

AVALIAÇÃO DA VIDA ÚTIL DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM FACHADAS ATRAVÉS DE INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS

ILÍDIO DOS SANTOS DIAS

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

Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JULHO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446



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 +351-22-5081440



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 - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo 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 eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus pais

“ Põe quanto és no mínimo que fazes.”

Ricardo Reis

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer a disponibilidade demonstrada por algumas empresas em colaborar com este estudo, tornando-o assim possível.

À professora Maria Helena Póvoas Corvacho, pela orientação e simpatia demonstrada ao longo destes meses de trabalho.

Aos amigos que me auxiliaram na elaboração da comunicação deste trabalho.

Àqueles que me acompanharam de uma forma mais próxima no decorrer desta etapa tão emotiva.

Aos meus pais e irmãos.

Por último, um agradecimento especial á minha mãe, pelo seu apoio incondicional.

RESUMO

O presente estudo é referente à avaliação da vida útil de revestimentos cerâmicos em fachadas através de inspeção de edifícios.

Este trabalho começa por caracterizar os revestimentos cerâmicos em fachadas, bem como as anomalias a ele inerentes. Segue-se a ilustração das mesmas através de fotografias recolhidas em campo, tendo em vista uma maior sensibilização para o tipo de anomalias características deste revestimento.

Posteriormente desenvolve-se e apresenta-se a ficha de inspeção, tendo por base as manifestações patológicas do revestimento cerâmico em fachadas. Com base nesta, e após definida a amostra de edifícios, realizam-se as inspeções às fachadas. Segue-se a conceção da metodologia de avaliação da degradação e procede-se à sua aplicação à amostra recolhida em trabalho de campo. Posto isto, está-se em condições de avaliar a vida útil do revestimento cerâmico.

PALAVRAS-CHAVE: vida útil, revestimento cerâmico, inspeção de edifícios, anomalias, fachadas.

ABSTRACT

The present study is concerning to the evaluation of the life cycle of ceramic coating facades through the inspection of buildings.

The study begins with the characterization of the ceramic coatings and the abnormalities inherent to it. It is followed by an illustration of them, by means of photographs collected in the field, aiming to increase the awareness of the types of anomalies that characterize this type of coating.

Subsequently, it is developed and presented the inspection form, based on the pathological manifestations of the ceramic coating on the facades. Based on that, and after the definition of the building's sample, are made the inspections to the facades. Afterwards, there is the conception of the methodology of degradation evaluation followed by its application on the sample collected in the field work. After that, and to conclude, it is possible to evaluate the life cycle of the ceramic tiles.

KEYWORDS: life cycle, ceramic coating, inspection of buildings, building pathology, facades.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO DO TEMA	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. VIDA ÚTIL - ENQUADRAMENTO	3
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
2.2. TERMINOLOGIA E CONCEITOS DE VIDA ÚTIL	4
2.2.1. CONCEITO DE VIDA ÚTIL.....	4
2.2.2. CONCEITO DE DURABILIDADE	5
2.2.3. FIM DE VIDA ÚTIL	5
2.3. PREVISÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL	7
2.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	7
2.3.2. MÉTODOS DE PREVISÃO	7
2.4. MECANISMOS E AGENTES DE DEGRADAÇÃO	8
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
3. REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM FACHADAS	11
3.1. INTRODUÇÃO.....	11
3.2. ANÁLISE EXIGENCIAL DO SISTEMA	11
3.3. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS	14
3.3.1. LADRILHOS CERÂMICOS.....	16
3.3.1.1. Enquadramento Normativo e Processos de Fabrico	16
3.3.1.2. Características.....	18
3.3.1.3. Absorção de água	19
3.3.1.4. Expansão por humidade.....	19
3.3.1.5. Dilatação Térmica.....	19
3.3.1.1. Grau de vitrificação.....	20
3.3.2. PRODUTO DE COLAGEM	20

3.3.3. SUPORTE	23
3.3.4. JUNTAS.....	25
3.4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....	29
3.4.1. PREPARAÇÃO DO SUPORTE E TAREFAS PRELIMINARES.....	29
3.4.2. APLICAÇÃO DO MATERIAL DE ASSENTAMENTO	30
3.4.3. APLICAÇÃO DOS LADRILHOS	31
3.4.4. APLICAÇÃO DO PRODUTO DE JUNTAS	31
3.4.5. LIMPEZA E CURA	31
3.5. ANOMALIAS	32
3.5.1. PRINCIPAIS ANOMALIAS.....	32
3.5.1.1. Anomalias Estéticas	32
3.5.1.2. Anomalias em Juntas	35
3.5.1.3. Fendilhação/Fissuração	36
3.5.1.4. Descolamentos	37
3.5.2. ORIGEM DAS ANOMALIAS.....	39
3.5.3. CAUSAS DAS ANOMALIAS	39
4. INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS -TRABALHO DE CAMPO	43
4.1. ENQUADRAMENTO.....	43
4.2. FICHA DE INSPEÇÃO	45
4.2.1. IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	45
4.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA FACHADA	46
4.2.3. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO ADERENTE	46
4.2.4. AMBIENTE EXTERIOR	47
4.2.5. MANUTENÇÃO	47
4.2.6. ESTADO DE CONSERVAÇÃO	47
4.3. AMOSTRA DE EDIFÍCIOS.....	48
4.3.1. DEFINIÇÃO E RECOLHA DA AMOSTRA.....	48
4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	51
4.3.2.1. Descrição Geral.....	51
4.3.2.2. Grupo 1.....	55
4.3.2.3. Grupo 2.....	56
4.3.2.4. Grupo 3.....	57
4.3.2.5. Grupo 4.....	58

4.3.2.6. Grupo 5.....	59
4.3.2.7. Grupo 6.....	61
4.4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO.....	63
4.4.1. ANÁLISE DE MODELOS DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO.....	63
4.4.1.1. Modelo proposto por <i>Sousa (2008)</i>	64
4.4.1.2. Modelo proposto por <i>Silva (2013)</i>	65
4.4.2. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO	66
4.5. OUTRAS CONSIDERAÇÕES.....	69
5. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	71
5.1. NOTA PRÉVIA	71
5.2. ANÁLISE DAS ANOMALIAS.....	71
5.3. AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO RCA - VIDA ÚTIL	76
5.3.1. ANÁLISE SEGUNDO AS CARACTERÍSTICAS DO RCA E DA FACHADA	78
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	83
6.1. CONCLUSÕES.....	83
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	84

ANEXOS

A1- Ficha de Inspeção

A2- Ficha de Inspeção preenchida

A3- Resumo das principais características da amostra de RCA

A4- Registo fotográfico complementar das Anomalias

A5- Metodologia de avaliação da Degradação

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Capela das Almas, Porto	1
Figura 2.1 – Representação gráfica de MOSER (1999) [2]	6
Figura 3.1 - Solução de fixação semi-oculta [15]	15
Figura 3.2 - Solução de fixação oculta [15]	15
Figura 3.3 – Fachada não aderente	15
Figura 3.4 – Solução de fixação mecânica oculta.....	15
Figura 3.5 - Eflorescências.....	33
Figura 3.6 - Sujidade superficial.....	33
Figura 3.7 – Escorrências de elementos metálicos	34
Figura 3.8 – Crescimento Biológico	34
Figura 3.9 – Alteração da cor e brilho	34
Figura 3.10 – Riscagem e desgaste	34
Figura 3.11 – Crateras no ladrilho cerâmico	35
Figura 3.12 – Lascagem dos bordo	35
Figura 3.13 – Alteração da cor/enodoamento da junta.....	36
Figura 3.14 – Desprendimento do produto de junta.....	36
Figura 3.15 – Fendilhação com direção definida	37
Figura 3.16 – Fendilhação sem direção preponderante	37
Figura 3.17 - Empolamento.....	38
Figura 3.18 – Descolamento generalizado	38
Figura 4.1 – Influência da manutenção nas exigências dos edifícios (adaptado de Takata et al, 2004) [33].....	47
Figura 4.2 - Faculdade de letras da Universidade do Porto	48
Figura 4.3 – Localização da Amostra de Edifícios	50
Figura 4.4 – Idades da amostra de Edifícios.....	51
Figura 4.5 – Número de Pisos dos Edifícios	52
Figura 4.6 – Tipos de ladrilhos da amostra.....	52
Figura 4.7 – Orientação das fachadas da amostra.....	52
Figura 4.8 - Reparação das fachadas em função da respetiva orientação	53
Figura 4.9 – Estruturação dos grupos de Edifícios	54
Figura 4.10 - Edifício 1	55
Figura 4.11 – Edifício 6	55
Figura 4.12 – Edifício 7	55

Figura 4.13 – Edifício 8	55
Figura 4.14 – Edifício 3	56
Figura 4.15 – Edifício 4	56
Figura 4.16 – Edifício 5	57
Figura 4.17 – Pormenor da fachada lateral (Edifício 5)	57
Figura 4.18 – Edifício 11	58
Figura 4.19 – Edifício 26	58
Figura 4.20 – Edifício 2	58
Figura 4.21 – Edifício 16	58
Figura 4.22 – Edifício 18	59
Figura 4.23 – Edifício 22	59
Figura 4.24 – Edifício 9	60
Figura 4.25 – Edifício 17	60
Figura 4.26 – Edifício 19	60
Figura 4.27 – Edifício 20	60
Figura 4.28 – Edifício 21	61
Figura 4.29 – Edifício 23	61
Figura 4.30 – Edifício 24	61
Figura 4.31 – Edifício 25	61
Figura 4.32 - Edifício 10	62
Figura 4.33 – Edifício 12	62
Figura 4.34 – Edifício 14	62
Figura 4.35 – Edifício 13	63
Figura 4.36 – Edifício 15	63
Figura 4.37 – Curva de degradação de 177 casos inspecionados.[2]	65
Figura 4.38 - Sujidade Superficial (<i>Edifício 1</i>)	68
Figura 4.39 – Alteração de cor (<i>Edifício 26</i>)	68
Figura 4.40 – Fissuração ligeira (<i>Edifício 23</i>)	68
Figura 4.41 – Fissuração severa (<i>Edifício 19</i>)	69
Figura 4.42 – Descolamento (<i>Edifício 8</i>)	69
Figura 5.1 – Incidência das anomalias nas fachadas	72
Figura 5.2 – Composição do grupo de anomalias estéticas	72
Figura 5.3 – Alteração da cor e brilho (<i>Edifício 10</i>)	73

Figura 5.4 – Enodoamento (Edifício 24)	73
Figura 5.5 – Grupo: Anomalias em juntas.....	73
Figura 5.6 – Grupo: Fendilhação.....	74
Figura 5.7 – Grupo: Descolamentos	74
Figura 5.8 – Fissuração (Edifício 13)	74
Figura 5.9 – Fissuração (Edifício 21)	74
Figura 5.10 – Fissuração da platibanda (Edifício 4).....	75
Figura 5.11 – Fissuração da consola (Edifício 17)	75
Figura 5.12 – Descolamento localizado (Edifício 11).....	75
Figura 5.13 – Descolamento generalizado (Edifício 12)	75
Figura 5.14 - Incidência das anomalias nas fachadas em RCA (45 fachadas)	76
Figura 5.15 – Evolução da Degradação do RCA (45 fachadas).....	77
Figura 5.16 - Evolução da Degradação do RCA (IDR médio das idades).....	78
Figura 5.17 – Evolução da degradação da “Pastilha”	79
Figura 5.18 – Evolução da Degradação dos “outros ladrilhos”	79
Figura 5.19 – Evolução da degradação dos Edifícios segundo o número de pisos 4	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Tipos de obsolescência [9]	6
Quadro 2.2 – Agentes de degradação. [9]	9
Quadro 3.1: Exigências Funcionais para revestimento cerâmico aderente em Fachadas [1, 11, 12] .	12
Quadro 3.2 - Classificação dos Ladrilhos Cerâmicos segundo a <i>EN 14411:2008</i> [17]	16
Quadro 3.3 - Caracterização de produtos comercializados [2, 12].....	17
Quadro 3.4 – Características requeridas para aplicação em Paredes Exteriores [17].....	18
Quadro 3.5 – Tipos de Colas para ladrilhos [20].....	21
Quadro 3.6 – Caracterização dos Cimentos-cola para ladrilhos [2, 12]	21
Quadro 3.7 – Classes do Cimento-cola [20]	22
Quadro 3.8 – Classes de Cimento-cola recomendadas para fachadas. [12]	22
Quadro 3.9 – Classificação dos suportes segundo a natureza das paredes exteriores [1, 11]	23
Quadro 3.10 – Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados. [12].....	24
Quadro 3.11 – Classificação do suporte (<i>CEN</i>) em função do desvio de planeza. [12].....	25
Quadro 3.12 – Tipos de Juntas [1]	25
Quadro 3.13 – Tipos de Juntas de Construção. [1, 12]	26
Quadro 3.14 – Espessuras mínimas para juntas de assentamento em paramentos exteriores.[1, 12]	27
Quadro 3.15 – Caracterização dos produtos de junta. [14]	28
Quadro 3.16 – Condições a satisfazer pelo paramento exterior no momento da colagem. [14].....	29
Quadro 3.17 – Tipos de rotura de ligações ladrilho-cola-suporte e respetivas causas.[12, 23]	38
Quadro 3.18 – Classificação das causas das anomalias em RCA. [24, 25].....	40
Quadro 4.1 – Escala do Indicador de Degradação do Revestimento (IDR)	66
Quadro 4.2 – Fatores de Ponderação dos Grupos de Anomalias	68
Quadro 5.1 – IDR de fachadas com a mesma idade	77
Quadro 6.1 – Vida útil expetável RCA (adaptada de <i>sousa 2008</i>)	84

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ASTM - American Society for Testing and Materials

ISO - International Organization for Standardization

CSA - Canadian Standard Association

NP - Norma Portuguesa

EN - European Normalization

CEN - Comité Européen de Normalização

NF – Norme Française

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

RCA - Revestimento Cerâmico Aderente

RCF - Revestimento Cerâmico em Fachada

GL - Ladrilhos vidrados

UGL - Ladrilhos não vidrados

ETICS - External Thermal Insulation Composite Systems

IDR – Indicador de Degradação do Revestimento [%]

A_e – área de fachada afetada por anomalias estéticas [m^2];

A_j – área de fachada afetada por anomalias em juntas [m^2];

A_f – área de fachada afetada por fendilhação [m^2];

A_d – área de fachada afetada por descolamentos [m^2];

K_e – factor de ponderação das anomalias estéticas;

K_j – factor de ponderação das anomalias em juntas;

K_f – factor de ponderação da fendilhação;

K_d – factor de ponderação dos descolamentos;

A_T – área da fachada revestida [m^2]

K - fator de ponderação das anomalias

R^2 – Coeficiente de determinação

AC - Ar Condicionado

1

INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO DO TEMA

Em Portugal, a aplicação de revestimentos cerâmicos em fachadas difundiu-se a partir do século XVIII. Este tipo de revestimento apresenta uma amostra bastante significativa ao nível da composição das fachadas em Portugal, sendo que é o terceiro revestimento mais utilizado em paramentos exteriores.

Interessante observar que, de acordo com os *Censos 2011*, a região norte do país é a que regista uma maior aplicação de revestimentos cerâmicos ao longo dos anos e supera mesmo a média nacional. A título de exemplo, no intervalo de anos 2006 a 2011, a aplicação de revestimentos cerâmicos no exterior em Portugal foi de 2,7%, igualmente na região de Lisboa e de 4,5%, no Norte do país.



Figura 1.1 – Capela das Almas, Porto

De acordo com alguns autores, o revestimento cerâmico é um elemento de valorização das edificações, uma vez que lhes confere um aspeto estético agradável e uma durabilidade apreciável, ou pelo menos assim se espera dele. [1, 2]

Nos últimos anos tem-se verificado uma preocupação crescente com a durabilidade, motivada essencialmente por questões económicas e ambientais. Os revestimentos cerâmicos apesar de serem um dos revestimentos de fachada mais duráveis, são também os que apresentam um maior custo inicial e de reparação.

Posto isto, uma avaliação da vida útil de revestimentos cerâmicos em fachadas permitirá definir um intervalo de tempo em que o revestimento cerâmico apresenta o desempenho requerido, possibilitando assim uma análise de viabilidade económica face a outro tipo de soluções de revestimento exterior.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste estudo consiste em avaliar a vida útil dos revestimentos cerâmicos em fachadas, identificando particularmente os seus principais mecanismos e agentes de degradação, através da inspeção de edifícios.

Tendo em vista o objetivo anteriormente referido, a dissertação será desenvolvida segundo as principais fases:

- Levantamento fotográfico das principais anomalias dos revestimentos cerâmicos;
- Definição da amostra de edifícios a estudar;
- Recolha dos dados históricos dos edifícios junto dos seus administradores;
- Inspeção da amostra de edifícios baseada na ficha de inspeção realizada previamente;
- Tratamento dos dados recolhidos em campo;
- Desenvolvimento e aplicação da metodologia de avaliação da vida útil.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos:

- **Capítulo 1** – Realiza-se uma breve introdução, onde se apresenta a motivação, o objetivo do estudo e a estrutura do mesmo.
- **Capítulo 2** – É feito um breve enquadramento da vida útil, onde se apresentam alguns conceitos importantes para o desenvolvimento do trabalho, nomeadamente o *Fim de vida útil*.
- **Capítulo 3** – Neste capítulo aborda-se o revestimento cerâmico em fachadas, onde se efetua uma análise exigência do sistema e uma caracterização dos vários componentes do sistema. Descreve-se a tecnologia de aplicação e por último apresentam-se as principais anomalias que se manifestam nos revestimentos cerâmicos em fachadas.
- **Capítulo 4** – Começa-se por apresentar a estrutura da ficha de inspeção, segue-se uma descrição da amostra de edifícios e do respetivo processo de recolha. Por fim, apresenta-se a metodologia de avaliação da degradação.
- **Capítulo 5** – Inicia-se com uma análise das anomalias recolhidas ao longo do trabalho de campo. Posteriormente apresentam-se os resultados da aplicação da metodologia de avaliação à amostra de edifícios.
- **Capítulo 6** – Pretende apresentar-se as conclusões relativas ao estudo desenvolvido, nomeadamente acerca do período de vida útil dos revestimentos cerâmicos em fachadas. Apresentam-se ainda algumas sugestões de desenvolvimentos futuros.

2

VIDA ÚTIL - ENQUADRAMENTO

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nas últimas décadas pode constatar-se um interesse crescente em investigar o comportamento dos materiais e componentes dos edifícios ao longo da sua vida útil. Neste contexto, diversos autores apontam o aumento de interesse a uma maior consciencialização, preocupação social e política com as questões ambientais, nomeadamente em torno dos conceitos de *sustentabilidade* e *desenvolvimento sustentável*. Deste modo, o aumento do ciclo de vida das construções apresenta-se como um vetor importante na procura da sustentabilidade.

Hovde (2004) afirma também, que o interesse pela vida útil e durabilidade tem como base as questões ambientais e económicas, que cada vez mais têm um maior peso na tomada de decisões no sector da construção. As ambientais prendem-se com a escassez de materiais e de recursos de energia, com o facto de o sector da construção ser um grande consumidor desses recursos, e de provocar um grande impacto ambiental com a construção de infraestruturas. Do lado das questões económicas, pesa o valor total do ambiente construído a nível nacional e o valor de cada unidade específica (edifícios, estradas, obras de arte, entre outros) para os donos, onde as condições das infraestruturas, o custo anual da gestão e manutenção e o custo do ciclo de vida destas, apresenta uma grande importância na economia de um país.

A vida útil de um edifício, ao contrário do que vulgarmente se pensa, não é apenas condicionada pela sua estrutura, mas por todos os seus elementos constituintes. Os revestimentos exteriores são os elementos mais suscetíveis às condições adversas e funcionam como um sistema de proteção da estrutura do edifício. Posto isto, é de grande importância conservar as suas características durante o seu período de vida útil, de modo a serem garantidos os níveis mínimos de desempenho. Torna-se assim indispensável adotar soluções com durabilidade, de modo a prolongar a vida útil da construção, bem como adotar uma manutenção adequada das fachadas. [2-5]

No presente capítulo pretende-se realizar um breve *estado da arte* dos estudos relativos à vida útil dos edifícios e suas partes constituintes baseado em estudos mais aprofundados acerca do tema. Procura-se apresentar a terminologia e os conceitos relacionados com a avaliação da vida útil. Pretende-se ainda fazer uma breve distinção entre o conceito de vida útil e de durabilidade, introduzir noções relacionadas com a previsão da vida útil, nomeadamente a definição do fim de vida útil e apresentar alguns dos mecanismos e agentes de degradação dos revestimentos cerâmicos em fachadas.

2.2. TERMINOLOGIA E CONCEITOS DE VIDA ÚTIL

2.2.1. CONCEITO DE VIDA ÚTIL

De acordo com vários autores a definição do conceito de vida útil não é consensual, varia consoante o contexto em que se enquadra, os requisitos mínimos exigidos e com os critérios utilizados na sua definição. [6]

A definição de vida útil é apresentada pela *ISO 15686 (Buildings and Constructed Assets - Service Life Planning)*, como “o período de tempo, após a construção, durante o qual o edifício ou as suas partes constituintes igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho”. [7]

Segundo o *Canadian Standard Association S478-95 Guideline on Durability in Buildings*, o conceito de Vida Útil é descrito como “o período de tempo real durante o qual o edifício ou qualquer dos seus componentes cumpre os seus objetivos sem custos imprevistos ou interrupções para manutenção e reparação”.

A norma Americana *ASTM E632* define como “período de tempo, depois da instalação, durante o qual todas as propriedades do material ou componente do edifício excedem os valores mínimos aceitáveis, quando sujeitos a manutenção adequada”.

Balaras et al (2005) apresentam um conceito mais exigente e consideram a vida útil de um componente do edifício, como o período de tempo após a sua aplicação ou construção, durante o qual todas as suas propriedades igualam ou excedem o mínimo aceitável, perante uma rotina de manutenção. [6]

Ripper (2003), num ciclo de palestras sobre desempenho das Construções, apresentou também o seu conceito. Este refere que a “Vida Útil de uma construção é o período de tempo durante o qual esta conserva os requisitos estabelecidos em projeto quanto à segurança, funcionalidade e estética, sem que custos inesperados de manutenção (reparação)”. [6]

Gaspar (2002) apresenta-o como “um conceito relativo, que depende da definição dos níveis mínimos aceitáveis de performance para o período de serviço do elemento considerado, dos critérios de quem avalia determinada característica e do respetivo contexto social, económico, político, estético, ambiental ou normativo em que se enquadra essa avaliação”. [2]

Traços gerais, a diferença entre os conceitos definidos pelos diversos autores consiste na integração de rotinas de manutenção, isto é, alguns autores defendem que a manutenção é preponderante no prolongamento da vida útil das construções. [6]

Correntemente o conceito ainda é confundido com o de durabilidade, como tal existe por vezes uma incorreta utilização dos termos. A vida útil pode considerar-se uma quantificação da durabilidade. Desta forma, é essencial projetar e construir com critérios de durabilidade e adotar uma manutenção periódica, por forma a prolongar a vida útil dos edifícios. Os revestimentos exteriores, como o caso do revestimento cerâmico, são sujeitos a diversos agentes de degradação uma vez que funcionam como a “pele” do edifício, daí advém a importância da manutenção para a extensão da sua vida útil. [4, 5]

2.2.2. CONCEITO DE DURABILIDADE

Uma definição menos técnica e perceptível, define durabilidade como a “*qualidade de durável*”. [8] Habitualmente associa-se durabilidade à qualidade, ou seja, caracteriza-se um produto ou material durável aquele que resiste no tempo e consequentemente este detém maior qualidade. [1]

Segundo a *ISO 15686*, a durabilidade é a “capacidade do edifício, ou seus elementos, desempenharem as funções requeridas durante um determinado período de tempo, sobre a influência dos agentes atuantes em serviço”. [9]

A *Canadian Standard Association*, define durabilidade, através da *CSA S478-95 Guideline on Durability in Buildings*, como a “capacidade de um edifício, ou de qualquer componente do edifício, de desempenhar as funções requeridas (requisitos mínimos) em condições de serviço, durante um intervalo de tempo, sem qualquer custo imprevisto, de manutenção ou reparação.” [9]

A norma *ASTM E632* apresenta a definição de durabilidade como “capacidade de manter um produto, um componente, sistema ou construção em serviço durante um período definido de tempo”.

Essencialmente retém-se que a durabilidade é a capacidade ou habilidade de um edifício ou parte constituinte resistir à degradação, cumprindo os níveis mínimos de serviço definidos, enquanto que a vida útil é o período de tempo que o edifício ou componente consegue durar, ou seja, como já referido, esta é quantificada através da durabilidade. [2]

Importa ainda referir que a durabilidade de um componente, como o ladrilho cerâmico, não deve ser confundida com a durabilidade do sistema de revestimento cerâmico, uma vez que este último deve ser entendido como sendo uma sucessão de camadas que integram entre si, condicionando a durabilidade do subsistema às diferentes durabilidades de cada uma das camadas (suporte, produto de colagem e ladrilho cerâmico). A sua durabilidade resulta da correlação das durabilidades de cada constituinte. Em síntese, a vida útil do sistema será correspondente à menor longevidade dos seus constituintes. [1]

2.2.3. FIM DE VIDA ÚTIL

O fim de vida útil de um elemento da construção é determinado pela perda de capacidade relativamente às funções para o qual foi projetado e ao uso a que se destina.

