cumprem os requisitos essenciais da Directiva 89/106/CE.
 Esta declaração é baseada no cumprimento integral da norma europeia de especificação de produto EN 14411.

O Responsável

Laboratório Notificado nº 0855
 LEP - Laboratório de Ensaio de Produtos

Director Comercial
 (Nome)



Figura 2.20 – Exemplo de declaração do fabricante / revestimentos [7]

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE

EXTRA COLA, S.A
 Sede e Local da Produção:
 Rua da União
 0000 - 000 CIDADE INDUSTRIAL
 Telefone: +351 123 654321 Fax: +351 123 654322
 Email: cola@peganaodespega.pt



Cimento-Cola
 Tipo: Cimento-Cola de aplicação normal com
 deslizamento reduzido(C1T de acordo com EN 12004)
 Aplicação: Exterior / Interior

CE 2003	NP EN 12004: 2001/A1 2002	
	PRODUTO: Cimento-Cola UTILIZAÇÃO: Acabamento de paredes e pavimentos Interiores e exteriores	
EXTRA COLA, S.A Coimbra - Portugal		
Características	Valores Declarados	Método de Ensaio
Aderência	Força inicial de adesão ao corte > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.2)
Durabilidade:		
Envelh. por aquecimento	Força de adesão em tracção após envelhecimento por calor > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.4)
Ação da humidade	Força de adesão em tracção após imersão em água > 0.5 Mpa	EN 1324 (Secção 7.3)
Ciclos de gelo/degelo	Força de adesão em tracção após ciclos de gelo/degelo > 0.5 Mpa	EN 1348 (Secção 8.5)

Os produtos cumprem os requisitos essenciais da Directiva 89/106/CE.
 Esta declaração é baseada no cumprimento integral da norma europeia de especificação de produto EN 12004.

O Responsável

Laboratório Notificado nº 0855
 LEP - Laboratório de Ensaio de Produtos

Administrador
 (Nome)



CTCV

Figura 2.21 – Exemplo de declaração do fabricante / cimentos-cola [7]

3

ESTUDO DE ANOMALIAS E PATOLOGIAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES – CLASSIFICAÇÃO GERAL

3.1. INTRODUÇÃO

O sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte, de forma contínua, com recurso a argamassas e/ou cimentos-cola, é o que maior número de patologias correntes sistemáticas e recorrentes apresenta e que levam ao aparecimento de múltiplas anomalias de funcionamento, muitas vezes com custos avultados de reparação.

Interessa desde já esclarecer a diferença entre os conceitos de patologia e de anomalia, aplicáveis em geral a materiais, componentes ou sistemas construtivos. Assim, é corrente considerar-se que uma patologia engloba as causas, origens e a natureza dos problemas e falhas observados.

Por outro lado, uma anomalia representa uma qualquer manifestação de desempenho deficiente de um material, componente ou sistema construtivo, consideradas as limitações e especificidades associadas à própria concepção e nível de qualidade originalmente pretendidos.

Estes sistemas utilizam, em geral, ladrilhos cerâmicos de reduzida espessura e pequenas dimensões faciais, embora com grande diversidade de materiais, tipo de fabrico e, por vezes, de acabamento superficial.

Neste Capítulo, favorece-se a abordagem das anomalias relativas aos sistemas de revestimento, encarados como o conjunto formado pelo suporte, material cerâmico, juntas, material e técnica de assentamento dos ladrilhos e de preenchimento das juntas, em detrimento das anomalias exclusivas dos ladrilhos propriamente ditos. Apresenta-se de seguida uma descrição de algumas das patologias correntes, causas e consequências.

3.2. DESCRIÇÃO DE ANOMALIAS

As anomalias mais frequentes dos sistemas de revestimento cerâmico colados ao suporte (paredes) são o descolamento e a fissuração.

Em geral, estes defeitos fazem-se sentir com maior intensidade ou maiores consequências funcionais no exterior dos edifícios. No entanto, também ocorrem no interior com maior incidência em locais permanentemente húmidos, paredes sujeitas a grandes gradientes de pressão de vapor de água, variações bruscas de temperatura ou temperaturas extremas e cargas excepcionais, nomeadamente de carácter dinâmico.

Acresce a esta situação, o facto de as condições de aplicação serem, em geral, mais difíceis no exterior e as áreas contínuas de aplicação muito mais extensas.

Além da fissuração e do descolamento, outros defeitos podem afectar o desempenho destes revestimentos, nomeadamente no que diz respeito:

- Ao aspecto (enodoamento, eflorescências, desgaste excessivo, alteração da cor, deterioração das juntas, etc.);
- À segurança na utilização (falta de planeza, falta de aderência, etc.).

Quadro 3.1 – Anomalias dos revestimentos cerâmicos devidas fundamentalmente a deficiências dos ladrilhos[22]

Tipo de anomalia	Sintomas	Causas
Eflorescências	Manchas esbranquiçadas à superfície dos ladrilhos	<p>Presença de sais solúveis nos ladrilhos que, na sequência dum humedecimento (resultante do assentamento ou do uso do revestimento), são transportados para a superfície e aí se depositam, à medida que a água se vai evaporando.</p> <p>Os sais podem provir das matérias-primas ou de posterior contaminação dos ladrilhos por gases sulfurosos (SO₃) do forno, ou até por cinzas dos combustíveis, durante a cozedura ou na secagem, quando para esta se aproveitam gases do forno.</p> <p>São, em geral, sulfatos de sódio (Na₂ SO₄), de potássio (K₂ SO₄), de magnésio (Mg SO₄) ou de cálcio (Ca SO₄), estes menos solúveis.</p>
Crateras	Crateras à superfície dos ladrilhos; as crateras apresentam no seu fundo um ponto branco	Expansão (explosiva), por hidratação, de partículas de óxido de cálcio (CaO) quando em contacto com água, nas formas líquida ou de vapor. O óxido de cálcio forma-se durante a cozedura de matérias-primas que contenham grânulos de calcário, em geral de diâmetro > 1 mm.
Fissuração do vidrado	Fissuras, afectando apenas o vidrado, que se entrecruzam em forma de rendilhado	<p>Coeficiente de dilatação térmica do vidrado superior, ou não suficientemente inferior, ao da base cerâmica do ladrilho, que o coloca em tracção, ou insuficientemente comprimido, durante o arrefecimento subsequente à cozedura; se ocorre expansão da base cerâmica aquando do assentamento em obra, a tracção no vidrado que daí resulta pode ser suficiente para o fissurar.</p> <p>Contração dos produtos cimentícios de assentamento dos ladrilhos que, transmitida ao vidrado e adicionada ao estado natural de pré-tensionamento em compressão dos ladrilhos (propositadamente imposto no fabrico), pode conduzir à ultrapassagem da resistência à compressão do vidrado;</p> <p>Choque térmico.</p>

Tipo de anomalia	Sintomas	Causas
Nódoas	Manchas de produtos enodoantes	Textura superficial que favorece a retenção de sujidade. Poros abertos à superfície, que favorecem a retenção de sujidade.

Nos Quadros 3.1 a 3.4, são apresentados os tipos de anomalias que mais correntemente afectam os revestimentos cerâmicos ou os seus constituintes e as respectivas causas mais prováveis. [22]

Das anomalias com origem nos ladrilhos só se consideram as decorrentes da utilização em obra. Algumas resultam de deficiências de concepção ou de execução do revestimento e outras têm origem em defeitos de fabrico, que a utilização força a manifestarem-se. Não são tratadas as anomalias que derivam de defeitos de fabrico e que surgiriam nos ladrilhos mesmo que não viessem a ser utilizados.

Quadro 3.2 – Anomalias dos revestimentos cerâmicos em uso devidas fundamentalmente a deficiências dos produtos de preenchimento das juntas entre ladrilhos [22]

Tipo de anomalia	Sintomas	Causas
Fissuração	Fissuras no seio do produto, afectando toda a profundidade da junta	Retracção de secagem inicial (irreversível) do produto de preenchimento da junta ou contracções - expansões cíclicas devidas a variações termo-higrométricas. Extensões de ruptura, em tracção ou compressão, insuficientes para absorverem os movimentos transmitidos à junta pelo revestimento ou pelo suporte.
Descolamento dos bordos	Abertura duma fissura entre o produto e os bordos do ladrilho	Aderência insuficiente do produto de preenchimento da junta aos bordos dos ladrilhos, particularmente quando estes são pouco porosos ou quando são vidrados e há escorrência do vidrado para os bordos. Inadequação da granulometria ou da consistência do produto à largura ou profundidade da junta. Relação inadequada largura/profundidade da junta.
Desprendimento	Descolamento do produto dos bordos dos ladrilhos e do fundo da junta, soltando-se de seguida	Evolução dos fenómenos que dão origem aos tipos das anomalias precedentemente descritos. Expansão do produto de preenchimento, de base cimentícia, provocada por sulfatos contidos em produtos de limpeza
Enodoamento	Alteração inestética da cor das juntas devida à fixação de sujidade	Absorção e retenção, pelo produto de preenchimento das juntas, de produtos enodoantes, em forma de pó ou veiculados pela água.

Quadro 3.3 – Anomalias mais importantes em ladrilhos cerâmicos quando em uso [22]

Tipo de anomalia	Sintomas	Causas mais prováveis
Descolamento	<p>Perda de aderência, relativamente ao suporte, com ou sem empolamento.</p> <p>Na maior parte dos casos não é possível recolocar os ladrilhos por estes não caberem no espaço que anteriormente ocupavam.</p>	<p>Movimentos diferenciais suporte-revestimento.</p> <p>Aderência insuficiente entre camadas do revestimento.</p> <p>Falta de juntas elásticas no contorno do revestimento.</p> <p>Deficiências do suporte (deficiências de limpeza, planeza, porosidade).</p>
Fissuração	Fissuras que atravessam toda a espessura dos ladrilhos	<p>Fendilhação do suporte, ou movimentos diferenciais suporte-revestimento que provocam tracção nos ladrilhos.</p> <p>Contração ou expansão do produto de assentamento dos ladrilhos.</p> <p>Choque violento ou choque em ladrilhos mal assentes.</p> <p>Ruptura por flexão em ladrilhos mal assentes.</p>
Alteração de cor	Alteração localizada da cor inicial dos ladrilhos	<p>Desgaste nas zonas de maior circulação.</p> <p>Ataque químico.</p>
Eflorescências	Manchas esbranquiçadas na face útil dos ladrilhos	Cristalização à superfície dos ladrilhos de sais (provenientes dos próprios ladrilhos, dos produtos de assentamento ou do suporte) até aí transportados pela água.

Quadro 3.4 – Outras anomalias em ladrilhos cerâmicos quando em uso [22]

Tipo de anomalia	Sintomas	Causas mais prováveis
Esmagamento ou lascagem nos bordos dos ladrilhos		Movimentos diferenciais suporte-revestimento, que resultam em compressão nos ladrilhos.
Enodoamento prematuro	Manchas de produtos enodoantes na face útil dos ladrilhos	Seleccção inadequada dos ladrilhos, que não teve em conta a severidade do uso inerente ao espaço revestido; ladrilhos com classificação funcional insuficiente para o espaço revestido.
Riscagem ou desgaste prematuro dos ladrilhos	Zonas evidenciando riscagem ou desgaste profundo ou desaparecimento do vitrado dos ladrilhos	Abertura de poros na superfície dos ladrilhos, em consequência do desgaste, ou de ataque químico, que retêm a sujidade.
Desprendimento do vitrado	Crateras rodeadas por fissuras concêntricas	Seleccção inadequada dos ladrilhos que não teve em conta a severidade das acções de choque ou do gelo que se verificaram em uso.
Deficiências de planeza		Irregularidades de superfície do suporte que o produto de assentamento não pode disfarçar. Não cumprimento das regras de qualidade sobre planeza geral ou localizada da superfície do revestimento. Empeno dos ladrilhos.
Escorregamento dos utentes	Queda ou dificuldade de deslocamento dos utentes por falta de atrito	Humedecimento inusitado dos ladrilhos. Eliminação, em consequência do desgaste, da rugosidade superficial que garantia a resistência ao escorregamento.

Para facilitar a percepção do tipo de anomalias mais frequentes apresentam-se no Capítulo 3.4 exemplos fotográficos com a respectiva identificação do tipo de anomalias.

3.3. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS ANOMALIAS DE REVESTIMENTOS DE PAREDES

3.3.1. DESCOLAMENTO E EMPOLAMENTO

No descolamento de revestimentos de paredes, é importante distinguir entre dois tipos de situações:

- Descolamentos localizados (pontuais) - em geral, associados a deficiências locais de aplicação ou do suporte;
- Descolamentos generalizados, com ou sem empolamento prévio do revestimento - frequentemente associados à elevada expansão dos ladrilhos, à falta de qualidade do material de colagem, a erros sistemáticos de aplicação ou à incompatibilidade entre as várias camadas do sistema.

O descolamento localizado pode ter origem em:

- Pequena fissura local (frequente nos cantos dos vãos);
- Zona de concentração de tensões na parede (mudança de secção ou carga concentrada). Se a resistência da ligação não for muito elevada e a resistência mecânica dos ladrilhos for média/alta, estes não descolam mas fissuram (ver Capítulo 3.3.2);
- Entradas pontuais de água para o suporte ou zonas de remate de trabalho, com argamassas / cimentos-cola no limite do seu tempo de abertura, isto é, da sua capacidade para garantir a colagem.

Ocorrem, ainda, descolamentos localizados, com padrão repetitivo, associados ao uso de argamassas / cimentos-cola para além do seu tempo de abertura, resultantes de amassaduras não compatíveis com o ritmo de aplicação e, noutros casos, associados à geometria da parede e da zona de aplicação em relação ao nível do andaime, que podem influenciar, não só o ritmo, mas também a facilidade de execução.

O descolamento generalizado com empolamento está geralmente associado a material cerâmico de revestimento com franca expansão irreversível, não compensada por juntas de estruturais e juntas de assentamento com largura e espaçamento compatíveis.

Se pensarmos numa parede de fachada e nas várias camadas que a constituem, compostas por diferentes materiais, com coeficientes de expansão-contracção distintos e sujeitos a diferentes solicitações (nomeadamente de carácter higrotérmico), verificamos que existem acentuados movimentos diferenciais restringidos pelo funcionamento conjunto das várias camadas. Estes movimentos vão criar tensões de corte elevadas nas interfaces que só poderão ser absorvidas com ligações de elevada resistência, razoável elasticidade e juntas capazes de acomodar esses movimentos (ver Capítulo 2.3.2). O fenómeno é sobejamente conhecido, podendo mesmo calcular-se os espaçamentos e largura de juntas adequadas a cada caso. Aconselha-se, em geral, que as juntas de esquartelamento não fiquem sujeitas a movimentos superiores a 20% da sua largura.

Os movimentos diferenciais devidos à acção da humidade (reversíveis ou irreversíveis) podem ser agravados por eventual falta de estanquidade progressiva do paramento exterior, contribuindo para a molhagem do suporte.

Embora menos vulgar, uma deformação uniforme acentuada da estrutura ou da parede de suporte pode conduzir a empolamento e descolamento sem fissuração prévia, como acontece, por exemplo, quando o assentamento é feito sobre reboco armado ou a ligação entre ladrilhos é muito resistente.

Apesar de geralmente estar identificada a causa principal do descolamento com empolamento, não deve ignorar-se que os defeitos relativos à falta de resistência do produto de assentamento ou da sua aderência ao suporte ou aos ladrilhos, constituem sempre um factor de agravamento.

Sem empolamento, os descolamentos generalizados dar-se-ão, geralmente, por deficiência da camada adesiva, resultante da falta de qualidade do produto, da sua inadequação à função ou da sua má aplicação. A entrada de água para o tardo dos revestimentos (através de fissuras, peitoris, platibandas, etc.), constitui sempre um factor de agravamento. [7]

É oportuno dizer-se que o descolamento pode resultar de ruptura adesiva da interface ladrilho-cola, de ruptura coesiva no seio da cola, de ruptura adesiva da interface cola-suporte, ou até de ruptura coesiva do próprio suporte. As causas mais prováveis de cada uma dessas tipologias de ruptura são basicamente as apresentadas no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Tipos de ruptura das ligações ladrilho-cola-suporte e suas causas [7]

Tipo de ruptura	Origem dos fenómenos
Ruptura adesiva ladrilho-cola	Aplicação de cola que já tinha ultrapassado o seu tempo de abertura real, ou de cola que não é adequada para o grau de porosidade dos ladrilhos.
Ruptura coesiva da cola	Utilização prematura do revestimento, antes da cola ter adquirido o necessário desempenho.
Ruptura adesiva da cola-suporte	Contágios do suporte por produtos cobertos de pó, ou suporte demasiado quente ou seco no momento da aplicação da cola, ou cola inadequada para o grau de absorção de água do suporte.
Ruptura coesiva do suporte	Suporte que não apresenta a devida coesão, sem condições para receber um revestimento.

Contudo a tipologia de ruptura predominante em casos de descolamento é a ruptura adesiva na interface ladrilho-cola.

Do conteúdo dos Quadros 3.3 e 3.4 decorre ainda que as anomalias que mais correntemente afectam os revestimentos cerâmicos se ficam, fundamentalmente, a dever a deficiências de concepção ou de execução em obra.

Nos ladrilhos pouco porosos a aderência vem dificultada, pelo que deve haver um maior cuidado com o tempo de abertura do material de colagem. Aliás, recomenda-se que, no exterior, se utilizem argamassas / cimentos-cola com maior tempo de abertura e, mesmo aqui, se devem distinguir os tempos de abertura dos produtos de colagem a utilizar em fachadas em zona de sombra ou fachadas sujeitas à acção intensa do Sol.

Os revestimentos cerâmicos das fachadas orientadas a Sul, em geral mais sujeitos a variações climáticas, apresentam em alguns casos, um agravamento das anomalias que, eventualmente, se verifiquem nas restantes fachadas.

Para além dos já referidos, são diversos os factores que, por si só, ou de forma conjugada, podem contribuir para o descolamento dos revestimentos cerâmicos de parede: [7]

- Reduzida elasticidade do produto de colagem;
- Suportes muito jovens;
- Áreas de trabalho demasiado extensas;
- Contacto incompleto dos ladrilhos com a cola, em particular nos limites periféricos das zonas de trabalho;
- Transição entre suportes distintos;
- Suportes irregulares, pouco limpos, pulverulentos ou com porosidade não recomendável;
- Falta de pressão adequada dos ladrilhos no acto de assentamento;
- Falta de planeamento do trabalho e deficiente qualificação da mão-de-obra.

As principais consequências do descolamento dos revestimentos cerâmicos de paredes são as seguintes:

- Queda, com elevado perigo de danos humanos e materiais, substancialmente agravado em edifícios com mais de dois pisos;
- Criação de condições para a entrada de grandes quantidades de água para o suporte e para a interface de colagem, com risco de infiltração para o interior e descolagem progressiva e acelerada do revestimento;
- Degradação do aspecto visual e criação da sensação de insegurança para os utentes.

3.3.2. FISSURAÇÃO

A fissuração dos revestimentos cerâmicos de paredes está associada, em geral, a movimentos do suporte - acompanhados ou não da fissuração do próprio suporte - incompatíveis com a elasticidade do produto de colagem, com a resistência à tracção dos ladrilhos e com a dimensão das juntas e sua colmatação.

Em teoria, dir-se-ia que, se cada ladrilho funcionasse como um elemento autónomo, desligado dos restantes por juntas e fosse aplicado com um produto de colagem com capacidade de deformação transversal ao longo da sua espessura não haveria lugar a fissuração, salvo para grandes movimentos ou ladrilhos de muito baixa resistência. Tal situação não se verifica, na esmagadora maioria dos casos.

O factor decisivo que determina, na maior parte dos casos, se o revestimento fissa ou descola perante um movimento acentuado do suporte, é a resistência ao corte do sistema de colagem. Se a aderência é baixa, há descolamento, se a aderência é elevada, há fissuração.

Há, no entanto, factores complementares que podem influenciar o processo e que são dificilmente quantificáveis, entre os quais se incluem o estado de tensão inicial do revestimento, a largura das juntas e a direcção do deslocamento do suporte.

Parece ser comum, embora não confirmado por via estatística, que a fissuração do suporte, por flexão no plano transversal à parede ou por cisalhamento no seu próprio plano, com afastamento relativo dos bordos da fissura, conduz a concentrações de tensões elevadas que fazem fissurar, por tracção, o revestimento sem empolamento ou descolamento significativo. Esta situação é comum nos casos de paredes esbeltas ou mal apoiadas, de assentamentos diferenciais de fundações, de expansão de coberturas e de deslocamentos diferenciais em cunhais; por vezes é contrariada em alguns casos de

corde em paredes suportadas por consolas. Movimentos de compressão do suporte, sem fenómenos de cisalhamento, conduzem, em geral, a empolamento e descolamentos prévios.

Noutros tempos, em que o assentamento de revestimentos de paredes se fazia com argamassas tradicionais, existia o perigo de fissuração por retração da camada de assentamento, o que deixou de ter relevo, nos dias de hoje.

Cumprе sublinhar que a fissuração do revestimento cerâmico devido aos movimentos do suporte não permite afirmar que o suporte tem movimentos excessivos, ou que o revestimento é demasiado frágil ou está mal executado. Pode sim afirmar-se que os dois sistemas têm deformações e capacidade de deformação incompatíveis, pelo que, em geral, se pode considerar que a causa resulta de um erro de concepção ou, mais frequentemente, de uma omissão de concepção.

A fissuração dos revestimentos de parede tem como consequências a sua progressiva deterioração e a uma maior probabilidade de posterior descolamento. Pode, também, ser significativa a entrada de água através das fissuras, com as consequências já descritas. Em revestimentos de cores claras, a fissuração, mesmo de largura reduzida, tende a acumular sujidades que degradam o aspecto de forma acentuada. [7]

3.4. EXEMPLOS DE ANOMALIAS

Seguem-se exemplos fotográficos das anomalias mais comuns:



Figura 3.1 – Descolamentos pontuais mas extensos, sem empolamento aparente, recomendando inspeção geral das condições de aderência [7]



Figura 3.2 – Empolamento acentuado em revestimentos interiores [7]



Figura 3.3 – Descolamento, empolamento e queda por acção da água infiltrada para o tardo [7]



Figura 3.4 – Fissura trespassante sem descolamento do azulejo, evidenciando a qualidade da colagem e a sua baixa resistência [7]



Figura 3.5 – Junta de dilatação estrutural com funcionamento não eficaz para o revestimento [7]



Figura 3.6 – Fissuração e empolamento em panos de grande dimensão sem juntas de esquadramento [7]



Figura 3.7 – Aplicação deficiente e irregular, com desnivelamento acentuado no topo da laje [7]

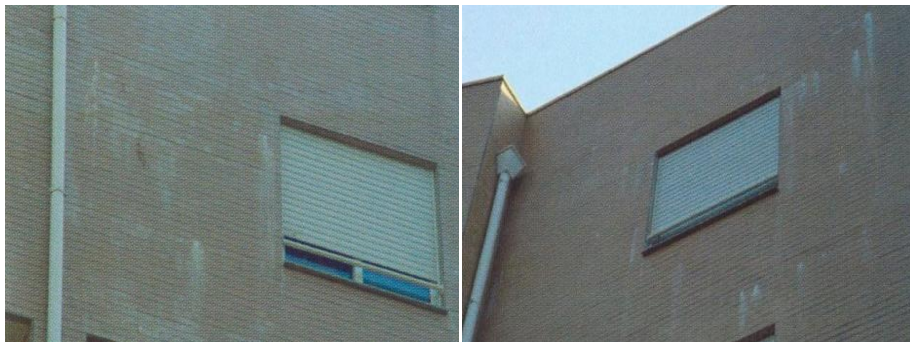


Figura 3.8 – Variação de cor e escorrências devidas à entrada e posterior saída de água [7]

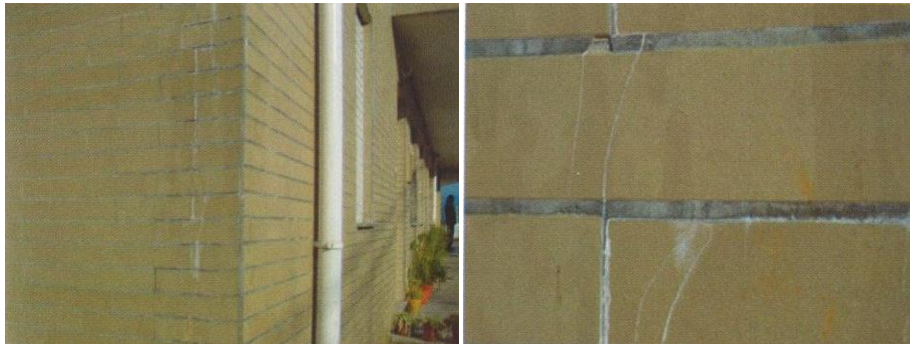


Figura 3.9 – Enodoamento, micro-fissuração e degradação das juntas de assentamento [7]

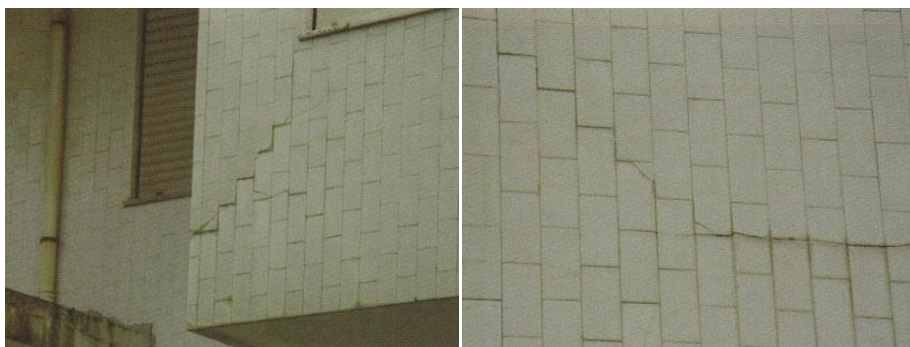


Figura 3.10 – Fissuração sobre parede deformada devido aos movimentos da estrutura, acentuada pela sujeira [7]

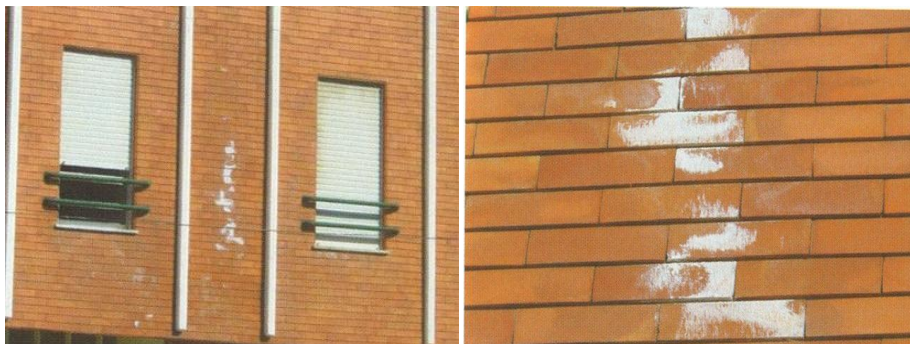


Figura 3.11 – Eflorescência grave em zona localizada, que constitui caminho de escorrência privilegiado da água da chuva [7]



Figura 3.12 – Refluxo de sais pelas juntas de azulejo em edifício antigo, devido a humidades ascensionais do terreno [7]

3.5. CONCLUSÃO

José Dinis Silvestre [25], no seu estudo, apresenta um sistema classificativo das causas de ocorrência das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes em grupos, referindo que estas estão sempre dependentes das características dos revestimentos cerâmicos, da edificação onde estão aplicados, do uso a que foram sujeitos e do seu comportamento em serviço. No Quadro 3.6 apresentam-se as principais causas das patologias em revestimentos cerâmicos aderentes de fachada, organizadas em grupos de erros.