A definição do limite de vida útil é muito subjetiva e difícil, uma vez que é caracterizada por um conjunto alargado de propriedades com diferentes níveis de importância e pelo julgamento da utilidade ou validade ao longo do tempo. Entende-se então que a definição do fim de vida útil depende bastante da exigência de cada indivíduo. [4, 9]

Segundo *Moser (2004)*, o fim de vida útil pode ser descrito como um ponto no tempo em que a função prevista deixa de ser cumprida. A vida útil é influenciada por critérios de segurança, de funcionalidade e estéticos, sendo que o limite de vida útil do edifício, ou de parte constituinte, é atingido quando um dos critérios não cumpre a sua função.

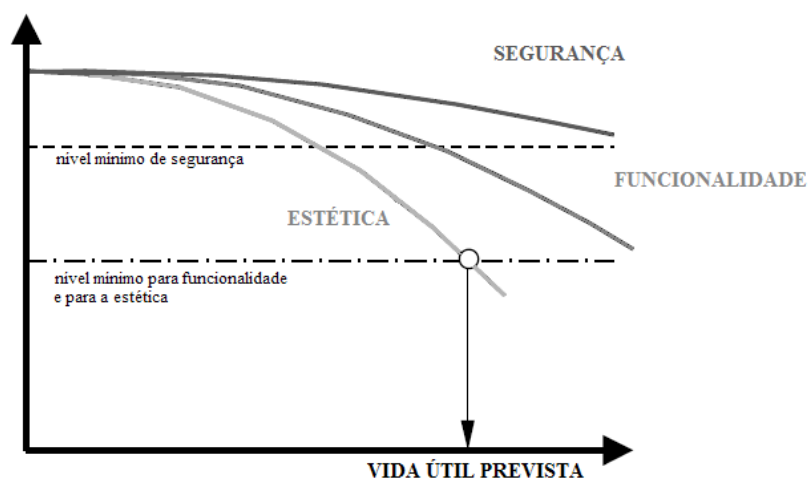


Figura 2.1 – Representação gráfica de MOSER (1999) [2]

De acordo com a representação gráfica apresentada, é perceptível o maior nível de exigência no critério de segurança, aspeto este que parece indiscutível. Já o critério estético é o que atinge o nível mínimo mais rapidamente, um vez que apresenta um decréscimo de desempenho mais acentuado. [2, 4, 5]

Gaspar (2002) define fim da vida útil de uma construção como o momento no tempo em que esta deixa de poder assegurar as atividades que nela se desenvolvem, por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou degradação física das suas camadas hierarquicamente mais determinantes. Contextualizando, a definição de *obsolescência* de acordo com a *ISO 15686* é “a perda de aptidão de um determinado item para desempenhar satisfatoriamente as suas funções, devido a alterações no nível de desempenho exigido”. A mesma norma apresenta três tipos de *obsolescência* que se apresentam no quadro em seguida. [5]

Quadro 2.1 - Tipos de obsolescência [9]

Tipos de Obsolescência	Ocorrência Típica	Exemplos
Funcional	Quando a função em causa já não é requerida.	Processo industrial obsoleto; Instalações desnecessárias.
Tecnológica	Existem alternativas atuais com melhor desempenho; Alteração dos padrões de uso.	Alteração do isolamento térmico para uma solução de melhor desempenho; Mudança do tipo de caixilharia para uma solução mais estanque.
Económica	Funcional, mas menos eficiente que outra alternativa; Solução mais cara que uma nova alternativa.	Alteração do sistema de aquecimento.

Embora os critérios de determinação de fim de vida útil diverjam de autor para autor, é perceptível alguma relação com o exposto na norma *ISO 15686*, nomeadamente com os tipos de *obsolescência* definidos e caracterizados nela.

2.3. PREVISÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL

2.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A norma *ISO 15686-2:2012* caracteriza a previsão da vida útil (*Service Life Predicted*) como “uma metodologia genérica que, para um determinado requisito de desempenho, prevê a distribuição da vida útil do edifício ou das suas partes perante determinado uso ou ambiente inserido.” [10]

Conforme *Freitas et al (2008)* “o objetivo de qualquer previsão de vida útil de um material, sistema ou componente integrado num edifício é o de avaliar a sua capacidade de executar satisfatoriamente as suas operações em toda a vida útil do edifício ou ao longo do período considerado razoável para a sua substituição ou reparação. A definição de um modelo de previsão de vida útil e a sua aplicação são fundamentais, por esta ser capaz de avaliar a fiabilidade do modelo definido”. [6]

Segundo *Sá (2005)*, os materiais em estudo definem, pelas suas características inerentes e pelo desempenho que lhes é exigido, o método de previsão a utilizar.

Hovde (2004) caracteriza a previsão da vida útil de um edifício, ou dos seus componentes, como um processo demoroso e complexo.

Garrido (2003) aborda o problema da previsão de vida útil de materiais e componentes da construção em três fases fundamentais: definição do problema, recolha de dados e análise de dados.

Gaspar (2002) refere que a previsão ou estimativa da vida útil é feita geralmente a partir do conhecimento do material e do seu estado de deterioração, sendo escolhidos como indicadores determinadas propriedades mensuráveis.

Vários autores destacam que a previsão do tempo de vida útil está sujeita a inúmeras variáveis, e como tal não pode ser considerada uma ciência exata mas sim relativa. [1, 4]

Os principais métodos utilizados para a previsão da vida útil são essencialmente divididos em *determinísticos*, *probabilísticos* e de *Engenharia*. O seu objetivo é essencialmente a modelação do desempenho dos materiais e componentes, para que seja possível uma estimativa da sua vida útil. No ponto seguinte descreve-se de forma sintética cada um dos métodos.

2.3.2. MÉTODOS DE PREVISÃO

Os métodos *determinísticos* baseiam-se essencialmente no estudo dos fatores de degradação que afetam os elementos em análise, que são traduzidos em expressões que indicam a sua ação ao longo do tempo, dos quais se obtém um valor absoluto indicativo da durabilidade do elemento.

Estes métodos são de fácil compreensão, no entanto são alvo de algumas críticas por parte da comunidade científica devido à simplicidade com que abordam fenómenos complexos, como o caso dos fenómenos de degradação.

Numa abordagem determinística são apresentados valores exatos, não é considerada uma avaliação da incerteza ou uma variação estatística dos fatores de degradação. [6]

Dentro deste grupo destaca-se o método Fatorial, uma vez que é o método que apresenta melhor aceitação devido à sua aplicação prática e elevada operacionalidade, aliás este método é sugerido pela *ISO 15686-8:2008*.

De referir ainda a existência de outro tipo de métodos determinísticos, baseados na definição de curvas de degradação, as quais pretendem modelar diretamente o desempenho diferido dos materiais e componentes em análise. As curvas podem ser obtidas através de ajuste a gráficos de degradação, os quais representam a evolução da degradação verificada em amostras de teste ao longo de um período de tempo. Tipicamente, os gráficos apresentam o tempo decorrido desde a entrada em serviço do material ou componente no eixo das abcissas, e uma escala de medida da degradação, dependente do objeto de estudo, no eixo das ordenadas. [3, 5]

Os métodos *probabilísticos* são habitualmente baseados no cálculo matricial ou probabilístico, sendo que estes definem a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado de um elemento, através da construção de matrizes probabilidade de mudança de estado, por forma a ultrapassar a incerteza associada à sua forma de degradação e à própria imprevisibilidade das respetivas condições de serviço. Essencialmente, o objetivo destes métodos é a elaboração de modelos que consigam descrever a evolução da degradação e as respetivas incertezas dos períodos de tempo considerados. Contudo, para a obtenção destes resultados é necessário o levantamento periódico do desempenho do elemento e o respetivo registo em bases de dados. Ainda que promissores, estes métodos não apresentam grande aplicabilidade, tendo em conta a sua complexidade, a necessidade de uma grande quantidade de informação e a grande dependência do trabalho de campo.

Moser e Edvardsen (2002) referem ainda que a grande desvantagem dos métodos probabilísticos e outras técnicas feitas à medida, que são na sua maioria baseadas na teoria probabilística, é que são demasiado especializadas, pesadas ou complicadas para serem utilizadas pelos planeadores comuns em aplicações standard, tais como edifícios ou pontes rodoviárias. [6]

Os métodos de *Engenharia* podem ser apresentados como um híbrido dos modelos *determinísticos* e *probabilísticos*, encontram-se num nível intermedio entre os dois modelos, e procuram fundamentalmente conciliar as vantagens dos dois métodos. Estes são de utilização acessível e metodologias mais simples, tal como os determinísticos, no entanto descrevem os processos de degradação de forma probabilística, por forma a tentar integrar a variabilidade associada à incerteza do mundo real sem se tornarem demasiado complexos.

Moser e Edvardsen (2002) definem o método de engenharia como “qualquer relação matemática simples (o mais simples possível, mas não simplista), trabalhada, usando na relação distribuições de qualquer tipo para os fatores individuais”. [6]

De acordo com *Moser (2004)*, o objetivo destes modelos é a obtenção de uma estimativa de vida útil através de dados probabilísticos, mantendo a simplicidade de utilização e uma menor exigência de volume de dados características dos métodos determinísticos. [5]

Segundo *Daniotti (2003)*, estes métodos são utilizados para a identificar os fenómenos de degradação e de diminuição do desempenho de uma forma mais analítica, possibilitando um melhor controlo destes e permitindo a sua correção em fase de projeto ou através da alteração dos planos de manutenção. [2]

2.4. MECANISMOS E AGENTES DE DEGRADAÇÃO

Parte dos agentes de degradação atuam sobre o edifício ainda antes do início da sua utilização, ou seja, existe um conjunto de agentes que condiciona a vida útil do edifício, e das suas partes, desde a sua “nascença”.

A avaliação da vida útil de um material ou componente de construção implica o conhecimento dos seus mecanismos e agentes de degradação, desta forma, procura-se aqui apresentar, de acordo com a *ISO 15686-1:2011*, os possíveis agentes de degradação do revestimento cerâmico em fachadas.

De acordo com a definição que consta na norma *ISO 15686-2:2012*, a degradação é o “Processo pelo qual uma ação provoca, numa das partes, deterioração de uma ou mais propriedades.” [10]

A degradação é fundamentalmente o resultado das interações entre o material e o seu meio envolvente, sendo que nesse meio existem diversos fatores de degradação que atuam em conjunto, como a radiação a temperatura, humidade, entre outros. Deste modo, numa avaliação de degradação deve ser considerada a ação conjunta dos diversos fatores, uma vez que conduz á situação mais gravosa.

No quadro que se segue, apresentam-se os agentes de degradação de acordo com a *ISO 15686-2:2012*.

Quadro 2.2 – Agentes de degradação. [9]

Natureza dos Agentes	Classe	Exemplos
Mecânica	Gravitacionais	Ações Permanentes, Sobrecarga, Ação da Neve
	Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas	Expansão e contração, Formação de Gelo
	Energia Cinética	Impactos, Choque Hidráulico
	Vibrações	Vibrações devidas a tráfego ou equipamentos
Eletromagnética	Radiação	Solar, UV, Radioatividade
	Eletricidade	Reações eletrolíticas, Iluminação Elétrica
	Magnetismo	Campos Magnéticos
Térmica	Níveis extremos ou variações acentuadas de temperatura	Calor, geada, choque térmico, fogo.
Química	Água e Solventes	Humidade do ar, humidade do Solo, precipitação, álcool
	Agentes Oxidantes	Oxigénio, desinfetantes
	Agentes Redutores	Sulfuretos, amoníaco
	Ácidos	Ácido carbónico, excrementos de pássaros
	Bases	Cimentos, hidróxidos, cal
	Sais	Nitratos, fosfatos, cloretos, gesso
	Substâncias quimicamente neutras	Gordura, óleo, calcário.
Biológica	Plantas e micróbios	Bactérias, bolores, fungos, raízes
	Animais	Roedores, térmitas, vermes, pássaros

Sá (2005), no seu estudo apresenta alguns dos fatores de degradação a considerar no estudo da durabilidade dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas, tendo em conta as solicitações a que está sujeito em condições normais de uso, nomeadamente:

- O peso próprio e as sobrecargas decorrentes da sua utilização;
- Os choques normais ou excecionais;
- As ações climáticas externas, nomeadamente as solicitações higrotérmicas, a ação da neve e as ações de pressão, depressão, vibração e abrasão provocadas pelo vento;
- As deformações impostas de carácter estrutural ou de outra índole;
- A ação da água e outros produtos quimicamente agressivos, porventura inerentes às operações de limpeza e conservação;
- Agentes que provocam a degradação do aspeto visual dos revestimentos, como poeiras, microrganismos e a própria poluição atmosférica. [1]

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode constatar-se que os conceitos apresentados anteriormente são um pouco subjetivos e discutíveis, de acordo com vários autores.

Destaca-se especialmente a distinção e relação entre os conceitos de vida útil e durabilidade. A vida útil é uma quantificação temporal da durabilidade, sendo que este último é a capacidade do material ou componente de satisfazer as exigências para as quais foi concebido.

A previsão ou avaliação da vida útil de um edifício ou parte constituinte implica a definição do fim de vida útil, como tal, procura-se adiante estabelecer um limite para o sistema de revestimento cerâmico em fachadas, tendo em conta os critérios expostos anteriormente.

Os agentes de degradação considerados na avaliação da vida útil de revestimentos cerâmicos em fachadas são mais especificamente descritos no *Capítulo 4*, no ponto 4.2.4 - *Ambiente Exterior*, sendo que estes incidem essencialmente sobre uma degradação natural da fachada. De acordo com a *ISO 15686-2:2012 (Quadro 2.2)*, a natureza dos mesmos é essencialmente Mecânica e Química.

Perante o exposto neste capítulo, foi possível consolidar a principal terminologia e conceitos relacionados com a vida útil, bem como estabelecer algumas bases para propor uma avaliação da mesma. Encontramo-nos agora em condições de prosseguir com o estudo, tendo em vista a análise da vida útil de revestimentos cerâmicos em fachadas.

3

REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM FACHADAS

3.1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se este capítulo com o intuito de fazer uma abordagem sintética do revestimento cerâmico em fachadas, tendo em consideração o conjunto de trabalhos científicos já desenvolvidos neste âmbito.

Começa-se por fazer uma análise exigencial das especificidades a que deve atender o sistema de revestimento cerâmico em paramentos exteriores. Segue-se uma caracterização dos principais constituintes do sistema e o seu respetivo enquadramento normativo. É feita ainda uma breve caracterização da tecnologia de aplicação do revestimento cerâmico em fachadas.

A identificação das anomalias é um processo fundamental na avaliação do estado de conservação das fachadas e consecutivamente na avaliação da vida útil do revestimento cerâmico. Desta forma, é feita uma caracterização das principais manifestações patológicas identificáveis nas fachadas com revestimento cerâmico, bem como as suas possíveis causas. Procurou-se ainda ilustrar as anomalias descritas, por meio de fotografias recolhidas numa primeira campanha em campo, realizada com o intuito de ganhar sensibilidade para as diferentes anomalias.

3.2. ANÁLISE EXIGENCIAL DO SISTEMA

Uma avaliação da vida útil de um material ou componente implica uma apreciação clara das exigências que este pretende satisfazer. A definição destas é preponderante para a determinação do Fim de Vida Útil do revestimento cerâmico aderente em fachadas.

As exigências decorrem essencialmente das solicitações a que os materiais ou componentes estão sujeitos durante o seu período de vida em condições normais de utilização e procuram satisfazer as necessidades dos utentes. [1, 11]

Antes da definição das exigências funcionais do revestimento cerâmico aderente em fachadas procede-se ao seu enquadramento na classificação funcional de revestimentos de paredes exteriores, isto é, pretende-se apresentar a principal função deste tipo de revestimento a fim de perceber qual a aptidão esperada. De acordo com o *Quadro 3.9* de Sousa (2008) que exhibe esta informação, o revestimento cerâmico é classificado como um elemento de *acabamento ou decorativo* e como tal, tem como principal função o acabamento da parede, conferindo-lhe um aspeto agradável. Este também tem como funções secundárias a proteção mecânica e química e, ao contrário do que frequentemente se considera, não é responsável pela estanquidade do paramento. [1, 2]

O DL 130/2013 que executa o regulamento europeu 305/201, estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e define que os requisitos básicos das obras de construção são: [12]

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e ambiente;
- Segurança e acessibilidade na utilização;
- Proteção contra o ruído;
- Economia de energia e retenção de calor;
- Utilização sustentável dos recursos naturais.

Como referido acima, definir as exigências de um determinado material ou componente, implica o conhecimento das suas condições de utilização e das ações a que este vai ser solicitado ao longo do seu período de vida. Essas ações podem ser consideradas como agentes ou mecanismos de degradação. De acordo com Sá (2005), as solicitações mais relevantes são as seguintes:

- Solicitações mecânicas, provocadas por deformações do suporte;
- Solicitações de natureza higrotérmica, nomeadamente temperatura e humidade relativa;
- Outras solicitações climáticas, tais como o vento, a chuva, a neve e o gelo;
- A ação da água e outros produtos quimicamente agressivos, inerentes a operações de limpeza;
- Os choques;
- Agentes que provocam degradação estética do revestimento, em particular poeiras, microrganismos e a poluição atmosférica. [1, 12]

Perante as solicitações anteriormente descritas, o sistema de revestimento cerâmico aderente em fachadas deve satisfazer as exigências funcionais apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 3.1: Exigências Funcionais para revestimento cerâmico aderente em Fachadas [1, 11, 12]

Exigência	Tipos principais de Exigências	Tipos discriminados de Exigências	
Segurança	Exigências de estabilidade	Estabilidade perante solicitações normais de uso	Peso Próprio Solicitações Climáticas Choques acidentais
		Estabilidade perante solicitações de ocorrência acidental	Choques acidentais
	Exigências contra riscos de incendio	Reação ao fogo	
	Exigências de segurança no uso	Segurança no contacto	Rugosidade dos paramentos Temperatura dos paramentos
Exigências de Compatibilidade com o Suporte	Exigências de compatibilidade geométrica		
	Exigências de compatibilidade mecânica		
	Exigências de compatibilidade química		

Exigências de Estanqueidade	Exigências de estanqueidade a água	Estanquidade a água da chuva	Permeabilidade ao vapor de água
			Permeabilidade a água
			Absorção de água
Exigências Termo-Higrometricas	Exigências de isolamento térmico		
Exigências de conforto visual	Exigências de planeza	Planeza geral	
		Planeza localizada	
	Exigências de verticalidade		
	Exigências de retidão das arestas		
	Exigências de regularidade e de perfeição da superfície	Defeitos de superfície	
		Largura das fissuras	
	Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira	Homogeneidade da temperatura superficial interior	
	Exigências de homogeneidade de cor e de brilho	Diferença de cor	
		Diferença da refletância difusa	
	Exigências de Adaptação à Utilização Normal	Exigências de resistência a ações de choque e de atrito	Resistência aos choques
			Choques de corpo duro
Exigências de resistência a ação da água		Resistência à riscagem	Classes de resistência a riscagem
		Resistência a água da chuva	
		Resistência as projeções acidentais de agua	
		Resistência a lavagem por via húmida	
Exigências de aderência ao suporte		Resistência aos vapores húmidos	
		Resistência ao arrancamento por tração	
Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira		Resistência a peladura	
		Resistência a formação de nodoas	
Exigências de Durabilidade	Exigências de resistência aos agentes climáticos	Lavabilidade	
		Exigências de resistência à suspensão de cargas	
		Resistência ao calor	
		Resistência ao frio	
		Resistência a água	
		Resistência a luz	

		Resistência aos choques térmicos
		Resistência ao ozono
	Exigências de resistência aos produtos químicos do ar	Resistência ao dióxido de azoto
		Resistência ao dióxido de enxofre
		Resistência a soluções amoniacais
	Exigências de resistência a erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar	
	Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores	

As exigências funcionais dos revestimentos cerâmicos estão intimamente ligadas às exigências das paredes. As funções atribuíveis ao conjunto parede-revestimento podem ser exercidas com maior ou menor contributo de cada um desses componentes.

Exigências de estabilidade, de resistência estrutural, de segurança contra o risco de intrusões humanas ou animais, de ocultação, de conforto higrotérmico ou de conforto acústico competem geralmente à parede (tosco). As exigências de segurança no contacto, de aspeto, de regularidade superficial, de conforto visual, de conforto tátil ou de higiene são praticamente da exclusividade do revestimento. No entanto existem exigências que competem ao conjunto parede-revestimento satisfazer, tais como, exigências de segurança contra riscos de incêndio, de estanquidade à água, de resistência a choques e atrito, de resistência a água e de durabilidade.

Em suma, espera-se do revestimento para paramentos exteriores, neste caso, do revestimento cerâmico aderente, a proteção do tosco da parede perante as ações dos diversos agentes agressivos, como água, choques, produtos químicos presentes no ar, poeiras, entre outros. Pretendem-se que o revestimento contribua para a estanquidade da parede à água, que confira características de planeza aceitáveis, verticalidade e regularidade superficial, que proporcione à parede o efeito decorativo pretendido e que se mantenha limpo ou que, pelo menos, facilite a sua limpeza. [11]

3.3. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS

Habitualmente o termo Revestimento Cerâmico é entendido como a composição de todos os seus constituintes, no entanto parece mais correta a designação “Sistema de Revestimento Cerâmico”, uma vez que o sistema é composto por vários componentes sendo um deles o revestimento cerâmico (ladrilho cerâmico).[13]

O sistema de Revestimento Cerâmico em Fachadas (RCF) pode apresentar essencialmente duas soluções distintas, o sistema aderente (fixação por contacto) ou não aderente (fixação mecânica). No processo de conceção do sistema de revestimento cerâmico existem diversos fatores a considerar na seleção do método de fixação, tais como, as condições climáticas em que se insere o sistema (variações de temperatura, ciclos de gelo/degelo, precipitação), o tipo de suporte e as suas características inerentes, atendendo à possibilidade de variação do tipo de superfície ao longo da fachada, o cumprimento de exigências de segurança face à natureza do ladrilho cerâmico e suas dimensões. [12] Para conceber e seleccionar o melhor sistema é bastante importante integrar os diversos fatores.

A solução de revestimento cerâmico não aderente, apesar de ainda pouco utilizada, vem um pouco colmatar algumas das anomalias manifestadas no sistema aderente, nomeadamente as anomalias estéticas, bem como melhorar o comportamento higrotérmico da fachada. Facilita a manutenção, na eventualidade de ser necessária a substituição de peças cerâmicas, viabiliza a utilização de peças

cerâmicas de maiores dimensões, tendo em conta as exigências de segurança a que está sujeita, permite também uma maior flexibilidade na adaptação ao suporte, pois absorve mais facilmente as suas irregularidades.

O sistema não aderente consiste essencialmente na fixação mecânica, através de elementos metálicos, do revestimento cerâmico ao suporte. Entre o suporte e o revestimento encontra-se normalmente um isolamento térmico e um espaço de ar ventilado (sistema de fachada ventilada). [14] [12]

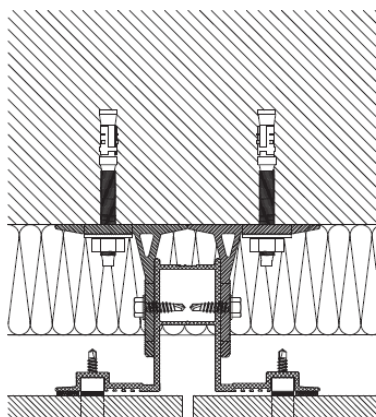


Figura 3.1 - Solução de fixação semi-oculta [15]

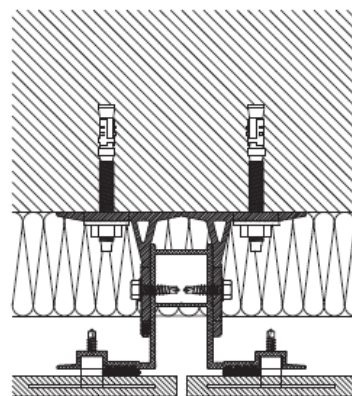


Figura 3.2 - Solução de fixação oculta [15]

Ilustra-se em seguida um edifício, com cerca de 5 anos de idade, observado durante o trabalho de campo e que exibe um sistema de fachada ventilada com uma solução de revestimento cerâmico não aderente. De acordo com os pormenores apresentados anteriormente, este edifício apresenta uma solução de fixação mecânica oculta.



Figura 3.3 – Fachada não aderente



Figura 3.4 – Solução de fixação mecânica oculta

Claramente, a solução aderente é a mais usual, consecutivamente a que manifesta um maior número anomalias. Desta forma, o sistema de revestimento cerâmico aderente será o mais desenvolvido no presente capítulo, uma vez que o âmbito deste estudo incide sobre inspeção de edifícios com revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas.

Ao longo dos tempos o sistema aderente tem evoluído, sendo que um dos desenvolvimentos mais relevantes foi ao nível dos produtos de colagem, o aparecimento das colas. Simultaneamente o progresso tecnológico também permitiu produzir ladrilhos de maiores dimensões com as suas especificidades e exigências, as quais os produtos de colagem tradicionais teriam dificuldade em dar resposta.

Usualmente os componentes que constituem um sistema de revestimento cerâmico aderente são os ladrilhos cerâmicos, o produto de colagem, suporte e as respetivas juntas. Segue-se uma abordagem mais aprofundada a cada um dos componentes.

3.3.1. LADRILHOS CERÂMICOS

O ladrilho cerâmico pode caracterizar-se como um material rígido, com uma espessura significativamente inferior às dimensões faciais, provêm essencialmente da mistura de matérias-primas como a argila e o calino com areia e feldspato.

Uma definição simplista, retirada do dicionário, descreve o ladrilho como *uma peça retangular de barro cozido que serve geralmente para revestir pavimentos*. [16] No entanto encontra-se uma definição mais técnica na Norma Europeia EN 14411:2006, a que corresponde a versão portuguesa NP EN 14411:2008, que define ladrilhos cerâmicos como *placas feitas de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas que são geralmente utilizadas como revestimentos de paredes e pavimentos*. A norma caracteriza e classifica os ladrilhos cerâmicos segundo os seus distintos processos de fabrico, isto é, podem ser *conformados por extrusão (Método A) ou prensagem a seco (Método B) à temperatura ambiente, sendo em seguida secas e subsequentemente cozidas a temperaturas suficientes para o desenvolvimento das propriedades requeridas, podendo no entanto ser conformados por outros processos*. Os ladrilhos cerâmicos podem ainda ser *vidrados (GL) ou não vidrados (UGL)*, sendo *incombustíveis e insensíveis à luz*. [17]

3.3.1.1. Enquadramento Normativo e Processos de Fabrico

A norma portuguesa NP EN 14411:2008 define, especifica requisitos e critérios de marcação dos ladrilhos cerâmicos. A classificação apresentada na norma tem por base a absorção de água (E) do cerâmico, segundo a ISO 10545-3, e o processo de fabrico do ladrilho (Extrusão ou Prensagem).

Quadro 3.2 - Classificação dos Ladrilhos Cerâmicos segundo a EN 14411:2008 [17]

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

Como já referido o processo de fabrico é um dos critérios de distinção da classificação apresentada na norma, sendo o que distingue fundamentalmente os dois processos é a fase denominada por *Conformação*. Esta fase consiste essencialmente em dar forma ao cerâmico, uma vez que num processo de Extrusão, a pasta cerâmica é extrudida numa fieira á qual se segue uma mesa de corte, já num processo de Prensagem a seco o pó atomizado é prensado por prensas hidráulicas de elevada pressão. [12]

O processo de extrusão pode ter no entanto duas vertentes, processo por via semi-húmida ou por via seca, em que a diferenciação está na preparação da pasta cerâmica, uma vez que por via seca não é adicionada água na fase de mistura às matérias-primas.

A prensagem a seco apresenta fundamentalmente duas formas de produzir ladrilhos cerâmicos, a monocozedura que se apresenta como a mais evoluída, em que os ladrilhos já apresentam os constituintes finais e vão uma única vez ao forno, a bicozedura é um método mais antigo em que primeiro é cozida a pasta cerâmica obtendo-se a chacota ou biscoito, posteriormente é levada novamente ao forno após feita a vidragem e decoração da peça. [12]

Atendendo ao *Quadro 3.2*, os ladrilhos que se enquadram no Grupo I apresentam uma baixa absorção de água, os ladrilhos do grupo II apresentam absorção de água média e o do grupo III apresentam uma absorção de água elevada.

No *Quadro 3.3* pretende-se associar a classificação da norma aos materiais correntemente comercializados por diversas empresas de revestimentos cerâmicos em Portugal, bem como fazer uma breve caracterização do produto.

Quadro 3.3 - Caracterização de produtos comercializados [2, 12]

Processo de Fabrico:	Grupo (EN14411)	Designação	Cor da Pasta	Tipo de Superfície	Aplicação
Extrudido	AI	Grés Extrudido	Branca	GL ou UGL	Parede/Pavimento (Interior/Exterior)
	AI _a	Klinker	De vermelho a creme	Natural, GL ou UGL	Pavimento
	AI _b	Terracota	De rosa a vermelho	Natural, GL ou UGL	Pavimento
	AIII	Tijoleira Rústica	Branca e Vermelha	Natural, GL ou UGL	Pavimento
Prensado	BI _a	Porcelânico	De Branca a creme	Natural ou polida; GL ou UGL	Parede/Pavimento (Interior./Exterior)
	BI _b	Grés Porcelânico	De cinza a creme	Natural, GL ou UGL	Parede/Pavimento (Interior./Exterior)
	BII _a	Pavimento de monocozedura	Cinzenta, creme, cor de barro vermelho	Natural ou polida; GL ou UGL	Pavimento
	BII _b	Revestimento de monocozedura	Cinzenta, creme, cor de barro vermelho	Natural ou polida; GL ou UGL	Parede (Interior/Exterior)
	BIII	Azulejo (Faiança)	De branco, rosa e vermelha	GL	Parede (Interior/Exterior)

3.3.1.2. Características

Aos ladrilhos cerâmicos, aplicados em paredes exteriores, são requeridas várias características de acordo com a norma *EN ISO 10545* às quais a *EN 14411* faz referência. A *ISO 10545* define ensaios laboratoriais para a determinação de características dimensionais, qualidade superficial dos ladrilhos, propriedades físicas e propriedades químicas do produto.

Quadro 3.4 – Características requeridas para aplicação em Paredes Exteriores [17]

Características		Ensaio
Dimensões e qualidade da superfície	Comprimento e largura	ISO 10545-2
	Espessura	
	Retilinearidade das arestas	
	Determinação da ortogonalidade	
	Planaridade da superfície (curvatura e empeno)	
	Qualidade superficial	
Propriedades físicas	Absorção de água	ISO 10545-3
	Resistência à flexão	ISO 10545-4
	Módulo de rotura	
	Dilatação térmica linear de origem térmica	ISO 10545-8
	Resistência ao choque térmico	ISO 10545-9
	Resistência ao fendilhamento – ladrilhos vidrados	ISO 10545-11
	Resistência ao gelo	ISO 10545-12
	Dilatação com a humidade	ISO 10545-10
	Pequenas diferenças de cor	ISO 10545-16
Propriedades químicas	Resistência às manchas – ladrilhos vidrados	ISO 10545-14
	Resistência às manchas – ladrilhos não vidrados	ISO 10545-14
	Resistência a altas concentrações de ácidos e bases	ISO 10545-13
	Resistência a baixas concentrações de ácidos e bases	ISO 10545-13
	Resistência aos detergentes domésticos de limpeza e aos sais para água de piscinas	ISO 10545-13
	Libertação de chumbo e de cádmio – ladrilhos vidrados	ISO 10545-15

No entanto, existem características específicas, de imprescindível avaliação, nos ladrilhos cerâmicos destinados a aplicar no exterior. Tais como, a sua resistência ao gelo, a expansão por humidade, a dilatação térmica linear e o grau de vitrificação. Apresenta-se em seguida uma breve descrição das mesmas.

3.3.1.3. Absorção de água

Segundo a norma europeia *EN ISO 10545-3 – Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade aparente e densidade real*, a absorção de água corresponde à quantidade de água absorvida, expressa em percentagem da massa. Esta característica, normalizada por meio de um ensaio, encontra-se diretamente relacionada com a porosidade aberta do ladrilho cerâmico. Quanto menor a porosidade, menor a absorção de água e melhores outras características, tais como, a resistência mecânica, resistência ao desgaste, resistência ao gelo e resistência química. De acordo com a British Standards Institution, o documento BS 5385: Part2, estabelece um valor máximo de absorção de água para os ladrilhos cerâmicos em fachadas de 3%, caso estes não sejam vidrados.

A absorção de água deve ser utilizada para a especificação do produto de colagem, tendo em conta que a porosidade vai influenciar as características de aderência do cerâmico. O processo de aderência mecânica ocorre através da penetração da pasta de cimento-cola nos poros e nos interstícios do ladrilho, deste modo, quanto menor a porosidade, menor será esta faixa de ligação. Percebe-se assim que, nos ladrilhos porcelânicos, onde a absorção é demasiado baixa, a aderência mecânica possivelmente não ocorre, sendo necessário a recorrência de uma adesão química nestes materiais. Esta característica serve ainda como indicação da movimentação higroscópica do ladrilho, uma vez que quanto maior for a absorção de água, maior será a variação dimensional do cerâmico com o gradiente de humidade da ambiência. [2, 12, 18]

3.3.1.4. Expansão por humidade

A expansão por humidade dos ladrilhos, de acordo com *Fiorito (1994)*, é o processo em que “os ladrilhos cerâmicos estão sujeitos a um inchamento quando entram em contacto com a humidade do meio ambiente, logo após a saída do forno. Este inchamento prossegue após as placas terem sido assentes e dá origem a tensões nos revestimentos, que podem ter importância para a estabilidade do mesmo quando em serviço”. De acordo com o autor, a ordem de grandeza da deformação é 0,3 a 0,7 mm/m, após dois anos de exposição ao ar. No entanto, estes valores podem ter uma variação grande, em função da absorção de água dos ladrilhos cerâmicos, isto é, no caso dos ladrilhos vitrificados a ($E < 0,5\%$) a expansão por humidade pode considerar-se desprezável. [2, 12, 14, 18]

Para além da capacidade de absorção de água do ladrilho, a expansão por humidade está também dependente da constituição mineralógica (nomeadamente das características das argilas), da temperatura e do tempo de cozedura dos ladrilhos. A determinação desta característica deve ser feita de acordo com a norma *EN ISO 10545-10 – Determinação da expansão por humidade*. [12]

3.3.1.5. Dilatação Térmica

A dilatação térmica é uma das características com maior importância no comportamento dos revestimentos cerâmicos em fachadas, uma vez que estes encontram-se sujeitos a grandes amplitudes térmicas. Citando a *Apicer (2003)*, “a envolvente exterior dos edifícios pode atingir amplitudes térmicas, ao longo do ano, superiores a 50 °C. Estas solicitações podem provocar tensões ou deformações elevadas, consoante exista ou não restrições de movimento, eventualmente incompatíveis com as propriedades dos materiais”. [12]

As amplitudes térmicas traduzem-se numa variação dimensional do cerâmico, sendo que esta é caracterizada pelo coeficiente de dilatação térmica linear. Este coeficiente pode ser determinado pela norma europeia *EN ISO 10545-8* e os valores típicos indicados para os ladrilhos são da ordem de $5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

No sistema de revestimento cerâmico, se cada constituinte estivesse dessolidarizado, apresentariam diferentes variações dimensionais quando sujeitos a uma mesma ação, uma vez que se caracterizam

por coeficientes de dilatação térmica diferentes. De acordo com *Lopes (2009)*, os valores têm ordens de grandeza bastante diferentes, podendo um ladrilho extrudido ($5 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) apresentar metade do valor de uma argamassa de reboco ($10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Esta diferença poderá estar na origem das patologias do sistema de revestimento cerâmico aderente. [18]

3.3.1.1. Grau de vitrificação

O grau de vitrificação de um ladrilho está diretamente relacionado com a sua porosidade. Os parâmetros que condicionam o grau de vitrificação da massa cerâmica são essencialmente as matérias-primas utilizadas no fabrico e os métodos e processos de fabrico. Uma das formas de melhorar esta característica passa pela moagem mais fina dos grãos da argila utilizada no processo de fabrico dos ladrilhos.

Lucas (2003) refere que esta característica determina o nível de desempenho técnico das peças cerâmicas produzidas, influenciando outros parâmetros, tais como, a absorção de água, a resistência ao desgaste, à flexão, ao choque, à formação de gelo, ao enodoamento, entre outros.

Modo geral, o nível de desempenho cresce com o grau de vitrificação, excetuando-se a resistência ao choque, devido a uma maior fragilidade em virtude da vitrificação do ladrilho. [11, 14, 19]

3.3.2. PRODUTO DE COLAGEM

Face ao já foi referido, o sistema de revestimento cerâmico pode distinguir-se em sistema aderente ou não aderente (fixação mecânica), no entanto e como já referido anteriormente, neste trabalho pretende-se apenas aprofundar o sistema aderente.[12]

Num sistema de revestimento aderente o produto de colagem é um componente extramente relevante, pois garante a aderência entre o ladrilho e o suporte, ou eventualmente entre a camada de regularização, que permanece sobre o suporte, e o ladrilho. Deste modo a colagem pode ser definida como o processo de *adesão entre dois corpos distintos que se mantêm unidos por forças coesivas de origem molecular.* [12]

O ladrilho cerâmico pode essencialmente ter como produto de colagem argamassas tradicionais ou colas, no entanto as primeiras apresentam atualmente pouca utilização, especialmente em paredes. Estas são essencialmente constituídas por cimento e areia ou eventualmente outro ligante como a cal, o traço deve encontrar-se entre 1:3 e 1:5 e a camada de assentamento/regularização, aplicada habitualmente sobre o suporte, apresenta uma espessura entre os 5 e 20 mm. Este método apresenta como vantagem a compensação das irregularidades do suporte e mesmo as variações de espessura do ladrilho, no entanto apresenta várias desvantagens, como conferir uma menor tensão de aderência do ladrilho face às colas, por outro lado as argamassas tradicionais não apresentam praticamente controlo de qualidade face a traço que apresentam, o que questiona a qualidade do produto de colagem aplicado. [12]

As colas são materiais normalmente pré-doseados em fábrica, apresentam uma espessura inferior às argamassas tradicionais, de 2 a 5mm, e são habitualmente aplicadas sobre uma camada de regularização ou diretamente sobre o suporte, caso apresente a planeza e características desejáveis. [12]

De acordo com a norma *NP EN 12004:2014*, as colas podem ser de diferentes tipos face à sua natureza química. São apresentadas e definidas na norma as colas cimentícias (cimento-cola), colas de dispersão aquosa e colas de resina de reação. A aplicação deste tipo de produtos, consoante a sua adequação, pode ser feita em ambiente interior e exterior sobre pavimentos e paredes.

A colagem por meio de argamassas tradicionais é regida pela *NP 56: Assentamento de Azulejos e Ladrilhos* e data de 1963, nela é descrita a composição da argamassa tradicional bem como a informação técnica do assentamento. [17]

Por sua vez a norma *NP EN 12004:2014* classifica as colas para ladrilhos cerâmicos em três tipos de acordo com o *Quadro 3.5*.

Quadro 3.5 – Tipos de Colas para ladrilhos [20]

Produtos de fixação	Cimento-cola (C): <i>Mistura de ligantes hidráulicos, agregados e aditivos orgânicos.</i>
	Colas em dispersão aquosas (D): <i>Mistura de ligantes hidráulicos sob forma de polímeros em dispersão aquosa, de aditivos orgânicos e de cargas minerais finas.</i>
	Colas de resina de reação (R): <i>Mistura de resinas sintéticas, cargas minerais finas e aditivos orgânicos, em que o endurecimento ocorre por reação química.</i>

Os Cimento-cola são o tipo de adesivo correntemente utilizado em fachadas. São essencialmente constituídos por cimento, cargas siliciosas e adjuvantes, doseados em fábrica e prontos a amassar em obra. De acordo com a Apicer (2003), estes materiais ainda se podem dividir em 5 grupos, essencialmente em função da sua composição. [2, 12]

Quadro 3.6 – Caracterização dos Cimentos-cola para ladrilhos [2, 12]

Produtos de Colagem	Composição	Aplicações aconselháveis	Vantagens	Cuidados na aplicação
C – Cimentos-cola com adjuvantes orgânicos e inorgânicos (<i>standard</i>)	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias e aditivos orgânicos e inorgânicos	Ladrilhos de porosidade média ou elevada em interiores, em suportes à base de cimento	Custo reduzido, rapidez de aplicação, colagem de peças porosas no interior das habitações	Aplicação em suportes limpos
C – Cimentos-cola de derivados celulósicos	Cimento branco, areias siliciosas e calcárias, adjuvantes e resinas em dispersão	Pavimentos interiores e exteriores (ladrilhos porosos), revestimentos interiores e piscinas	Elevada resistência à água	Aplicação em suportes estabilizados; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola de dois componentes	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias com aditivos orgânicos e inorgânicos	Pavimentos ou revestimentos de parede de betão ou de cerâmica antiga e revestimentos de parede rebocados	Elevado poder de colagem, mesmo em ladrilhos de grande formato	Aplicação em suportes estabilizados e totalmente limpos; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola de ligantes mistos	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias com aditivos orgânicos e inorgânicos	Revestimentos de fachada, pavimentos de tráfego intenso; ladrilhos de qualquer formato e porosidade	Alta flexibilidade; colagem sobre madeira	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola aluminosos	Cimento aluminoso, areias, resina sintética e outros adjuvantes específicos	Ladrilhos até (60 x 60) cm, pouco porosos, em todo o tipo de suportes (exceto pavimentos em madeira)	Colagem sobre pavimentos cerâmicos; adequado para exteriores; incluindo ambientes frios	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade e limpos; espessura menor do que 10 mm

A NP EN 12004:2014 define ainda as exigências a respeitar por os tipos de colas C, D, R, face às suas diferentes características, através das seguintes classes. De acordo com a norma, representam-se pelas seguintes abreviaturas:

- 1 : Cola normal
- 2 : Cola melhorada (cumpre requisitos para características adicionais)
- F : Cola de presa rápida
- T : Cola com deslizamento reduzido
- E : Cola com tempo aberto alongado
- S1 : Cola deformável
- S2 : Cola altamente deformável

No quadro 8, apresenta-se um excerto da classificação dos cimentos-cola (C) segundo as classes definidas na norma.

Quadro 3.7 – Classes do Cimento-cola [20]

Tipo	Classe	Designação
C	1	Cimento-cola de presa normal
C	1F	Cimento-cola de presa rápida
C	1T	Cimento-cola de presa normal com deslizamento reduzido
C	1E	Cimento-cola de presa normal com tempo aberto alongado
C	1S1	Cimento-cola de presa normal deformável
C	1S2	Cimento-cola de presa normal altamente deformável
C	...	...

A *Apicer* (2003) exhibe, na sua publicação, um quadro onde recomenda quais as classes de cimento-cola para aplicação de ladrilhos cerâmicos em fachadas. As Classes variam essencialmente em função da natureza do ladrilho, da respetiva área da peça e da altura da fachada a revestir em relação ao pavimento adjacente, que no caso de uma fachada recuada corresponde ao terraço adjacente. [12]

Quadro 3.8 – Classes de Cimento-cola recomendadas para fachadas. [12]

Ladrilho Cerâmico		Altura da Fachada - H	
Natureza	Área (cm ²)	H ≤ 6 m	6 < H ≤ 28 m
Mosaico em pasta de vidro ou porcelânico	S ≤ 50	C2 /CS2	C2S
Plaquetas murais em terracota	S ≤ 231		
Azulejos de terracota	S ≤ 300 (15 x15)		
Ladrilhos extrudidos ou prensados, exceto os plenamente vitrificados	S ≤ 2000 (40 X 40)		
	2000 < S ≤ 3600		
Ladrilhos plenamente vitrificados	S ≤ 2000 (40 X 40)	CS2	CS2

Assentamento não admissível por colagem

Notas (Quadro 3.8): Consideram-se ladrilhos plenamente vitrificados os que apresentem uma absorção de água (E) não superior a 0,5%. Nas dimensões dos ladrilhos admite-se uma tolerância de 10%, excepto nos formatos de 60 x 60 cm. A classe C2S, definida pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSBT)*, apresenta-se como uma classe adicional de cimento-cola com uma grande capacidade de deformação transversal. [12]

3.3.3. SUPORTE

O suporte é parte integrante do sistema de revestimento cerâmico. Numa fase inicial, de projeto, deve ter-se em conta as suas propriedades, uma vez que influencia o comportamento de todo o sistema de revestimento.

No sistema de revestimento cerâmico aderente o suporte pode apresentar uma classificação, de acordo com o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, segundo a natureza dos seus materiais constituintes. [12]

Quadro 3.9 – Classificação dos suportes segundo a natureza das paredes exteriores [1, 11]

Natureza dos Suportes	Classe	Documento de Referência
Paredes de Betão ou painéis prefabricados em betão:		
– Acabamento corrente;	S ₁	NF P18-210-1
– Acabamento cuidado.	S ₂	NF P10-210-1
Rebocos à base de cimento sobre paredes de betão ou paredes de alvenaria:		
– Argamassa de cimento;	S ₃	NF P 15-210-1
– Argamassa bastarda;		
– Impermeabilização.		

O *CSTB* apresenta também uma classificação do suporte em função da sensibilidade à humidade. Distinguem-se as seguintes três classes de sensibilidade do suporte:

- **Classe S_A** - corresponde aos suportes que apresentam uma grande sensibilidade à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca, por exemplo: painéis com colagem sensível à humidade, rebocos em gesso natural cuja coesão em função dos ciclos de humidade/secagem pode variar de maneira continuamente decrescente;
- **Classe S_B** - corresponde a suportes que não apresentam mais do que uma sensibilidade moderada à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca, por exemplo: certos rebocos à base de gesso natural modificados cuja coesão, em função dos ciclos de humificação/secagem, apresentam-se estabilizados a um nível aceitável; certos painéis de partículas com colagem melhorada (ureia, melanina, fenólica) tratadas contra os fungos, e mais a proteção da penetração normal da água pela cola ou por uma preparação adequada;
- **Classe S_C** – corresponde aos suportes que não apresentam sensibilidade à água do ponto de vista da sua durabilidade intrínseca, por exemplo: betão ou rebocos de argamassa de cimento. [1, 11]

De acordo com a classificação apresentada, os suportes de revestimentos cerâmicos em fachadas, descritos anteriormente em função da sua natureza como do tipo S₁, S₂ e S₃, inserem-se na classe de sensibilidade à humidade S_C. [11]

A seleção do processo de aplicação do revestimento deve considerar o comportamento provável do suporte, a fim de garantir uma adequação dos materiais. Como tal, deve existir:

- Compatibilidade mecânica;
- Compatibilidade geométrica;
- Compatibilidade química.

A compatibilidade mecânica está relacionada com o módulo de elasticidade e resistência à tração do suporte e do revestimento cerâmico. Se o suporte tiver uma baixa resistência mecânica, os riscos de fissuração são elevados devido ao efeito das tensões geradas pelas deformações de origem higrotérmica do revestimento. [12, 18]

A prENV 13548, produzida pelo *European Committee for Standardization*, apresenta uma classificação dos suportes, em função do tipo e dos movimentos esperados, de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 3.10 – Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados. [12]

Classe	Definição	Exemplos de suportes/ superfícies de fixação
1	Pequenos movimentos esperados	Reboco à base de cimento sobre blocos maciços
2	Movimentos esperados médios	Revestimento à base de gesso sobre blocos aligeirados
3	Elevados movimentos esperados	Betão novo

Para sistemas aderentes com cimento-cola, a compatibilidade mecânica entre revestimento cerâmico e o suporte é fundamental, por isso, para a aplicação em paramentos exteriores de paredes apenas está prevista a fixação sobre suportes de betão ou alvenaria revestida com reboco de elevada rigidez. O reboco pode ser dos seguintes tipos: [12]

- *Emboço sobre chapisco, aplicado manualmente, ou reboco projetado em duas camadas, com uma dosagem em ligantes não inferior a 350 kg por m³ de areia seca, sendo a dosagem em cimento de pelo menos 250 kg/m³;*
- *Monomassas (rebocos de impermeabilização pré-doseados) com módulo de elasticidade pertencentes a classe E4 (módulo de elasticidade, aos 28 dias, compreendido entre 7500 e 1400 Mpa) ou superior e resistência a tração pertencente, pelo menos, à classe R4 (resistência à tração por flexão, aos 28 dias, compreendida entre 2,0 e 3,5 Mpa).*

A compatibilidade geométrica entre o sistema de revestimento cerâmico e o suporte traduz-se na necessidade do suporte apresentar planeza e a regularidade superficial adequada à espessura e técnica de aplicação do revestimento. Perante o exposto, os suportes podem ser classificados em função do seu desvio de planeza de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 3.11 – Classificação do suporte (CEN) em função do desvio de planeza. [12]

Tipo de Suporte	Desvio de planeza [mm]
I	< 6
II	≥ 6 e < 10
III	≥ 10

Importa ainda referir que a avaliação do desvio de planeza deve ser medida por meio de uma régua de 2m de comprimento. No caso de um suporte curvo, devido á características da fachada, é fundamental a utilização de ladrilhos com dimensões reduzidas para que seja possível a total aderência. [12]

A compatibilidade química entre o sistema de revestimento cerâmico e o suporte deve também ser considerada, para evitar a degradação do elemento construtivo. Um exemplo deste problema verifica-se entre as argamassas de cimento e os produtos base de gesso quando colocados em contacto na presença de água. Apesar de este aspeto não ser muito preocupante em situações correntes, é necessário tê-lo em consideração, particularmente quando são utilizadas soluções construtivas não tradicionais. [12]

3.3.4. JUNTAS

A fim de “garantir a adequada fiabilidade e duração da construção devem ser consideradas juntas distribuídas de acordo com os critérios estruturais”. [12]

As juntas são um componente de extrema relevância no sistema de revestimento cerâmico aderente, uma vez que interrompem geralmente a continuidade do sistema, ou pelo menos parte dele.

Para um bom funcionamento do sistema de revestimento deve ser possível permitir a movimentação de algumas das suas partes. Desta forma, a existência de juntas permite ao edifício movimentar-se sem causar rotura no sistema de revestimento cerâmico. Estes movimentos estão essencialmente associados solicitações higrótérmicas (variações térmicas e de humidade) e movimentos estruturais devidos a ações concentradas e distribuídas.