Quadro 3.6 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes [25]

Grupos	Causas
Erros de projecto	Escolha de materiais incompatível, omissa, ou não adequada à utilização
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Prescrição de colagem simples em vez de dupla
	Dimensionamento incorrecto das juntas do revestimento cerâmico
	Inexistência de juntas periféricas, de esquadramento ou construtivas
	Existência de zonas do revestimento cerâmico inacessíveis para limpeza
	Deficiente cuidado na pormenorização das zonas singulares do revestimento cerâmico
	Inexistência ou anomalia dos elementos periféricos do revestimento cerâmico

Grupos	Causas
Erros de projecto	Deformações excessivas do suporte
	Humidade ascensional do terreno
Erros de execução	Utilização de materiais não prescritos e/ou incompatíveis entre si
	Aplicação em condições ambientais extremas
	Desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução
	Aplicação em suportes sujos, pulverulentos ou não regulares
	Desrespeito pelo tempo aberto do adesivo
	Espessura inadequada do material de assentamento
	Contacto incompleto do ladrilho - material de assentamento
	Assentamento de ladrilhos nas juntas de dilatação do suporte
	Colagem simples em vez de dupla
	Utilização de material de assentamento ou de preenchimento de juntas de retracção elevada
	Preenchimento de juntas sujas
	Execução de juntas com largura ou profundidade inadequada/não execução
	Preenchimento incompleto das juntas de assentamento
	Desrespeito pela estereotomia do revestimento cerâmico
	Inexistência ou insuficiência de penderes em pavimentos exteriores
Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas	
Acções de origem mecânica exterior do revestimento cerâmico	Choques contra o revestimento cerâmico
	Vandalismo/graffiti
	Concentração de tensões no suporte
	Deformação do suporte

Grupos	Causas
Acções ambientais	Vento
	Radiação solar
	Exposição solar reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do revestimento que contêm cimento
	Humidificação do revestimento
	Acção biológica
	Poluição atmosférica
	Criptoflorescências
	Envelhecimento natural
Falhas de manutenção	Falta de limpeza do revestimento cerâmico ou de zonas adjacentes
	Limpeza incorrecta do revestimento cerâmico
Alteração das condições inicialmente previstas	Aplicação de cargas verticais excessivas em revestimentos de paredes

No seu estudo, José Dinis Silvestre [25], inspeccionou e analisou 64 casos de patologias em revestimentos cerâmicos aderentes em paredes exteriores e chegou aos seguintes valores que se apresentam na Figura 3.13.

Percentagem de ocorrência dos grupos de causas de anomalias em fachadas

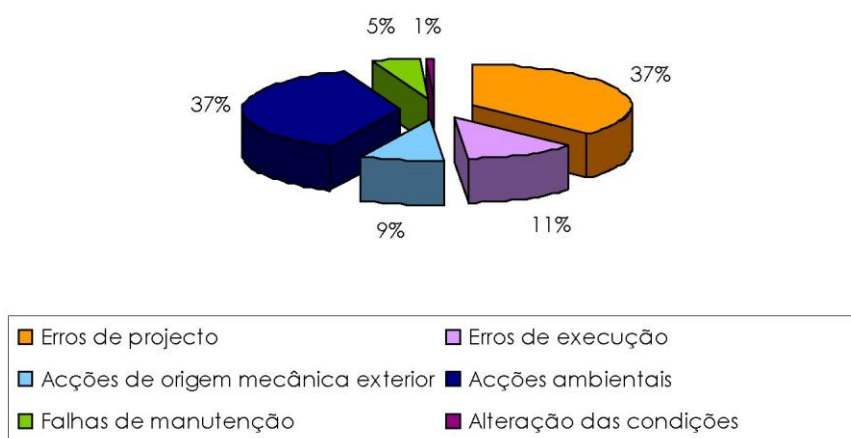


Figura 3.13 – Percentagem de ocorrência dos grupos de causas de anomalias em fachadas. [25]

Tendo em conta que esse estudo teve como foco as fachadas, depreende-se que para revestimentos em paredes interiores as acções ambientais não serão causas tão significativas para a ocorrência de anomalias. Pode assumir-se então que as principais causas de anomalias em revestimentos cerâmicos colados em paredes interiores são os erros de projecto e os erros de execução (embora as condições de trabalho no interior sejam mais favoráveis).





Outro aspecto importante é a falta de manutenção, problema grave que é quase sempre desvalorizado, embora por vezes tenha uma importância relativamente reduzida (situação, por exemplo, aplicável a revestimentos cerâmicos colados em fachadas, peso relativo de apenas 5% - ver Figura 3.13). Com um sistema de manutenção e um plano de inspecções adequado é possível limitar a ocorrência destas anomalias.

A complexidade crescente das construções, a falta de sistematização do conhecimento, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitectónicas, a aplicação de novos materiais, a inexistência na equipa de projecto de especialistas em física e tecnologia das construções e a falta de mão-de-obra especializada são causas fundamentais da não qualidade dos edifícios.

Um contributo para a sistematização da informação será a elaboração de um Catálogo de Patologias, que o Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB está a desenvolver. Auxiliando na identificação do tipo de patologia, nas possíveis causas da sua ocorrência e descrevendo possíveis soluções de reparação.

Segue-se, a modo exemplificativo, o Quadro 3.7 com a ficha PATORREB 071 (Empolamento e destacamento de revestimento cerâmico interior) [26]:

Quadro 3.7 – Ficha PATORREB 071 (Empolamento e destacamento de revestimento cerâmico interior) [26]

  	
Parede Interior - Contração do Suporte EMPOLAMENTO E DESTACAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO INTERIOR	
DESCRIÇÃO DA PATOLOGIA	SONDAGENS E MEDIDAS
Verificou-se o empolamento e destacamento parcial "explosivo" de duas fiadas de ladrilhos de um revestimento cerâmico de parede interior com uma área total de 14 m ²	O revestimento cerâmico tinha sido aplicado havia menos de um ano na instalação sanitária em causa, sendo constituído por azulejos de (15 x 15) cm assentes com juntas de 2 mm de largura. O suporte do revestimento era constituído por uma parede resistente de alvenaria de tijolo cerâmico com 250 anos de idade. A patologia ocorreu de forma repentina no início do Inverno (mês de Dezembro).
	
CAUSAS DA PATOLOGIA	SOLUÇÕES POSSÍVEIS DE REPARAÇÃO
A elevada inércia térmica do suporte e a reduzida largura das juntas do revestimento conjugaram-se de modo a provocarem a patologia descrita. Verificou-se assim que, no período do ano, em que a parede se contraiu de forma brusca, o início da estação do Inverno, o material de assentamento dos ladrilhos não degradou as tensões daí resultantes, transmitindo-as aos ladrilhos.	A reparação desta anomalia passa pela remoção de todos os ladrilhos empolados e pela picagem da camada de assentamento que tiver ficado aderente ao tardo destes. Em seguida, devem ser removidos os ladrilhos pertencentes a todas as fiadas entre a zona da patologia e o pavimento da instalação sanitária, através de corte por rebarbadora (dois cortes diagonais) e o auxílio de martelo e escopro. O reassentamento dos ladrilhos sobre o material de assentamento existente implica a ligação entre camadas através da execução de uma ponte de aderência com calda de cimento misturada com uma solução de água e resina, na proporção de 1:6, aplicada com rolo, 1 hora após mistura. Em seguida, são repostos a camada de assentamento e os ladrilhos, com a introdução de juntas de assentamento entre ladrilhos de 6 mm.
	
PALAVRAS-CHAVE Parede Interior, Ladrilhos Cerâmicos, Empolamento, Destacamento, Contração do Suporte	
AUTORES Eng ^o José Dinis Silvestre / Prof. Jorge de Brito REVISOR Prof. Fernando Henriques	

4

ESTUDO DE CASO – ANOMALIAS EM ESTAÇÕES DO METRO DO PORTO

4.1. INTRODUÇÃO

Na sequência do aparecimento da patologia - descolamento de azulejos cerâmicos no revestimento de paredes de algumas estações do Metro do Porto, a Empresa Construtora solicitou a realização de ensaios "in situ" nessas mesmas estações de forma a avaliar o estado da "aderência" dos referidos azulejos ao suporte, para sustentação dos trabalhos de reparação a efectuar e respectiva extensão. Pretende-se, assim, neste Capítulo estudar a avaliação feita neste relatório [27].

Nos itens seguintes serão apresentadas a metodologia do trabalho, resultados dos trabalhos desenvolvidos e eventuais causas para a patologia ocorrida.

4.2. CARACTERIZAÇÃO

As estações do Metro do Porto consideradas para este estudo foram:

- Estação de Salgueiros;
- Estação dos Combatentes;
- Estação do Marquês;
- Estação da Trindade;
- Estação do Estádio do Dragão.

Na Figura 4.1 podem visualizar-se, de forma esquemática, a solução construtiva adoptada no revestimento de paredes das estações do Metro do Porto. Os materiais utilizados foram os seguintes:

- Suporte: alvenaria de blocos de betão ou betão armado;
- Argamassa de assentamento;
- Argamassa de juntas;
- Revestimento cerâmico.

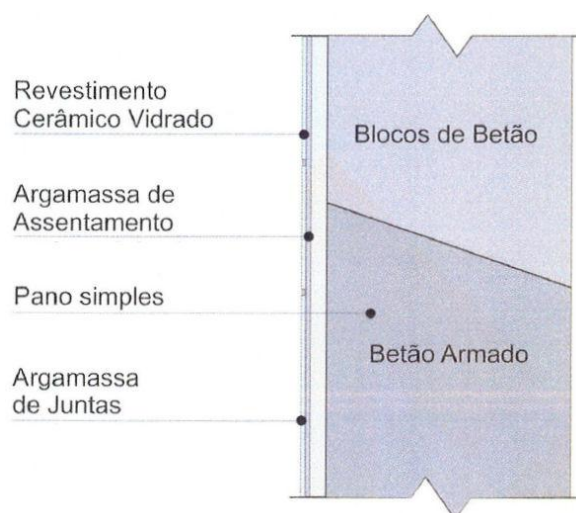


Figura 4.1 – Esquema da solução construtiva adoptada

Especificações dos diversos componentes:

a) Argamassa de assentamento

- Utilizações:
 - Cimento-cola para colagem de peças cerâmicas de média-alta absorção de água em paredes e pavimentos interiores;
 - Suportes de base cimentícia;
 - Suportes à base de argamassa de cal ou cimento e cal.
- Composição: Cimento branco ou cinza, areias siliciosas, aditivos orgânicos e inorgânicos.
- Características de utilização:
 - Densidade aparente da massa: 1,40-1,60;
 - Tempo de repouso após amassado: 2 minutos;
 - Tempo de vida do amassado: 2 horas;
 - Tempo de ajustabilidade: aproximadamente 20 minutos;
 - Espessura de aplicação: 6mm;
 - Deslizamento: $\leq 0,5\text{mm}$;
 - Temperatura de aplicação: $+5^{\circ}\text{C}$ a $+30^{\circ}\text{C}$;
 - Tempo de espera para rejuntar: mínimo 24 horas.
- Prestações:
 - Reacção ao fogo: classe A1;
 - Aderência inicial: $\geq 0,8\text{ N/mm}^2$ (0,8 MPa);
 - Aderência após imersão em água: $\geq 0,5\text{ N/mm}^2$ (0,5 MPa);
 - Tempo aberto prolongado (30 minutos): $\geq 1,2\text{ N/mm}^2$ (1,2 MPa);
 - Classificação segundo a norma EN 12004:2008 [24] C1TE.

b) Argamassa de juntas

- Utilizações: Argamassa para juntas de 2 a 10 mm, para pavimentos e revestimentos interiores.
- Composição: Cimento branco, resinas sintéticas, aditivos orgânicos e inorgânicos e pigmentos minerais.

- Características de utilização:
 - Tempo de repouso depois do amassado: 2 minutos;
 - Vida do amassado: 1 hora;
 - Tempo máximo para a limpeza: 45 a 60 minutos;
 - Tempo secagem: 2 a 3 horas;
 - Tempo de espera para utilização: 3 dias.
- Prestações:
 - Densidade aparente da massa: 1,7;
 - Resistência à compressão: 120 Kg/ cm² (12 MPa);
 - Resistência à flexão: 50 Kg/ cm² (5 MPa);
 - Módulo de elasticidade: 9700 MPa;
 - Capilaridade: 0,7g/ dm² min ¹/₂;
 - Retracção: 2,5 mm/m.

c) Revestimento cerâmico

- Azulejos cerâmicos vidrados de dimensões de cerca de 15x15 cm;
- Grupo BIII – absorção de água > 10 %;
- Com produção semi-industrial (sem marcação CE)

4.3. OBSERVAÇÃO DIRECTA

No local foram observados os seguintes aspectos relevantes:

- Ausência de juntas intermédias (esquartejamento) no revestimento de paredes na totalidade dos casos observados;
- Na maioria dos casos observados, os azulejos cerâmicos descolados, apresentavam o tardo "limpo", isto é, não apresentavam resíduos de argamassa de assentamento, o que indicia uma fraca ligação entre o material cerâmico e a argamassa de assentamento (ver Figura. 4.2)

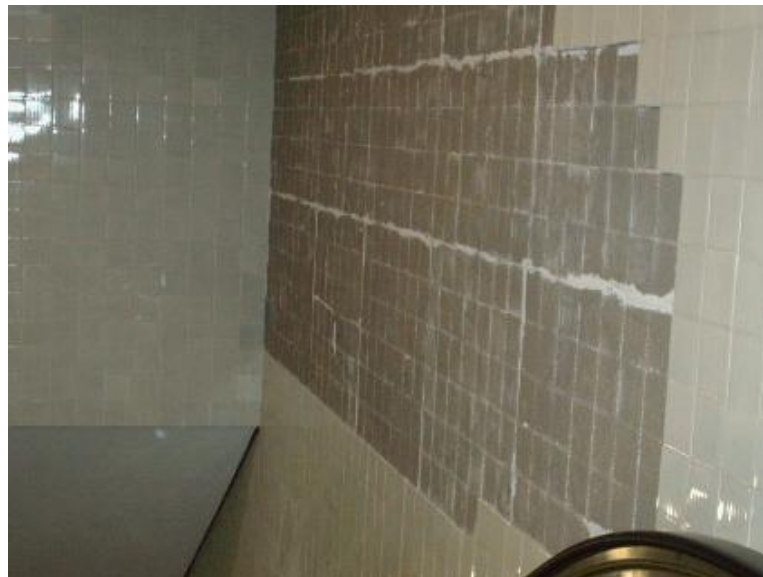


Figura 4.2 – Aspecto geral da fachada (Estação Salgueiros)

- Nalguns casos o "penteado" da argamassa de assentamento apresenta-se muito bem definido

- o que indicia que não houve um suficiente "aperto" da peça cerâmica contra a argamassa;
- Em algumas zonas dos locais observados verifica-se igualmente a existência de fissuração do suporte indiciando a existência de "movimentos" na própria estrutura de suporte do revestimento;
 - De uma forma geral a argamassa de assentamento apresenta uma distribuição uniforme e homogénea, ou seja, a "forma" do "penteado" indicia uma boa aplicação no que diz respeito a colocação da argamassa de assentamento;
 - Foi igualmente observado nalgumas estações a presença de humidade em quantidades apreciáveis.

Nas Figuras seguintes pode observar-se a patologia do revestimento de paredes de algumas estações:



Figura 4.3 – Descolamento pontual (extenso)



Figura 4.4 – Queda generalizada de azulejos



Figura 4.5 – Azulejos descolados e em risco de queda

Foram recolhidas amostras de azulejos aplicados (descolados) para ensaios laboratoriais. A Empresa Construtora forneceu igualmente azulejos por aplicar bem como amostras de argamassa de assentamento (a que está aplicada e a que irá ser aplicada nas obras de reparação).

4.4. ENSAIOS

4.4.1. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios “in situ” decorreram, segunda a Norma EN 1542 [28], conforme as seguintes etapas:

- Procedeu-se ao corte quadricular (50x50mm) com a ajuda de uma rebarbadora; a profundidade destes cortes corresponde à espessura da peça cerâmica, argamassa de assentamento e um pouco da camada de reboco (cerca de ± 3 mm);
- Colagem de peças metálicas nas zonas de carotes e cortes, com a ajuda de cola "Araldite".
- Arrancamento com a ajuda do equipamento de "pull-off" (devidamente calibrado e verificado), com capacidade de 5 KN (divisões de 0,1 KN). (Figura 4.6);
- Registo dos valores obtidos e respectivo modo de fractura.

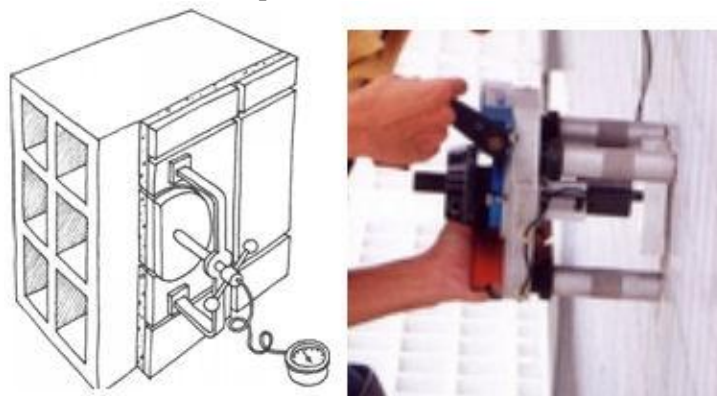


Figura 4.6 – Método de ensaio de arrancamento "in situ"

Paralelamente foram efectuados ensaios aos materiais recolhidos em obra e aos fornecidos pela Empresa Construtora. Esses ensaios foram:

- Argamassa de assentamento:
 - Aderência inicial, segundo EN 1348 [29];
 - Aderência após imersão em água, segundo EN 1348 [29];
- Azulejos cerâmicos:
 - Absorção de água, segundo NP EN ISO 10545-3 [5];
 - Dilatação convencional com a humidade, segundo NP EN ISO 10545-10 [16].

4.4.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS “IN SITU”

Os resultados dos ensaios [27] apresentam-se nos Quadros I.1 a I.5, incluídos no Anexo I em conjunto com plantas de arquitectura referenciando a localização dos pontos ensaiados.

4.4.3. RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Os resultados dos ensaios laboratoriais são apresentados nos Quadros 4.1 e 4.2.

Quadro 4.1 – Resultados dos ensaios à argamassa de assentamento [27]

	EN 1348 [29]
Aderência inicial (N/mm ²)	1,1
Aderência após imersão em água (N/mm ²)	0,7

Quadro 4.2 – Resultados dos ensaios a azulejos [27]

	Aplicados	Por aplicar
Absorção de água (%)	12,9	14,8
Dilatação convencional com humidade (mm/m)	0,2	0,1

4.5. CONSIDERAÇÕES FACE AOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

Face aos resultados dos ensaios apresentados no Anexo I pode verificar-se que o revestimento das paredes das estações do Metro do Porto objecto deste estudo apresentam um estado deficiente de aderência ao suporte - no Quadro seguinte é apresentada de forma resumida o ponto de situação relativa a cada estação. De referir que se considerou como mínimo aceitável (para considerar valor conforme) valores acima de 0,5 N/mm² (5 Kgf/cm²).

Quadro 4.3 – Resumo do ponto de situação relativa a cada estação

Estações	Resultados dos ensaios						
	Valor [N/mm ²]			Nº total de ensaios efectuados	Nº de ensaios conformes	Nº de ensaios não conformes	Percentagem de ensaios não conformes
	Mínimo	Máximo	Médio				
Salgueiros	0,00	2,55	0,59	14	4	10	71,4%
Combatentes	0,00	0,76	0,35	7	2	5	71,4%
Marques	0,00	0,93	0,32	14	3	11	78,6%
Trindade	0,00	1,57	0,54	12	6	6	50,0%
Estádio do Dragão	0,00	1,09	0,45	8	2	6	75,0%

Da leitura do Quadro 4.3, atrás apresentado, verifica-se que se está perante uma situação em que a aderência do revestimento cerâmico ao suporte revela um comportamento deficitário.

Este comportamento não parece de forma alguma relacionada com a argamassa de assentamento utilizada na obra ser adequada ao uso em questão (paredes interiores) e apresenta resultados de ensaios laboratoriais conformes, apresentados em 4.1.

Relativamente à argamassa de juntas utilizada, esta é adequada à obra em questão - paredes interiores e juntas com espessuras de cerca de 3-4 mm.

É também de notar que a maioria dos ensaios de arrancamento teve o tipo de ruptura adesiva ladrilho-cola, o que indica uma aplicação da cola que já tinha ultrapassado o seu tempo de abertura real (ver Quadro 3.5).

Relativamente aos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais aos materiais ensaiados pode concluir-se que:

- Os azulejos apresentam valores normais para este tipo de materiais (grupo BIII – absorção de água > 10 %) (ver Capítulo 2.3.1) e valores aceitáveis de dilatação convencional com a humidade (valores considerados aceitáveis - $\leq 0,6$ mm/m);
- As argamassas de assentamento apresentam valores igualmente aceitáveis para este tipo de produtos (geralmente $\geq 0,5$ N/mm²) - ambas as situações de ensaio.

Face ao atrás exposto e ao descrito no Capítulo 4.2, o observado indicia que a patologia ocorreu devido a conjugação de diversos factores:

- Ausência de juntas intermédias (esquartejamento):
 - É recomendável que em revestimento de paredes com extensão apreciável sejam previstas juntas de esquartejamento não distanciadas entre si mais do que 8 m, sendo estas preenchidas com material adequado com elasticidade suficiente para absorver eventuais movimentos do revestimento; (ver Quadro 2.11)

- Dilatação com a humidade:
 - Paralelamente com a anterior, e não estando em causa os azulejos cerâmicos (que cumprem o exigido pela normalização), o movimento de expansão dos azulejos cerâmicos devido à humidade, que as juntas de assentamento não foram "capazes" de absorver e portanto com a fraca aderência do azulejos ao suporte, faz com que estes descolem;
- Aplicação da argamassa de assentamento:
 - Embora a aplicação da argamassa de assentamento revele uma distribuição uniforme e homogénea pode eventualmente ter ocorrido nalgumas zonas do revestimento um tempo excessivo entre a aplicação da argamassa de assentamento no suporte e a posterior aplicação das peças cerâmicas - este tempo excessivo iria provocar uma secagem superficial (formando uma película superficial) da argamassa que aquando da aplicação da peça cerâmica iria ter como consequência a "não" aderência entre as duas partes - tardoz dos azulejos "limpos".

4.6. SOLUÇÕES PARA OS TRABALHOS DE REPARAÇÃO

Face a todas as considerações atrás apresentadas a solução adoptada para os trabalhos de reparação passou por:

- Remoção do revestimento e camada interior nas áreas consideradas não conformes face aos resultados dos ensaios, numa extensão adequada à situação com especial atenção nas paredes onde o perigo de descolamento das peças pudesse causar danos pessoais;
- Substituição da argamassa de assentamento por outra com características superiores à anteriormente utilizada, valores de aderência superiores e maiores tempos de abertura e ajustamento, garantindo uma melhoria na aderência e nas condições de execução dos trabalhos;
- Execução de juntas de esquadramento, não previstas em projecto, de modo a limitar o reaparecimento das anomalias provocadas pela ausências destas;
- Maior cuidado no modo de execução dos trabalhos, aplicando a argamassa de assentamento com uma distribuição uniforme e homogénea no suporte e aplicando-a também no tardoz do ladrilho (pois o seu fabrico é semi-industrial e não apresenta uma geometria totalmente plana, o que diminui a área de contacto quando se executa uma aplicação convencional), respeitando tempos de abertura e garantindo um "aperto" suficiente da peça cerâmica contra a argamassa.

Seguem-se algumas fotografias dos trabalhos de reparação.

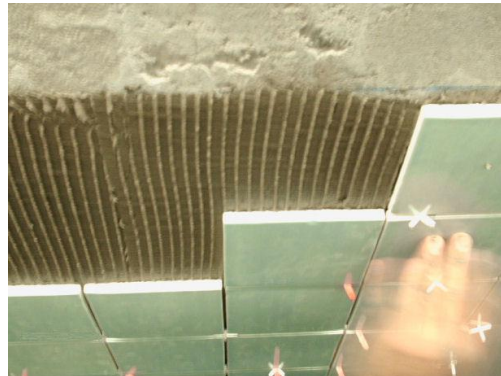


Figura 4.7 – Reaplicação de azulejos



Figura 4.8 – Reaplicação de azulejos

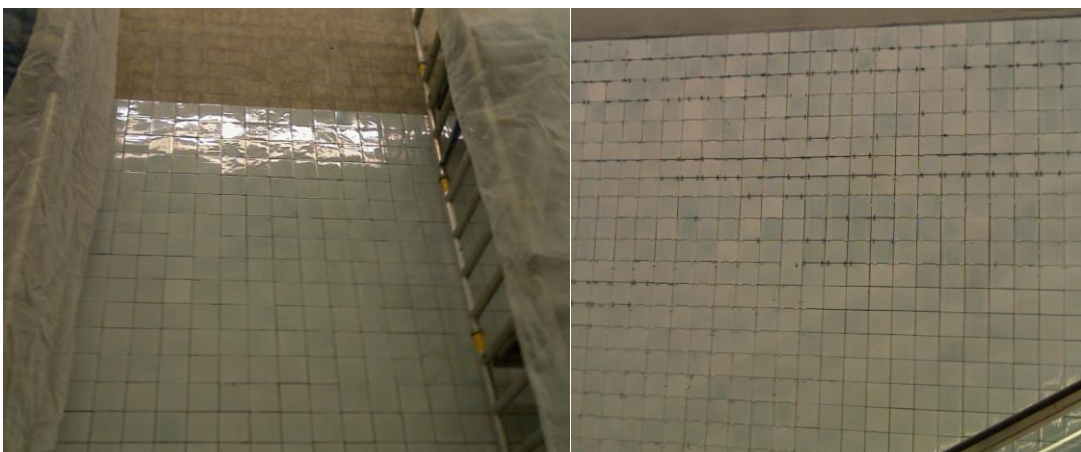


Figura 4.9 – Aspecto após reaplicação de azulejos

Realizaram-se novos ensaios, 30 dias após a conclusão dos trabalhos de reparação, cujos resultados em nada foram semelhantes aos anteriores, como se pode observar no Quadro 4.4.

Com as medidas adoptadas para os trabalhos de recuperação, os resultados dos ensaios de arrancamento obtiveram valores bem acima dos 0,5 N/mm² considerados aceitáveis e não houve nenhum resultado não conforme.

Quadro 4.4 – Resumo dos resultados dos ensaios de arrancamento realizados depois dos trabalhos de reparação

Estações	Resultados dos ensaios		
	Mínimo [N/mm ²]	Máximo [N/mm ²]	Média [N/mm ²]
Salgueiros	1,41	2,40	1,83
Combatentes	1,25	2,40	2,01
Marques	0,60	1,02	0,78
Trindade	1,59	2,40	1,98
Estádio do Dragão	1,20	2,00	1,66

4.7. CONCLUSÃO

Dado que os resultados dos ensaios realizados após os trabalhos de reparação foram conformes, podemos concluir que se as seguintes medidas tivessem sido adoptadas a ocorrência da anomalia, a surgir, teria uma extensão muito menor:

- Execução de juntas intermédias com um espaçamento máximo de 8 metros e uma área entre juntas aproximadamente quadrada com o máximo de 40 m²;
- Execução de dupla colagem, na aplicação dos ladrilhos, para garantir uma área de contacto suficiente, ultrapassando, assim, a falta de planeza dos ladrilhos devido ao seu fabrico semi-industrial;
- Garantir uma aplicação cuidada, respeitando os tempos definidos pelo fabricante da argamassa de assentamento, executando um “aperto” que garanta uma área de contacto máxima, pois em diversas fotografias que constam no relatório de ensaios realizados pode-se observar um penteado da argamassa intacto, que evidencia um “aperto” insuficiente;
- Acautelar que o suporte apresenta as condições ideais de planeza, rugosidade, coesão, absorção de água, limpeza e estabilidade dimensional. Nos suportes à base de cimento, como é o caso, este deve estar completamente seco, o que talvez não se tenha verificado devido à aceleração dos trabalhos, para cumprimento de prazos de execução;
- As vibrações provocadas pela passagem do Metro, não constam deste estudo, mas fica a ideia da sua possível contribuição para o agravamento e propagação da anomalia.

5

REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM PAREDES – BOAS PRÁTICAS CONSTRUTIVAS

5.1. INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, pretende-se expor, de uma forma global, os principais procedimentos e precauções na aplicação de revestimentos cerâmicos colados em paredes, de modo a minimizar o risco de ocorrência de anomalias.

5.2. RECOMENDAÇÕES – CONCEPÇÃO / PROJECTO

O revestimento deve ser concebido de modo a que se adeque ao material constituinte, às deformações previsíveis do suporte e à severidade das diversas acções a que irá estar sujeito em uso. [22]

Assim, é necessário dar atenção aos seguintes aspectos:

- À compatibilidade do suporte e do revestimento do ponto de vista mecânico, químico e físico;
- A cola deve ser compatível com o material constituinte do elemento a revestir, à sua localização (interior ou exterior) e ao nível de exposição a elementos agressivos como água, calor ou gelo;
- O revestimento deve ser dimensionado para resistir sem descolar às tensões induzidas pelos movimentos diferenciais restringidos suporte-revestimento;
- O revestimento deve ser funcionalmente adequado à utilização prevista;
- Devem ser previstas "juntas elásticas" no revestimento, atravessando toda a espessura deste, nos locais onde elas sejam aconselháveis, como por exemplo em correspondência com transições entre materiais de suporte diferentes, no contorno ou na confluência com emergências rígidas, na confinação dos revestimentos de pavimentos com paredes (juntas periféricas), em zonas onde seja muito provável a ocorrência de fissuras no suporte.
- Os revestimentos nunca deverão cobrir as juntas estruturais do suporte (juntas de dilatação);
- Os pontos singulares do revestimento devem ser detalhados, como será o caso das referidas juntas elásticas ou das protecções do revestimento ao nível dos topos superiores de paredes;
- As juntas entre ladrilhos deverão ter a largura correcta para um bom desempenho e ser compatível com o produto de preenchimento a utilizar;
- Deve-se evitar o uso de revestimentos cerâmicos aderentes em suportes susceptíveis à fendilhação, com falta de coesão, com instabilidade dimensional ou com deformabilidade excessiva;

- Em revestimentos de paramentos exteriores, as juntas entre ladrilhos devem ser largas para que o revestimento apresente a necessária permeabilidade ao vapor de água, já que os ladrilhos cerâmicos são muito pouco permeáveis ao vapor.

5.2.1. LADRILHOS CERÂMICOS

Os ladrilhos devem ser funcionalmente adequados à utilização prevista (ver Capítulo 2.3.1).

Para igual geometria, os ladrilhos mais porosos têm um comportamento mais favorável do ponto de vista da resistência ao descolamento.

A maior porosidade favorece a penetração da cola pelo tardo dos ladrilhos, o que pode melhorar a aderência ao suporte. Por outro lado, a menor rigidez dos ladrilhos mais porosos reduz a quantidade de carga proveniente do suporte que os ladrilhos partilharão com este.

Quanto à espessura dos ladrilhos e no que se refere à acção das cargas exteriores (cargas estáticas ou quase estáticas), o seu aumento pode ser algo prejudicial, porquanto permitirá maior partilha de carga com o suporte. Relativamente às acções do tipo deformações impostas (deformações diferenciais restringidas), o aumento da espessura dos ladrilhos, por um lado reduz as tensões nos ladrilhos, mas por outro lado aumenta a sua deformação, o que implicará a utilização de colas e produtos de preenchimento de juntas mais flexíveis.

A redução das dimensões faciais dos ladrilhos parece ser benéfica qualquer que seja a acção considerada, porque um maior número de juntas entre ladrilhos favorece a redução das tensões que neles se tendem a instalar.

O tardo dos ladrilhos, por ser a face que irá contactar com a cola, não deve ser lisa. Deve ser estruturada (ranhurada), para maximizar a área de contacto com a cola e favorecer a fixação de tipo mecânico. As ranhuras do suporte devem ter dimensões adequadas à espessura da cola e ser concebidas de modo a não criarem potenciais zonas de concentração de tensões, ou seja novas zonas preferenciais de início de ruptura. [30]

5.2.2. COLA

A cola deve ser adequada ao tipo (parede ou pavimento) e ao material constituinte do elemento a revestir, à localização (exterior ou interior) e ao tipo de edifício e de espaço a revestir, e ao grau de exposição aos agentes agressivos (ver Capítulo 2.3.3).

Uma cola flexível e do tipo espesso é mais vantajosa no que diz respeito à resistência ao descolamento. Estas características podem tornar os ladrilhos mais independentes do suporte, reduzindo assim a possibilidade de transmissão de cargas do suporte para os ladrilhos e o grau de restrição da maior parte das deformações impostas, ao suporte, ou aos ladrilhos.

A cola terá que ser compatível com os ladrilhos e com o suporte, dos pontos de vista mecânico, físico e químico. [30]

Em seguida na Figura 5.1 é apresentado um fluxograma que auxilia a escolha do cimento-cola / cola.

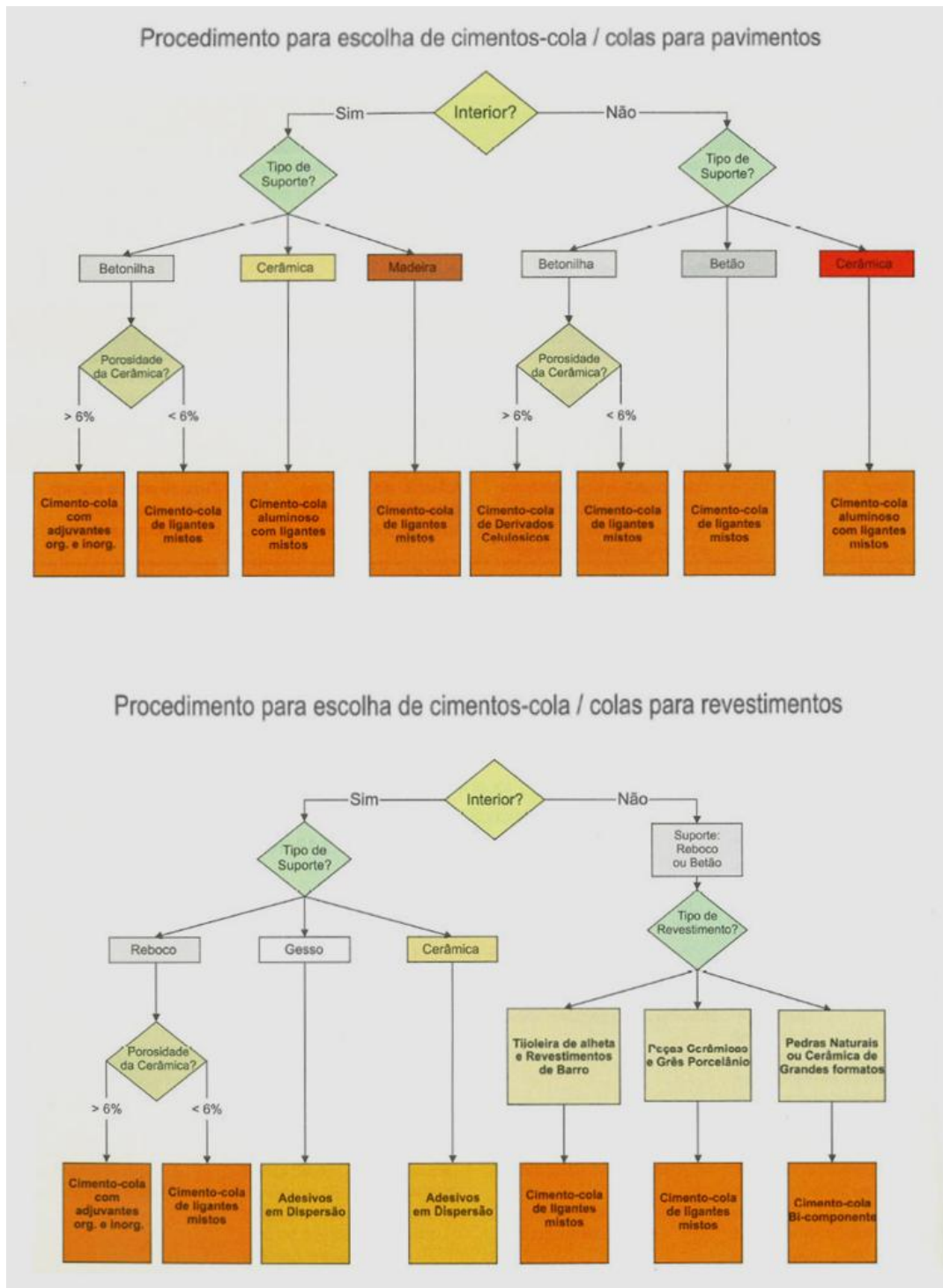


Figura 5.1 – Fluxogramas de apoio à escolha do cimento-cola/cola [7]

5.2.3. JUNTAS ENTRE LADRILHOS E RESPECTIVOS PRODUTOS DE PREENCHIMENTO

A profundidade das juntas tem que ser semelhante à espessura dos ladrilhos, pelo que é um parâmetro que fica definido pelos ladrilhos que tenham sido seleccionados (ver Capítulo 2.3.2).

Quanto à largura das juntas, parece ser conveniente que não seja muito estreita, não só para que fique facilitado o seu integral preenchimento, mas também porque a maior flexibilidade do produto de preenchimento (do que a dos ladrilhos mais comuns) pode contribuir para reduzir as tensões que tendem a instalar-se no revestimento devidas às deformações impostas. No outro extremo, também não é aconselhável que o produto do preenchimento das juntas seja demasiado flexível, ou que estas não sejam preenchidas porque, nesse caso, as tensões no plano do revestimento desceriam até se anularem, mas em contrapartida surgiriam, nessa zona, picos de tensão normal ao revestimento e de tensão de corte. O revestimento deixaria, então, de estar sujeito ao fenómeno do tipo empolamento, mas ficaria facilitado o descolamento iniciado pelo bordo de cada ladrilho.

O não preenchimento das juntas, ou o seu preenchimento incompleto, teria também os inconvenientes de redução drástica da estanquidade à água, da facilitação da penetração de água, da maior exposição dos bordos dos ladrilhos aos choques mecânicos e da penetração da sujidade.

As juntas, em função da sua largura, são classificadas como juntas estreitas (largura entre 1 e 3 mm), juntas largas (largura entre 4 e 10 mm) ou juntas muito largas (largura > 10 mm). Os tradicionais ladrilhos de barro vermelho ou de grés extrudido são assentes, em geral, com juntas de largura entre 6 e 15 mm. Em pavimentos exteriores, a largura das juntas não deve ser inferior a 5 mm.

Para obtenção de largura uniforme das juntas, podem ser interpostas "cruzetas" de plástico entre ladrilhos contíguos (Figura 5.2).

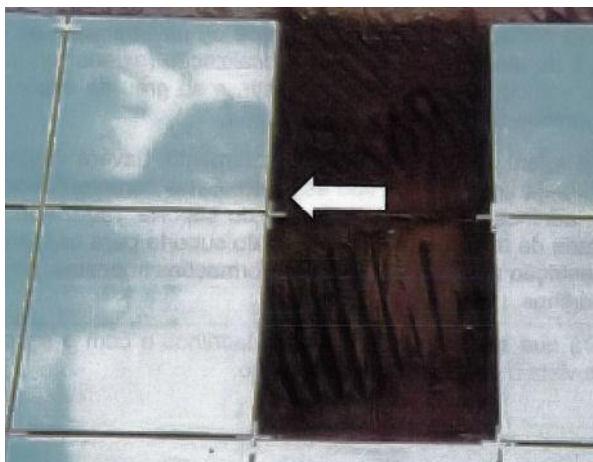


Figura 5.2 – Cruzetas utilizadas na aplicação dos ladrilhos para obtenção de largura uniforme das juntas [30]

No caso dos paramentos exteriores de paredes, que não possuam caixa-de-ar ou em que esta não seja suficientemente ventilada, a saída do vapor de água para o exterior é feita exclusivamente através das juntas entre ladrilhos, visto os ladrilhos serem, em geral, muito impermeáveis ao vapor. Nestes casos, o produto de preenchimento deve ser particularmente permeável ao vapor de água, sem que, contudo, veja reduzida a sua adequada impermeabilidade à água. A norma inglesa BS 5385:Part 2:1978 [31] recomenda, que, para que seja atingido esse propósito, 10% da área revestida numa fachada seja constituída por juntas.

Os produtos de preenchimento das juntas entre ladrilhos devem ser compatíveis com os ladrilhos e com a cola, e serem capazes de garantir uma boa aderência aos bordos dos ladrilhos. A obtenção dessa boa aderência obriga a uma limpeza eficaz das juntas e eventualmente à aplicação dum primário.

Uma boa aderência entre o produto de preenchimento e os bordos dos ladrilhos pode garantir que, mesmo perante a ocorrência de descolamento, o sistema de revestimento não se desprenda de imediato do suporte. [30]

5.2.4. LOCALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS JUNTAS DE MOVIMENTO

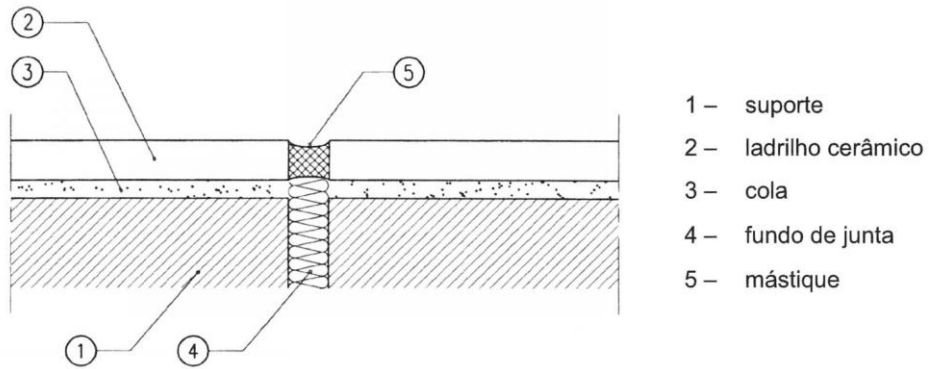
O projecto de revestimento deve definir, detalhadamente, a localização e as características das juntas de movimento do sistema de revestimento.

Como regra geral, essas juntas devem localizar-se em todas as zonas onde seja previsível a concentração de movimentos no revestimento e ter características que permitam absorver a amplitude desses movimentos sem ruptura do revestimento.

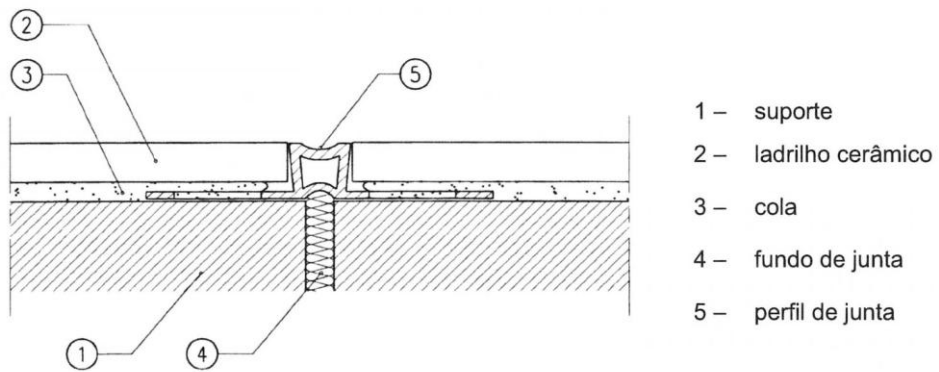
É indispensável que a localização das juntas de movimento seja previamente bem definida, porque condiciona a disposição e os cortes dos ladrilhos.

O caso onde a necessidade de existência duma junta de movimento é imperiosa é sobre juntas de dilatação já existentes no suporte. Estas devem ser integralmente respeitadas no sistema de revestimento, isto é, não podem ser recobertas por este nem verem reduzida a sua largura, e devem ser capazes de absorver os movimentos previstos para a junta de dilatação do suporte (Figuras 5.3 e 5.4).