As juntas são também relevantes do ponto de vista que, são a única zona do sistema de revestimento cerâmico que permite as trocas de humidade com exterior. Este aspeto é particularmente importante quando o ladrilho é vidrado. [12, 18]

Morais (2007) refere ainda que é possível tirar partido estético das juntas, uma vez que proporcionam a combinação com ladrilhos e revestimentos de qualquer escala, no entanto, geralmente os utentes consideram-nas indesejáveis por se apresentarem como uma descontinuidade no aspeto do revestimento e por ter um comportamento diferente dos ladrilhos, isto é apresentam-se mais suscetíveis ao enodoamento. Desta forma procuram-se juntas o mais estreitas possível e produtos de preenchimento de junta mais resistentes ao enodoamento. [11]

Existem genericamente dois tipos distintos de juntas, as juntas de construção e as juntas de assentamento ou juntas entre ladrilhos. As primeiras subdividem-se tendo essencialmente em conta o seu posicionamento no edifício, nomeadamente na fachada.

Quadro 3.12 – Tipos de Juntas [1]

Juntas de Construção	Juntas Estruturais
	Juntas Periféricas
	Juntas de Esquartelamento/ Intermédias

Juntas de Assentamento**Juntas entre ladrilhos**

As Juntas de Construção são concebidas com o intuito de limitar o risco de levantamento e rutura do sistema de revestimentos cerâmico devido a movimentos estruturais do edifício. Já as juntas de assentamento, deverão ser definidas pelo fabricante em função da sua aplicação prevista e atendendo às características do ladrilho, nomeadamente à sua deformabilidade face às solicitações de caráter higrotérmico. [12]

As juntas estruturais são provenientes das juntas de dilatação do suporte, têm como finalidade absorver os movimentos estruturais e devem de ser obrigatoriamente refletidas no revestimento cerâmico. São normalmente executadas em obra ou prefabricadas, reforçadas com perfis metálicos ou plásticos, ou de matiques sobre o fundo da junta, para o seu preenchimento.

Por sua vez, as juntas periféricas situam-se nos limites da superfície revestida e tem como função impedir que os elementos adjacentes possam impedir ou restringir as deformações dos revestimentos cerâmicos. Caso estas coincidam com as estruturais, o seu preenchimento deve ser executado do mesmo modo, caso contrário a execução será semelhante a uma junta de esquartelamento/ intermédia. Em algumas situações, nomeadamente cantos salientes ou reentrantes, podem utilizar-se perfis metálicos ou plásticos.

As juntas de esquartelamento, também designadas por juntas intermédias ou de fracionamento, dividem habitualmente zonas extensas de revestimento em áreas menores e aproximadamente quadradas. A sua principal função é limitar riscos de fissuração e destacamento dos cerâmicos, devidos a tensões provenientes de deformações de carácter higrotérmico do suporte, do produto de colagem e dos ladrilhos. O preenchimento da junta deve ser inicialmente efetuado com um material de enchimento (fundo de junta compressível), de modo a não provocar o destacamento do mástique quando há movimentos, reforçado com um perfil metálico ou plástico. A zona superficial deve ser preenchida com o mesmo material das juntas de movimento ou com mástique, dependendo da largura da junta. No entanto, no revestimento de paredes é possível não considerar juntas de fracionamento, desde que o produto aplicado nas juntas de assentamento não ultrapasse o módulo de elasticidade de 8 000 Mpa.[2, 11, 12, 18]

Apresenta-se abaixo um quadro síntese com as principais características, dos diferentes tipos de juntas de construção, a ter em conta na conceção, projeto e execução das Juntas de Construção.

Quadro 3.13 – Tipos de Juntas de Construção. [1, 12]

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 a continuação das juntas estruturais do suporte.	Feitas em obra ou prefabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis.
Periféricas	Largura ≥ 5 mm Profundidade – a adequada para penetrar a totalidade da espessura do reboco de suporte	Nos limites da superfície revestida.	Feitas em obra ou prefabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis.

Esquartelamento / Intermédias	Largura ≥ 5 mm	As áreas mínimas entre juntas e/ou a distância entre juntas devem ser especificadas.	Feitas em obra ou prefabricadas com a finalidade de absorver movimentos estruturais previsíveis.
	Profundidade – a adequada para penetrar a totalidade da espessura do reboco de suporte.	As áreas entre juntas devem ser aproximadamente quadradas. - Ex.: - Área máx.: 40 m ² - Distancia máx.: 8 m	

As juntas de assentamento, ou entre ladrilhos, podem ser caracterizadas visualmente como o espaço entre ladrilhos cerâmicos adjacentes, preenchido posteriormente com material deformável. As suas principais funções são:

- Absorver as variações dimensionais dos ladrilhos cerâmicos;
- Proporcionar o alívio de tensões – aumentam a capacidade de absorver deformações intrínsecas provocadas pelas variações térmicas e higroscópicas;
- Otimizar a aderência dos ladrilhos – o contacto com o material de preenchimento das juntas aumenta indiretamente a área de contacto dos ladrilhos com a base, sobretudo em peças cerâmicas de pequenas dimensões;
- Estanquidade à água do revestimento cerâmico – as juntas impedem a passagem de água entre o tardo e o produto de colagem, evitando assim o aparecimento de machas;
- Facilitar, caso necessário, a remoção das peças cerâmicas;
- Permitir harmonizações estéticas que valorizem o conjunto.

De acordo com *Silvestre (2005)*, “o material a aplicar nas juntas deve ser impermeável, resiliente e compressível e apresentar resistência à água, aos agentes de limpeza, aos ataques químicos e ao desenvolvimento de microrganismos. No entanto, como os ladrilhos são impermeáveis, as trocas de humidade do suporte com o exterior têm de ser efetuadas através de juntas, as quais têm ainda de ser permeáveis ao vapor de água”. Perante o exposto, a norma inglesa *BS 5358:Part 2:1978* considera este critério e recomenda que 10% da área revestida seja constituída por juntas. [2, 18]

De acordo com a *APICER (2003)*, a aplicação de juntas de 1 mm, ou inferiores, é específica de produtos retificados. Assim para os produtos tradicionais, nomeadamente ladrilhos cerâmicos para paredes exteriores, aplicam-se a espessuras mínimas definidas no *Quadro 3.14*.

Quadro 3.14 – Espessuras mínimas para juntas de assentamento em paramentos exteriores.[1, 12]

Tipo de Ladrilhos	Espessura [mm]
Prensados a seco:	
$S \leq 500 \text{ cm}^2$	2
$S > 500 \text{ cm}^2$	3
Ladrilhos, “plaquetas” de terracota e ladrilhos extrudidos	6
Restantes materiais	4

Os produtos de preenchimento das juntas destinam-se a aplicações de refecho dos espaços entre ladrilhos cerâmicos. Estes devem ser selecionados tendo em conta as dimensões das juntas a que se destinam, as características dos ladrilhos, do suporte, do produto de colagem e as condições de utilização.

As argamassas de preenchimento de juntas entre ladrilhos aderentes em fachadas devem apresentar as seguintes características: [11, 12, 14]

- Boa trabalhabilidade;
- Reduzida retração de secagem;
- Boa adesão à face lateral do ladrilho;
- Impermeabilidade;
- Resistência à água, ao calor, aos agentes de limpeza e aos ataques químicos;
- Resistência ao desenvolvimento de microorganismos;
- Resiliência e compressibilidade.

Os produtos utilizados tradicionalmente no preenchimento de juntas de assentamento são a calda de cimento tradicional, para juntas entre 1 e 4 mm, e a argamassa tradicional, ao traço 2:1 (cimento e areia, respetivamente), em juntas com espessuras superiores a 4 mm. Importa referir que o uso de argamassas tradicionais nas fachadas deve incorporar na sua constituição um adjuvante hidrófugo a fim de aumentar a resistência à penetração de água. [12, 14]

Preferencialmente existem os produtos industriais, concebidos especialmente para o efeito. Estes são pré-doseados e dividem-se essencialmente em duas categorias, as argamassa à base de cimento (CG) e as argamassas à base de resinas de reação (RG). Podem ainda ser adicionados em obra adjuvantes líquidos ou elásticos (látex), sob forma de dispersões poliméricas aquosas. [12]

No *Quadro 3.15* apresenta-se uma caracterização genérica dos vários tipos de materiais de juntas e as suas aplicações, de acordo com *Vaz (2013)*.

Quadro 3.15 – Caracterização dos produtos de junta. [14]

	Composição	Espessura [mm]	Aplicações aconselhadas	Características
CG – argamassa à base de cimento	Calda de cimento tradicional	≤ 4	Paredes interiores	Elevada retração
	Argamassa tradicional (traço 2:1)	3 a 15	Pavimentos interiores e exteriores	Custo reduzido com retração controlada
	Argamassa de cimento com elevado teor de resinas	3 a 20	Revestimentos e pavimentos exteriores; juntas flexíveis	Resistência adequada aos agentes atmosféricos exteriores
RG – argamassa à base de resina de reação	Argamassa epóxida fornecida em dois componentes (líquidos), sendo um deles resina (ligante) e o outro endurecedor	3 a 15	Piscinas, cozinhas industriais ou indústria média/pesada; exteriores, mesmo em condições ambientais agressivas	Utilização satisfatória quando a frequência das limpezas é elevada e quando se exige alta resistência química e mecânica; aplicação e limpeza de exigência técnica elevada.

Argamassa à base de silicatos, completamente inorgânicos	Argamassas compostas por silicatos (ligante) e aditivos especificamente selecionados (fornecida em pó)	3 a 15	Revestimentos ou pavimentos (interiores e exteriores) mesmo em locais onde a agressividade química é elevada.	Aplicação semelhante às argamassas de base cimentícia; elevadas prestações mecânicas, alta resistência à abrasão e adequada resistência química
--	--	--------	---	---

3.4. TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

3.4.1. PREPARAÇÃO DO SUPORTE E TAREFAS PRELIMINARES

Antes de se iniciar o processo de aplicação do revestimento cerâmico é importante ter em consideração alguns aspetos. Um deles é a verificação do estado do suporte, sendo que este se deve encontrar estável, são, seco e livre de qualquer contaminação. O suporte deve assim estar isento de produtos de descofragem, resíduos de argamassa ou outras sujidades que comprometam a aderência do produto de colagem. Caso não se verifique, deve recorrer-se a operações de limpeza com um jato de água ou, eventualmente, outros meios de limpeza. [1, 2]

Posteriormente deve ser verificada a planeza e regularidade superficial do suporte de acordo com o exposto no ponto 3.3.3. Caso o suporte não cumpre estes critérios deverá ser executada uma camada de regularização sobre o mesmo ou eventualmente proceder ao assentamento através de uma argamassa tradicional. Apresenta-se no *Quadro 3.16* as condições a que o suporte deve satisfazer no momento da colagem. [2, 11]

Quadro 3.16 – Condições a satisfazer pelo paramento exterior no momento da colagem. [14]

Características	Tipos de suporte	Exigências	Observações
Planeza	Alvenaria rebocada ou betão com acabamento de superfície cuidada	Planeza geral: Desvios $\leq$ 5 mm sobre régua de 2m Planeza localizada: Desvios $\leq$ 2 mm sobre régua de 0,20 m	
	Betão com acabamento de superfície corrente	Planeza geral: Desvios $\leq$ 7 mm sobre régua de 2m Planeza localizada: Desvios $\leq$ 2 mm sobre régua de 0,20 m	Desvios de planeza compatíveis apenas com colas espessas de endurecimento hidráulico.
Estado de limpeza	Qualquer tipo	A superfície dos suportes deve ser coesa e estar isenta de produtos que possam prejudicar a aderência	

Idade (período mínimo de tempo desde a conclusão do suporte até ao início da aplicação do revestimento)	Alvenaria rebocada	≥ 3 semanas
	Betão	≥ 2 meses

Após verificadas as condições da base do revestimento, devem ser ainda realizadas as seguintes operações:[1, 11]

- Verificar a esquadria e as dimensões da base a ser revestida para a definir a largura das juntas entre as peças cerâmicas, procurando reduzir o número de recortes e o melhor posicionamento destas;
- Localizar, sobre a superfície a revestir, as juntas horizontais e verticais entre os ladrilhos cerâmicos;
- Marcar os alinhamentos verticais e horizontais das primeiras fiadas, com linhas de nylon, de maneira a servir de referência para as fiadas seguintes, ou como alternativa pode fixar-se uma régua de alumínio junto à base;
- Posicionar as peças cerâmicas de maneira a que sejam efetuados cortes iguais nos lados opostos à superfície a ser revestida;
- Planear a colocação das peças relativamente à decoração das mesmas.

3.4.2. APLICAÇÃO DO MATERIAL DE ASSENTAMENTO

Inicia-se o processo de aplicação com a preparação da mistura, que depende do tipo de produto de colagem utilizado. No caso de cimento cola adiciona-se água potável, preferencialmente isenta de cloretos, de um modo semelhante às argamassas correntes, já produto de bi-componente não é necessária a adição de água, visto que estes se misturam entre si. A amassadura deve ser efetuada mecanicamente com misturadoras recomendadas pelo fabricante.

Na aplicação de revestimento cerâmico em fachadas por meio de argamassa tradicional encontra-se praticamente em desuso, como tal será apenas descrito o processo de colagem através do cimento-cola (método da camada fina).

O produto de colagem deve ser espalhado sobre o suporte com recurso ao lado liso da talocha, comprimindo-a contra o suporte, num ângulo de 45°, de modo a formar uma camada uniforme. De seguida deve utilizar-se o lado dentado da talocha sobre a camada de argamassa, por forma a serem criados cordões de cola que irão facilitar o nivelamento e fixação das peças cerâmicas. Durante a colocação dos ladrilhos, os cordões de cola devem ser totalmente esmagados, formando uma camada uniforme e garantindo o contacto pleno da argamassa com o tardo da peça cerâmica. As dimensões do perfil dos dentes da talocha devem ser adequadas para o tipo de adesivo e o ângulo de inclinação deve ser de 60°. É aconselhável que a espessura da camada se situe entre os 2 e 5 mm.

A colagem pode no entanto ser simples ou dupla. Na última o produto de colagem deve ser aplicado tanto no suporte como no tardo do ladrilho, sendo que esta é mais vantajosa em todas as situações, uma vez que garante um maior contacto integral com o tardo do ladrilho.

Devem ainda ser respeitados os tempos de vida útil do adesivo, nomeadamente o tempo aberto e tempo de repouso indicados na embalagem do produto, tendo no entanto em contas a sua variação em dias secos, quentes e com muito vento. [1, 2, 14]

3.4.3. APLICAÇÃO DOS LADRILHOS

A fim de conferir uma aplicação adequada, o tardo dos ladrilhos deve encontrar-se isento de pó, gorduras ou partículas secas e não deve ser molhado antes do assentamento, por forma a não comprometer a eficiência da colagem.

No processo de aplicação, as peças cerâmicas devem ser colocadas, ligeiramente fora da sua posição final, sobre os cordões de argamassa de cimento-cola, sendo o seu posicionamento posteriormente ajustado através de um ligeiro movimento de rotação, que permite romper a película de ligante orgânico que se forma à superfície dos cordões de cola. Para se retirar o excesso de argamassa e estabelecer o contacto perfeito com o tardo dos ladrilhos, devem ser dadas ligeiras batidas com um martelo de borracha sobre a face do cerâmico. É aconselhável a limpeza da argamassa que escorrer antes do seu endurecimento, de maneira a que esta não predique a junta entre ladrilhos.

A largura das juntas de assentamento pode ser assegurada pela utilização de acessórios, nomeadamente cruzetas plásticas. De acordo com exposto no ponto 3.4.2, caso o adesivo tenha ultrapassado o seu tempo de abertura é imprescindível a sua remoção.

Uma das formas de verificar a eficiência da aplicação é através do arrancamento de algumas peças cerâmicas, em intervalos regulares, ao longo do processo aplicação. Desta forma, é possível averiguar se os cordões de cola estão devidamente batidos e se existe um contacto integral com o produto de colagem. [1, 2]

3.4.4. APLICAÇÃO DO PRODUTO DE JUNTAS

Este processo inicia-se normalmente com a remoção das cruzetas e a respetiva limpeza dos espaços entre ladrilhos (juntas). Em alguns casos pode ser necessário pincelar previamente os bordos com um produto primário compatível com o material de preenchimento de junta, para melhorar a sua aderência.

O produto de preenchimento deve apresentar uma granulometria e trabalhabilidade adaptada à largura e profundidade das juntas, deve ser flexível (módulo de elasticidade < 8000 MPa) e pode ser definido de acordo com o *Quadro 3.15*.

A operação de preenchimento de juntas deve ser realizada pelo menos 24 horas após a aplicação dos ladrilhos, de maneira a permitir a secagem do produto de colagem. A betumação deve ser feita em extensões e ritmos compatíveis com o tempo de abertura do produto.

O material de preenchimento das juntas deve ser aplicado com uma espátula, talocha de borracha dura ou um aplicador para juntas, esta deve obrigar o produto a penetrar e preencher por completo a junta na sua profundidade e largura.

Durante a operação de preenchimento deve ainda controlar-se a aderência dos ladrilhos, percutindo-os com um material não contundente e caso emitam um som cavo, devem ser substituídos por outros bem colados. [11]

3.4.5. LIMPEZA E CURA

A limpeza tem como finalidade eliminar os resíduos das argamassas e outros materiais utilizados, da superfície do revestimento cerâmico.

Esta operação pode ser realizada com uma esponja, limpa frequentemente em água, através de movimentos diagonais, face à disposição dos ladrilhos, com o intuito de não danificar de não danificar

as juntas preenchidas. No caso das argamassas com areia, o tempo a aguardar, para proceder à tarefa de limpeza pode ser de algumas horas, no caso de materiais como resinas de emulsão a limpeza deverá ser realizada dentro de 10 a 15 minutos após a aplicação. [14]

De acordo com Sá (2005), “a limpeza de revestimentos com ácidos é contra-indicada, pois pode prejudicar tanto a superfície da placa cerâmica como a junta de assentamento. Entretanto, quando for necessária a limpeza com ácidos, deve utilizar-se uma parte de ácido para dez partes de água. Neste caso, deve proteger-se previamente com vaselina os componentes suscetíveis ao ataque químico. Após a limpeza, que deve ser feita com água em abundância, utiliza-se uma solução neutralizadora de amoníaco (uma parte de amoníaco para cinco partes de água) e enxagua-se com água em abundância. Finalmente, enxuga-se com um pano, para remover a água presente nas juntas.”

Terminado o processo de limpeza, os trabalhos para o revestimento da parede estão completos, ainda assim, a utilização do revestimento cerâmico só deverá ocorrer após o período de cura do produto de colagem. Este período corresponde normalmente a 15 dias, sendo que durante este ocorrem reações físicas e químicas fundamentais para a qualidade de aderência entre as diversas camadas que compõem a parede revestida com peças cerâmicas. [1, 11]

3.5. ANOMALIAS

Apresenta-se neste subcapítulo as anomalias mais comuns no sistema de revestimento cerâmico aderente. Elabora-se uma caracterização de cada anomalia, bem como são apresentadas as principais causas das manifestações patológicas.

A anomalia pode ser definida como uma redução do desempenho previsto em projeto ao longo da vida útil da solução construtiva. Pode também ser entendida como a manifestação de uma doença, a qual se pode designar por Patologia, sendo o estudo imprescindível para sistematizar o conhecimento da patologia e consequentemente evitar erros futuros. [21]

3.5.1. PRINCIPAIS ANOMALIAS

As anomalias mais frequentes em revestimentos cerâmicos de fachadas podem afetar essencialmente a segurança do utilizador, através da queda do revestimento cerâmico por descolamento, a funcionalidade da fachada, que se traduz essencialmente em problemas de estanquidade à água, e seu o aspeto estético.[1]

Os principais defeitos manifestados, partilhados por diversos autores podem dividir-se essencialmente em quatro grupos: anomalias estéticas, anomalias em juntas, fendilhação e descolamentos. Em seguida procede-se a uma breve descrição de cada uma das anomalias e simultaneamente é feita a ilustração de cada uma com base no levantamento fotográfico realizado em campo, sendo que este teve o intuito de ganhar sensibilidade para as manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico aderente.

3.5.1.1. Anomalias Estéticas

São essencialmente as anomalias que não afetam o desempenho funcional do sistema de revestimento cerâmico, apenas afetam o seu aspeto visual. As anomalias identificadas em fachadas são: eflorescências, sujidade superficial, enodoamento, crescimento biológico, alteração da cor e brilho, deficiências de planeza, riscagem e desgaste, fendilhação do vidro, crateras no ladrilho e lascagem dos bordos.



Figura 3.5 - Efflorescências



Figura 3.6 - Sujidade superficial

As eflorescências apresentam-se como uma das anomalias estéticas mais correntes em fachadas. Manifestam-se sob a forma de manchas esbranquiçadas na face útil dos ladrilhos. Traduzem-se na cristalização de sais solúveis, usualmente sulfatos alcalinos, à superfície dos ladrilhos provenientes do produto de colagem, do suporte, ou mesmo do próprio ladrilho cerâmico (provenientes das matérias-primas ou por contaminação ao longo do processo de fabrico do ladrilho). Essencialmente os sais provenientes destes componentes do sistema de revestimento cerâmico são transportados pela água, através dos poros dos materiais do sistema para a superfície dos cerâmicos, consequentemente a água superficial evapora e os sais cristalizam. Pode no entanto ocorrer a cristalização dos sais interior do sistema de revestimento cerâmico, habitualmente no tardo do ladrilho e originando o que se designa por criptoefflorescências. [22] [13]

A sujidade superficial é outra das anomalias estéticas mais comuns, visível normalmente sob o peitoril das janelas. Resulta essencialmente da acumulação de poeiras e manchas de escorrência de água. Fica a dever-se a uma falta de limpeza periódica e à eventual textura do ladrilho que potencia a retenção de detritos.

O enodoamento manifesta-se sobre a forma de manchas provocadas por produtos enodoantes na face útil do ladrilho. O aparecimento deste tipo de anomalia normalmente denuncia, ainda numa fase prematura, uma seleção inadequada do ladrilho, isto é, que não teve em conta a severidade do uso da superfície revestida. Por outro lado pode dever-se a um aumento de porosidade da superfície do ladrilho motivado pelo desgaste ou eventual ataque químico ao revestimento e como tal a sujidade adere com maior facilidade.

A presença de água ou humidade no sistema de revestimento cerâmico potencia a colonização biológica. O crescimento biológico manifesta-se através das manchas de bolor, o desenvolvimento de fungos e até mesmo de vegetação.

Zonas onde é visível a riscagem e o desgaste dos ladrilhos cerâmicos, muitas das vezes com o desaparecimento do vidrado, pode também ser consequência de uma seleção pouco adequada do ladrilho à ambiência a que se destina.



Figura 3.7 – Escorrências de elementos metálicos



Figura 3.8 – Crescimento Biológico

A alteração da cor e brilho do ladrilho é habitualmente uma anomalia localizada, motivada por um ataque químico ou eventualmente proveniente de um desgaste de uma zona mais solicitada pelos utilizadores.

Os revestimentos cerâmicos podem também revelar deficiências de planeza, normalmente provenientes de irregularidades do suporte, que o produto de colagem não consegue absorver, no entanto, a falta de planeza também pode derivar do próprio empeno do ladrilho cerâmico, embora existam limites normalizados.

A fendilhação do vitrado é caracterizada pela formação de um padrão rendilhado na superfície esmaltada do ladrilho, o seu surgimento em fase de utilização deriva normalmente da diferença dos coeficientes de dilatação térmica entre o vitrado e a base do ladrilho cerâmico quando estes estão sujeitos a um choque térmico.



Figura 3.9 – Alteração da cor e brilho



Figura 3.10 – Riscagem e desgaste

Outra das anomalias correntes são as crateras no ladrilho cerâmico, consistem essencialmente num despreendimento do vitrado pontual, com forma circular. Esta manifestação resulta de uma expansão explosiva devida à hidratação de partículas de óxido de cálcio quando em contacto com a água, provenientes de grânulos de calcário presentes nas matérias-primas durante o processo de cozedura do

ladrilho. Desta forma, a anomalia pode evidenciar uma seleção inadequada do ladrilho face às condições a que é solicitada.