É também importante que existam juntas de movimento, neste caso juntas de contorno ou periféricas, em todas as fronteiras confinadas do revestimento, isto é nos limites do revestimento com todos os elementos que lhe possam transmitir deformações ou restringir as suas próprias deformações. São exemplos deste tipo de fronteiras a periferia do revestimento, as transições entre materiais de suporte de natureza diferente, os ângulos salientes (Figura 5.5) ou reentrantes das paredes, (Figura 5.6) os contornos ou as confluências com emergências rígidas (Figura 5.7) ou com elementos que atravessem o revestimento (canalizações, etc.), os ângulos entre paredes e pavimentos (Figura 5.8), e as transições entre revestimentos de materiais de natureza ou de comportamento diferente (Figura 5.9). [30]



A – Junta de dilatação convencional, de mástique sobre fundo de junta



B – Junta de dilatação realizada com perfil de material plástico

Figura 5.3 – Juntas de movimento do revestimento sobre juntas de dilatação do suporte.
Representações esquemáticas [22]

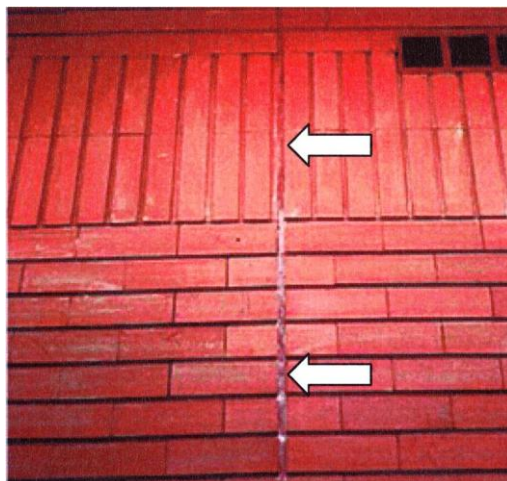


Figura 5.4 – Junta de movimento do revestimento sobre junta estrutural [30]

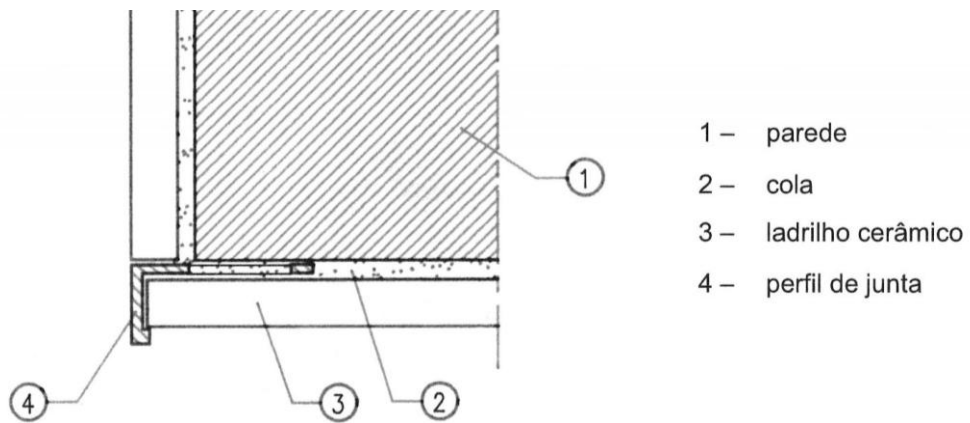


Figura 5.5 – Canto saliente do revestimento cerâmico protegido com perfil prefabricado [22]

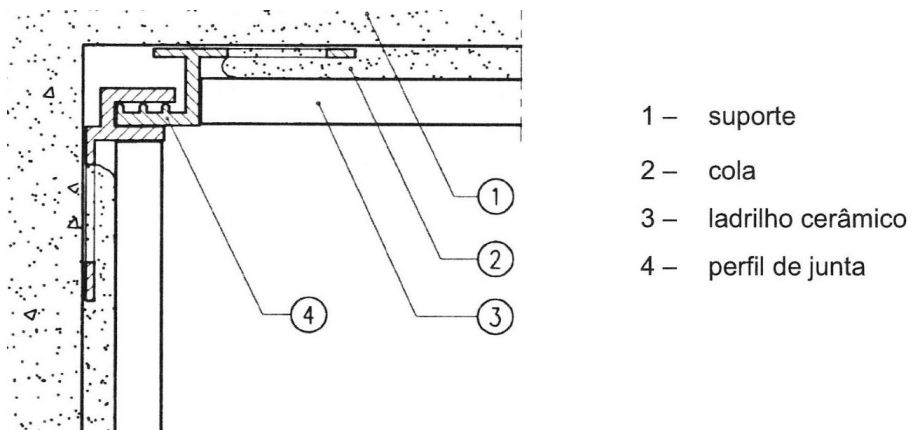


Figura 5.6 – Junta elástica em ângulo reentrante de paredes, realizada com perfil prefabricado [22]

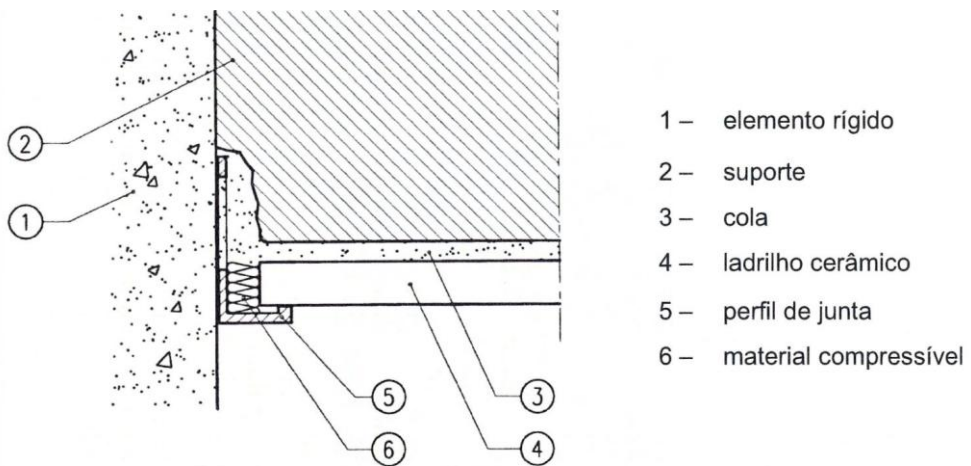


Figura 5.7 – Junta elástica na confluência com emergência rígida, realizada com perfil prefabricado [22]



Figura 5.8 – Junta de movimento em ângulo reentrante entre parede e pavimento [30]

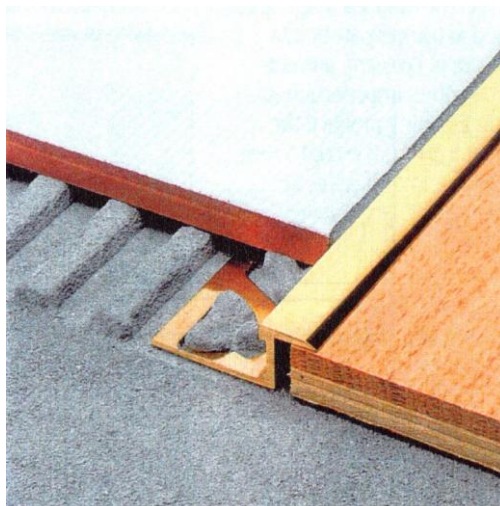


Figura 5.9 – Junta de movimento em transição entre revestimentos de materiais diferentes [30]

Mesmo quando se trate de suportes da mesma natureza, pode ser necessário prever juntas de movimento no revestimento, na transição entre elementos de suporte de idade ou espessura significativamente diferentes. Exemplos típicos que poderão exigir juntas de movimento no revestimento serão as juntas de betonagem.

Para além das juntas periféricas, há ainda um outro tipo de juntas de movimento, as juntas de esquarteamento ou de fraccionamento, de grande interesse para o caso particular dos revestimentos dessolidarizados, isto é revestimentos (de pavimentos) não aderentes ao suporte e que, portanto, se podem deformar independentemente deste. Em revestimentos deste tipo e de grande área, interessa que o diferencial de deformação não se concentre totalmente nas juntas periféricas, mas se distribua por juntas de esquarteamento. Estas juntas definem, em geral, painéis de área não superior a 60 m².

No caso do tipo de revestimento objecto do presente documento - revestimentos aderentes colados, a prática de juntas de esquadramento ou não faz sentido, ou só o fará se a cola for espessa e muito flexível. Na Figura 5.10 apresenta-se uma junta de esquadramento executada com perfil prefabricado.

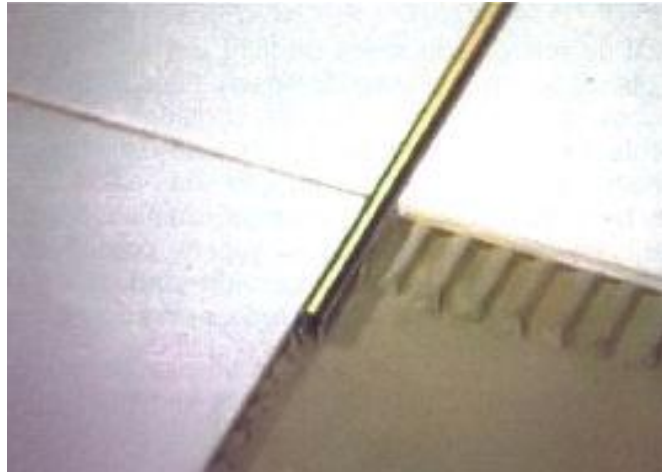


Figura 5.10 – Junta de esquadramento executada com perfil prefabricado [30]

As juntas de movimento devem atravessar toda a espessura do revestimento e ainda a camada de regularização ou o reboco, quando existirem. Estas juntas terão, em geral, largura entre 3 mm e 6 mm, com a excepção das juntas de dilatação, que tendo correspondência com as existentes no suporte, como acabou de ser referido, terão que ter largura não inferior à daquelas.

As juntas no contorno da louça sanitária serão executadas pelo instalador da louça e terão que ser garantidamente estanques.

As juntas de dilatação e as juntas de movimento em geral podem ser preenchidas, como já se disse, pelo processo tradicional, com mástique sobre fundo de junta (Figura 5.3-A) ou, preferencialmente, com perfis prefabricados especialmente concebidos para esse efeito (Figura 5.3-B). Os perfis prefabricados, de material plástico ou de metal, têm a vantagem, em relação ao mástique, de servirem de guia para a aplicação dos produtos de regularização ou de assentamento e de protegerem os bordos dos ladrilhos. São aplicados em simultâneo com o assentamento, dispensando qualquer protecção dos bordos das juntas.

As juntas preenchidas com mástique, em situações de maior solicitação, requerem manutenção ou substituição frequente, para que se mantenha o desempenho do revestimento. [30]

5.2.5. ELEMENTOS DE REFORÇO DE ESTANQUIDADE E DE PROTECÇÃO DE PONTOS SINGULARES

Os elementos de reforço são redes de fibra de vidro (ver Figura 5.11), que, nos casos que o justifiquem, podem ser inseridas nas camadas de regularização ou nos rebocos, preferivelmente, ou nas camadas de assentamento, nomeadamente na cola. A rede, por ter elevada resistência à tracção, aumenta muito a resistência à tracção da camada onde fica incorporada, pelo que, perante a formação duma fenda no suporte, ocorre o desligamento, relativamente ao suporte e sobre a fenda, das camadas que se situem sobre a camada armada, que contudo permanecem solidarizadas entre si pela rede, sem se desprenderem.

A existência da armadura de rede, pela solidarização que gera, reduz muito a possibilidade de ocorrência de desprendimentos pontuais de ladrilhos.



Figura 5.11 – Aplicação em obra da fibra de vidro [7]

Os perfis de protecção devem ser usados em pontos singulares do revestimento particularmente sujeitos a acções de choque mecânico ou a tráfego intenso, como acontece nalguns ângulos salientes das paredes, juntas de movimento e bordos dos ladrilhos em degraus de escada (Figura 5.13).

Os perfis, que em geral são prefabricados, são de material plástico ou de metal.

Na Figura 5.12 apresenta-se um exemplo de canto saliente de parede não protegido e cujo revestimento já se encontra descolado, por acção de acções de choque. Por sua vez, nas Figuras 5.14 e 5.15 apresentam-se, respectivamente, um ângulo saliente e uma junta de dilatação protegidas com perfis prefabricados.

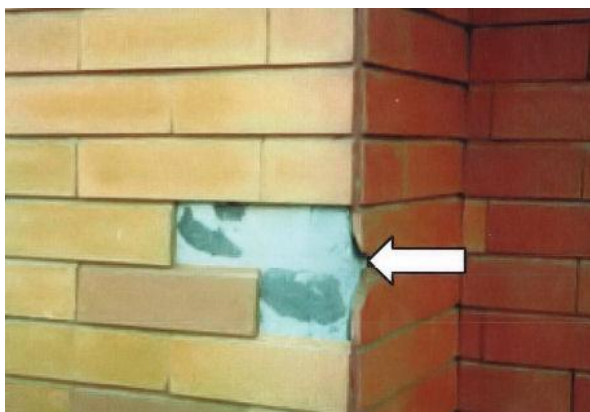


Figura 5.12 – Descolamento devido a choque mecânico em canto saliente desprotegido de uma parede [30]

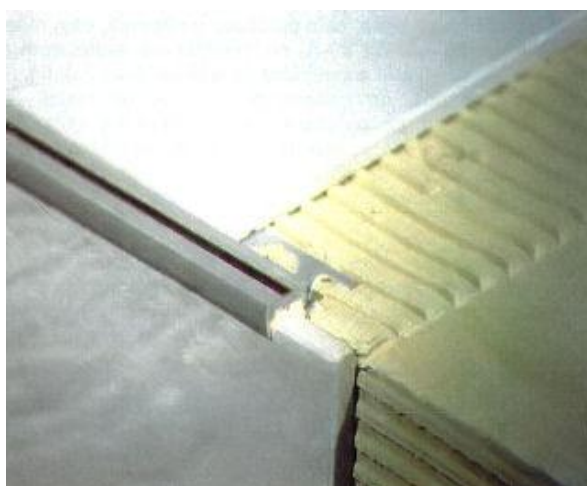


Figura 5.13 – Perfil de protecção dos bordos dos ladrilhos em degraus de escada [30]

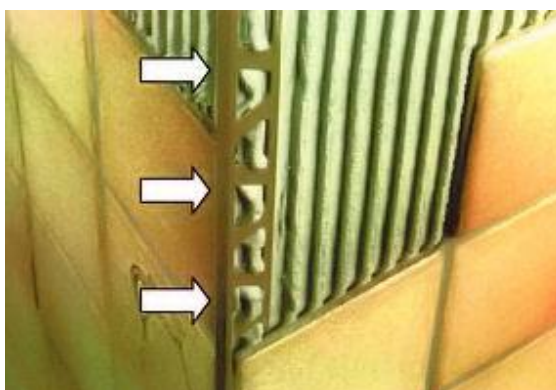


Figura 5.14 – Protecção de um canto saliente de uma parede com perfil prefabricado [30]



Figura 5.15 – Protecção de uma junta de movimento com perfil prefabricado [30]

Os elementos de estanquidade são, sobretudo, usados em situações de fronteira do revestimento particularmente expostas à água, como são, por exemplo, os bordos superiores das paredes exteriores e, em casas de banho, as confluências do revestimento (das paredes mas também dos pavimentos) com as banheiras (Figura 5.16). [30]



Figura 5.16 – Remate de estanquidade entre revestimento cerâmico e banheira, com perfil prefabricado [30]

5.2.6. TÉCNICAS DE ASSENTAMENTO DE PEÇAS CERÂMICAS E CONSUMOS

Nos revestimentos com ladrilhos de pequenas dimensões (área $S < 50 \text{ cm}^2$) ou com "plaquetas" de terracota a colagem é simples (cola aplicada apenas sobre o suporte, com espátula dentada), com consumos mínimos de cimento-cola de $3,5 \text{ kg/m}^2$ e $4,5 \text{ kg/m}^2$, respectivamente.

Para os ladrilhos com superfície $S > 50 \text{ cm}^2$, a colagem deve ser dupla (cola aplicada sobre o suporte, com espátula dentada, e no tardo dos ladrilhos, com espátula lisa) e os consumos mínimos de cimento-cola são os que se indicam no Quadro 5.1 O tipo de espátulas recomendadas para o espalhamento da cola, encontra-se descrito no Quadro 5.6. São toleráveis desvios de 15% nos consumos mínimos do produto de colagem, desde que ocorram apenas em superfícies limitadas. [7]

Quadro 5.1 – Consumos típicos de cimento-cola (C) em paredes exteriores e métodos de aplicação [7] e [32]

Área dos ladrilhos (cm^2)	$50 < S < 300$	$2000 < S < 3600$ (*)
	(15x15)	(60 x 60)
Consumos de cimento-cola		
(kg/m^2 de área a revestir)	6	9

(*) Apenas ladrilhos cerâmicos de absorção de água $> 0,5 \%$, admitem-se desvios de 15% nos consumos mínimos do produto de colagem, quando as superfícies sejam de dimensões reduzidas

5.2.7. AVALIAÇÃO FINAL DA QUALIDADE DO REVESTIMENTO

Concluída a execução do revestimento, o paramento revestido deve ser analisado para avaliação das condições de aderência dos ladrilhos, da correcta execução das juntas, do alinhamento das juntas, e da verticalidade, horizontalidade, pendente e planeza geral definidas para o revestimento.

Os desvios de planeza dos paramentos revestidos, avaliados sobre os ladrilhos (portanto com exclusão das juntas), devem ser menores ou iguais aos exigidos para a planeza geral dos suportes antes de serem revestidos (Quadro 5.4). Também a verticalidade, horizontalidade e a pendente do paramento revestido devem, pelo menos, corresponder às inicialmente definidas para o suporte ainda sem revestimento.

Os desvios de alinhamento das juntas, avaliados sob régua de 2 m, não devem exceder os 2 mm. Este valor pode ser aumentado dos desvios apresentados pelas dimensões faciais dos ladrilhos, determinados em laboratório [30] e [6].

5.2.8. ENTRADA EM SERVIÇO DO REVESTIMENTO

O revestimento não deve entrar em serviço demasiado cedo, antes da cola e do produto de preenchimento das juntas terem adquirido os necessários níveis de aderência e de coesão.

Os revestimentos cerâmicos aplicados em pavimentos só poderão entrar em serviço, em regime de ocupação normal, no mínimo 7 dias após a conclusão do preenchimento das juntas. Poderão, contudo, ser sujeitos a circulação pedestre episódica após 3 dias, se não for protegido, ou mesmo após 24 horas, se for bem protegido (por exemplo com placas espessas de poliestireno expandido ou extrudido).

No caso dos revestimentos de paramentos interiores de paredes executados com colas orgânicas em paredes de grau de exposição E_{B+} ou E_c (Quadro 5.2) deve ser respeitado um intervalo de tempo de, pelo menos, 1 mês antes da sua entrada em serviço, salvo indicação em contrário do Documento de Homologação da cola [30], [33] e [34].

Em paramentos exteriores de paredes, os revestimentos devem ter as suas arestas superiores protegidas para evitar a penetração de água para o plano de colagem.

Quadro 5.2 – Classificação das paredes interiores quanto ao seu grau de exposição à água [30]

Grau	Designação	Descrição
E _A	Paredes secas ou muito pouco humedecidas (exemplo paredes de espaços de circulação)	A água actua apenas como agente de limpeza
E _B	Paredes medianamente humedecidas (exemplos: paredes contíguas a lavaloijas, lavatórios ou banheiras)	A água actua como agente de limpeza e também durante a utilização do local, na forma líquida ou de vapor, mas de modo momentâneo
E _{B+individual}	Paredes húmidas de locais de utilização individual (exemplos: paredes de chuveiros de habitações, hotéis ou hospitais)	A água actua como agente de limpeza e também durante a utilização do local, na forma líquida ou de vapor, de modo momentâneo mas já por períodos de maior duração do que no caso do grau E _B
E _{B+colectivo}	Paredes húmidas (exemplos: instalações sanitárias colectivas; cozinhas colectivas; lavandarias colectivas não industriais; limpeza com pressão de água ≤ 6 MPa)	A água actua como agente de lavagem, eventualmente por jacto de baixa pressão (≤ 6 MPa), e também durante a utilização do local, na forma líquida ou de vapor, de modo momentâneo mas por períodos de maior duração do que no caso do grau E _B
E _c	Paredes muito húmidas (exemplos: instalações sanitárias ou cozinhas colectivas sujeitas a lavagem com jacto de água de alta pressão (≥ 6 MPa), instalações de banhos de imersão ou de chuveiros em instalações desportivas, lavandarias industriais)	A água, na forma líquida ou de vapor, actua de modo praticamente permanente e há a possibilidade da lavagem ser feita por jacto de água de alta pressão (≥ 6 MPa)

5.3. RECOMENDAÇÕES – EXECUÇÃO

5.3.1. INTERVALO DE TEMPO A RESPEITAR ENTRE AS SUCESSIVAS FASES DA CONSTRUÇÃO

Os intervalos de tempo a respeitar entre as sucessivas fases numa construção dependem de cada obra, das condições atmosféricas em que a obra decorreu, dos materiais constituintes das paredes e pavimentos, etc., pelo que não é fácil estabelecê-los com alcance geral. Apresentam-se de seguida os intervalos mínimos e os intervalos desejáveis que podem ser adoptados na falta de prescrições específicas.

Em suportes de betão, o intervalo de tempo mínimo a respeitar entre a conclusão da betonagem e o início da execução do revestimento é de 2 meses. O intervalo desejável será de 6 meses.

Se se tratar de paredes de alvenaria rebocada, sem funções estruturais, de tijolo ou de blocos de betão, o intervalo de tempo mínimo a respeitar entre a conclusão do tosco das paredes e o início da execução do revestimento é de 3 semanas. O intervalo desejável será da ordem dos 4 a 6 meses.

O intervalo de tempo a respeitar entre a colagem e o preenchimento das juntas varia entre as duas seguintes situações extremas:

- 24 horas, ou seja após o endurecimento da cola, se esta for de endurecimento hidráulico. Esse intervalo de tempo poderá ter que ser superior se a temperatura do local for baixa ou a humidade relativa for alta. Se as colas forem de presa rápida, esse intervalo poderá ser menor;
- 3 a 5 dias se a cola for orgânica e os ladrilhos forem pouco porosos.

Porque os produtos de preenchimento das juntas entre ladrilhos contêm cada vez maiores teores de adjuvantes orgânicos, é conveniente adoptar como regra o maior destes intervalos de tempo. [30]

5.3.2. PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES A COLAR

A eficácia da aderência é influenciada pelas características e pelo estado da superfície do suporte, do tardo e dos bordos dos ladrilhos e dos flancos das juntas.

No Quadro 5.3 são apresentadas as características dos suportes e dos ladrilhos com influência na qualidade da colagem.

Quadro 5.3 – Características dos suportes ou dos ladrilhos com influência na qualidade na colagem [30]

Característica	Descrição da influência
Planeza	<p>Determina a necessidade eventual da aplicação prévia no suporte duma camada de regularização, ou a opção por métodos tradicionais de assentamento.</p> <p>Influencia a uniformidade de espessura da camada de cola ou a área de contacto da cola com o tardo dos ladrilhos.</p> <p>(Em geral, cada camada que se acrescenta ao sistema de revestimento aumenta a probabilidade de ocorrência de anomalias).</p>
Rugosidade	<p>Aumenta a aderência mecânica das colas, mas, se exagerada, pode conduzir à exclusão da possibilidade de o assentamento ser realizado com argamassas-colas correntes (delgadas).</p> <p>Uma superfície muito lisa prejudica a aderência não só por reduzir a aderência mecânica das colas, mas também porque das operações de alisamento resultam, em geral, condições desfavoráveis de coesão ou de porosidade superficial dos suportes.</p>
Coesão	A falta de coesão anula a eficiência da cola.
Absorção de água	<p>Se for excessiva determina a necessidade de tratamento prévio do suporte ou do tardo dos ladrilhos com um primário ou por humedecimento, para evitar a dissecação prematura da cola.</p> <p>Se for muito baixa retarda o endurecimento, e aumenta o risco de descolamento e o tempo de entrada em serviço. Só se pode contar com a aderência química, pelo que terá que ser escolhida uma cola com um nível elevado desse tipo de aderência.</p>
Estado de limpeza (pulverulência, oleosidade, adjuvantes, produtos de descofragem)	A aderência da cola é prejudicada se a superfície se encontra pulverulenta ou oleosa. O mesmo efeito pode ser produzido por alguns adjuvantes, nomeadamente hidrófugos.
Estabilidade dimensional	Um suporte que, após a execução da colagem, seja dimensionalmente instável, provoca movimentos diferenciais importantes. A instabilidade pode decorrer da pouca idade do suporte - sujeito portanto a parcelas importantes das suas retracção de secagem e fluência - ou da sua deformabilidade em serviço.

Referem-se de seguida sucintamente os principais cuidados a ter na preparação das superfícies a colar:

- Aquando do assentamento, a superfície do suporte e o tardo dos ladrilhos devem estar isentos de produtos que possam prejudicar a aderência, nomeadamente de produtos gordurosos ou pulverulentos. Nalguns casos essas superfícies terão mesmo que ser previamente tratadas com um primário;

- A superfície do suporte deve ser adequadamente preparada para que sejam eliminadas deficiências de planeza ou de regularidade superficial;
- A eliminação de eventuais deficiências localizadas de planeza ou de regularidade de superfície dos paramentos de paredes pode ser feita por um dos seguintes métodos:
 - Utilizando a própria cola, se tal estiver previsto no seu Documento de Homologação (DH) e dentro dos seguintes limites para as deficiências a eliminar: 3 a 4 mm para as colas correntes, e 5 a 7 mm para as colas espessas. A regularização deve ser feita pouco tempo antes da colagem dos ladrilhos.
 - Utilizando produtos de regularização doseados em fábrica, especialmente vocacionados e homologados para esse efeito, que não sejam incompatíveis com a cola.
- No caso dos pavimentos, a eliminação das deficiências pode ser feita por uma das seguintes vias:
 - Utilizando a própria cola, se tal estiver previsto no seu DH e dentro dos seguintes limites: 3 a 4 mm para as colas correntes, 5 a 7 mm para as colas espessas e 8 a 10 mm para as colas especiais.
 - Utilizando produtos de regularização patenteados e homologados, com classificação P3 ou superior [30] e [35].

No Quadro 5.4 são apresentadas as condições a satisfazer pelos paramentos das paredes no momento da colagem. [30]

Quadro 5.4 – Condições a satisfazer pelos paramentos (interiores ou exteriores) das paredes no momento da colagem [30]

Característica	Tipo de suporte	Exigência	Observações
Planeza	Alvenaria rebocada ou betão com acabamento de superfície cuidado	Planeza geral: desvios ≤ 5 mm, avaliados sobre régua de 2 m;	—
		Planeza localizada: desvios ≤ 2 mm, avaliados sobre régua de 0,20 m.	
	Betão com acabamento de superfície corrente	Planeza geral: desvios ≤ 7 mm, avaliados sobre régua de 2 m;	Desvios de planeza compatíveis apenas com colas espessas de endurecimento hidráulico
		Planeza localizada: desvios ≤ 2 mm, avaliados sobre régua de 0,20 m.	
Estado de limpeza (coesão, limpeza)	Qualquer	A superfície dos suportes deve ser coesa e estar isenta de produtos que possam prejudicar a aderência	—
Idade (período mínimo de tempo que deve decorrer entre a conclusão da execução do suporte e o início da execução do revestimento)	Alvenaria Rebocada	≥ 3 Semanas	Em paramentos interiores de paredes, o período de espera pode ser reduzido para um mínimo de 48 horas, excepto no caso das colas de ligantes orgânicos, que terá de ser sempre ≥ 3 semanas
	Betão	≥ 2 Meses	—

Nota: Em paramentos exteriores não são utilizáveis colas de ligante totalmente orgânico.

5.3.3. EXECUÇÃO DA COLAGEM

5.3.3.1. Generalidades

Para obtenção duma boa colagem é necessário ter em conta diversos aspectos relacionados com a cola, com o suporte e com as acções previstas para actuarem sobre o revestimento [30]:

- A cola deve ser adequada ao uso previsto;
- A cola deve ser preparada e aplicada com cumprimento rigoroso das recomendações do seu Documento de Homologação e das instruções do respectivo fabricante;
- A cola deve ser aplicada com espessura dentro dos limites recomendados, utilizando espátula denteada com o perfil adequado;
- A espessura de aplicação da cola deve ser compatível com as eventuais deficiências de planeza ou de regularidade superficial do suporte;
- A cola deve ser adequada ao material constituinte do suporte, às acções previstas, ao método de colagem e ao tipo de ladrilhos (Grupo ISO/CEN, dimensões, massa);
- O suporte e os ladrilhos devem estar secos no momento da colagem, excepto se os ladrilhos forem muito porosos ou se a humidade relativa do ambiente for muito baixa.

5.3.3.2. Preparação da cola

A cola deve ser amassada de acordo com o previsto no seu Documento de Homologação e nas instruções do fabricante. O ritmo de preparação da cola deve resultar da compatibilização entre a produtividade dos ladrilhadores e os tempos de repouso, de abertura ou de duração prática de utilização da cola.

Para aumento da produtividade, ou seja do ritmo da colagem, é habitual o trabalho em equipa de dois ladrilhadores: um deles aplica a cola no suporte e o outro aplica os ladrilhos.

A água a utilizar na amassadura deve ser da rede de abastecimento público ou ser previamente ensaiada, para que se reduza o risco da existência de contaminantes indesejáveis.

A amassadura deve ser feita mecanicamente, com as misturadoras recomendadas pelo fabricante e no Documento de Homologação da cola. [30]

5.3.3.3. Aplicação da cola

A cola começa por ser espalhada no suporte com talocha ou espátula de bordo liso e de seguida "penteada" com talocha ou espátula de bordo denteado, para retirar a cola em excesso.

As dimensões e o perfil dos dentes, que devem ser os adequados para a cola que esteja a ser utilizada, e o ângulo de inclinação da espátula vão garantir a obtenção da espessura pretendida e uniforme, para a película de cola sob os ladrilhos. O ângulo de inclinação da espátula, que deve manter-se constante, é em geral de 60°.

A espessura da camada de cola deve situar-se dentro dos limites fixados no seu Documento de Homologação ou especificados pelo fabricante.

O assentamento dos ladrilhos não pode ser feito sobre cola que tenha ultrapassado o seu tempo de abertura (ver Quadro 2.15). Tal significa que a cola tem que ser aplicada em áreas pequenas do suporte, para que o último ladrilho ainda seja aplicado dentro do tempo de abertura da cola.

A colagem pode ser simples ou dupla (ver Figura 5.17 e Capítulo 5.2.7).

O perfil e as dimensões do denteado das espátulas e o tipo de colagem são definidos em função do que esteja prescrito no Documento de Homologação e nas instruções do fabricante e ainda das dimensões, massa e relevo do tarsoz dos ladrilhos e da planeza do suporte.

A colagem dupla é vantajosa em todas as situações, sendo mesmo imperiosa quando os ladrilhos forem do Grupo ISO/CEN BI (ladrilhos prensados com absorção de água < 3%) (ver Quadro 2.1). A colagem dupla dá maior garantia de contacto integral entre o tarsoz dos ladrilhos e a cola, sobretudo em ladrilhos que apresentem relevo significativo no tarsoz. [30]

A colagem por pontos é absolutamente interdita.



Figura 5.17 – Assentamento com colagem dupla de um ladrilho [7]

5.3.3.4. Selecção da espátula denteada

Embora a espátula denteada adequada para cada cola seja explicitada no Documento de Homologação da cola, em geral enquadra-se nas indicações do Quadro 5.5. [30]

Os denteados das espátulas são representadas esquematicamente na Quadro 5.6.

Quadro 5.5 – Condições a satisfazer pelos paramentos (interiores ou exteriores) das paredes no momento da colagem [30]

Cola	Área facial dos ladrilhos			
	≤ 450 cm ²	≤ 600 cm ²	≤ 900 cm ²	≤ 1600 cm ²
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colas de cimento ▪ Colas de ligante misto incorporado ▪ Colas modificadas por resina líquida ▪ Colas de cimento e resina 	Espátula U6 em colagem simples (*)	Espátula U6 em colagem simples (*) ou Espátula U9 em colagem simples (*)		Espátula U9 em colagem dupla
Colas orgânicas	Espátula V6 em colagem simples (*)	Espátula U6 em colagem simples (*) ou Espátula V6 em colagem dupla	Espátula U9 em colagem simples (*) ou Espátula V6 em colagem dupla	Não utilizável

(*) - Se se tratar de ladrilhos do Grupo ISO/CEN BI (ladrilhos de grés e de grés porcelânico) a colagem tem que ser dupla.

5.3.3.5. Assentamento dos ladrilhos

Logo que um ladrilho é aplicado sobre a cola espalhada no suporte, devem imediatamente e sequencialmente ser efectuadas as seguintes operações:

- Transmissão dum ligeiro movimento de rotação ao ladrilho, para que seja rompida a película de ligante orgânico que se forma à superfície dos cordões da cola.
- Aplicação de pressão sobre os ladrilhos para provocar o abatimento dos cordões da cola, e para obtenção de espessura uniforme da película da cola e de contacto perfeito desta com o tardo dos ladrilhos (Figura 5.18).
- Manutenção da pressão anteriormente referida durante o intervalo de tempo necessário à penetração da cola nos poros do tardo dos ladrilhos, e para que a aderência inicial seja suficiente para manter o ladrilho em posição e superar as tensões internas da pasta da cola.

A área de contacto da cola com o tardo dos ladrilhos deve ser frequentemente controlada durante o assentamento. Para tal basta extrair, a intervalos regulares, um ladrilho acabado de aplicar e analisar o respectivo tardo.

Se, durante a aplicação de um ladrilho, for necessário proceder ao seu ajustamento posicional, esta operação só deverá ser realizada dentro do tempo de ajustamento da cola, tempo durante o qual é possível proceder ao ajustamento manual dum ladrilho aplicado sobre a cola espalhada no suporte, sem que daí resulte perda significativa de aderência. [30]

Quadro 5.6 – Representação esquemática de alguns denteados das espátulas [7]

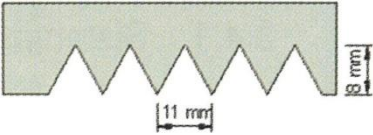
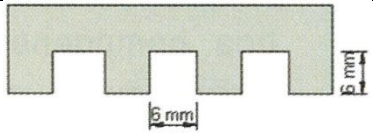
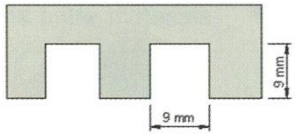
Utilização	Talocha dentada	Espessura média da cola
PAREDES INTERIORES Peças < 100 cm ²		1,5 mm
PAREDES INTERIORES E EXTERIORES Tardoz da peça lisa < 600cm ²		2 mm
PAREDES INTERIORES E EXTERIORES Peças > 100 cm ² Tardoz da peça lisa > 600 cm ²		3 mm



Figura 5.18 – Tardoz de ladrilhos, evidenciando assentamento deficiente dos ladrilhos [30]

5.3.3.6. Condições atmosféricas

A ocorrência de condições atmosféricas adversas durante o assentamento e nos momentos imediatamente seguintes prejudica a eficiência da colagem, por provocar a evaporação demasiado rápida ou lenta dos constituintes líquidos da cola, ou a instalação prematura de tensões elevadas, devidas a movimentos diferenciais entre o revestimento e o suporte.

Constituem condições adversas as temperaturas elevadas ($> 30^{\circ}\text{C}$) ou baixas ($< 5^{\circ}\text{C}$), humidades relativas baixas ou muito altas, vento forte, incidência directa de raios solares ou de água. [30]

5.3.4. EXECUÇÃO DAS JUNTAS ENTRE LADRILHOS

As juntas entre ladrilhos são preenchidas pelos métodos tradicionais, com pasta de cimento, se forem estreitas, ou com argamassa de cimento, se forem largas, ou, preferencialmente, com produtos prefabricados, concebidos para este efeito.

O produto de preenchimento deve ser aplicado com utensílio adequado, por exemplo espátula ou talocha de borracha dura, que seja capaz de obrigar o produto a penetrar e a preencher completamente as juntas, em profundidade e em largura ou ainda, como ilustrado na Figura 5.19, com um aplicador para juntas.

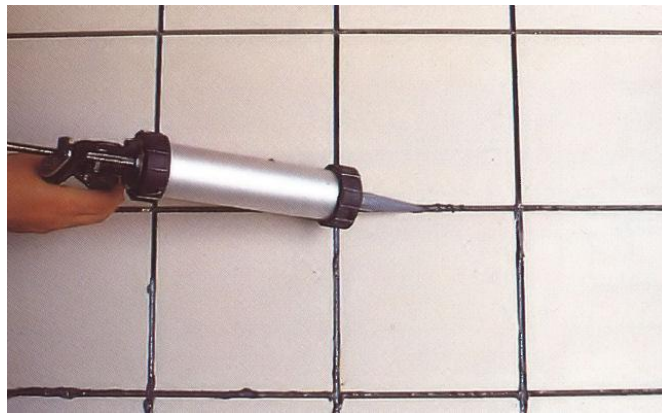


Figura 5.19 – Aplicação do material de junta [7]

O preenchimento das juntas deve ser feito em extensões e em ritmos compatíveis com o tempo de abertura do produto, tal como no caso das colas.

Os produtos de preenchimento têm que ter granulometria e trabalhabilidade adaptadas à largura e à profundidade das juntas.

Se houver interesse em que as juntas apresentem cor uniforme num determinado espaço ou área, é conveniente que neles seja utilizado produto sempre do mesmo lote de fabrico, amassado sempre com as mesmas dosagens e nas mesmas condições.

Antes de preencher as juntas é necessário proceder à sua limpeza (Figura 5.20). Para melhorar a aderência do produto de preenchimento aos bordos dos ladrilhos, pode ser necessário pincelar esses bordos com um primário, compatível com o produto de preenchimento, antes deste ser aplicado.



Figura 5.20 – Limpeza do material sobranete de juntas [7]

A operação de preenchimento das juntas deve ser aproveitada para controlar a aderência dos ladrilhos, percutindo-os com objecto não contundente. Os ladrilhos que emitam som cavo devem ser extraídos e substituídos por outros bem colados. [30]

5.3.5. LIMPEZA DO REVESTIMENTO APÓS A CONCLUSÃO DA SUA EXECUÇÃO

Nas operações de limpeza do revestimento deve ser interdita a utilização de produtos com sulfatos porquanto estes provocam a expansão dos produtos de cimento, presentes nomeadamente nas juntas entre ladrilhos, na cola e no reboco. Também não podem ser empregues produtos que ataquem o vidro dos ladrilhos ou os restantes componentes da cola, da camada de regularização ou do reboco [36].

A limpeza é indispensável por razões estéticas, para evitar a deterioração da superfície do ladrilho por detritos e pode ser feita manual (Figura 5.21) ou mecanicamente.



Figura 5.21 – Limpeza manual com esponja normal [7]

6

CONCLUSÃO

Na realização deste trabalho constituiu-se um documento de consulta, para todos os intervenientes do processo construtivo e projecto do subsistema “revestimentos cerâmicos colados em paredes”, onde se expõem os vários tipos de componentes, as suas características, classificações e especificações. Expõem-se, também, as anomalias mais comuns deste tipo de sistema, os seus sintomas e as causas mais prováveis. Reuniu-se, ainda, um conjunto de recomendações de boa prática que visam minimizar a ocorrência de anomalias.

No caso estudado, concluiu-se que a ocorrência da anomalia, descolamento de peças cerâmicas, pôs em causa o cumprimento das exigências de desempenho aplicáveis aos componentes em questão, causou transtorno aos utilizadores, diminuiu as condições de segurança e originou trabalhos de reparação com uma área total de aproximadamente 8000 m², com elevados custos. Esta situação que poderia ter sido evitada se se tivesse adoptado uma política preventiva desde a fase de projecto à fase de execução. Foi possível concluir que a ocorrência do descolamento das peças cerâmicas nas Estações do Metro do Porto surgiu devido a vários factores, incluindo a inexistência de juntas intermédias, a aplicação descuidada dos ladrilhos, o “aperto” insuficiente, o desrespeito dos tempos de abertura e a falta de planeza da peça cerâmica que, conjugados provocaram a ocorrência desta anomalia em larga escala. Outro factor, muito importante, é o incumprimento de intervalos de tempo a respeitar entre trabalhos, originado por prazos de execução que têm obrigatoriamente de ser cumpridos e que por vezes levam à aceleração dos trabalhos e a diminuição da qualidade dos mesmos.

No final deste trabalho conclui-se que com um maior cuidado por parte de quem projecta e de quem executa, seguindo as recomendações apresentadas neste documento, se consegue limitar a ocorrência de anomalias, em revestimentos cerâmicos colados, e todas as consequências negativas que daí advêm.

Este trabalho pode também servir de exemplo a trabalhos semelhantes relacionados com estes subsistemas construtivos.

Aprender com os erros e em paralelo registar as principais preocupações e especificações de carácter técnico de um dado subsistema, constitui uma execução muito útil para projectistas, construtores e empresa de fiscalização de obras.

BIBLIOGRAFIA

- [1] SÁ, Ana Duarte. *Durabilidade dos cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Janeiro de 2005.
- [2] CALADO, Rafael Salinas. *5 Séculos do Azulejo em Portugal*. Edição dos Correios e Telecomunicações de Portugal.
- [3] LUCAS, J. A. Carvalho. *Azulejos ou ladrilhos cerâmicos. Descrição geral, exigências normativas, classificação funcional*. ITMC -33, Lisboa, L.N.E.C., 2003.
- [4] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 14411:2006 *Pavimentos e revestimentos cerâmicos. Definições, classificação, características e marcação, 2006*.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-3:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 3 *Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade real, 1997*.
- [6] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 10545-2:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 2: *Determinação de dimensões e qualidade de superfície, 1997*.
- [7] FREITAS, Vasco Peixoto de; SOUSA, Augusto Vaz Serra e; SILVA, J. A. Raimundo Mendes da. *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*. Coimbra, Março de 2003.
- [8] ISO 1006 – Construção de Edifícios – Coordenação modular – Módulo básico, 1983.
- [9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-4:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 4: *Determinação do módulo de rotura e resistência de rotura, 1997*.
- [10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-6:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 6: *Determinação da resistência à abrasão profunda de ladrilhos não vidrados, 1997*.
- [11] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-7:1998 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 7: *Determinação da resistência à abrasão superficial de ladrilhos vidrados, 1998*.
- [12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-8:1996 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 8: *Determinação da dilatação térmica linear, 1996*.
- [13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-9:1996 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 9: *Determinação da resistência ao choque térmico, 1996*.
- [14] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-11:1996 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 11: *Determinação da resistência à fendilhagem de ladrilhos vidrados, 1996*.
- [15] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-12:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 12: *Determinação da resistência ao gelo, 1997*.
- [16] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-10:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 10: *Determinação da expansão por humidade, 1997*.
- [17] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-16:2000 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 16: *Determinação de pequenas diferenças de cor, 2000*.

- [18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-5:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 5: *Determinação da resistência ao impacto, medida pelo coeficiente de restituição, 1997.*
- [19] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-14:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 14: *Determinação da resistência às manchas, 1997.*
- [20] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-13:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 13: *Determinação da resistência química, 1997.*
- [21] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-15:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 15: *Determinação da libertação de chumbo e cádmio de ladrilhos vidrados, 1997.*
- [22] LUCAS, J. Carvalho. *Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Colados.* ITMC -28, Lisboa, L.N.E.C. 2001.
- [23] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 13888:2009 – *Grout for tiles. Definitions and specifications, 2009.*
- [24] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12004:2007. – *Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação, 2007.*
- [25] SILVESTRE, J. Dinis. *Sistema de Apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes.* Dissertação do Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Setembro de 2005.
- [26] www.patorreb.pt. 27/06/2010.
- [27] CENTRO TECNOLÓGICO DA CERÂMICA E DO VIDRO, *Relatório de Ensaios realizados em Revestimento de Paredes com Peças Cerâmicas (Metro do Porto), Janeiro 2008.*
- [28] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 1542:1999 – *Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Test methods - Measurement of bond strength by pull-off, 1999.*
- [29] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 1348:2007 – *Adhesives for tiles – Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives, 2007.*
- [30] LUCAS, J. Carvalho; ABREU, M.. *Patologia e Reabilitação das Construções. Edifícios. Revestimentos Cerâmicos Colados. Descolamento.* ITPRC -4, Lisboa, L.N.E.C., 2003.
- [31] BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *Code of practice for wall tiling. Part 2: External ceramic wall tiling and mosaics.* London, BSI, BS 5385: Part 2: 1978.
- [32] CCFAT – Paris – *Revêtements de sols intérieurs et extérieurs en carreaux céramiques ou analogues collés au moyen de mortier-coles. Cahier de prescriptions techniques d'exécution,* Paris, CSTB, Cahiers du CSTB, Cahier 3267, Livraison 413, 2000-10.
- [33] UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – *Guide Technique UEAtc pour l'agrément descolles pour revêtements céramiques.* Paris, CSTB, Cahiers du CSTB, Cahier 2435, Livraison 311, 1990-07/08.

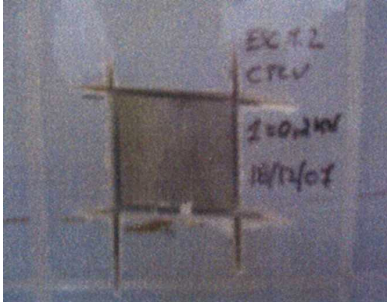
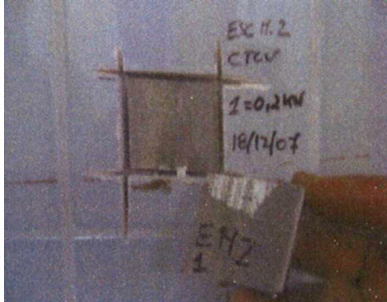
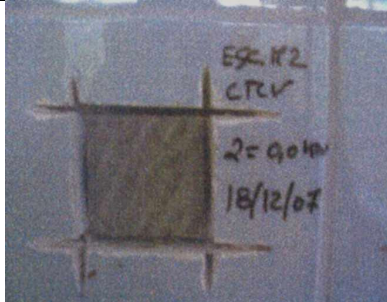
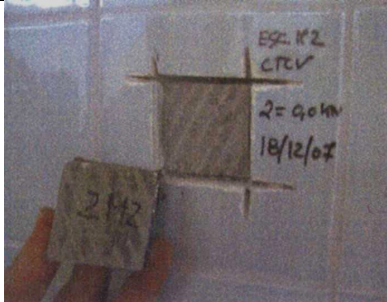
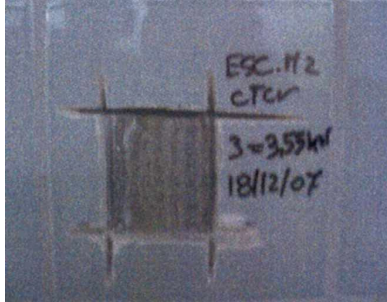
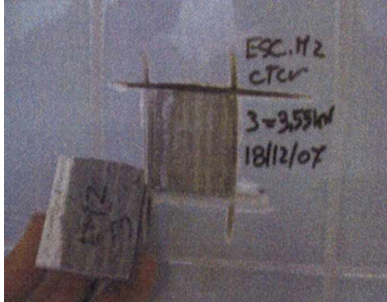
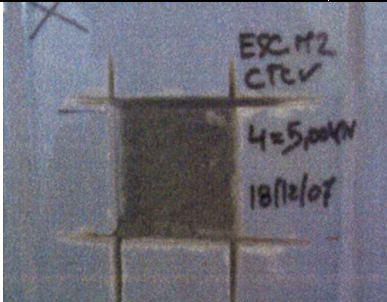
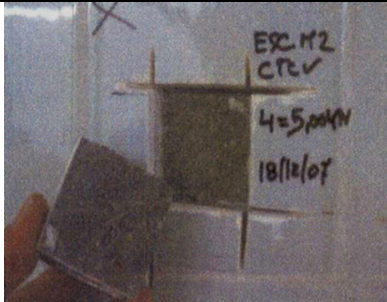
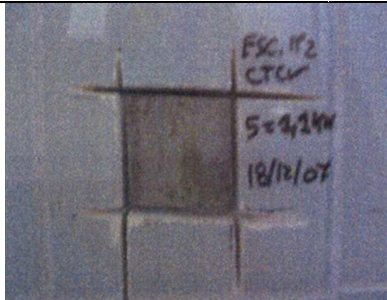
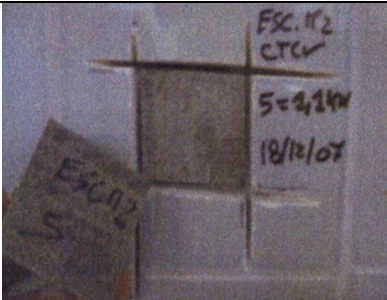
- [34] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). *Methods of test for mortar for masonry – Part 9: Determination of workable live and correction time of fresh mortar*. EN 1015-9:1999. Bruxelles, August 1999.
- [35] Moral, F. *Le collage des revêtements muraux intérieur céramiques*. Paris, CSTB, Cahiers du CSTB, Cahier 917, 1968-12.
- [36] LUCAS, J. Carvalho. *Revestimentos Cerâmicos para paredes. Proposta de intervenção do LNEC para melhoria da qualidade em obra*. Lisboa, L.N.E.C., Abril de 1999. Programa de investigação apresentado a concurso para acesso à categoria de Investigador Coordenador do LNEC.
- [37] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 10545-1:1997 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 1: *Amostragem e bases para aceitação, 1997*.
- [38] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). EN ISO 10545-17:2000 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 17: *Determinação da resistência ao deslizamento, 2000*.
- [39] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12002:2008 – *Colas para ladrilhos. Determinação da deformação transversa de cimentos-cola e de argamassas de juntas, 2008*.
- [40] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12003:2008 – *Colas para ladrilhos. Determinação da resistência ao corte de colas de resinas de reacção, 2008*.
- [41] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12808-1:2008 – *Colas e argamassas de juntas para ladrilhos – Parte 1: Determinação da resistência química de argamassa de resinas de reacção, 2008*.
- [42] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12808-2:2008 – *Argamassas de juntas para ladrilhos – Parte 2: Determinação da resistência à abrasão, 2008*.
- [43] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12808-3:2008 – *Argamassas de juntas para ladrilhos – Parte 3: Determinação da resistência à flexão e à compressão, 2008*.
- [44] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12808-4:2009 – *Argamassas de juntas para ladrilhos – Parte 4: Determinação da retracção, 2009*.
- [45] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 12808-5:2008 – *Argamassas de juntas para ladrilhos – Parte 5: Determinação da absorção de água, 2008*.
- [46] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 1346:2007 – *Adhesives for tiles – Determination of Open Time, 2007*.
- [47] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 1347:2007 – *Adhesives for tiles – Determination of Wetting Capability, 2007*.