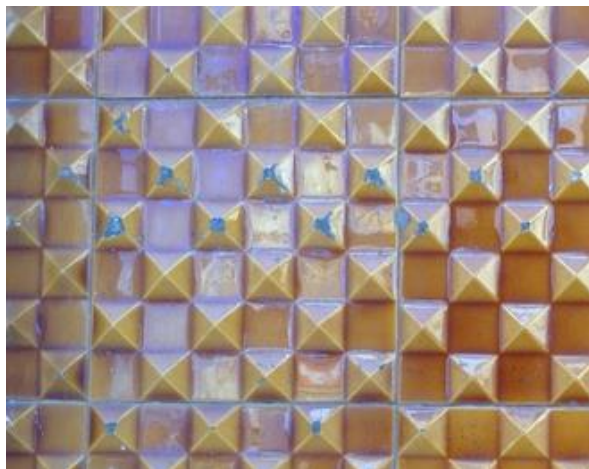


Figura 3.11 – Crateras no ladrilho cerâmico

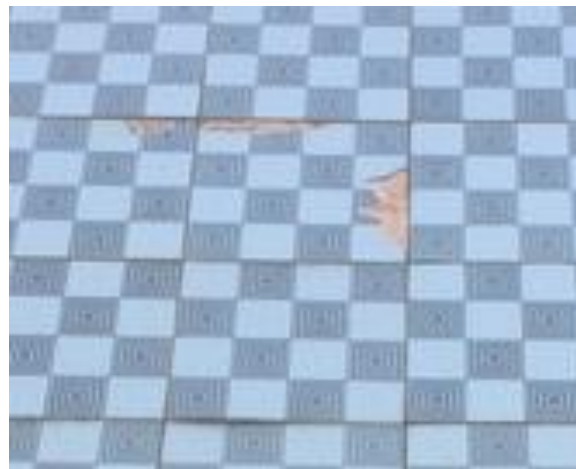


Figura 3.12 – Lascagem dos bordo

A lascagem dos bordos do ladrilho é normalmente provocada por um dos componentes do sistema mais relevantes, o suporte. Os movimentos diferenciais entre componente e o ladrilho provocam tensões de compressão e geram a lascagem do ladrilho junto à juntas das peças cerâmicas.

3.5.1.2. Anomalias em Juntas

As anomalias que se manifestam nas juntas são também facilmente observáveis em muitas fachadas de edifícios, comprometem essencialmente o aspeto estético e no limite a estanquidade do sistema. Podem distinguir-se essencialmente quatro tipos de anomalias em juntas: fissuração, alteração da cor/enodoamento, descolamento dos bordos e despreendimento da junta.

A fissuração ocorre no seio do produto de junta e afeta normalmente toda a profundidade da camada. A anomalia pode resultar da aplicação do produto de junta ainda na fase de construção, no entanto, tendo em vista uma análise de vida útil do Sistema, são mais relevantes as que resultam das variações higrotérmicas do produto. Pode também fissurar caso o produto revele incapacidade para absorver as extensões provocadas pelos movimentos do suporte ou do ladrilho.

Possivelmente a alteração da cor/enodoamento das juntas é a anomalia em juntas mais corrente. Ela resulta da absorção de produtos enodoantes, em forma de pó ou veiculados pela água, por parte do material de preenchimento de junta. Existe ainda a possibilidade de uma deficiente formulação do produto de junta.



Figura 3.13 – Alteração da cor/enodoamento da junta Figura 3.14 – Desprendimento do produto de junta

No desprendimento dos bordos é visível uma fissura entre o produto de junta e os bordos do ladrilho. Esta manifestação pode ficar a dever-se a uma aderência insuficiente do produto de junta ao bordo do ladrilho motivada por uma baixa porosidade do bordo, a uma inadequada granulometria ou consistência do produto de junta face à largura ou profundidade da junta, pode também denunciar uma relação largura/profundidade de junta pouco adequada.

O desprendimento do produto de preenchimento de junta pode ser descrito como uma rotura das três interfaces do produto de junta, é proveniente de uma evolução das manifestações patológicas de fissuração e desprendimento dos bordos, ou de uma expansão do produto de junta, com base cimentícia, provocada por sulfatos eventualmente contidos em produtos de limpeza.

3.5.1.3. Fendilhação/Fissuração

A fendilhação do revestimento cerâmico (para além da fissuração do vidrado) pode ter na sua origem diversas causas, geralmente está associada a movimentos do suporte, especialmente nas zonas de transição de suporte, entre a estrutura de betão e as alvenarias, onde ocorrem tensões de tração que levam o revestimento a fissurar. De referir que se a tensão de aderência conferida pelo produto de colagem for baixa, ao invés da fissuração dá-se o descolamento do revestimento cerâmico. [12]

Para além dos movimentos do suporte, ou a sua fendilhação, existem outras possíveis causas para a fendilhação do revestimento, tais como, a contração ou expansão do produto de colagem dos ladrilhos, eventualmente um choque violento, ou rotura por flexão de cerâmicos mal aderidos ao suporte.

Segundo a *Apicer (2003)*, “ 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 conceção ou, mais frequentemente, de uma omissão de conceção.” [12]

A fendilhação pode apresentar essencialmente dois padrões distintos, um com uma direção definida, normalmente associado a zonas de transição suporte (estrutura-alvenaria), e um padrão de fendilhação sem direção preponderante.



Figura 3.15 – Fendilhação com direção definida



Figura 3.16 – Fendilhação sem direção preponderante

A fissuração tem como consequência a progressiva deterioração do revestimento e uma maior probabilidade do seu descolamento. Esta pode ainda apresentar um grau de severidade que leve à infiltração de água para o interior e origine uma aceleração de todo o processo de degradação.

3.5.1.4. Descolamentos

O descolamento é uma das anomalias mais verificadas em fachadas e também a que apresenta maior gravidade, tendo em conta que mete em risco a segurança dos utentes de determinado espaço ou eventualmente da via pública. Esta patologia promove a entrada de água para o suporte, o que se traduz numa aceleração do processo de descolagem, com risco de infiltração para o interior. Esteticamente provoca uma degradação do aspeto visual e cria sensação de insegurança nos utentes.

Geralmente resulta da perda de aderência dos ladrilhos relativamente ao suporte, sendo que esta pode evidenciar, ou não, previamente empoamento. É também relevante distinguir dois tipos de descolamentos pelas suas evidências, o descolamento localizado do descolamento generalizado. [12]

O descolamento localizado encontra-se geralmente associado a deficiências do suporte ou eventualmente a um defeito localizado de aplicação do revestimento. A sua origem está normalmente relacionada com concentrações de tensões em determinadas zonas da parede, com frequência no canto dos vãos, onde as ligações do sistema não são as adequadas e os revestimentos descolam antes de eventualmente fissurarem.

A entrada pontual de água para o suporte também se pode encontrar na génese de alguns descolamentos pontuais. Do ponto de vista da aplicação do revestimento cerâmico, o uso de produtos de colagem para além do seu tempo de abertura, essencialmente devido a ritmos de aplicação incompatíveis com a amassadura, origina descolamentos localizados. Ainda ao nível das fachadas, zonas de aplicação com auxílio de andaime, para além de prejudicarem o ritmo de execução também dificultam a facilidade de execução do ponto de vista altimétrico e consequentemente todo o processo de aplicação, podendo também levar a descolamentos pontuais.



Figura 3.17 - Empolamento



Figura 3.18 – Descolamento generalizado

O descolamento generalizado que apresenta sinais de empolamento deriva normalmente de material cerâmico com expansão irreversível, não compensada pela largura das juntas de assentamento ou eventualmente pelas estruturais. As juntas devem ser capazes de absorver os movimentos diferenciais das diversas camadas do sistema revestimento cerâmico. [12]

Quando não ocorre empolamento, os descolamentos generalizados devem-se normalmente a uma deficiência na camada adesiva, resultante da falta de qualidade do produto, da sua inadequação à função ou possivelmente por uma má aplicação do produto. Exibe-se no quadro 56 os tipos de rotura de ligação ao suporte que originam o descolamento.

Quadro 3.17 – Tipos de rotura de ligações ladrilho-cola-suporte e respetivas causas.[12, 23]

Tipo de rotura	Origem dos fenómenos
Rotura 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.
Rotura coesiva da cola	Utilização prematura do revestimento, antes da cola ter adquirido o desempenho necessário.
Rotura 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.
Rotura coesiva do suporte	Suporte que não apresenta a devida coesão, sem condições para receber um revestimento.

Existem ainda alguns fatores que contribuem para o descolamento do revestimento cerâmico, e que importa referir: [12]

- 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 recomendada;
- Falta de pressão adequada dos ladrilhos no ato de assentamento;
- Falta de planeamento do trabalho e deficiente qualificação de mão-de-obra.

3.5.2. ORIGEM DAS ANOMALIAS

Segundo alguns autores as anomalias também se podem classificar em função da sua origem. Podem assim apresentar-se como: [11, 18]

- **Congénitas** - quando são originárias da fase de projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhe e na conceção inadequada do sistema de revestimento. Estas são responsáveis por grande parte das anomalias registadas nas edificações;
- **Construtivas** – a sua origem está relacionada com a fase de execução de obra. Resulta do emprego de mão-de-obra não qualificada, produtos não certificados, ausência de metodologia para assentamento das peças;
- **Adquiridas** – ocorrem durante a vida útil do revestimento, isto é, são resultantes da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio ou devida à ação humana, em função de uma manutenção inadequada ou realização de uma intervenção incorreta, que leve à danificação das camadas e desencadeie um processo patológico;
- **Acidentais** – devem-se à ocorrência de algum fenómeno atípico, resultante de uma solicitação invulgar, tais como a ação da chuva aliada a ventos de intensidade superior ao normal, assentamentos e até mesmo incêndios. Este tipo de ações provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada base e sobre as juntas quando não atinge o revestimento. Origina movimentações que posteriormente irão desencadear o processo patológico.

3.5.3. CAUSAS DAS ANOMALIAS

Segundo Sá (2003), as principais causas da ocorrência de anomalias no sistema de revestimento cerâmico aderente são a falta de rigor e de controlo dos processos de fabrico dos materiais utilizados no sistema, a seleção inadequada dos materiais, a má conceção e a deficiente aplicação dos ladrilhos cerâmicos. [1]

Bauer (1987) aponta igualmente para erros de execução, o uso de materiais inadequados ou o desconhecimento das suas características, as deficiências provenientes da fase de projeto e a falta de manutenção.

Costa e Meira (2004) reforçam a ideia e consideram que “a falta da cultura de manutenção preventiva é preponderante para o aparecimento de problemas patológicos nos revestimentos cerâmicos”. Estes autores afirmam também que as características intrínsecas dos revestimentos cerâmicos e outros fatores externos, como a temperatura, humidade do ar, insolação direta, velocidade do vento, entre outros, têm um papel decisivo no desempenho dos revestimentos cerâmicos.

Consensualmente, estes e outros autores apresentam como principais causas das anomalias os erros de projeto, erros de execução, as ações ambientais e a ausência de manutenção.

Silvestre (2005) apresenta, no seu estudo, um sistema classificativo das causas de ocorrência das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes. O autor define essencialmente seis grupos e sistematiza um conjunto de possíveis causas dentro de cada um deles. A classificação é exposta no *Quadro 3.18*.

Quadro 3.18 – Classificação das causas das anomalias em RCA. [24, 25]

Grupos	Causas
Erros de Projeto	Escolha de material incompatível, omissa, ou não adequada a utilização
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Prescrição de colagem simples em vez de dupla
	Dimensionamento incorreto das juntas do revestimento cerâmico
	Inexistência de juntas periféricas, de esquartelamento 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
	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 retração 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 pendentos em pavimentos exteriores
	Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas
Ações de origem mecânica exterior do revestimento cerâmico	Choques contra o revestimento cerâmico
	Vandalismo/graffiti
	Concentração de tensões no suporte
	Deformação do suporte
Ações ambientais	Vento
	Radiação solar
	Exposição solar reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do revestimento que contem cimento
	Humidificação do revestimento
	Ação biológica
	Poluição atmosférica
	Criptoflorescências
Erros de manutenção	Envelhecimento natural
	Falta de limpeza do revestimento cerâmico ou de zonas adjacentes
Alteração das condições inicialmente previstas	Limpeza incorreta do revestimento cerâmico
	Aplicação de cargas verticais excessivas em revestimentos de paredes

4

INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS - TRABALHO DE CAMPO

4.1. ENQUADRAMENTO

Inicia-se o capítulo com uma breve descrição de enquadramento dos principais conceitos alusivos ao trabalho desenvolvido em campo.

A Inspeção pode definir-se genericamente como um *exame minucioso, vistoria* ou *observação detalhada de algo*. [26] Uma abordagem um pouco mais técnica caracteriza a Inspeção de Edifícios como uma atividade necessária para determinar o estado de conservação de uma edificação ou das suas partes constituintes. Entende-se portanto que esta tarefa está inteiramente relacionada com a manutenção e reabilitação de edifícios.

O processo de degradação de um edifício inicia-se assim que terminada a sua construção. Uma inspeção periódica previne a aceleração do processo, permite o diagnóstico de eventuais patologias numa fase inicial e consequentemente prolonga a vida útil do edifício. No entanto, esta tarefa não é habitualmente praticada como uma intervenção de manutenção, servindo muitas das vezes, numa fase mais avançada do estado de deterioração, para diagnosticar a degradação evidente das partes constituintes do edifício e programar uma adequada operação de reabilitação. [27]

A primeira fase do Projeto de reabilitação de um edifício deve consistir num estudo de diagnóstico cujo objetivo é conhecer o edifício aprofundadamente, avaliar o seu estado de deterioração e determinar as causas associadas às manifestações patológicas observadas. Num projeto deste tipo esta é uma etapa extremamente importante, uma vez que fundamenta uma intervenção mais adequada, e porventura menos intrusiva, face às particularidades do edificado. De acordo com *Freitas, et al. (2003)*, um estudo de diagnóstico de um edifício deve seguir a seguinte metodologia: [28]

i. Análise da informação escrita e desenhada

- *Desenhos gerais de pormenor;*
- *Especificações técnicas de trabalhos executados;*
- *“História” de eventuais intervenções.*

ii. Realização de um inquérito

- *Identificar os fogos-tipo mais degradados que devem ser visitados;*
- *Verificar o carácter sistemático de certas patologias;*

- *Detetar as exigências dos utilizadores.*

iii. Visita ao interior e exterior dos edifícios

iv. Realização de um levantamento fotográfico do edifício e suas patologias

v. Medidas *in situ* ou em laboratório

vi. Efetuar um conjunto de sondagens

- *Topos de laje: para verificação do apoio das alvenarias e tratamento de pontes térmicas;*
- *Ligação da caixilharia com a fachada;*
- *Ligação da cobertura e fachada com platibanda;*
- *Coberturas planas;*
- *Revestimentos de fachadas;*
- *Entre outras.*

Do ponto de vista técnico, existem essencialmente três técnicas fundamentais inseridas no estudo de diagnóstico, são elas, a inspeção visual, os ensaios *in situ* e os ensaios laboratoriais. Contudo, o presente trabalho incide apenas na inspeção visual das fachadas. Caracteriza-se por uma observação sistemática das anomalias, sendo que são registadas e identificadas com o auxílio de uma ficha de inspeção realizada antecipadamente, bem como armazenado todo o levantamento fotográfico realizado em campo.

Contextualizando o conceito, a inspeção visual é baseada essencialmente na percepção sensorial por parte de técnicos, ou seja, consiste na utilização dos sentidos, neste caso a visão, para recolher informação referente ao estado de conservação do edifício. A observação pode ser direta, isto é, “a olho nu”, ou com recurso a aparelhos que potenciem a percepção visual, tais como, lupa, binóculos, câmara fotográfica ou eventualmente um boroscópio. Este tipo de técnica de inspeção é bastante vantajosa, na medida em que é um método de avaliação usualmente não destrutivo (à exceção de casos que necessitem da utilização do boroscópio), económico, que despende pouco tempo e geralmente carece de equipamentos pouco complexos e dispendiosos. Todavia, a desvantagem deste método é a sua dependência do investigador, isto é, a inspeção visual está inteiramente ligada à experiência, ao treino, à perspicácia e ao conhecimento de cada investigador, sendo os resultados gerados tendencialmente subjetivos. [29] Perante o exposto, pode reter-se que esta técnica é imprescindível no diagnóstico dos edifícios, no entanto, só eventualmente em casos mais simples a informação recolhida poderá conduzir a um diagnóstico conclusivo, sem que seja necessário recorrer a outras técnicas. [27, 28, 30]

Em síntese, o trabalho agora apresentado foi desenvolvido em campo ao longo de aproximadamente dois meses. A investigação pretende essencialmente diagnosticar o estado de degradação do revestimento cerâmico nas fachadas dos edifícios selecionados. Baseia-se fundamentalmente na inspeção visual e posterior registo da análise efetuada recorrendo a fichas de inspeção e respetivo levantamento fotográfico. Precedentemente foi recolhida informação acerca da história do edifício junto das empresas ou pessoas responsáveis pela administração dos condomínios. As inspeções realizadas instrumentaram-se basicamente por câmara fotográfica digital e uma fita métrica.

A estrutura do presente capítulo é constituída por três subcapítulos. O primeiro expõe o processo de desenvolvimento de toda a ficha de inspeção. O segundo retrata o processo de definição e recolha da amostra. Procura ainda caracterizar de forma sintética a amostra de Edifícios. No último é realizada uma

síntese dos modelos de quantificação de degradação desenvolvidos e apresentada a metodologia de avaliação da degradação dos revestimentos cerâmicos em fachadas.

4.2. FICHA DE INSPEÇÃO

A Ficha de Inspeção é uma ferramenta indispensável ao diagnóstico dos edifícios, principalmente quando se recorre à inspeção visual. Este é um meio de recolher, em campo, a informação relevante para a caracterização do edifício, nomeadamente do revestimento cerâmico da fachada. Essencialmente permite agrupar os dados de uma forma organizada, sintética e sistematizada. O preenchimento da mesma é realizado a partir de uma análise visual do edificado e complementada por dados cedidos pelos responsáveis dos edifícios. Pretende-se com ela, fundamentalmente, registar as manifestações patológicas para posteriormente avaliar o estado de degradação do revestimento cerâmico da fachada.

A conceção da ficha de inspeção iniciou-se logicamente antes do trabalho de campo e foi sofrendo ajustamentos no desenrolar das Inspeções. Decorrente deste processo de modificações, apresenta-se agora como uma ficha de inspeção singular, adaptada ao grupo de edifícios inspecionados. Como tal, a ficha possui agora uma desvantagem, uma vez que não possibilita a sua implementação a qualquer tipo de edifício.

A estrutura da ficha de inspeção teve essencialmente por base os fatores que influenciam a vida útil dos revestimentos cerâmicos em fachadas. De acordo com a *ISO 15686-1:2011* devem considerar-se as características dos materiais, os fatores de projeto, os fatores de execução, a manutenção e as condições ambientais e de exposição. [7] Perante o exposto, e em conformidade com o trabalho desenvolvido por outros autores [2, 9, 31, 32], definiu-se toda a composição da ficha de inspeção. Esta encontra-se essencialmente dividida em sete partes:

- Identificação do Edifício;
- Descrição do Edifício;
- Caracterização da Fachada;
- Sistema de Revestimento Cerâmico Aderente;
- Ambiente Exterior;
- Manutenção;
- Estado de Conservação.

Segue-se uma descrição mais aprofundada de cada uma das secções, onde é fundamentada e descrita toda a estrutura da ficha de inspeção, bem como os parâmetros que a constituem.

A ficha pode ser consultada no anexo **A1- Ficha de Inspeção**

4.2.1. IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Neste ponto a ficha de inspeção procura identificar o edifício, indicando a sua *denominação*, caso exista, e a sua respetiva *localização*. Este tipo de informação é bastante relevante, do ponto de vista organizacional e de análise de ações exteriores, especialmente se for uma empresa que esteja a prestar o serviço de inspeção ao edifício. No entanto, tendo em conta o âmbito académico do trabalho, procurou ocultar-se na ficha a identidade e localização do edifício, e atribui-se uma numeração aos Edifícios. Contudo, este tipo de informação foi considerada para a caracterização do *Ambiente Exterior* do Edifício, uma vez que se trata de informação importante para a avaliação do processo de degradação do revestimento cerâmico.

A descrição do edifício sintetiza a informação geral da construção, a sua finalidade (*uso*), o *tipo de cobertura*, o *número de pisos*, a tipologia da *estrutura* que o suporta e a data de *início da utilização* do imóvel. Estes dados são importantes para caracterizar e avaliar a vida útil das fachadas.

4.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA FACHADA

Na caracterização da fachada procura-se registar as informações mais relevantes, algumas delas já apresentadas e partilhadas por diversos autores, e relacioná-las com o nível de degradação da fachada. As informações a recolher em campo são a *orientação* da fachada, o *tipo de fachada*, isto é, o seu posicionamento no edifício, a possibilidade de *existência de Beirado/Saliência* na fachada, uma vez que se julga ser uma característica arquitetónica bastante relevante para a degradação do revestimento cerâmico. O *tipo de suporte* é também um aspeto relevante do ponto de vista de interação com o revestimento cerâmico, uma vez que pode estar na origem da degradação da fachada.

A *área de fachada* serve de base ao cálculo aproximado da área de revestimento cerâmico, e foi estimada com o auxílio da ferramenta *Google Earth Pro* e *Google Maps*, nomeadamente para a determinação das dimensões em planta. Ao nível da altimetria da fachada foi considerado, regra geral, um valor médio de três metros por piso, possibilitando desta forma o cálculo aproximado da área de fachada.

Uma intervenção na fachada vai com certeza influenciar a sua vida útil. Deste modo, parece coerente incluir na ficha a existência de um campo para registo da ocorrência de uma possível *intervenção*, o respetivo *ano* em que ela se realizou e uma *descrição* sucinta do tipo de trabalho realizado nesse âmbito.

4.2.3. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO ADERENTE

Na presente secção, pretende-se caracterizar todo o sistema de revestimento cerâmico aderente, tendo em vista uma possível correlação entre as suas características e a degradação da fachada exibida pela fachada.

Um dos parâmetros essenciais na ficha é a *Área de RCA*, uma vez que se trata de um elemento chave para quantificação do nível de degradação das fachadas face às anomalias apresentadas. O seu cálculo tem por base a *área de fachada*, descrita anteriormente, à qual são deduzidos todos os vãos e os elementos que não se encontravam revestidos a ladrilho cerâmico. Sempre que possível as dimensões do vão são medidas por meio de fita métrica ou através da correlação com as dimensões do revestimento cerâmico que se encontra na envolvente do vão.

A caracterização do ladrilho cerâmico é também importante, assim sendo, pretende-se identificar a sua *designação comercial/tipo de ladrilho*, o tipo de *acabamento*, a *cor do ladrilho* e as respetivas *dimensões*. Note-se que, na maioria das vezes, uma observação visual pode revelar-se insuficiente para identificar o tipo de ladrilho.

Ao nível do produto de colagem é com certeza significativo conhecer a sua *Classe*, dentro das apresentadas no *Capítulo 3*, bem como o tipo de colagem adotada no processo de aplicação do revestimento cerâmico, contudo, é compreensível a dificuldade em obter este tipo de informação.

O registo da existência das juntas de *esquartelamento*, *estruturais* e *periféricas* é igualmente importante, bem como o *produto de junta*, uma vez que influencia o comportamento da fachada e consequentemente a sua durabilidade.

Outro dos aspetos que não pode deixar de se reportar é a existência de um *reforço dos pontos singulares*, nomeadamente localizados na periferia das fachadas ou nos cantos salientes, uma vez que protegem o sistema da degradação provocada, eventualmente por uma infiltração de água.

A caracterização do sistema de revestimento cerâmico, através do preenchimento de todos os campos acima exposto, não é de todo possível. O acesso à informação de projeto relativa ao RCA em fachadas possibilitaria uma descrição do sistema e consecutivamente uma melhor avaliação do seu estado de conservação.

4.2.4. AMBIENTE EXTERIOR

O RCA em fachadas, ao longo da sua vida útil, é solicitado por diversas ações ambientais, face ao seu meio envolvente, que influenciam o seu desempenho. Desta forma, pretende integrar-se na ficha uma identificação simplificada do ambiente exterior, nomeadamente através da avaliação da *exposição ao vento*, *exposição à ação da chuva*, *à humidade*, aos *agentes poluentes* e a *proximidade ao mar* da fachada. Genericamente, estes parâmetros são avaliados numa escala de intensidade de *baixa*, *média* ou *alta*.

A ação da radiação solar na fachada é também um agente de degradação natural, no entanto, esta será avaliada apenas em função da *orientação da fachada*.

4.2.5. MANUTENÇÃO

A manutenção é um fator imprescindível no prolongamento da vida útil dos revestimentos de fachadas. Correntemente são realizadas operações de manutenção nos edifícios, no entanto são, a maior parte das vezes, corretivas, isto é, só são realizadas quando já nos encontramos perante nível de degradação elevado e já não são cumpridas determinadas exigências.

Segundo vários autores uma estratégia de manutenção preventiva altera os fenómenos de degradação e origina um acréscimo de desempenho.

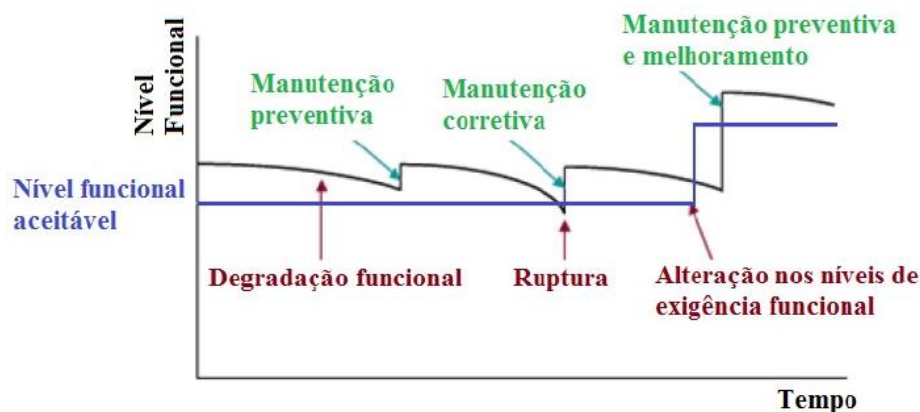


Figura 4.1 – Influência da manutenção nas exigências dos edifícios (adaptado de Takata et al, 2004) [33]

Desta forma, inclui-se na ficha de inspeção este campo, com o intuito de averiguar a existência de algum tipo de *manutenção* preventiva, bem como a sua *periodicidade*.

4.2.6. ESTADO DE CONSERVAÇÃO

O estado de conservação de uma fachada está intrinsecamente ligado à avaliação das manifestações patológicas que apresenta.

Em trabalho de campo, a principal tarefa consiste em avaliar, através de inspeção visual, as anomalias presentes na fachada. Posto isto, na ficha de inspeção, que se encontra em *Anexo*, apresenta-se um quadro dividido nos 4 grupos de anomalias, de acordo com o exposto no *Capítulo 3*, ponto 3.5.1, onde é possível o registo das mesmas.

As anomalias identificadas são quantificadas a partir da área de fachada afetada ou eventualmente pela percentagem de área afetada, caso seja uma anomalia mais generalizada. A área afetada é estimada a partir da dimensão dos ladrilhos ou correlacionada visualmente com a área de vãos adjacentes à anomalia. No caso de fendilhação com direção definida, contabiliza-se a sua extensão.

Na caracterização das anomalias é também incluído na ficha um campo para identificar a sua localização na fachada. Reserva-se ainda um espaço para observações, nomeadamente no que diz respeito à severidade da anomalia.

4.3. AMOSTRA DE EDIFÍCIOS

4.3.1. DEFINIÇÃO E RECOLHA DA AMOSTRA

Parece consensual que cada edifício tem as suas particularidades e consequentemente um comportamento diferente ao longo da sua vida útil. Como já foi referido, a degradação do sistema de revestimento cerâmico aderente depende de inúmeros fatores. No entanto, neste trabalho procurou recolher-se uma amostra de Edifícios o mais homogênea possível, tendo em vista uma avaliação mais coesa e coerente da informação relativa à degradação do revestimento cerâmico nas fachadas, a fim de prever a vida útil do RCA.

A ideia inicial de amostra passava um pouco pela seleção de edifícios públicos, no entanto, percebeu-se no decorrer do trabalho que, na principal área de estudo, a cidade do Porto, não era possível encontrar um número significativo de edifícios desta tipologia com fachadas revestidas a cerâmico, aliás surgiu apenas a ideia da *Faculdade de Letras da Universidade do Porto*.



Figura 4.2 - Faculdade de letras da Universidade do Porto

No entanto, uma visita a este edifício permitiu perceber que não eram visíveis anomalias significativas nas fachadas e de acordo com alguma informação histórica as mesmas foram intervencionadas recentemente.

Foi nesta conjuntura que se percebeu que o trabalho teria de incidir sobre a inspeção de edifícios privados. No contexto da inspeção destes edifícios, a definição de toda a amostra de edifícios acabou por ser definida a partir de um processo iterativo, em função da possibilidade de obtenção de informação acerca dos edifícios.

Numa fase inicial os critérios de seleção de edifícios começaram por ser a tipologia construtiva, isto é, procurou-se edifícios com características bastante semelhantes do ponto de vista arquitetónico e consequentemente com o mesmo tipo de revestimento cerâmico de fachada. Outro dos princípios selecionados foi a qualidade apresentada por algumas fachadas em revestimento cerâmico, mais propriamente o seu bom aspeto visual face à sua idade aparente, ou seja, as que aparentavam “grosso modo” uma durabilidade apreciável.

Partindo destes princípios, constatou-se que existia, em determinadas zonas da cidade do Porto, um conjunto significativo de edifícios com um revestimento cerâmico do tipo “pastilha”. Posto isto, afigurou-se interessante estudar o seu comportamento. Contudo, a fim de ter um meio comparativo era importante recolher outro tipo de revestimentos cerâmicos, preferencialmente com características iguais. De acordo com o exposto adiante, na caracterização da amostra final, foi possível, de uma forma geral, atender a estes planos iniciais.

Definidos os critérios e averiguados os edifícios que apresentavam os revestimentos cerâmicos pretendidos, iniciou-se o processo de recolha da amostra. Esta caracteriza-se, desde já, como a fase mais emotiva de todo o trabalho de campo.

A primeira etapa começou com a deslocação aos edifícios idealizados, de acordo com os critérios acima descritos, a fim de conseguir estabelecer contacto com a administração de condomínio para expor a situação e perceber a sua receptividade em colaborar com este estudo. Este processo de interação apresentava algum grau de dificuldade, uma vez que era necessário num curto período, perceber, ajustar e definir a melhor estratégia de abordagem aos responsáveis pela administração dos edifícios. As primeiras abordagens passaram por contactar um habitante do respetivo edifício e solicitar-lhe alguma informação que permitisse o contacto com a administração de condomínio, isto é, a pessoa responsável ou eventualmente a empresa de administração, se fosse o caso. A informação solicitada inicialmente foi a seguinte:

- *Data do fim da Construção;*
- *Registo histórico de algum tipo de intervenção na envolvente exterior; (ex.: mudança da cobertura; substituição das caixilharias; etc.)*
- *Existência de alguma intervenção na Fachada ao nível do revestimento cerâmico (“azulejo”);*
- *Existência de algum tipo de manutenção na Fachada (ex.: limpeza periódica, substituição dos silicones, etc.)*

A verdade é que as primeiras experiências não foram bem-sucedidas e desta forma foi necessário repensar a estratégia de abordagem. Entendeu-se que a informação solicitada possivelmente tinha de ser mais simplificada e objetiva. Estipulou-se assim que a informação recolhida junto dos administradores tinha de ser somente direcionada para o principal objetivo do trabalho, a avaliação da vida útil do revestimento cerâmico. Deste modo, optou-se por suprimir no inquérito a informação relativa às eventuais intervenções decorridas na *envolvente exterior* para além do sistema de revestimento cerâmico.

Identificadas as correções realizadas ao nível da informação requerida, foi perceptível, através das experiências adquiridas, que quando a administração do edifício era realizada pelos habitantes do condomínio, o contacto com o responsável era mais dificultado, uma vez que era necessário conseguir

estabelecer o contacto com determinada pessoa. Posto isto, procurou-se que a amostra de edifícios a recolher fosse administrada por empresas gestoras do condomínio, uma vez que se verificou, em campo, que existia uma maior facilidade de entrar em contacto e em obter os dados necessários para o estudo.

O modelo de definição da amostra, aperfeiçoado com o decorrer do trabalho, consistiu numa primeira fase, na recolha da informação de contacto das empresas gestoras dos edifícios seleccionados. Após a recolha do contacto da empresa era estabelecida a comunicação e solicitada a informação necessária ao estudo, quer por via telefónica, e-mail ou mesmo presencial.

Reteve-se no decorrer do processo, que a forma mais eficaz de contacto era um “cara a cara” na empresa, isto é, explicar o estudo e solicitar a informação presencialmente e de preferência evitar adiar o processo de recolha da informação necessária para outra ocasião.

Por conseguinte, ao longo de todo este processo de recolha, evolutivo e de melhoria continua, estabeleceu-se contacto com 10 empresas de administração e 2 responsáveis pela administração de condómino, sendo que 9 deles foram realizados presencialmente. Apesar dos 12 contactos estabelecidos, apenas 7 deles disponibilizaram os dados solicitados dos edifícios. Junto dos mesmos foi possível obter dados relativos a uma amostra de 26 edifícios.

Do contacto das empresas, constatou-se que uma parte significativa administrava os edifícios à pouco tempo, e como tal, a informação relativa a intervenções nas fachadas foi de difícil obtenção. Ainda assim procurou-se contactar alguns moradores, afim obter informação da data da reparação e uma breve caracterização da mesma.

Definida a amostra de edifícios e recolhida a informação mais relevante para o presente estudo, estava-se em condições de iniciar em campo a Inspeção Visual aos edifícios.

A amostra final dos 26 edifícios distribui-se pelas 11 zonas sombreadas, identificadas no mapa abaixo.

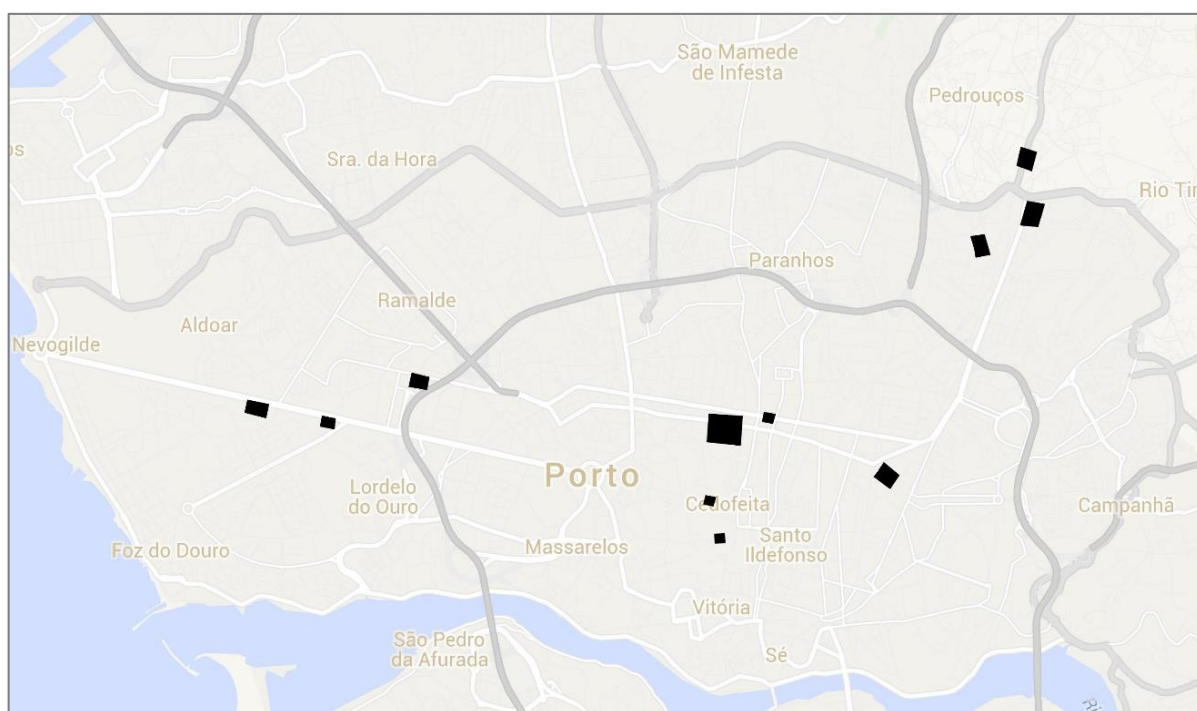


Figura 4.3 – Localização da Amostra de Edifícios

4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

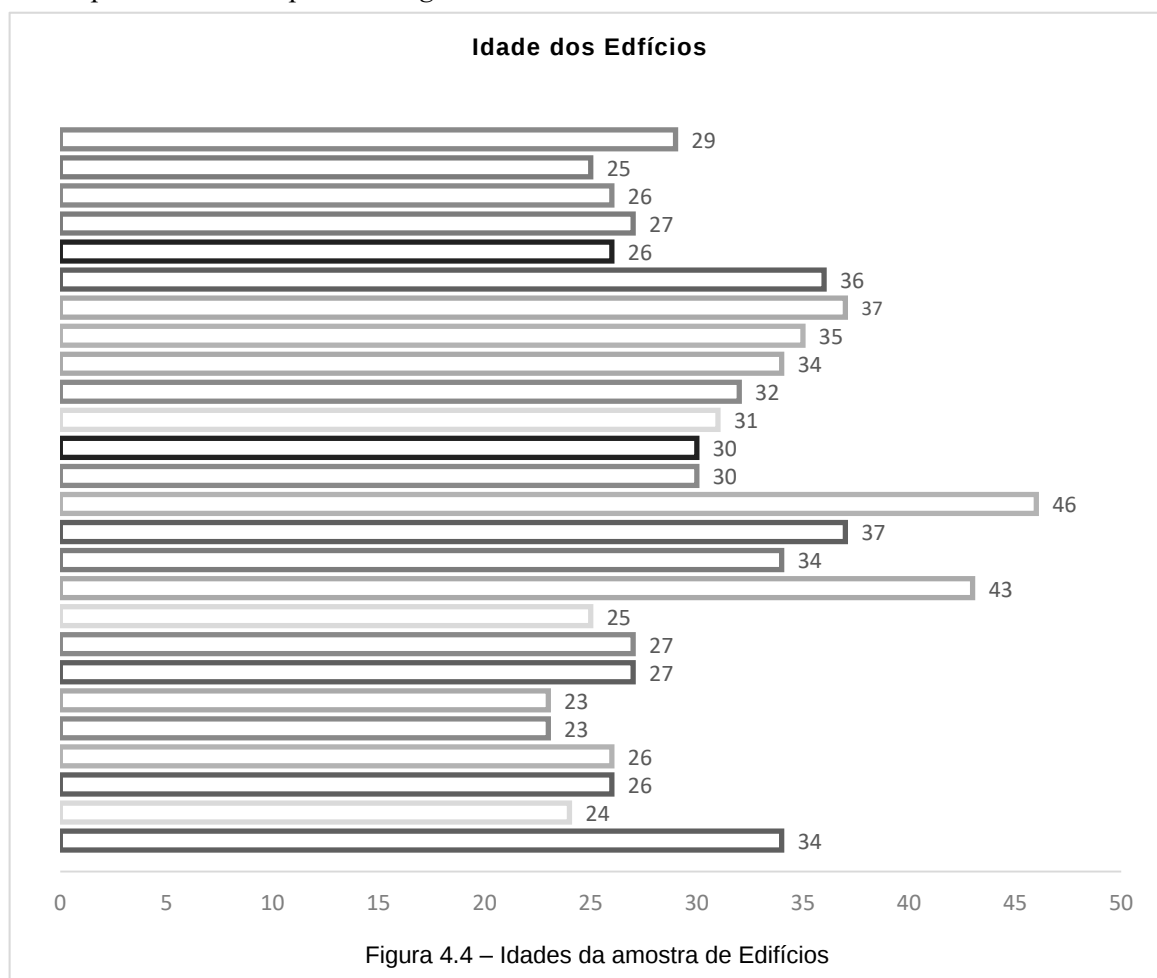
Nos parágrafos que se seguem pretende realizar-se, numa fase inicial, uma descrição geral da amostra de edifícios e das respetivas fachadas. Segue-se uma caracterização sintética, focando os aspetos chave dos edifícios. Para a descrição dos edifícios, apresenta-se adiante um agrupamento dos mesmos em função das especificidades das suas fachadas.

Como referido no ponto 4.2.1, a fim de salvaguardar alguma confidencialidade, perfeitamente compreensível, foi adotada a estratégia de numerar os edifícios, do 1 ao 26, como forma de *denominação* do edifício. Importa referir que a numeração das fichas de inspeção é correspondente à *denominação* para facilitar a organização do trabalho, como se pode constatar pela ficha preenchida em *anexo*.

4.3.2.1. Descrição Geral

Decorrida a longa jornada de *definição e recolha da amostra*, o resultado foi um conjunto de 26 edifícios, com uma tipologia essencialmente habitacional ou mista (habitacional e serviços). Especificamente, foram analisados 6 edifícios de uso exclusivamente habitacional, 1 edifício de serviços e 19 edifícios de uso misto, sendo que regra geral, a utilização de serviços limitava-se ao rés de chão.

Os objetos de estudo localizam-se na sua grande maioria no concelho do Porto e um deles no concelho de Gondomar, como se pode apurar no mapa apresentado na *Figura 4.3*. Pertencem às décadas de 70, 80 e 90, e como tal, apresentam um intervalo de idades compreendido entre os 23 e os 46 anos, aliás, como se pode constatar a partir da *Figura 4.4*.



Do ponto de vista altimétrico os edifícios apresentam um número de pisos compreendido entre os 4 e os 14, no entanto apenas cinco deles apresentam um valor superior a 8 pisos.

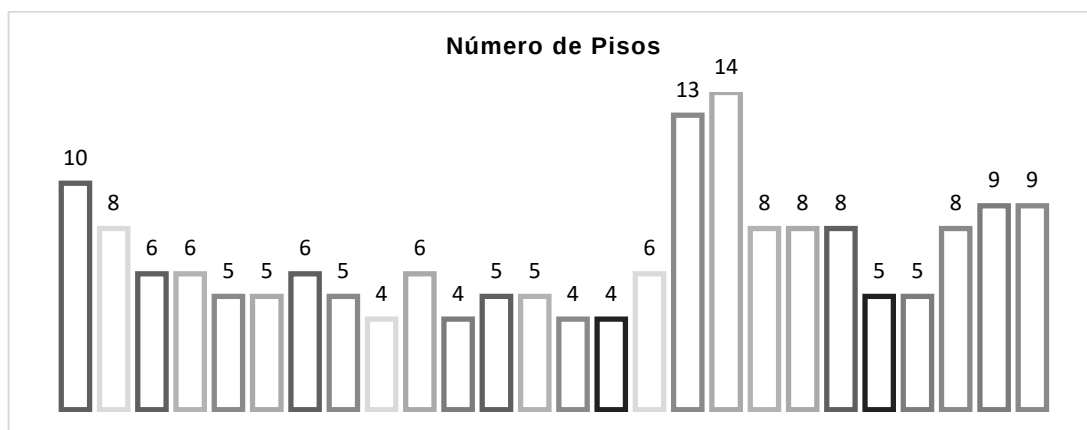


Figura 4.5 – Número de Pisos dos Edifícios

A amostra de edifícios referente aos 26 edifícios em análise é constituída por 62 fachadas, maioritariamente uniforme em termos de número de fachadas por orientação, como se pode constatar pela *Figura 4.7* e perfazem um total de aproximadamente 27 000 m² de área de revestimento cerâmico aderente.

De acordo com um dos principais objetivos do trabalho de campo, foi possível a recolha de uma amostra relativamente homogénea, constituída por dois tipos de revestimentos cerâmicos distintos, a “pastilha” cerâmica e os restantes ladrilhos cerâmicos. Contudo, estes últimos são ligeiramente heterogéneos ao nível das dimensões, no entanto, partilham genericamente da mesma cor e forma de aplicação. Apresenta-se na *Figura 4.6* a distribuição do tipo de revestimentos pelas fachadas, isto é, o número de fachadas de cada tipo de revestimento.

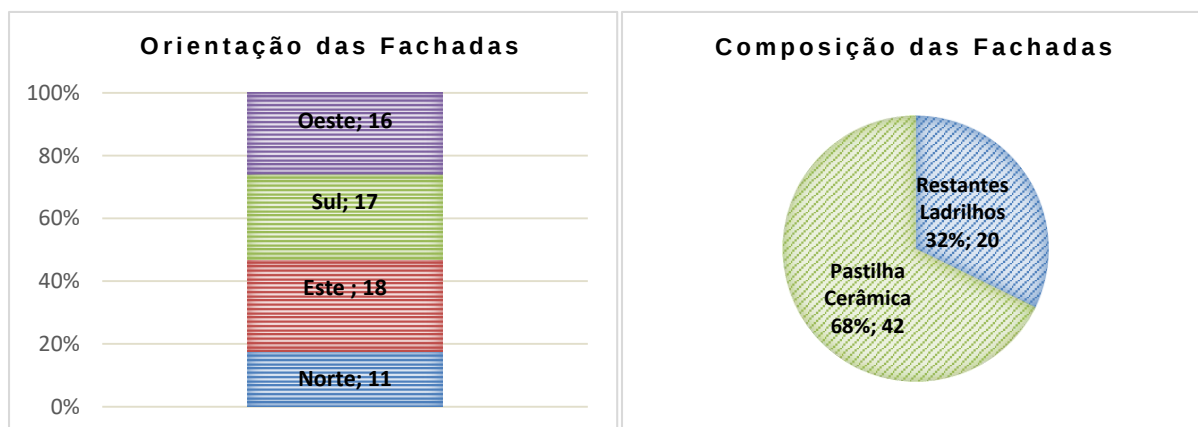


Figura 4.7 – Orientação das fachadas da amostra

Figura 4.6 – Tipos de ladrilhos da amostra

Na generalidade dos paramentos exteriores com revestimento cerâmico do tipo “pastilha” foi quantificável uma partilha das mesmas características dimensionais (2 x 2cm), bem como da cor do ladrilho (tons de bege), na maioria dos casos. Este tipo de acabamento apresenta-se em 17 edifícios, que compõem 42 fachadas e representam cerca de 68% da amostra, perfazem uma área de aproximadamente 21 600 m².

Os restantes ladrilhos, por sua vez, exibem algumas características distintas, nomeadamente ao nível das dimensões das peças cerâmicas, como se pode verificar na tabela do anexo **A3 - Resumo das principais características da amostra de RCA**. Contudo apresentam alguma uniformidade na sua tonalidade, uma vez que apenas uma das fachadas examinadas não exhibe ladrilhos brancos. Estes materiais revestem 20 das fachadas, correspondentes a 9 edifícios, e totalizam uma superfície revestida de sensivelmente 5 400 m² de RCA (32% da amostra).

Uma informação imprescindível à realização do estudo, para posteriormente realizar-se uma avaliação da vida útil, é a indicação do revestimento cerâmico em fachadas que foi alvo de reparação.

Apurou-se ao longo do trabalho de campo que a análise das fachadas intervencionadas era uma tarefa extramente complexa, uma vez que implicava o conhecimento das anomalias que motivaram a intervenção, bem como a sua extensão. Uma vez que não foi possível aceder a esta informação, decidiu excluir-se estas de uma análise de vida útil.

Este princípio levou a uma redução da amostra para 45 fachadas, correspondentes a 20 edifícios, sendo que estas não sofreram qualquer intervenção ao nível do revestimento cerâmico. Posto isto, conclui-se que 17 das 62 fachadas examinadas já sofreram algum tipo de reparação em determinado momento da sua vida que alterou o seu comportamento inicial.

Ilustra-se na *Figura 4.8*, as 17 fachadas reparadas segundo a respetiva orientação. No gráfico, para além da quantificação do número de paramentos reparados, também é exibido o peso relativo das reparações em função da sua orientação. Do mesmo pode-se retirar algumas observações. Verifica-se que neste conjunto de edifícios possivelmente existe uma maior degradação nas fachadas orientadas a *Norte* e a *Este*, como consequência de um maior número de reparações ocorridas. Porém, este facto não permite afirmar que as fachadas atingiram o seu limite de vida útil, uma vez que não temos conhecimento do nível de degradação que apresentavam e das razões que levaram à sua intervenção.

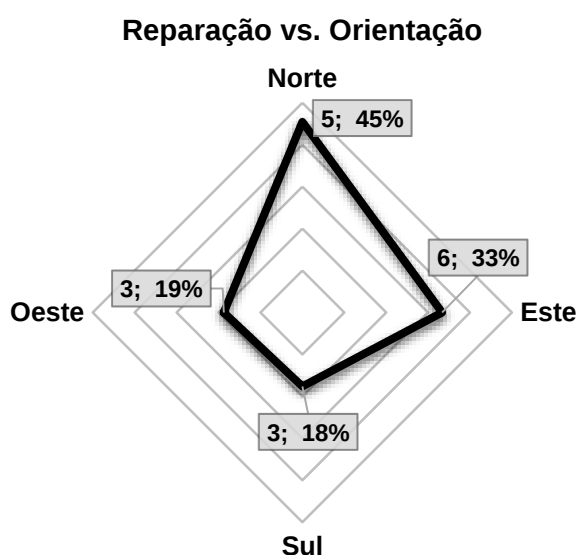


Figura 4.8 - Reparação das fachadas em função da respetiva orientação

Ao longo do trabalho de campo, constatou-se ainda, através da informação recolhida junto dos responsáveis pela gestão do edifício, que em todas as fachadas analisadas não existia qualquer tipo de manutenção periódica.

A fim de tornar a caracterização menos exaustiva e eventualmente mais interessante do ponto de vista de uma análise posterior de resultados da degradação das fachadas, procurou dividir-se a amostra em grupos de edifícios aproximadamente iguais. A repartição da amostra efetuou-se mediante algumas das características específicas das fachadas e do sistema de revestimento cerâmico.

Essencialmente, a amostra de edifícios foi seccionada em função do tipo de ladrilho, uma vez que eram facilmente identificáveis dois grupos distintos, de acordo com o exposto nos pontos anteriores. Os restantes critérios que permitiram particularizar os edifícios em grupos distintos e com propriedades em comum, foram as *dimensões do ladrilho*, a *cor do ladrilho* e a ocorrência de *intervenções na fachada*. De referir que existem grupos que não foram sujeitos todos estes critérios, para não serem criados demasiados grupos, eventualmente compostos por um único edifício, e voltarmos a cair numa situação de caracterização exaustiva.

A divisão da amostra de revestimento cerâmico e a constituição dos grupos inerentes encontra-se esquematizada na figura que se apresenta em seguida.