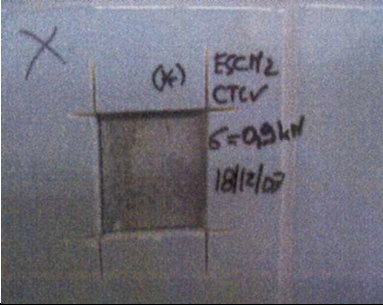
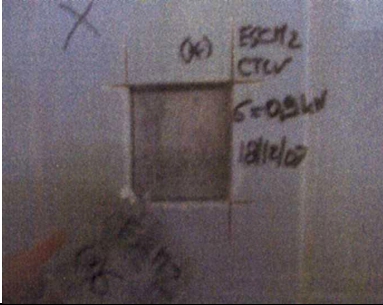
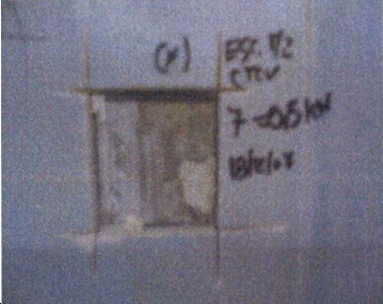
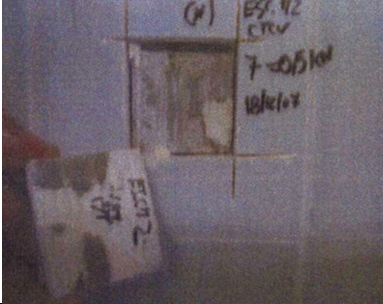

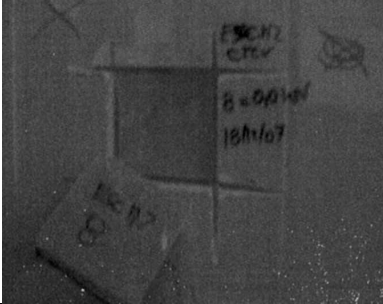
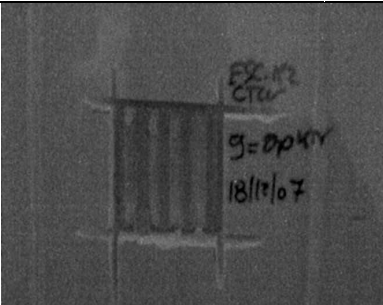
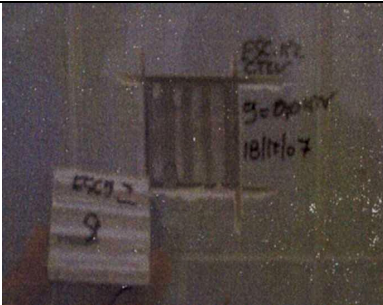
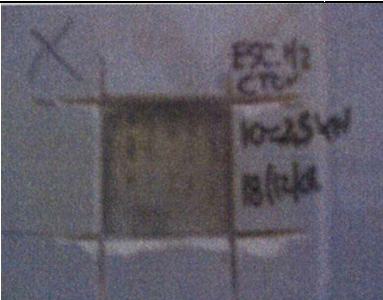
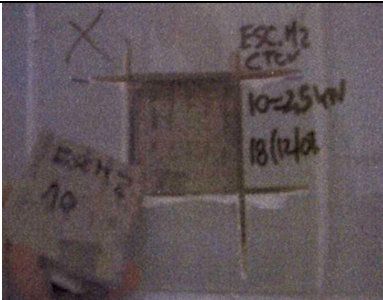
ANEXO I

**RESULTADO DOS ENSAIOS E
PLANTAS COM RESPECTIVA
LOCALIZAÇÃO**

ESTAÇÃO DE SALGUEIROS

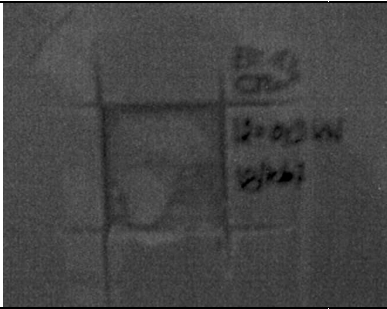
Quadro I1 – Resultado dos ensaios Estação de Salgueiros [27]

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1 (Escada Mecânica 2)	0,08	Ruptura pelo suporte
		
Provete 2 (Escada Mecânica 2)	0,00	Ruptura pelo suporte
		
Provete 3 (Escada Mecânica 2)	1,40	Ruptura pelo suporte
		
Provete 4 (Escada Mecânica 2)	1,93	Ruptura pelo suporte
		
Provete 5 (Escada Mecânica 2)	0,42	Ruptura pelo suporte
		

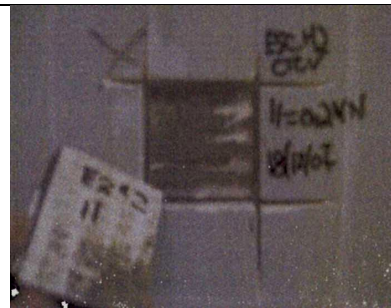
Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 6 (Escada Mecânica 2)	0,34	Ruptura pelo suporte
		
Provete 7 (Escada Mecânica 2)	0,16	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 8 (Escada Mecânica 2)	0,00	Ruptura pelo suporte
		
Provete 9 (Escada Mecânica 2)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 10 (Escada Mecânica 2)	0,97	Ruptura pelo suporte
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
-------------	----------------------	------------------

Provete 11 (Escada Mecânica 2)	0,08	Ruptura pelo cimento-cola
--------------------------------	------	---------------------------



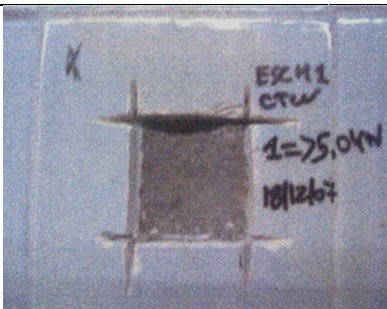
Provete 12 (Escada Mecânica 2)	0,11	Ruptura pelo suporte
--------------------------------	------	----------------------



Média = 0,5

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
-------------	----------------------	------------------

Provete 1 (Escada Mecânica 1)	2,55	Ruptura pelo suporte
-------------------------------	------	----------------------



Provete 2 (Escada Mecânica 1)	0,24	Ruptura pelo cimento-cola
-------------------------------	------	---------------------------



Média = 1,4

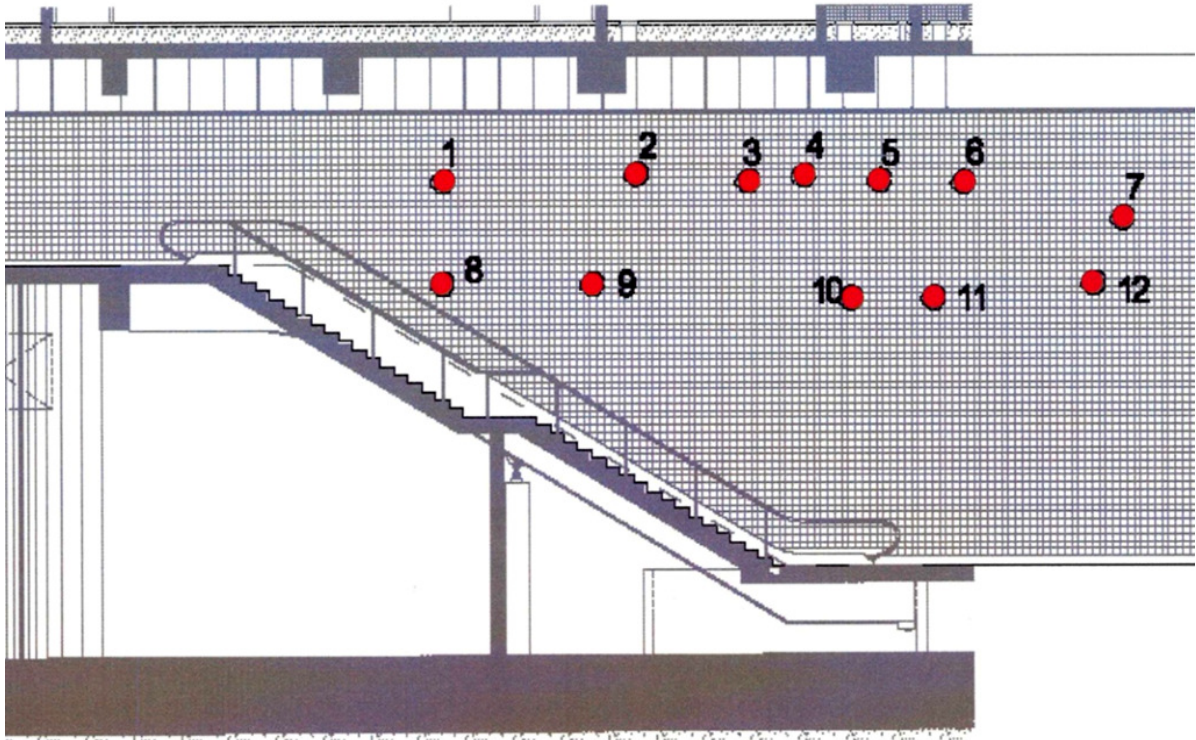


Figura I1.1 – Localização dos ensaios Estação de Salgueiros – Escada Mecânica 2 [27]

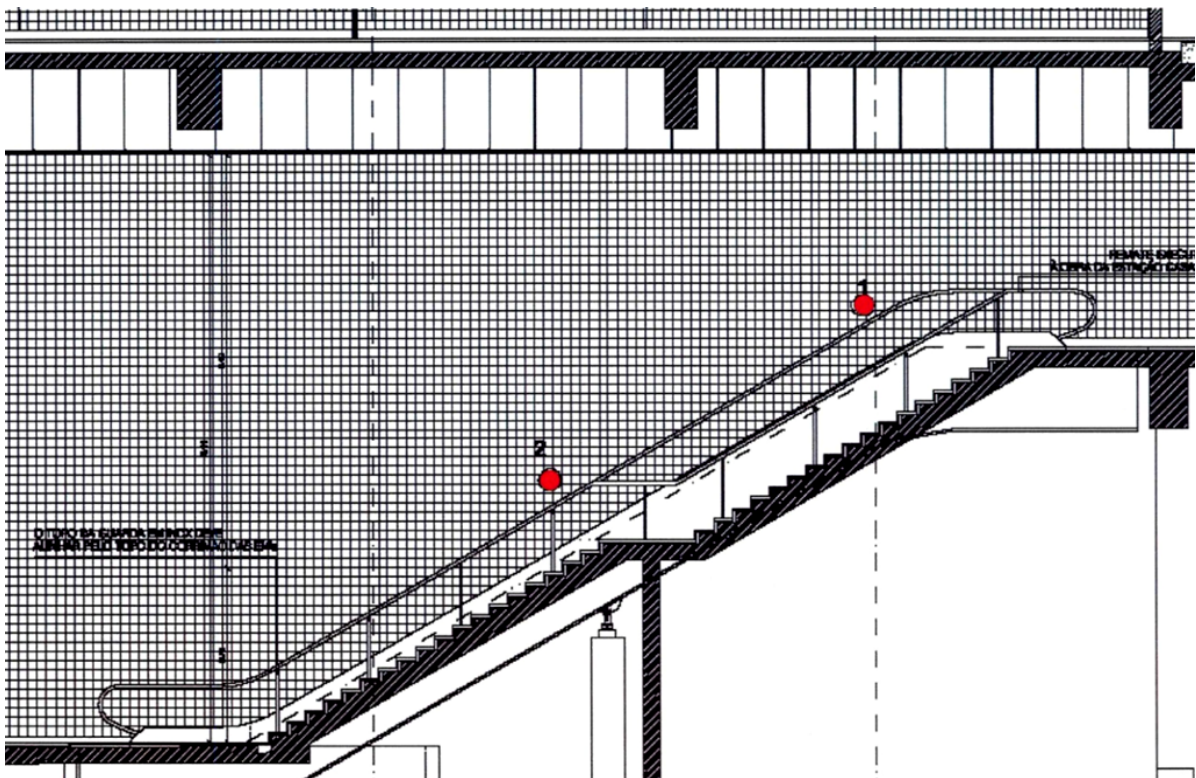
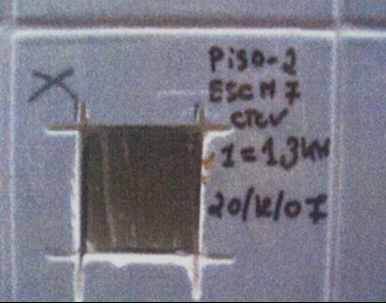
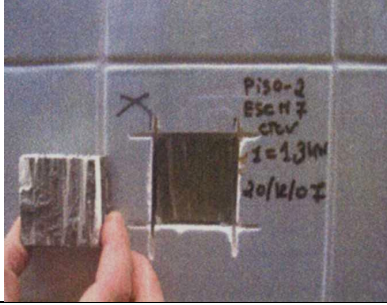
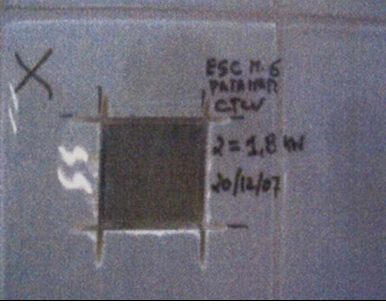

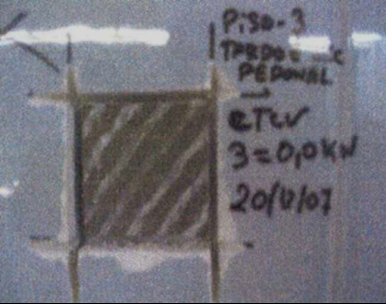
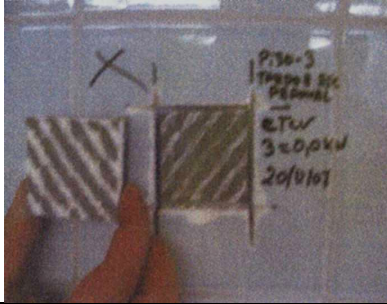
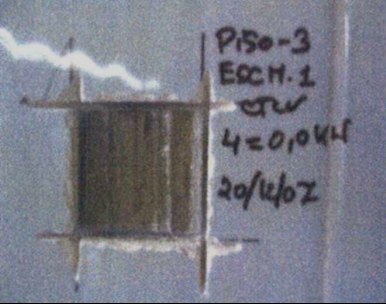
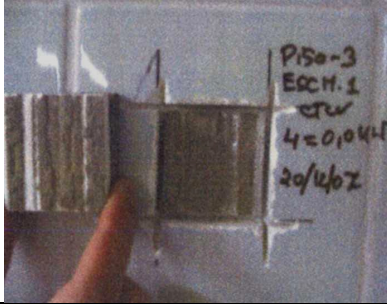
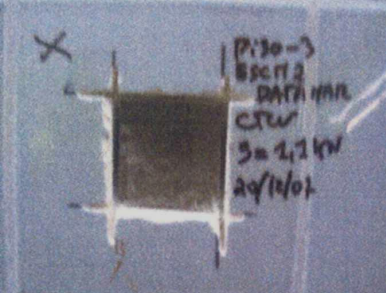
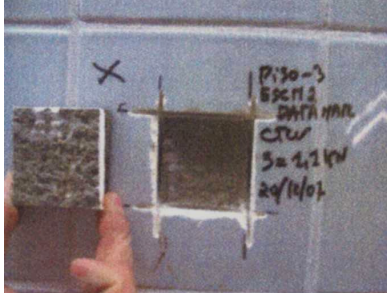
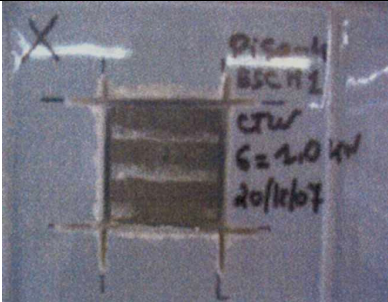
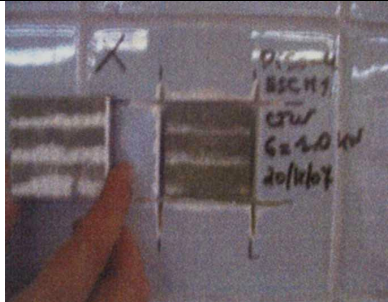
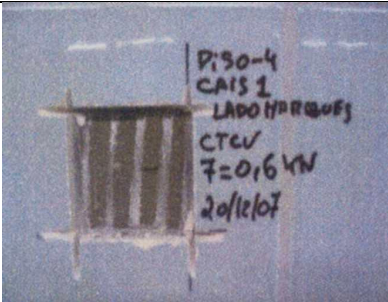



Figura I1.2 – Localização dos ensaios Estação de Salgueiros – Escada Mecânica 1 [27]

ESTAÇÃO DOS COMBATENTES

Quadro 12 – Resultado dos ensaios - Estação dos Combatentes [27]

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1 (Piso -2)	0,56	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 2 (Piso -3)	0,76	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 3 (Piso -3)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 4 (Piso -3)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 5 (Piso -3)	0,45	Ruptura pelo cimento-cola
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 6 (Piso -4)	0,43	Ruptura pelo cimento-cola - (5% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 7 (Piso -4)	0,26	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Média = 0,3		

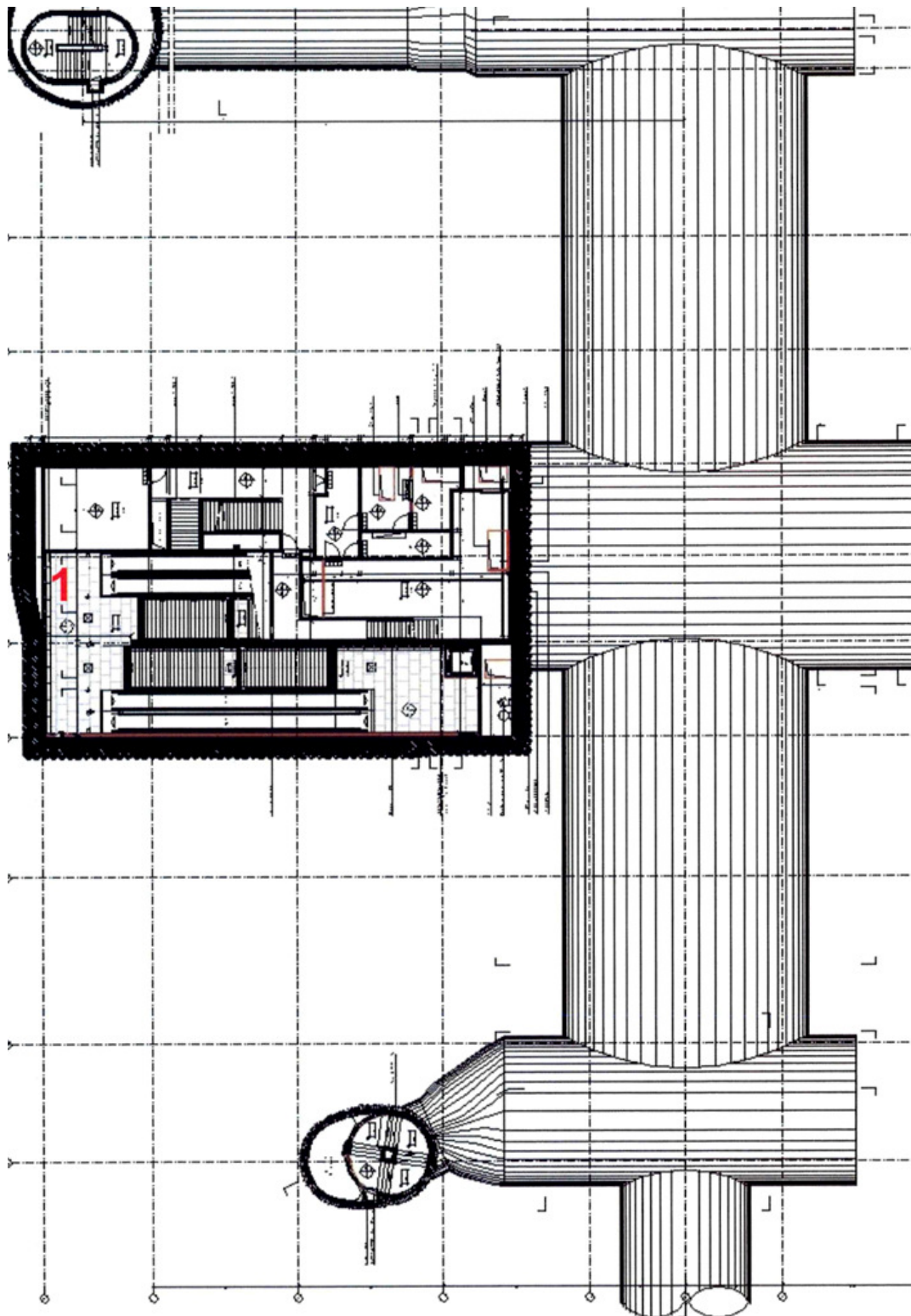


Figura I2.1 – Localização dos ensaios - Estação dos Combatentes – Piso -2 [27]

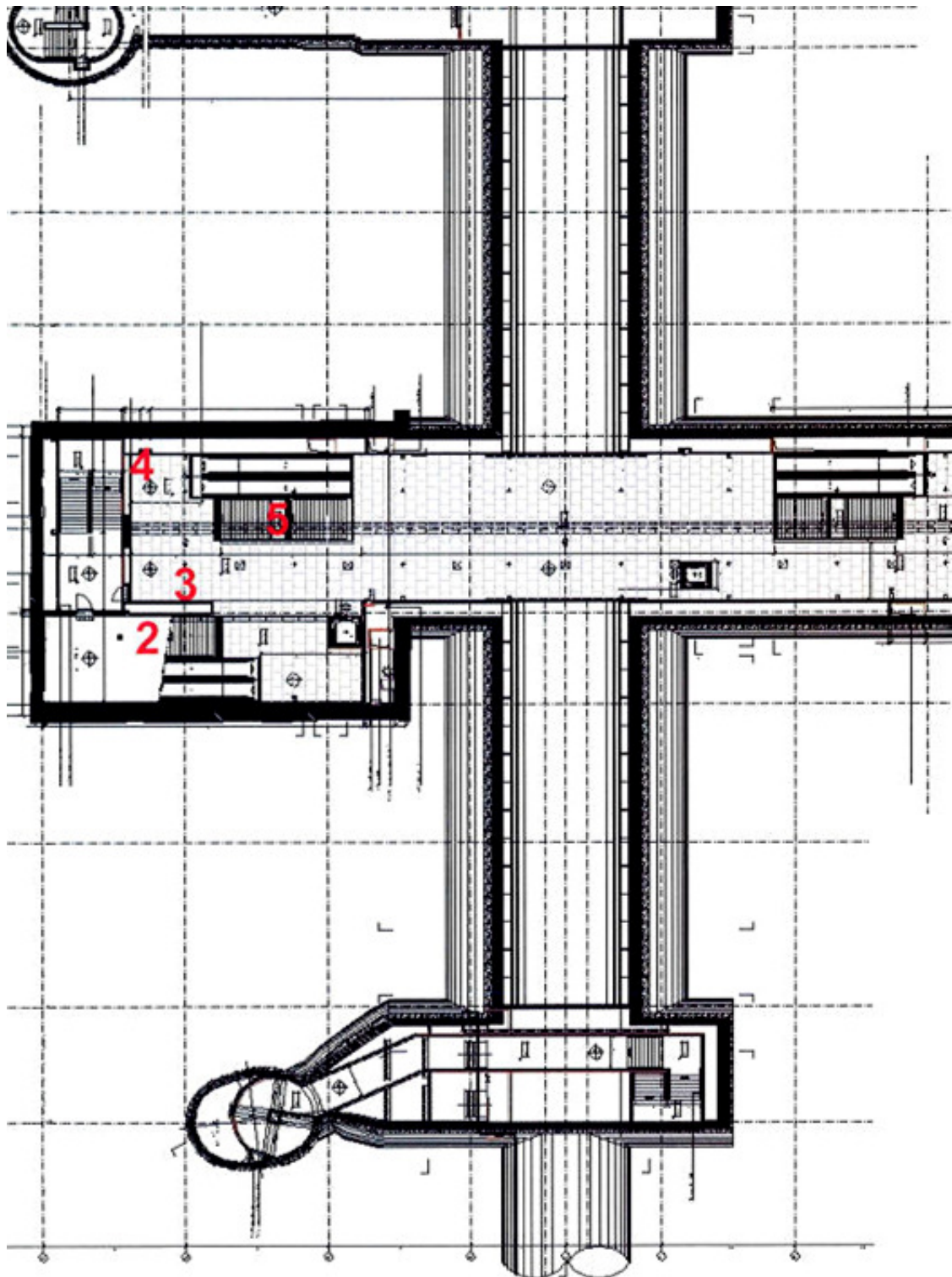


Figura I2.2 – Localização dos ensaios - Estação dos Combatentes – Piso -3 [27]

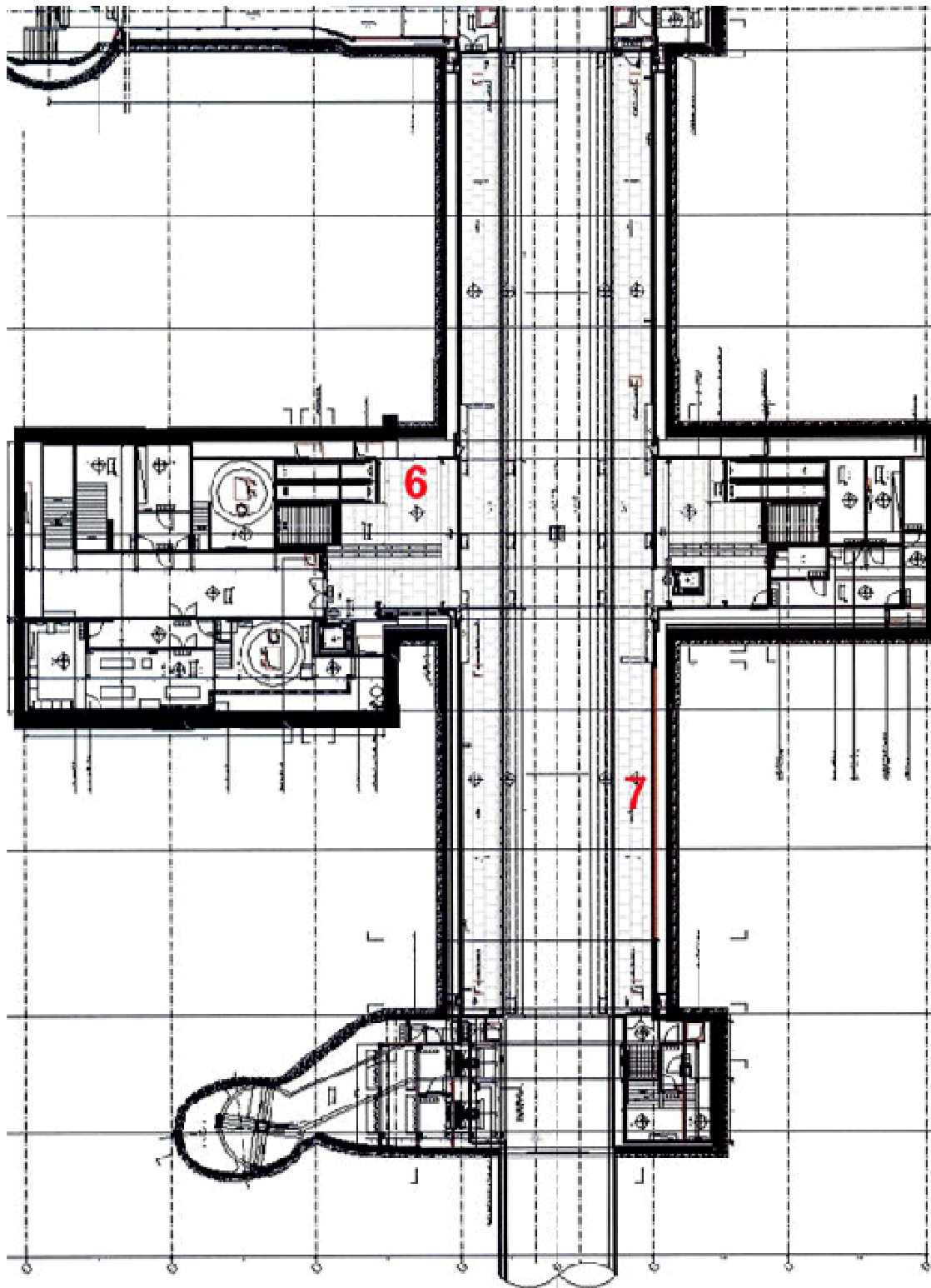
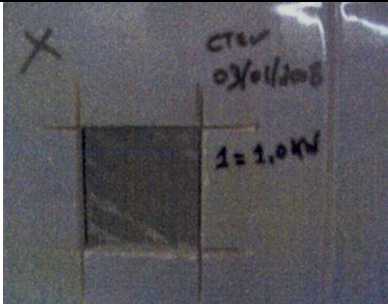