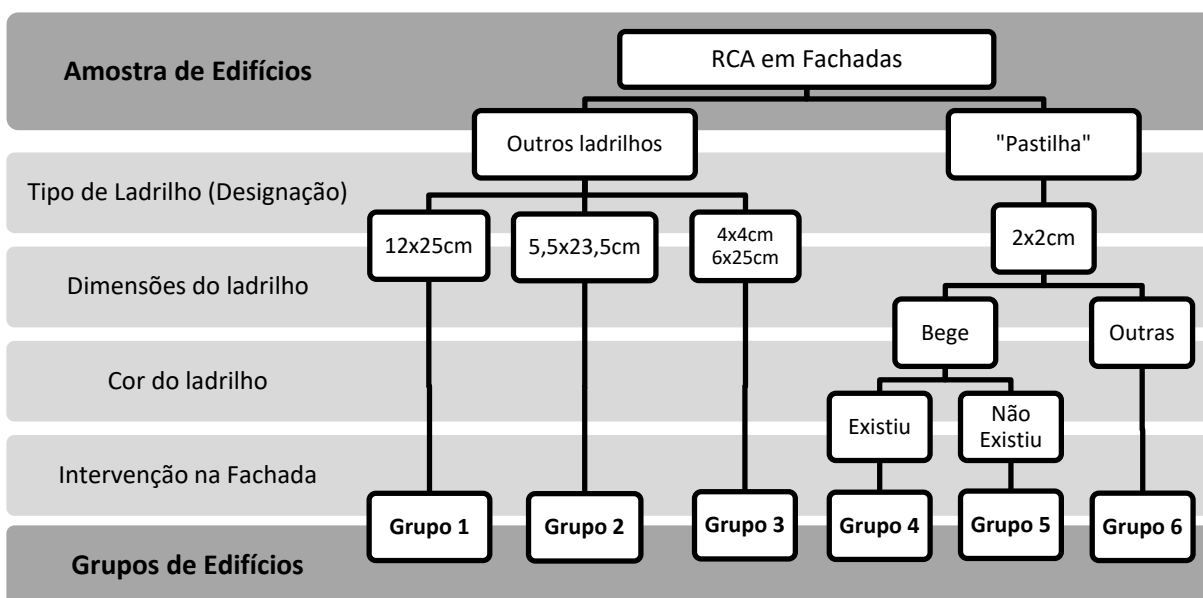


Figura 4.9 – Estruturação dos grupos de Edifícios

Segue-se uma caracterização dos grupos, focando os aspetos mais relevantes dos edifícios abrangidos pelos mesmos. Pretende-se essencialmente identificar os aspetos em comum dos edifícios, que consequentemente os alocaram ao mesmo grupo, bem como as particularidades de cada edifício no conjunto. A descrição que se segue tem por base toda a informação recolhida em campo, nomeadamente a registada nas fichas de inspeção e os dados fornecidos pela administração dos respetivos edifícios. A fim de sintetizar a informação dos edifícios, segue no *anexo A3* um quadro com as principais características de cada edifício e as respetivas fachadas avaliadas.

4.3.2.2. Grupo 1

Este agrupamento de edifícios é essencialmente representado pela partilha do critério tipo de ladrilho e dimensões. Caracterizam-se por exibir um ladrilho cerâmico branco, com acabamento superficial vidrado e dimensões 12x25cm. Dele fazem parte o edifício 1, edifício 6, edifício 7 e edifício 8, com idades compreendidas entre os 27 e 34 anos.



Figura 4.10 - Edifício 1



Figura 4.11 – Edifício 6

Os edifícios identificados caracterizam-se se por um uso Misto, sendo um dos pisos destinado a Serviços e os restantes a uso Habitacional, com exceção do Edifício 1, que é composto por 2 pisos de serviços. A estrutura dos mesmos é em betão armado e apresentam uma cobertura inclinada.

Ao nível das fachadas o edifício 1 é o único em que foi possível caracterizar segundo as quatro orientações, os restantes apresentam apenas duas, Este e Oeste. Arquitetonicamente todas as fachadas apresentam um beirado ou saliência da platibanda, o que constitui uma proteção ao sistema de revestimento cerâmico, de acordo com o mencionado em 4.4.2.

O sistema de revestimento cerâmico apresenta um tipo ladrilho, descrito inicialmente, que para além de exibir as mesmas dimensões e cor, também se encontra aplicado da mesma forma (padrão das juntas). Os ladrilhos encontram-se aplicados com as juntas entre ladrilhos verticais desencontradas a meia peça, isto é, a junta não apresenta uma continuidade ao longo do paramento e localiza-se centro da peça cerâmica adjacente. (Figura 4.17)



Figura 4.12 – Edifício 7



Figura 4.13 – Edifício 8

Ao nível do ambiente exterior destaca-se no grupo a fachada poente do edifício 1, uma vez que apresenta uma exposição alta aos agentes poluentes, motivada pela sua proximidade à Avenida Fernão de Magalhães.

4.3.2.3. Grupo 2

Incorporam o conjunto o edifício 3, edifício 4 e edifício 5, e apresentam idades entre os 23 e 26 anos.

O presente grupo foi, igualmente, particularizado pela apresentação do mesmo tipo de ladrilho e respetivas dimensões. Exibe um cerâmico branco com dimensões 5,5x23,5cm, aplicados com a mesma configuração do *grupo 1*.

Ao nível da utilização, dois deles são exclusivamente habitacionais e encontram-se adjacentes, o terceiro apresenta um rés-de-chão destinado a serviços.

Do ponto de vista construtivo ambos apresentam uma cobertura inclinada a duas águas.



Figura 4.14 – Edifício 3



Figura 4.15 – Edifício 4

Relativamente às fachadas, em dois dos edifícios inspecionados só foi possível, do ponto de vista de acessibilidade, avaliar a fachada principal. No entanto, a fachada do Edifício 3, que de acordo com a administração do edifício foi intervencionada em 2013, e como tal acabou por não ser avaliada, uma vez que não foi possível obter informação acerca do seu estado de deterioração.

Já no edifício 5, apesar de a informação fornecida pela administração do edifício não abordar qualquer tipo de reparação, verificou-se em trabalho de campo que o alçado lateral tinha sido intervencionado através da aplicação de uma pintura sobre o revestimento cerâmico, como se pode constatar pela *Figura 4.17*. Desta forma, a fachada não será contabilizada no método de avaliação da degradação, de acordo com o referido no ponto 4.3.2.1. *Descrição Geral*.



Figura 4.16 – Edifício 5



Figura 4.17 – Pormenor da fachada lateral (Edifício 5)

4.3.2.4. Grupo 3

Fazem parte deste conjunto apenas dois edifícios, o 11 e o 26. Estes apresentam entre 34 e 29 anos, respetivamente.

Ao invés dos grupos anteriores, aqui são incluídos os edifícios que não partilham propriedade alguma com algum dos outros.

O edifício 26 apresenta uma cor de ladrilho e uma configuração de aplicação igual à dos grupos anteriores, contudo as dimensões do seu ladrilho cerâmico diferem, bem como a largura das juntas entre ladrilhos, como se pode verificar mais à frente, na *figura 4.39*. Do ponto de vista da acessibilidade, este edifício permitia a avaliação das quatro fachadas, porém, de acordo com o testemunho de um habitante, constatou-se que a fachada lateral norte teria sido intervencionada em 2009, como tal terá de ser excluída da metodologia de avaliação de degradação.

O edifício 11, por sua vez exibe na sua fachada três tipos de revestimentos, dois revestimentos cerâmicos distintos e um revestimento em pedra natural. Contudo foi avaliado apenas o que apresentava anomalias bem visíveis. Trata-se de um material singular na amostra, com dimensões de 4x4xcm, aplicado da forma mais corrente, isto é, com a junta entre ladrilhos alinhada, por oposição à amostra apresentada até a momento.



Figura 4.18 – Edifício 11



Figura 4.19 – Edifício 26

4.3.2.5. Grupo 4

Este agrupamento de edificios apresenta-se como o grupo de fachadas intervencionadas, como se pode averiguar a partir do esquema da *Figura 4.9*, apresentada anteriormente. Apesar de não serem contabilizados na metodologia, é feita uma pequena caracterização de cada um deles.

A sua fachada é revestida com ladrilho cerâmico do tipo de “pastilha”, com dimensões 2x2cm, sendo que este já foi alvo de algum tipo de intervenção.

O edifício 2, data de 1991, e segundo a empresa responsável pela sua administração, foi intervencionado em 2002. De acordo com a descrição da mesma, foi aplicada uma pintura incolor impermeabilizante sobre a pastilha.



Figura 4.20 – Edifício 2



Figura 4.21 – Edifício 16

O edifício 16 tem 31 anos, é composto por 6 pisos e estende-se ao longo de 3 blocos adjacentes. Foi intervencionado em 2004, através da aplicação de uma pintura colorida, que possivelmente lhe melhorou o aspeto estético do paramento. Contudo, foi visível em campo que esta já apresentava alguma sujidade, nomeadamente na envolvente dos vãos, bem como alguns empolamentos pontais, porventura motivados por uma elevada impermeabilidade do produto aplicado.

Comparativamente, o edifício 18, uma “torre” de 14 pisos e com 34 anos de idade, foi também intervencionada ao nível do revestimento de pastilha. Segundo a administração, em 2002, foi similarmente aplicada uma pintura sobre o revestimento, no entanto esta manifestava um desempenho visivelmente superior à do edifício 16. Provavelmente esta discrepância de comportamentos está relacionada com as características do produto aplicado sobre a pastilha cerâmica.

Já o edifício 22 apresenta cerca de 26 anos, e de acordo com a administração, foi intervencionado em 2003. Junto da administração não foi possível obter informação acerca do tipo de operação levada a cabo, contudo o edifício apresentava já algumas manifestações significativas, designadamente alguma fissuração na pastilha e descolamento localizado.



Figura 4.22 – Edifício 18



Figura 4.23 – Edifício 22

4.3.2.6. Grupo 5

Este é o grupo homogêneo de maior dimensão em toda a amostra, e perante o estabelecido inicialmente, o principal enfoque do estudo.

Constituem-no o edifício 9, 17, 19, 20, 21, 23, 24 e 25, com idades compreendidas entre os 25 e 37 anos. Identifica-se em seguida algumas particularidades de cada um.

O grupo 5 caracteriza-se por exibir um ladrilho cerâmico do tipo “pastilha”, em tons de bege e com as dimensões 2x2cm.

Particulariza-se o edifício 9, com 25 anos e apenas 4 pisos, por exibir duas tonalidades de pastilha na sua única fachada caracterizada. No entanto, e atendendo a alguma coerência na análise, foi apenas avaliado o revestimento que tem a cor mais próxima da restante amostra.



Figura 4.24 – Edifício 9



Figura 4.25 – Edifício 17

O edifício 17 pode caracterizar-se como a segunda torre da amostra recolhida, detém 13 pisos e contribui com 3 das suas fachadas para a análise.

No edifício 19 destaca-se o facto ter sido possível a avaliar todas as fachadas que os constituem.



Figura 4.26 – Edifício 19



Figura 4.27 – Edifício 20

Os edifícios 20 e 21 distinguem-se por serem dois blocos adjacentes, que possibilitaram a avaliação de 5 fachadas com áreas de pastilha bastantes significantes na amostra de RCA.

Genericamente, o edifício 23 não apresenta, no seu topo, uma saliência platibanda, apesar disso esta zona encontra-se reforçada por dispositivo de remate. De acordo com o mencionado no ponto 4.2.2, julga-se que este é um aspeto a ter em conta na avaliação da deterioração do revestimento.

O denominado edifício 24, diferencia-se de toda a amostra pelo seu uso, uma vez que se trata de um edifício exclusivamente de serviços. À semelhança do edifício 23, este também não apresenta saliência de uma platibanda. Assinala-se ainda um aspeto que parece significativo, trata-se da instalação de equipamentos ao longo da fachada, nomeadamente ar condicionado. É claramente visível nas fachadas do edifício um enodoamento provocado pelas fixações deste equipamento. Posto isto, entende-se que se



Figura 4.28 – Edifício 21



Figura 4.29 – Edifício 23

dever ter especial atenção com estes equipamentos, visto que podem causar uma maior deterioração no revestimento.

Por último, uma breve referência ao edifício 25, como um dos mais novos do grupo, a par com edifício 9, que tem 25 anos. Porém, tem um número de pisos e uma extensão em planta claramente superior.



Figura 4.30 – Edifício 24



Figura 4.31 – Edifício 25

4.3.2.7. Grupo 6

Constituem-no o edifício 10, edifício 12, edifício 13, edifício 14 e o edifício 15, com idades entre os 30 e os 46 anos, o que define como o grupo que apresenta os edifícios mais antigos.

Nas suas fachadas são exibidos ladrilhos cerâmicos do tipo “pastilha”, com as dimensões 2x2cm e tonalidades um pouco distintas.

O edifício 10 apresenta dois tipos de revestimentos, uma “pastilha” de 2x2cm em tons de azul e um ladrilho rosa com dimensões de 4x4cm. Indo ao encontro de um dos principais objetivos do estudo, avaliou-se a pastilha cerâmica.

O grupo também se pode particularizar pelo facto os seus edifícios se encontrarem em banda. O edifício 12 apresenta logicamente essa disposição face aos adjacentes. Tem 5 pisos, apesar de apenas 3 deles serem revestidos com o revestimento cerâmico que se vai avaliar.



Figura 4.32 - Edifício 10



Figura 4.33 – Edifício 12



Figura 4.34 – Edifício 14

O edifício 13 é o mais antigo de toda a amostra recolhida, é constituído por 5 pisos e tem 46 anos.

De acordo com a administração, a fachada apresenta algumas infiltrações para o interior e como tal, já se encontra programada uma intervenção, nomeadamente através da aplicação de um sistema ETICS.

Por sua vez, os edifícios 14 e 15 encontram-se adjacentes e têm uma tipologia construtiva praticamente igual, como se pode visualizar a partir da *Figura 4.34* e *4.36*. São constituídos por 4 pisos, sendo que apenas 3 deles constituem a área de pastilha analisada. Os edifícios são exclusivamente habitacionais, ao invés do restante grupo e tem 30 anos.



Figura 4.35 – Edifício 13



Figura 4.36 – Edifício 15

4.4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

Neste ponto começa-se por enumerar os modelos de avaliação de vida útil analisados, que foram desenvolvidos mais recentemente no meio científico. Posteriormente são descritos os métodos mais relevantes para o desenvolvimento de um novo modelo de avaliação. Por último é apresentada e descrita a metodologia desenvolvida no âmbito deste trabalho.

4.4.1. ANÁLISE DE MODELOS DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

Após uma pesquisa bibliográfica identificaram-se alguns estudos relacionados com a avaliação da vida útil de revestimentos exteriores, nomeadamente de revestimentos cerâmicos em fachadas, que eram do interesse estudar.

Posto isto, analisaram-se sinteticamente os vários métodos de quantificação da degradação dos revestimentos exteriores em fachadas.

Enumeram-se os seguintes trabalhos observados:

- *Shohet e Paciuk (2004) – Previsão da vida útil de revestimentos exteriores;*[34]
- *Gaspar e Brito (2005) – Modelo de degradação de rebocos;*[35]
- *Sousa (2008) – Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas;*[2]
- *Silva (2009) – Previsão de vida útil dos revestimentos de pedra natural de paredes;*[4]
- *Taguchi (2010) – Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações;*[36]
- *Silva (2013) – Estudo de durabilidade do revestimento de paredes exteriores;*[31]
- *Silva (2015) – Avaliação Quantitativa da Degradação e vida útil de revestimentos de fachada- Aplicação ao caso de Brasília/DF.*[33]

Perante o exposto, destacam-se os estudos desenvolvidos por *Sousa (2008)* e *Silva (2013)*, uma vez, que se aproximam mais do objetivo deste estudo. Apresentam-se, em seguida, estes dois modelos de forma resumida, focando os aspetos mais significativos para a metodologia que se propõe mais à frente.

4.4.1.1. Modelo proposto por Sousa (2008)

Sousa (2008) pretendia, com o seu estudo, obter uma previsão da vida útil do revestimento cerâmico aderente em fachadas. A elaboração do seu trabalho teve por base a inspeção de 117 fachadas em revestimento cerâmico localizadas na região de Lisboa.

O modelo de degradação desenvolvido por esta autora pode considerar-se uma adaptação ao estudo sobre a vida útil de rebocos, desenvolvido por Gaspar (2008), que se apresenta como uma melhoria dos trabalhos de Gaspar (2002) e Gaspar e Brito (2005).

Este método de quantificação de degradação baseia-se na recolha das anomalias através da inspeção visual e na sua respetiva classificação, tendo em conta os níveis de degradação definidos previamente. Como tal, as anomalias foram agrupadas em quatro grupos: *Anomalias Estéticas; Deterioração de juntas; Fissuração; Descolamento*. Dentro do respetivo grupo, cada uma foi classificada numa escala de 0 (Muito bom) a 4 (Degradação generalizada), consoante a área de revestimento cerâmico afetada e a dimensão da fenda, no caso da fissuração. Importa também referir que, de acordo com o autor, as inspeções foram realizadas com o auxílio de uns binóculos e uma régua de fissuras.

A expressão de quantificação da degradação, *Severidade da degradação*, da fachada proposta é baseada no NGD, proposta por Gaspar (2002) (equação 1), à qual se propõe uma relação com a área da anomalia, ponderada pelo seu respetivo nível de degradação e pelo peso relativo à anomalia. (equação 2)

$$NGD = \frac{\sum (n_i \cdot k_i)}{\sum (n_i)} \quad (1)$$

Onde,

NGD – nível geral de degradação [%]

n_i – Somatório das anomalias i , com $i \in 1,2,3,4$

k_i – fator de ponderação dos níveis de degradação com $i = 1,2,3,4$

$$S = \frac{\sum A_n K_n K_{a,n}}{A \cdot K} \quad (2)$$

Onde,

S – Severidade da degradação da fachada [%]

A_n – área de fachada afetada por uma anomalia n , em m²;

k_n – factor de ponderação dos níveis de degradação com $n \in 1,2,3,4$;

$k_{a,n}$ – factor de ponderação do peso relativo das anomalias detectadas; caso não exista especificação, $k_{a,n}=1$;

k – factor de ponderação igual ao nível de condição mais elevada da degradação da fachada;

A – área da fachada, em m².

Após calculada a severidade da degradação de cada fachada foi possível, a partir da regressão dos respetivos valores correspondentes, obter uma curva de degradação. A curva caracteriza a severidade de

degradação dos revestimentos cerâmicos analisados em função da idade da fachada. Apresenta-se na figura abaixo a curva de degradação produzida na investigação de *Sousa*.

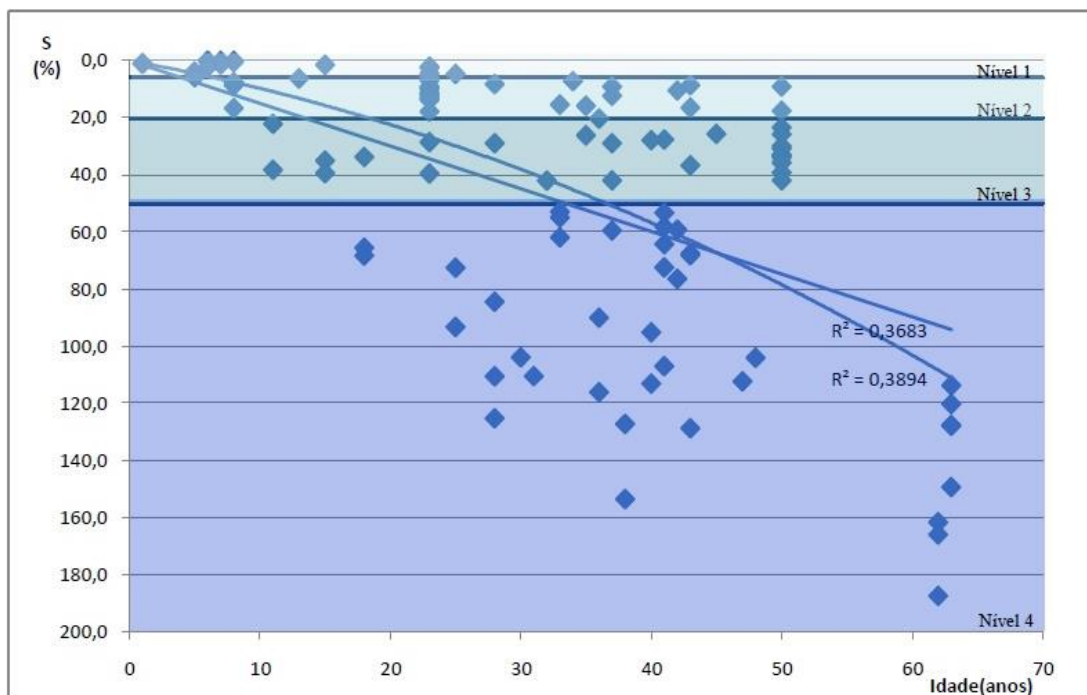


Figura 4.37 – Curva de degradação de 177 casos inspecionados.[2]

Sousa (2008) conclui que, apesar do modelo ter conseguido traduzir estatisticamente bem a evolução de degradação dos rebocos em fachadas, para os revestimentos cerâmicos em fachadas o mesmo não se verifica. Os valores apresentam-se sobre a forma de uma nuvem de pontos demasiado dispersos, e isso percebe-se pelos seus coeficientes de correlação demasiado baixos. [2]

4.4.1.2. Modelo proposto por *Silva (2013)*

Este autor realizou um estudo no qual avaliou a durabilidade de diversos tipos de revestimentos em paredes exteriores, tendo em conta a degradação apresentada pelos mesmos.

A sua metodologia de estudo baseou-se em fichas de inspeção, que permitiram a recolha da informação relevante para a avaliação do revestimento dos edifícios selecionados, nomeadamente o registo das suas anomalias.

Perante os dados recolhidos dos edifícios selecionados, o investigador usou um coeficiente de deterioração com o objetivo de avaliar o estado de conservação do revestimento e relaciona-lo com a sua durabilidade.

A expressão proposta pelo autor apresenta a extensão das anomalias em função área total da parede através de uma percentagem de área afetada. As mesmas são divididas em dois grupos, e ponderadas em função da sua relevância no desempenho revestimento. Os tipos de anomalias e respetivas ponderações são os seguintes:[31]

- Anomalias Estéticas – 1/4;
- Anomalias Funcionais – 3/4.

Apresenta-se a expressão:

$$Cd = \frac{(A_e + 3A_f)}{400} \quad (3)$$

Onde,

Cd – Coeficiente de deterioração

A_e – Área de anomalias estéticas em relação à área total da parede revestida, em %;

A_f – Área de anomalias funcionais em relação à área total da parede revestida, em %.

Uma das considerações finais que este autor apresenta, e que se encontra na lógica deste estudo, é a metodologia, neste caso o coeficiente de deterioração, adaptar-se às características do revestimento inspecionado.

4.4.2. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

Neste ponto procura descrever-se, de uma forma estruturada, o processo de desenvolvimento da metodologia de avaliação de degradação dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas. O método proposto, baseado nos descritos anteriormente, procura avaliar o estado de deterioração dos revestimentos e consequentemente obter uma perceção do seu comportamento ao longo da vida útil.

Um dos princípios inicialmente estabelecidos era o de propor uma metodologia mais simples face às existentes e que traduzisse, da melhor forma, o comportamento da amostra de revestimentos cerâmicos recolhida.

De acordo com o introduzido no *capítulo 2*, Moser (2004) define que o fim de vida útil é atingido quando deixam de ser cumpridas as funções segurança, funcionalidade ou estéticas. Segundo o mesmo, as funções estéticas são as primeiras a atingir os mínimos exigíveis.

Na metodologia proposta é estabelecida uma escala, segundo o indicador de degradação do revestimento cerâmico (*equação 4*), que avalia o estado de conservação do mesmo. De acordo com a escala proposta, foi definido o fim da vida útil do revestimento cerâmico quando este apresente um Indicador de Degradação do Revestimento (IDR) superior a 50%. Este limite foi estabelecido através de um ajuste dos fatores de ponderação aos edifícios mais degradados da amostra, que já necessitavam claramente de intervenção.

Quadro 4.1 – Escala do Indicador de Degradação do Revestimento (IDR)

Escala do IDR	
0 – 10 %	Revestimento com degradação ligeira
10 – 30 %	Revestimento com degradação moderada
30 – 50 %	Revestimento com degradação significativa
> 50 %	Revestimento muito degradado

Começa-se por apresentar a expressão de cálculo do indicador:

$$IDR = \frac{\sum(A_e) \times K_e + \sum(A_j) \times K_j + \sum(A_f) \times K_f + \sum(A_d) \times K_d}{A_T} \quad (4)$$

Onde,

IDR – Indicador de Degradação do Revestimento [%];

A_e – área de fachada afetada por anomalias estéticas [m²];

A_j – área de fachada afetada por anomalias em juntas [m²];

A_f – área de fachada afetada por fendilhação [m²];

A_d – área de fachada afetada por descolamentos [m²];

K_e – factor de ponderação das anomalias estéticas;

K_j – factor de ponderação das anomalias em juntas;

K_f – factor de ponderação da fendilhação;

K_d – factor de ponderação dos descolamentos;

A_T – área da fachada revestida [m²].

A expressão apresentada, o indicador de degradação do revestimento cerâmico, já sofreu diversas alterações desde a sua génese. Pretende-se que traduza da melhor forma o comportamento da amostra de revestimento cerâmico recolhida, e como tal foi adaptada em função das manifestações patológicas da mesma.

O indicador fundamentalmente mede a extensão de todas as anomalias registadas na fachada, sendo que estas são ponderadas em função do grupo em que se inserem. Por outras palavras, o IDR traduz-se numa percentagem de degradação da fachada ponderada pelo tipo de anomalias que o revestimento cerâmico apresenta.