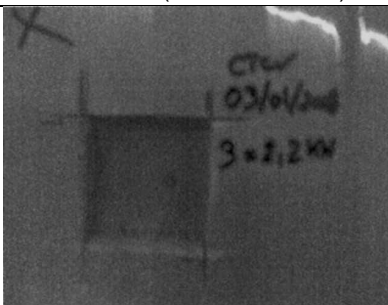
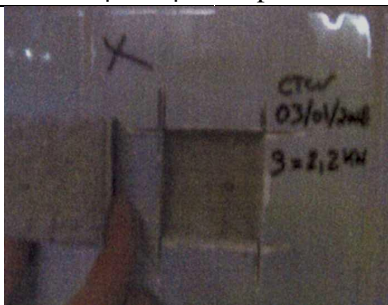
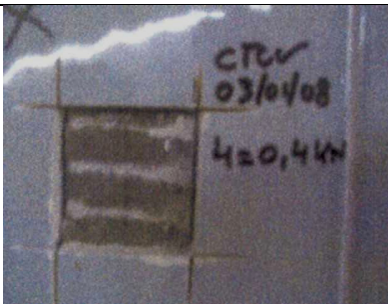
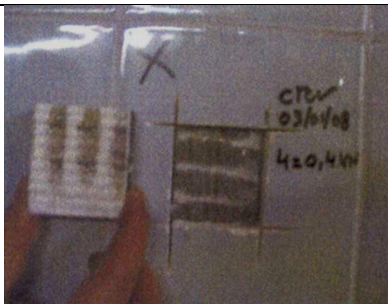
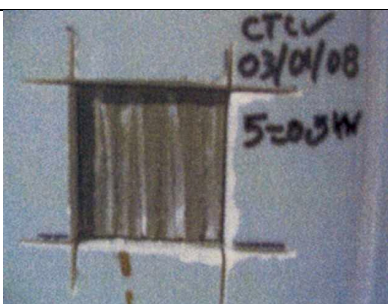
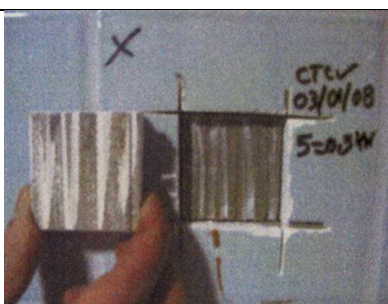
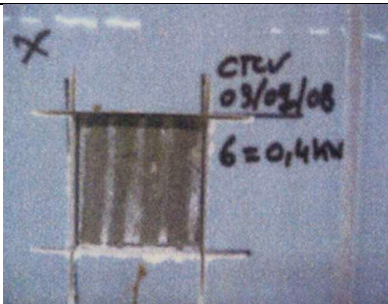
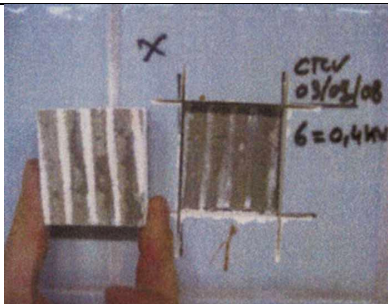

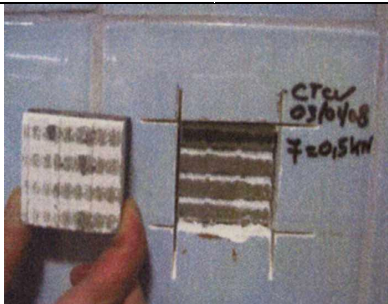
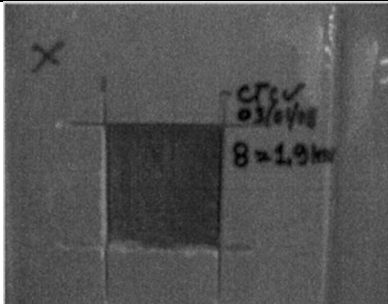
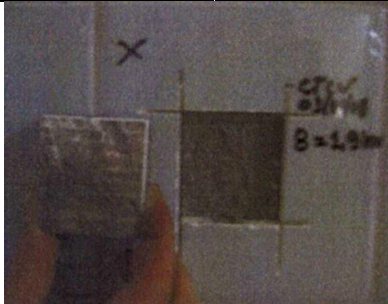
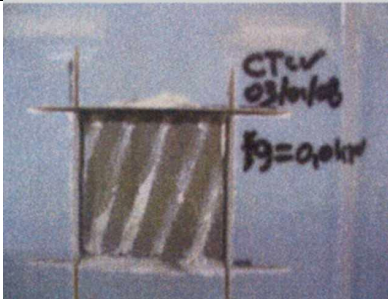
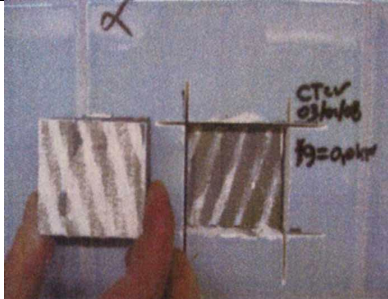



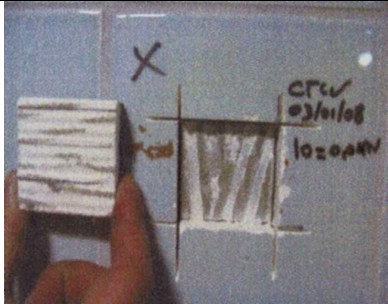
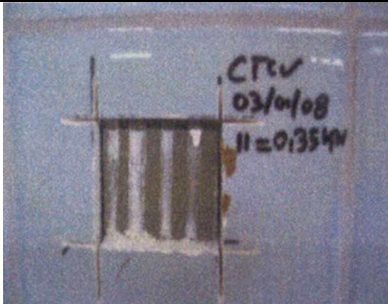
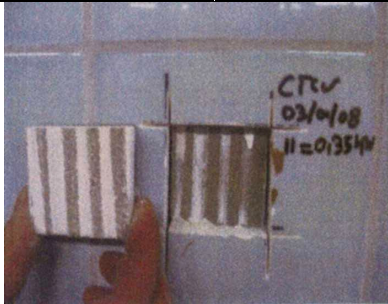
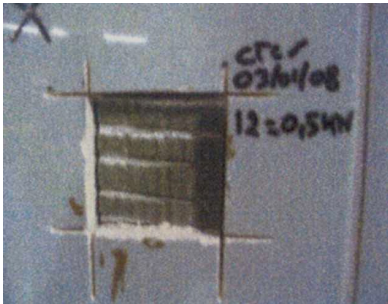
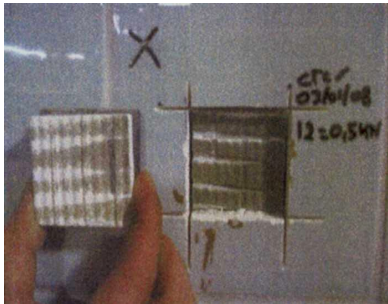


Figura I2.3 – Localização dos ensaios - Estação dos Combatentes – Piso -4 [27]

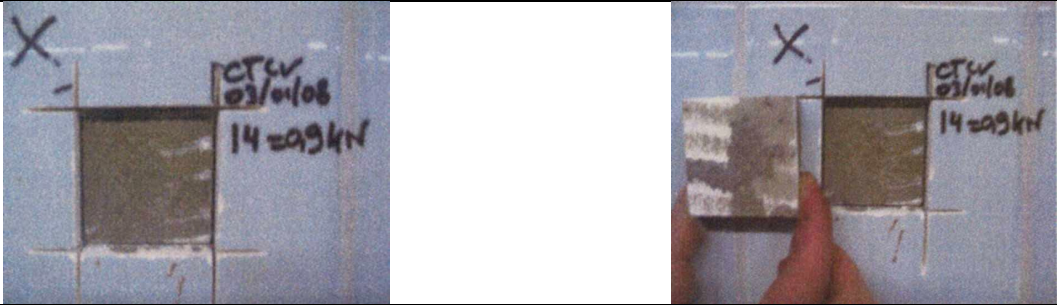
ESTAÇÃO DO MARQUÊS

Quadro I3 – Resultado dos ensaios - Estação do Marquês [27]

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1 (Mezanine Alto)	0,40	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 2 (Mezanine Alto)	0,92	Ruptura pelo suporte
		
Provete 3 (Mezanine Alto)	0,93	Ruptura pelo suporte
		
Provete 4 (Mezanine Alto)	0,16	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 5 (Mezanine Intermédio)	0,19	Ruptura pelo cimento-cola
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 6 (Cais)	0,16	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardoz da peça cerâmica)
		
Provete 7 (Cais)	0,21	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 8 (Cais)	0,77	Ruptura pelo cimento-cola - (70% de cola no tardoz da peça cerâmica)
		
Provete 9 (Cais)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 10 (Mezanine Intermédio)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 11 (Cais)	0,15	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 12 (Cais)	0,21	Ruptura pelo cimento-cola
		
Provete 13 (Cais)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 14 (Cais)	0,36	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no taroz da peça cerâmica)
		
Média = 0,3		

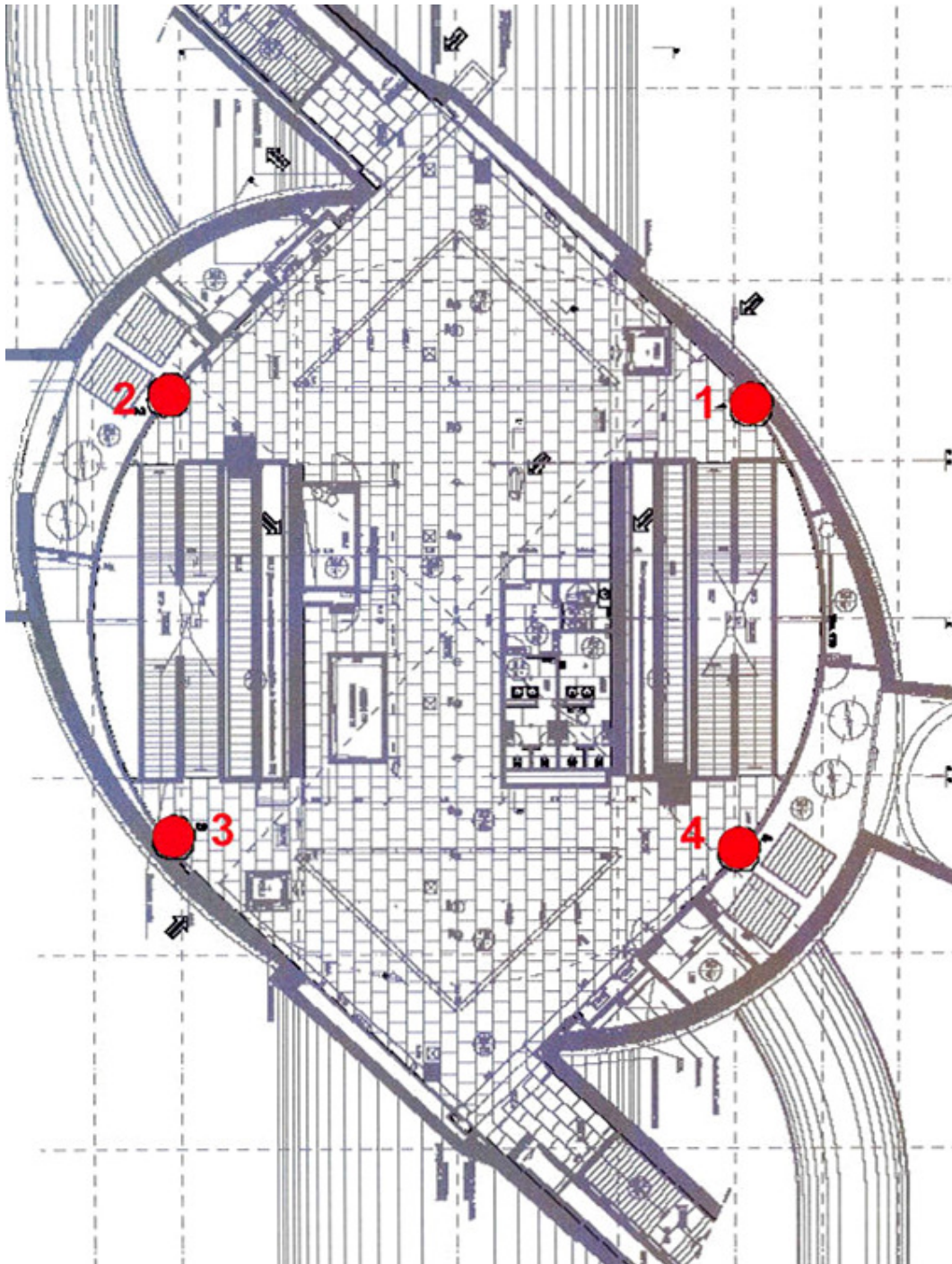


Figura I3.1 – Localização dos ensaios - Estação do Marquês – Mezanine Alto [27]

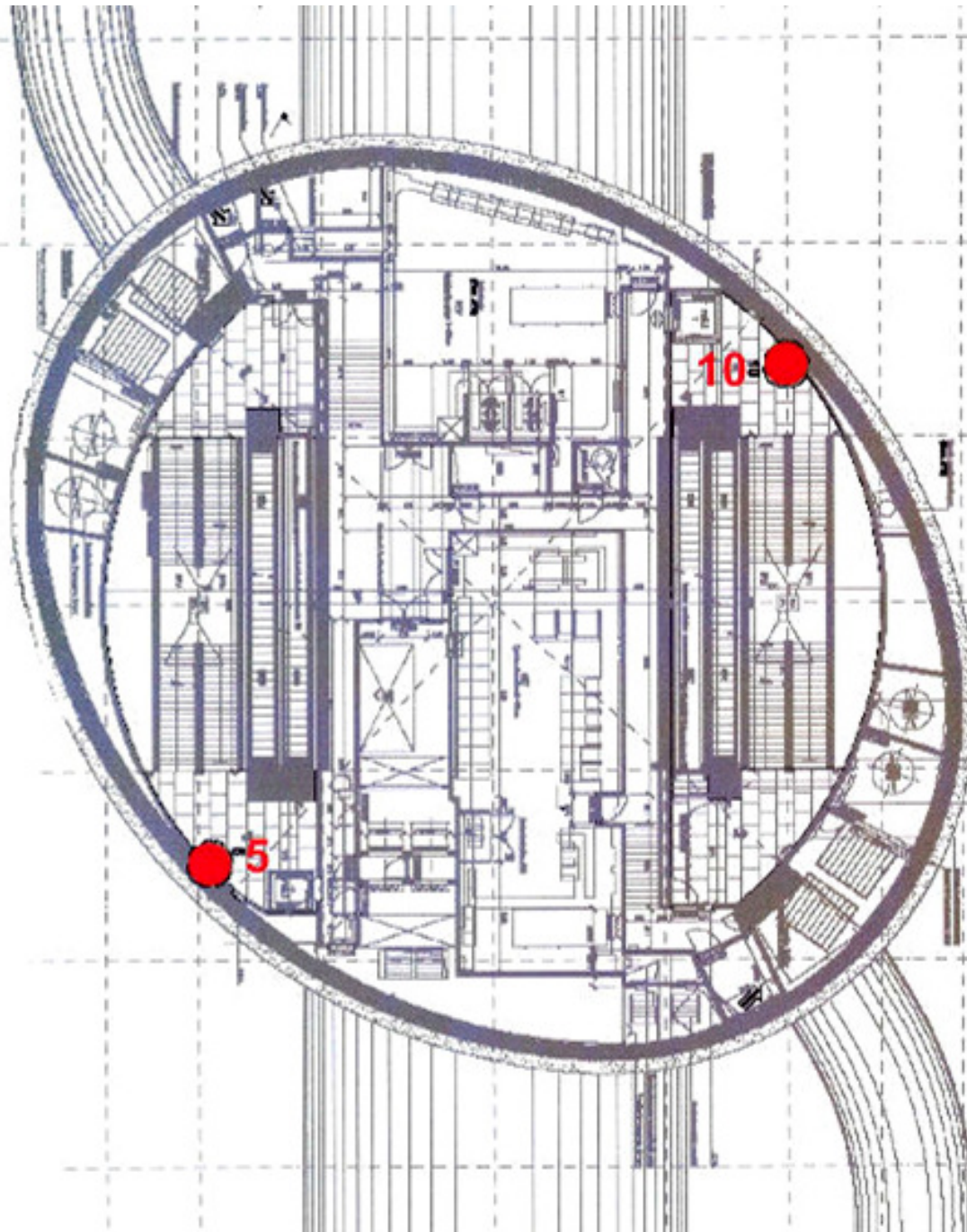


Figura I3.2 – Localização dos ensaios - Estação do Marquês – Mezanine Intermédio [27]

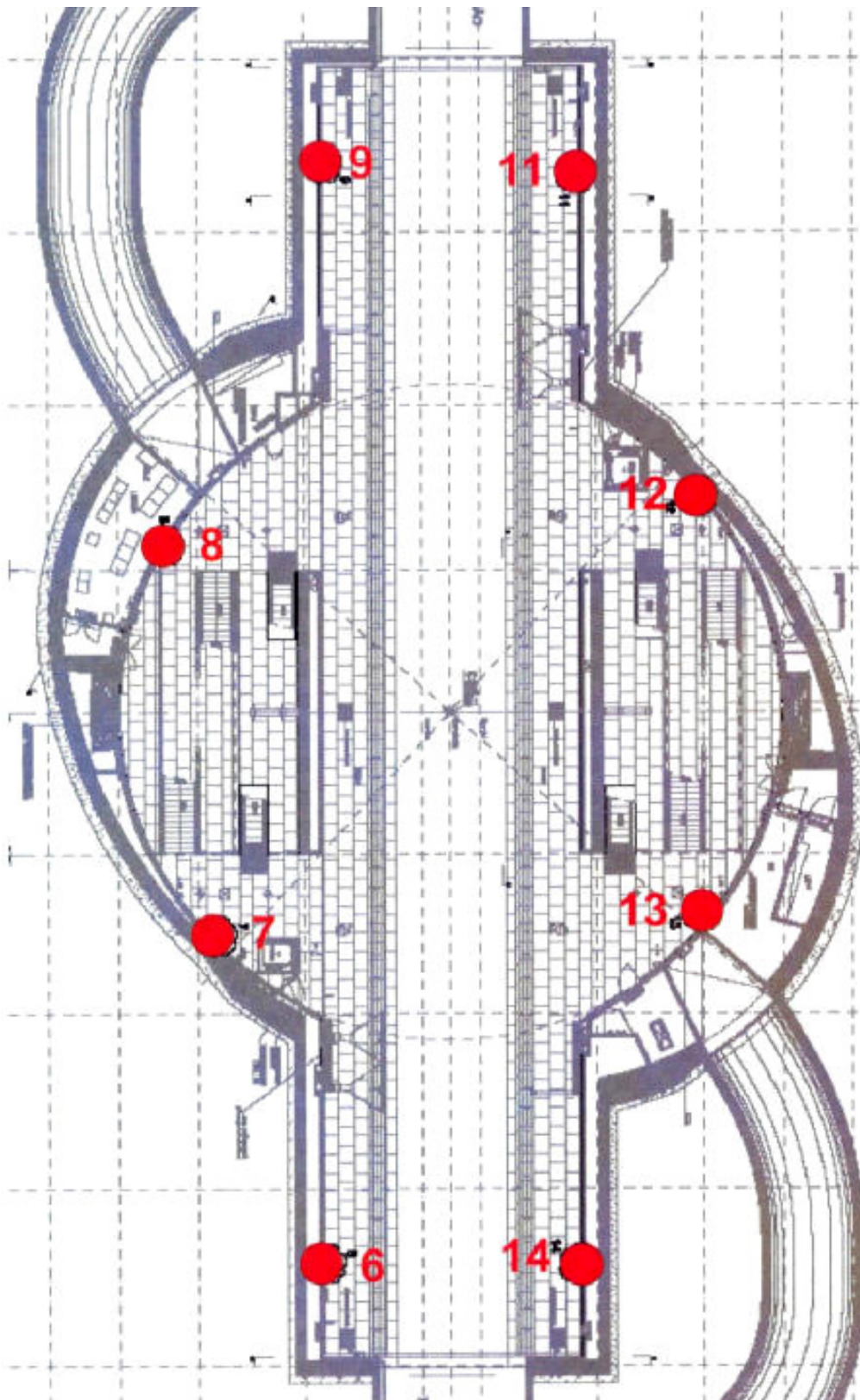


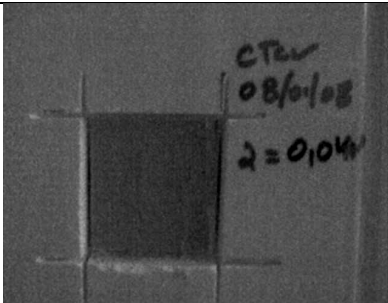
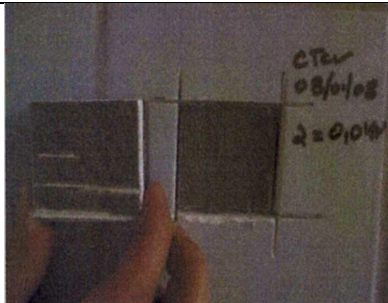
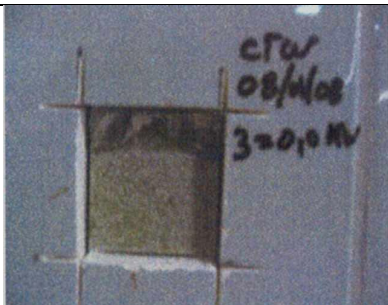
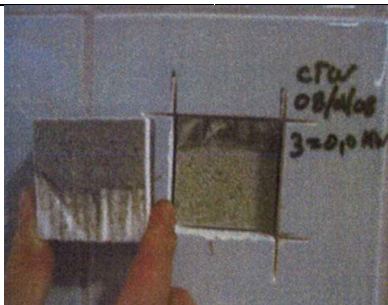
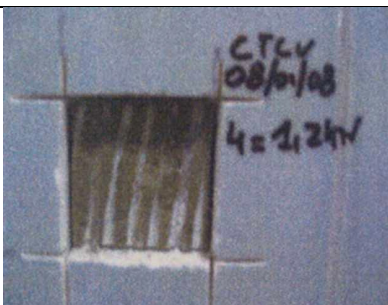

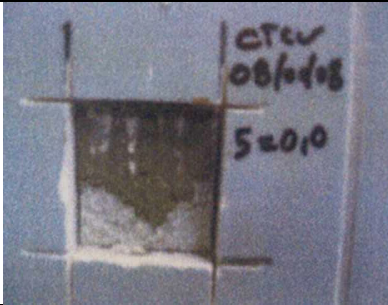
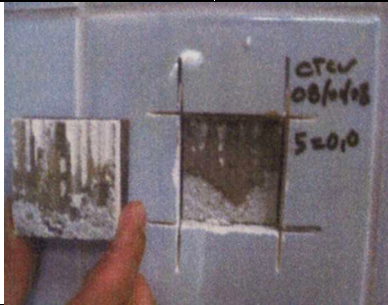
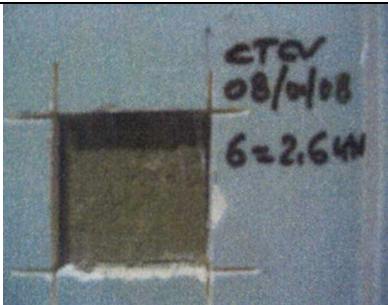
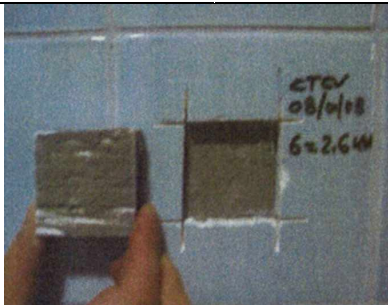
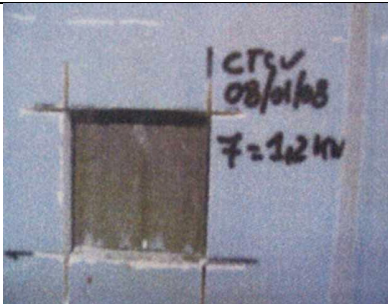
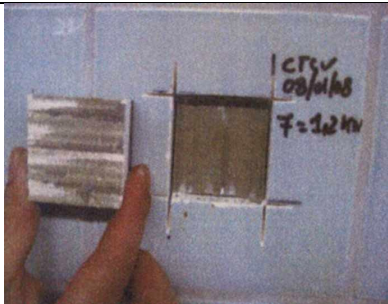
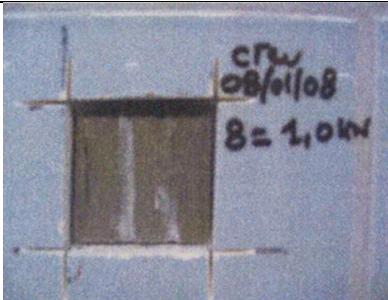
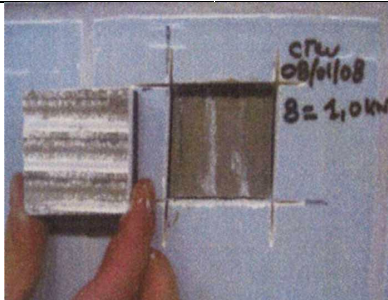


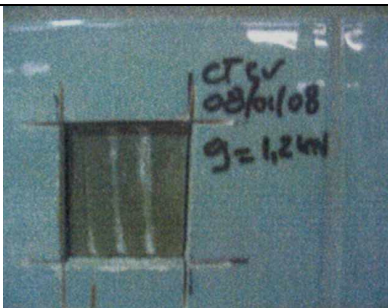
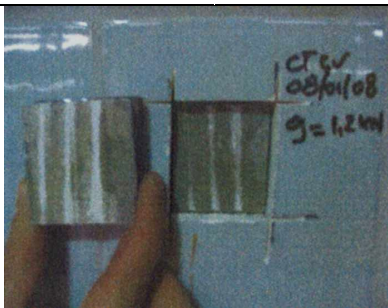

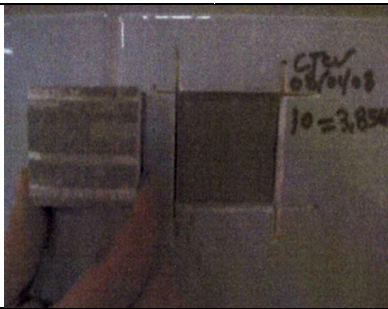


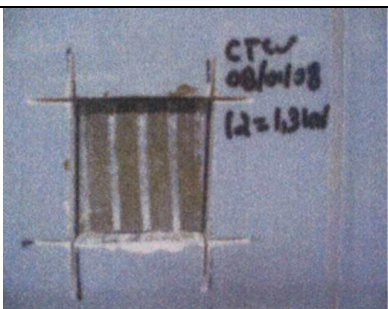
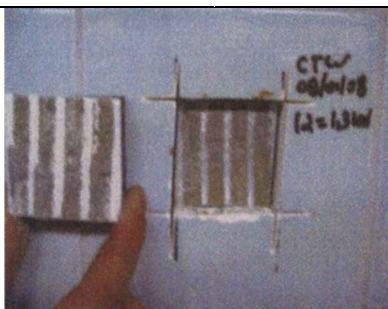
Figura I3.3 – Localização dos ensaios - Estação do Marquês – Cais [27]

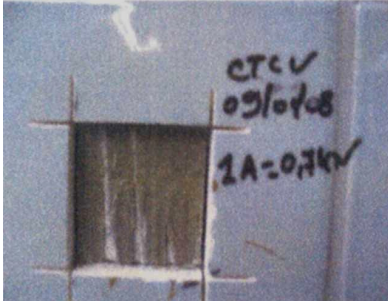

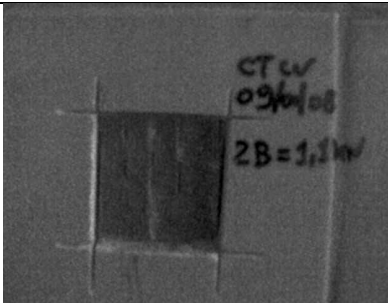
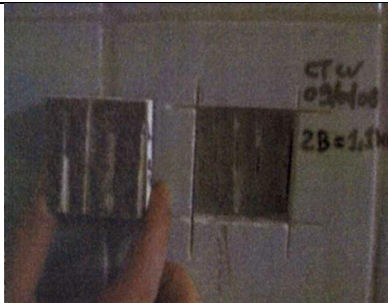
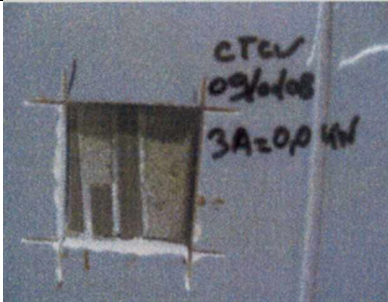


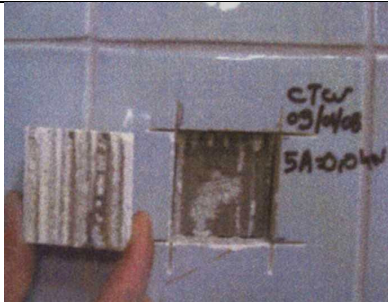
ESTAÇÃO DA TRINDADE

Quadro I4 – Resultado dos ensaios - Estação da Trindade [27]

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1 (Mezanine Alto)	0,29	Ruptura pelo cimento-cola - (50% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 2 (Mezanine Alto)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola - (80% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 3 (Mezanine Alto)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola/suporte- (90% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 4 (Mezanine Alto)	0,50	Ruptura pelo cimento-cola - (30% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 5 (Mezanine Alto)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola/suporte- (70% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 6 (Mezanine Alto)	1,06	Ruptura pelo cimento-cola - (80% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 7 (Cais)	0,50	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 8 (Cais)	0,42	Ruptura pelo cimento-cola - (5% de cola no tardez da peça cerâmica)
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 9 (Cais)	0,49	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 10 (Cais)	1,57	Ruptura pelo cimento-cola - (50% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 11 (Cais)	1,07	Ruptura pelo cimento-cola - (30% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 12 (Cais)	0,54	Ruptura pelo cimento-cola - (50% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Média = 0,5		

REPETIÇÃO		
Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1A (Mezanine Alto)	0,28	Ruptura pelo cimento-cola - (30% de cola no tardo de da peça cerâmica)
		
Provete 2A (Mezanine Alto)	0,42	Ruptura pelo cimento-cola - (80% de cola no tardo de da peça cerâmica)
		
Provete 3A (Mezanine Alto)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola/suporte- (60% de cola no tardo de da peça cerâmica)
		
Provete 5A (Mezanine Alto)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola/suporte-(5% de cola no tardo de da peça cerâmica)
		
Média = 0,2		

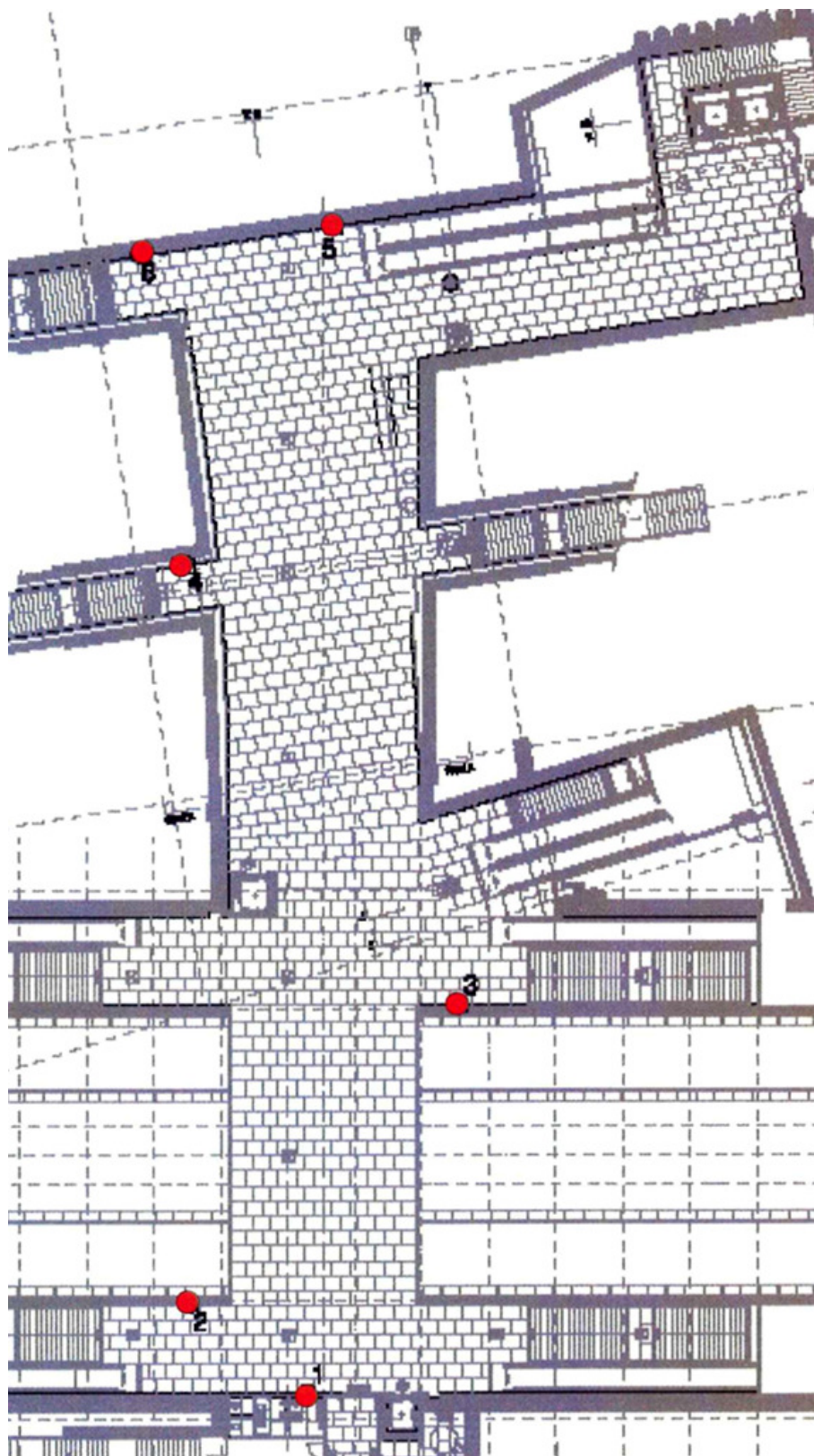


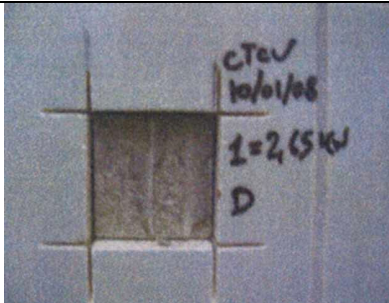
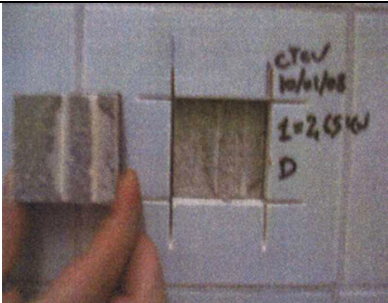
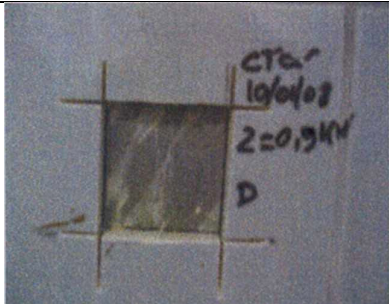
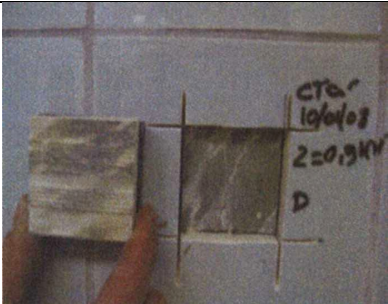
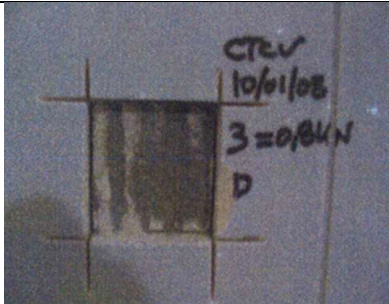
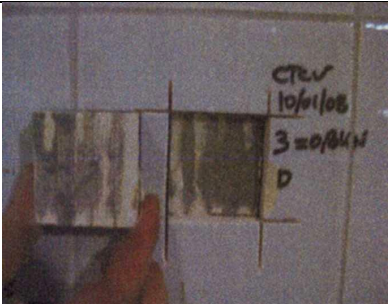
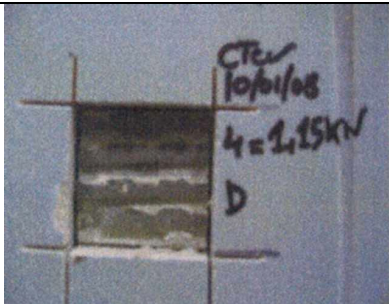
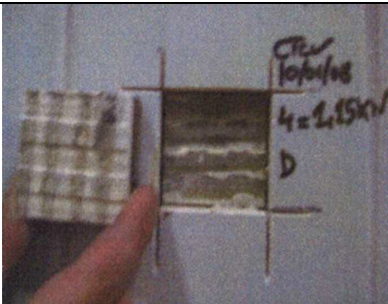
Figura I4.1 – Localização dos ensaios - Estação da Trindade - Mezanine Alto [27]

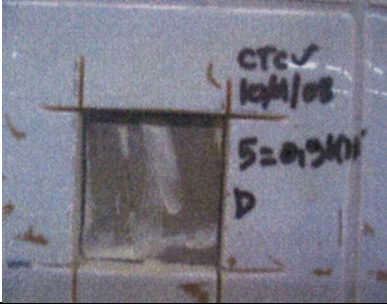

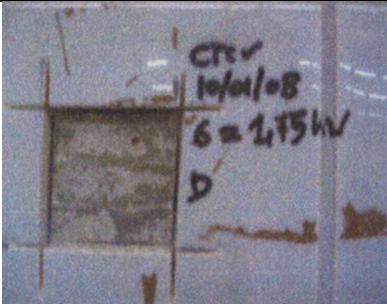

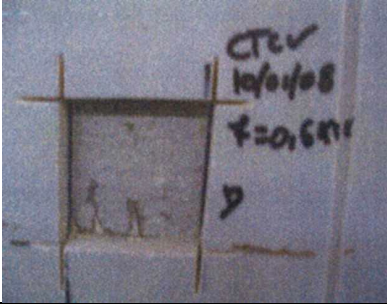

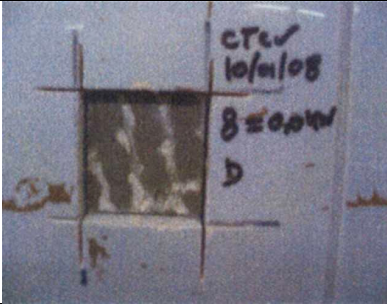
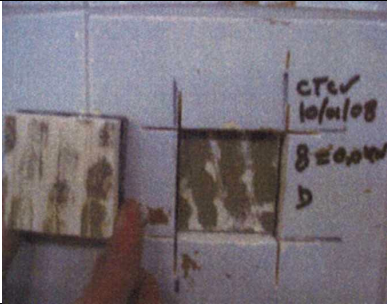


Figura 14.2 – Localização dos ensaios - Estação da Trindade - Cais [27]

**ESTAÇÃO DO ESTÁDIO DO
DRAGÃO**

Quadro I5 – Resultado dos ensaios - Estação do Estádio do Dragão [27]

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 1 (Mezanine Alto)	1,09	Ruptura pelo cimento-cola - (70% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 2 (Mezanine Alto)	0,37	Ruptura pelo cimento-cola - (5% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 3 (Mezanine Alto)	0,33	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardez da peça cerâmica)
		
Provete 4 (Mezanine Alto)	0,48	Ruptura pelo cimento-cola - (10% de cola no tardez da peça cerâmica)
		

Provete n.º	(N/mm ²)	Modo de Fractura
Provete 5 (Cais)	0,37	Ruptura pelo cimento-cola - (5% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Provete 6 (Cais)	0,74	Ruptura pelo cimento-cola - (80% de cola no tardoiz da peça cerâmica) + Reboco
		
Provete 7 (Cais)	0,25	Ruptura pelo suporte
		
Provete 8 (Cais)	0,00	Ruptura pelo cimento-cola - (5% de cola no tardoiz da peça cerâmica)
		
Média = 0,5		

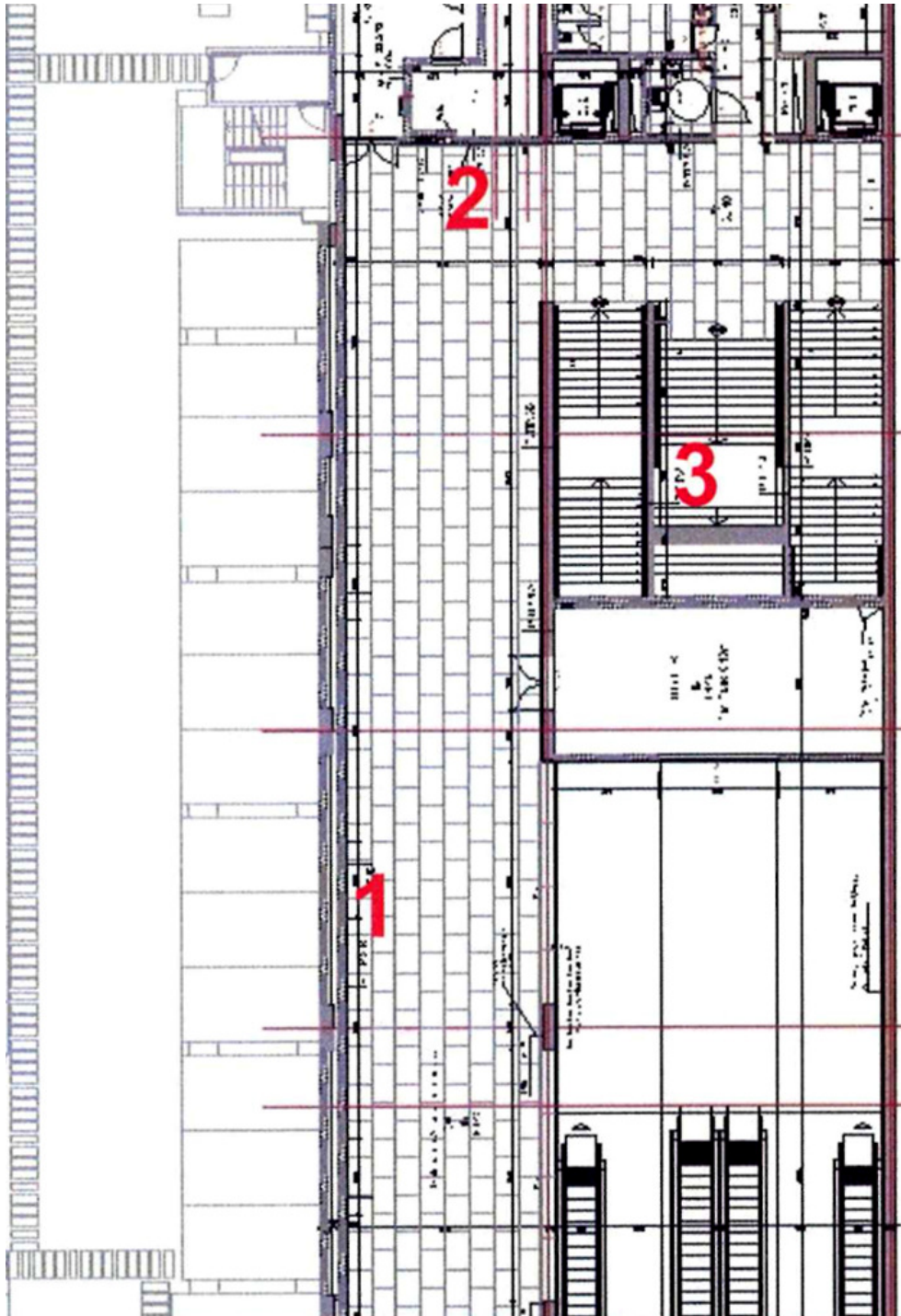


Figura I5.1 – Localização dos ensaios - Estação do Estádio do Dragão – Mezanine Alto [27]

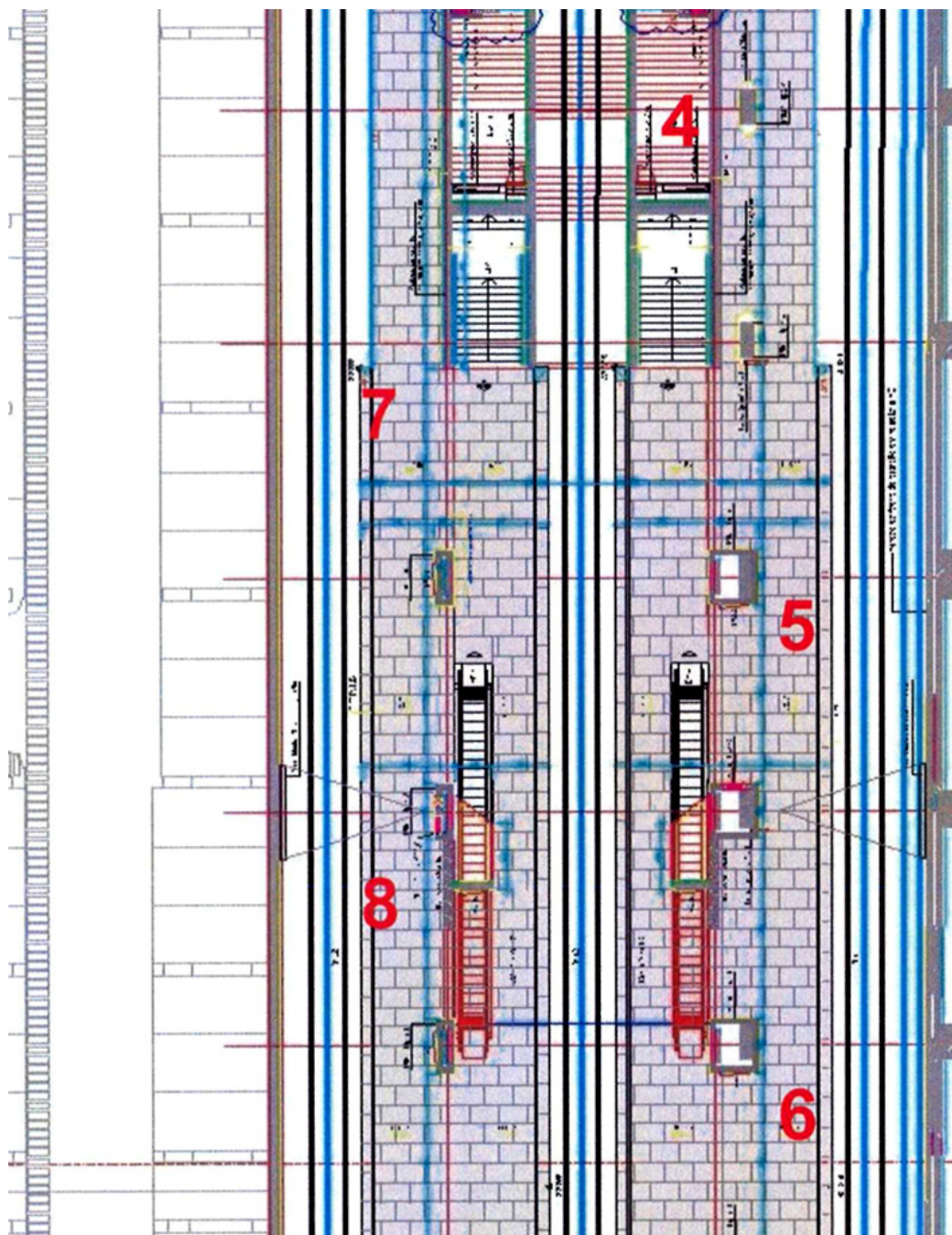


Figura I5.2 – Localização dos ensaios - Estação do Estádio do Dragão – Cais [27]