O fator de ponderação de cada grupo de anomalias é apresentado no *Quadro 4.2*. Este procura traduzir através de um valor dois aspetos chave da metodologia, *a ponderação entre anomalias e o nível de gravidade da anomalia*.

A *ponderação entre anomalias* pode relacionar-se com a importância das exigências associadas a cada grupo. Ou seja, os descolamentos e a fissuração podem pôr em causa a estanquidade e a segurança na utilização, já na generalidade das anomalias estéticas é apenas afetado o aspeto visual. Deriva daqui a importância de existir um fator que distinga a relevância dos diferentes grupos de anomalias.

O *nível de gravidade da anomalia* pode traduzir-se na severidade da degradação, verificada em campo, dentro do mesmo grupo, isto é, uma fenda pode ser mais ou menos gravosa, dependendo fundamentalmente da sua abertura.

Deste modo, os fatores de ponderação adotados procuraram não tornar a metodologia demasiado complexa e atender ao apresentado anteriormente. Assim, de acordo com as anomalias registadas em campo, e que se apresentam no *capítulo* seguinte, percebeu-se a importância em criar dois fatores de

ponderação afetos ao mesmo grupo. Levando em consideração as anomalias registadas no campo verificou-se a necessidade de distinguir a fissuração ligeira da fissuração severa, visto que a última poderá conduzir a consequências bastante gravosas, tais como infiltrações no interior do edifício.

Segue-se um quadro onde se indicam os fatores de ponderação em função do grupo, tendo em conta o referido previamente.

Quadro 4.2 – Fatores de Ponderação dos Grupos de Anomalias

Grupo de Anomalias	Ponderação	Ilustração da Anomalia
Estéticas	$K_e = 0,5$	
Figura 4.38 - Sujidade Superficial (<i>Edifício 1</i>)		
Juntas	$K_j = 0,5$	
Figura 4.39 – Alteração de cor (<i>Edifício 26</i>)		
Fissuração	$K_f = 1,5$	
Figura 4.40 – Fissuração ligeira (<i>Edifício 23</i>)		

Fissuração

$K_f = 3$



Figura 4.41 – Fissuração severa (Edifício 19)

Descolamentos

$K_d = 3$



Figura 4.42 – Descolamento (Edifício 8)

4.5. OUTRAS CONSIDERAÇÕES

A metodologia acabada de apresentar foi aplicada apenas às 45 fachadas que não sofreram qualquer tipo de reparação, de acordo com o referido no ponto 4.3.2.1.

O indicador de degradação do revestimento (IDR) pretende traduzir, da melhor forma, o estado de conservação do revestimento cerâmico de cada fachada da amostra recolhida. Posto isto, encontra-se apresentado no anexo **A5 - Metodologia de avaliação da Degradação** um quadro onde é calculada a degradação de cada fachada.

No capítulo que se segue são abordados os resultados do IDR. Com base nos mesmos, procura traçar-se uma curva que descreva a evolução da degradação das fachadas com revestimento cerâmico.

5

ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1. NOTA PRÉVIA

Neste capítulo pretende-se apresentar os dados recolhidos em campo, nomeadamente no que diz respeito às manifestações patológicas, uma vez que estas são fundamentais para a aplicação da metodologia introduzida no capítulo anterior.

Numa segunda parte pretende-se avaliar a evolução da degradação do RCA ao longo do tempo, com base no indicador de degradação do revestimento cerâmico (IDR), bem como avaliar a evolução da degradação ao longo do tempo do RCA, de acordo com determinadas características do ladrilho e da fachada.

5.2. ANÁLISE DAS ANOMALIAS

Após uma breve caracterização dos edifícios, realizada no *Capítulo 4*, pretende-se aqui apresentar as principais anomalias registadas ao longo do trabalho de campo e identificar alguns dos edifícios afetados às mesmas. Visando ainda uma melhor interpretação, são apresentadas em *anexo* fotografias complementares das principais anomalias descritas.

Serve ainda este ponto de uma breve consciencialização para o tipo de anomalias da amostra de RCA, a fim de auxiliar uma análise da degradação do revestimento cerâmico mais coerente e enquadrada.

A quantificação das anomalias foi efetuada individualmente e em função da área de revestimento cerâmico aderente (RCA) afetada. Apesar disso não se verificou praticamente, na amostra, sobreposição de anomalias.

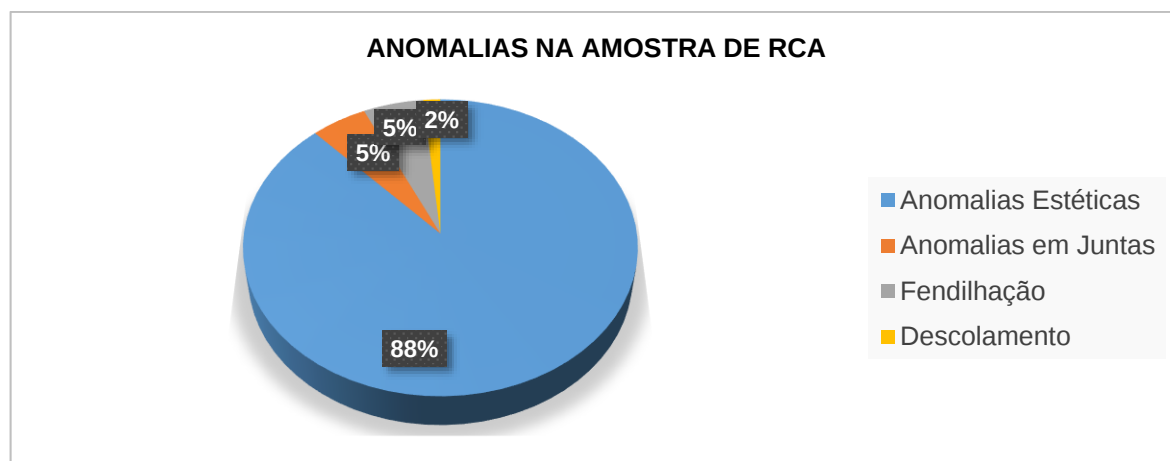


Figura 5.1 – Incidência das anomalias nas fachadas

Olhando para o panorama geral, podemos constatar que o grupo das anomalias estéticas é dominante na amostra analisada. Representa 88% da área total de anomalias registadas, sendo que os remanescentes 12 % correspondem aos restantes grupos de anomalias. Daqui pode, eventualmente, apontar-se, de uma forma geral, para um bom comportamento da amostra de RCA, uma vez que apresenta uma baixa percentagem das anomalias mais gravosas, nomeadamente a fendilhação e o descolamento, mais precisamente 5,5 % e 1,5%, respetivamente.

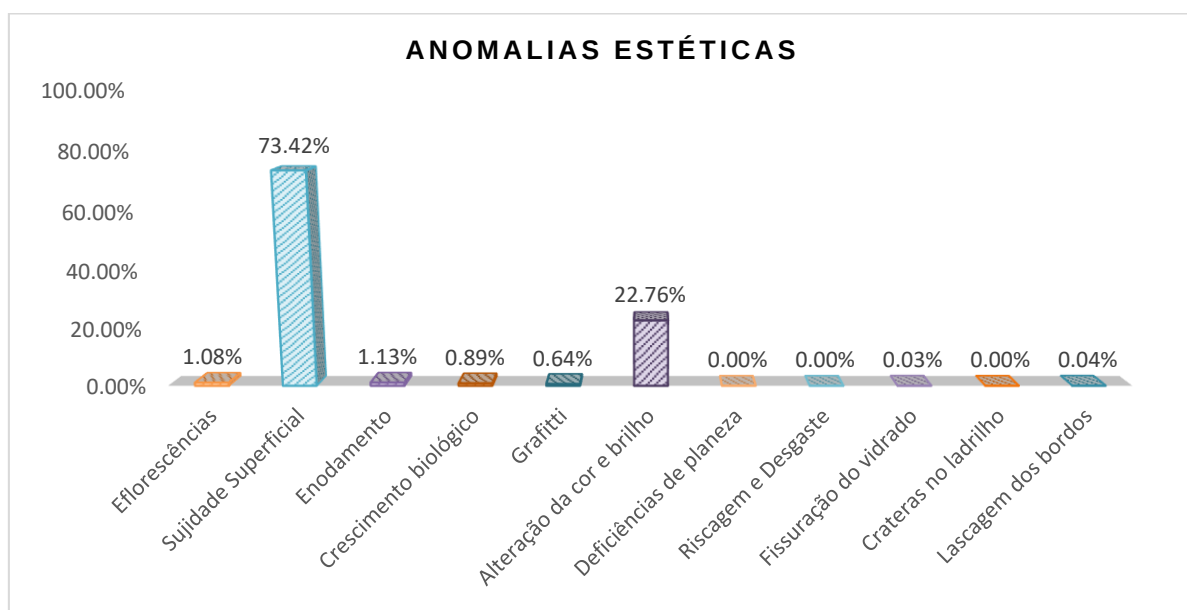


Figura 5.2 – Composição do grupo de anomalias estéticas

Analisado agora cada grupo, verifica-se um claro domínio da *sujidade superficial* (73%) no grupo das anomalias estéticas, sendo que no global das anomalias de todos os grupos esta ainda representa um valor de 65%. De acordo com as inspeções registadas, este tipo de anomalia normalmente localizava-se na envolvente dos vãos e nos corpos salientes, como se pode apurar a partir da *Figura 4.38*.

Destaque ainda para a manifestação patológica de *alteração da cor e brilho*, com uma importância relativa de 23 % no grupo e um peso de 20% na área total das anomalias registadas. O *Edifício 10* retrata bem esta anomalia, de acordo com a Figura que segue abaixo.



Figura 5.3 – Alteração da cor e brilho (Edifício 10)



Figura 5.4 – Enodoamento, Escorrências de elementos metálicos (Edifício 24)

O *Enodoamento* apesar de ter uma importância pouco significativa na amostra, 1%, e em termos quantitativos não ser relevante, manifesta-se com alguma frequência em várias fachadas da amostra. O *Edifício 24* é o que apresenta maior incidência desta anomalia, e de acordo com o descrito no ponto 4.3.2.6 a sua causa relaciona-se com a presença de fixações metálicas de AC na fachada.

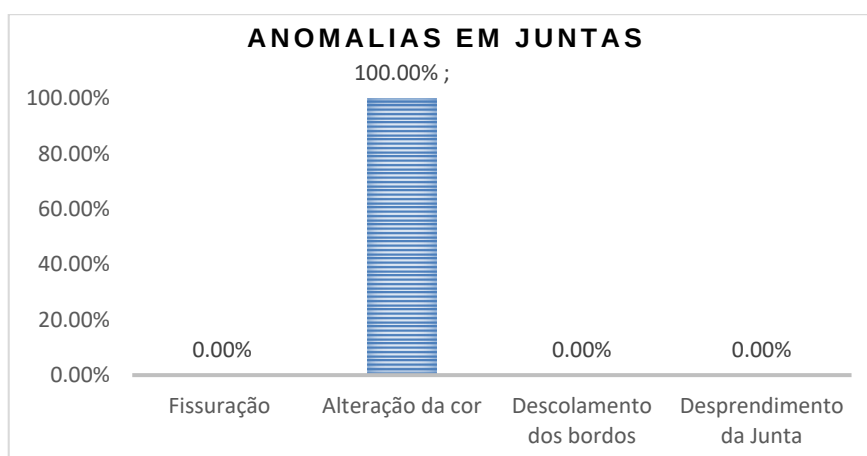


Figura 5.5 – Grupo: Anomalias em juntas

Ao contrário do que seria normalmente espectável, não se registaram grande número de anomalias em juntas. A *alteração de cor* foi a única registada e apenas representa 5% das anomalias detetadas no revestimento cerâmico das fachadas. Contudo, este facto pode justificar-se pela tipologia da amostra de RCA, isto é, os revestimentos cerâmicos analisados apresentam uma junta entre ladrilhos bastante reduzida. Salvo alguma exceção, como caso do *Edifício 26*, que apresenta que apresenta uma junta de aproximadamente 10 mm (*Figura 4.39*), e que consequentemente é o edifício onde se regista parte significativa das anomalias de juntas.

A fendilhação do ladrilho cerâmico é uma anomalia que conduz frequentemente o revestimento ao seu limite de vida útil. Em campo, esta manifestação patológica foi caracterizada em função da sua gravidade, que se pode definir pela sua abertura de fenda. Normalmente as fendas que apresentam maior abertura estão associadas à fendilhação com direção definida, esta representa cerca de 4% do total das anomalias registadas.

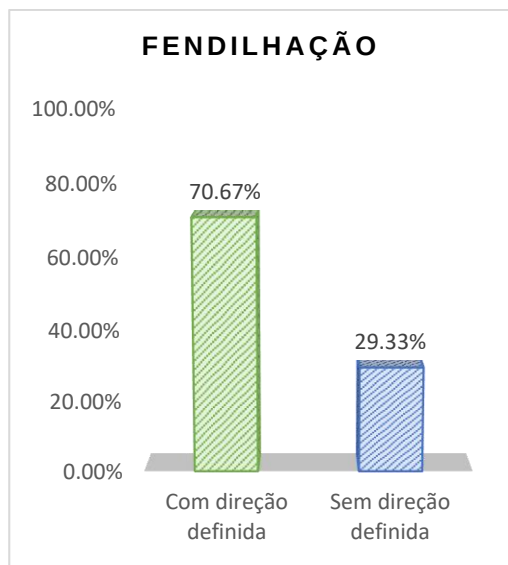


Figura 5.6 – Grupo: Fendilhação

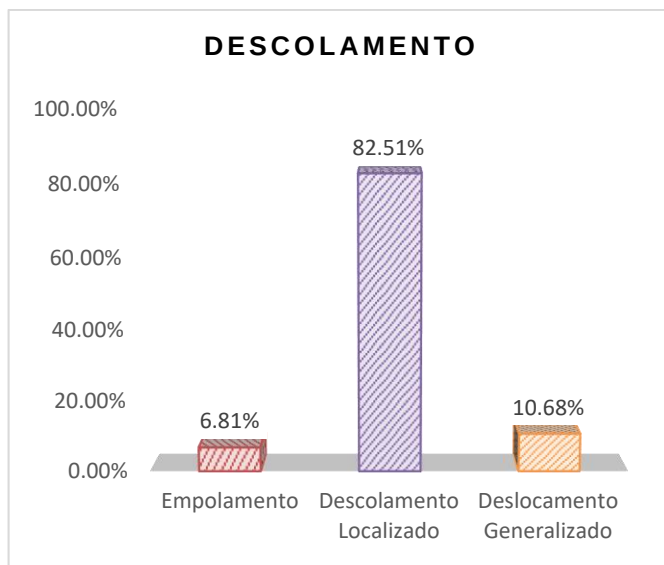


Figura 5.7 – Grupo: Descolamentos

Da amostra destacam-se alguns edifícios pela gravidade da sua fissuração, entre eles o *Edifício 4*, que apresenta uma fissura bastante grave na zona da platibanda e que se estende ao longo de toda a fachada. O *Edifício 13*, tendo em conta o descrito no ponto 4.3.2.7, apresenta infiltrações decorrentes da fissuração da pastilha, em zona corrente, e em grande parte da fachada. A fachada principal do *Edifício 21* apresenta também uma fissuração com direção definida de destacar. O revestimento apresenta uma fenda grave, na zona da varanda, provavelmente motivada por movimentos do suporte.

A fissuração do revestimento cerâmico na zona das consolas é também uma característica desta amostra. Neste contexto, foram visualizadas fissuras diagonais, com alguma gravidade, nas fachadas do *Edifício 17*, *Edifício 19* (Figura 4.41) e *Edifício 21*. No entanto, pode constatar-se, em alguns casos estas fendas já se encontram reparadas, como o do *edifício 17*, apresentado na figura abaixo.



Figura 5.8 – Fissuração (Edifício 13)

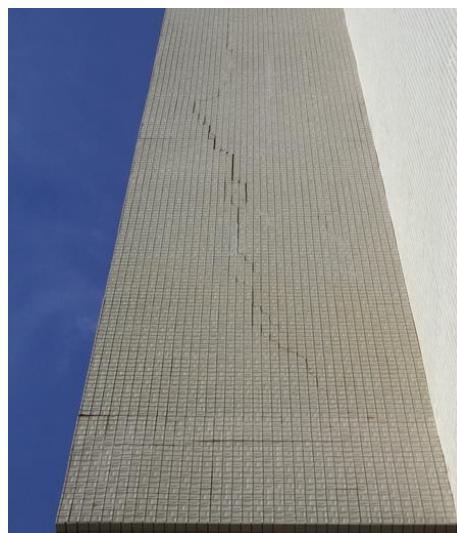


Figura 5.9 – Fissuração (Edifício 21)



Figura 5.10 – Fissuração da platibanda (Edifício 4)



Figura 5.11 – Fissuração da consola (Edifício 17)

A fendilhação sem direção definida ou preponderante apresenta-se com menor frequência no conjunto analisado. Genericamente, este tipo de anomalia apenas se manifesta no edifício 23. (*Figura 4.40*)

O descolamento é considerada anomalia mais severa e convenientemente a menos registada nas fachadas analisadas. O localizado é predomina-te no grupo e corresponde a 1,3 % da área total de anomalias registadas. O edifício onde ocorreu uma maior incidência desta anomalia foi o *Edifício 11*, que apresentava descolamentos em corpos salientes da fachada, provavelmente devido a uma rotura adesiva ladrilho-cola, como se pode observar na imagem.

A fachada do *Edifício 12* apresenta um descolamento considerável da pastilha cerâmica, que se pode considerar generalizado em determinadas zonas do paramento revestido.



Figura 5.12 – Descolamento localizado (Edifício 11)



Figura 5.13 – Descolamento generalizado (Edifício 12)

Apresentam-se no anexo **A4 - Registo fotográfico complementar das Anomalias**, algumas fotografias das anomalias mais relevantes observadas em campo.

5.3. AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO RCA - VIDA ÚTIL

Neste ponto analisam-se os resultados da aplicação da metodologia de avaliação da degradação, ou seja, o IDR de cada amostra de RCA em fachadas.

Relembra-se que a amostra analisada pela metodologia corresponde apenas a 45 fachadas, visto que de acordo com o exposto no capítulo 4, ponto 4.3.2.1, as restantes 17 fachadas da amostra foram excluídas, pelo facto de já terem sofrido intervenções que alteraram o comportamento do revestimento cerâmico.

O indicador de degradação do revestimento (IDR), desenvolvido no capítulo 4, avalia o estado de degradação do revestimento cerâmico de cada fachada. Assim pretende-se neste subcapítulo encontrar uma correlação entre o IDR e a idade dos edifícios, por forma a avaliar o seu comportamento ao longo da vida útil.

Antes disso, começa-se por apresentar a distribuição da incidência das anomalias no RCA, onde é contabilizada em cada fachada, a área de anomalias que lhe está afeta. A título de exemplo, identifica-se no gráfico abaixo o *Edifício 6*, que tem 23 anos e apresenta uma incidência de anomalias de 40% na sua fachada norte, ou seja, simplifiadamente 40% da área total de revestimento cerâmico da fachada apresenta algum tipo de anomalia. Atenta-se, que uma vez que cada anomalia é contabilizada em separado, poderá existir alguma sobreposição mesma, contudo, nesta amostra este facto praticamente não se verificou.

Importa ainda referir que a incidência de anomalias no revestimento pode equiparar-se a um IDR sem qualquer tipo de minoração ou majoração das anomalias. Isto é, um indicador de degradação do revestimento com um fator de ponderação igual a 1.

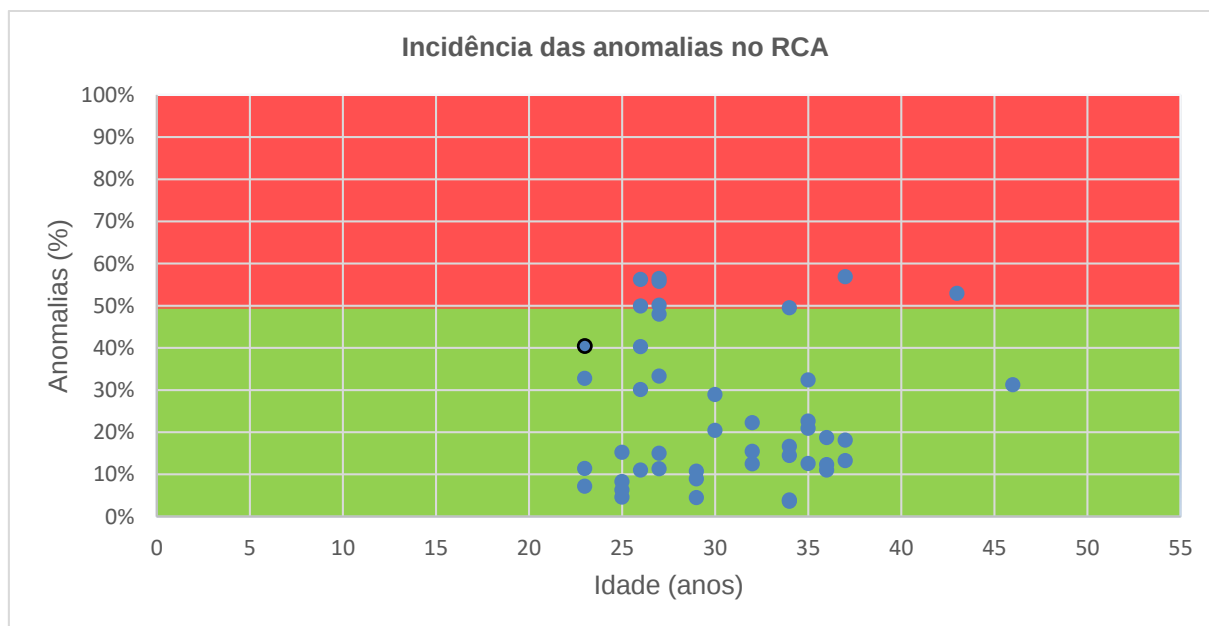


Figura 5.14 - Incidência das anomalias nas fachadas em RCA (45 fachadas)

Avaliando a globalidade dos resultados das fachadas, constata-se que não é possível prever uma tendência de evolução da degradação do revestimento cerâmico através somente da área de incidência de anomalias na fachada, ou seja, não existe uma correlação significativa entre a percentagem de anomalias e a idade das fachadas. No entanto, a criação da metodologia de degradação procura colmatar esta limitação, nomeadamente através do IDR que se aplica de seguida.

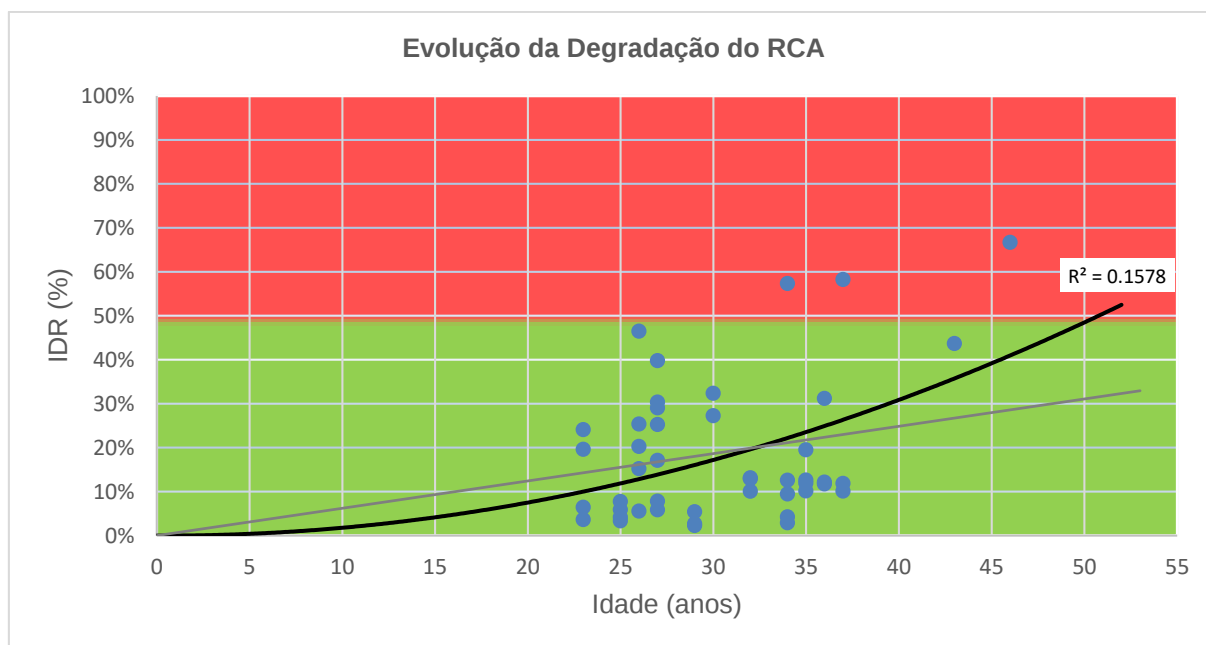


Figura 5.15 – Evolução da Degradação do RCA (45 fachadas)

No gráfico apresentado acima pode observar-se a evolução da degradação da fachada ao longo do tempo, traduzida pela relação entre o indicador de degradação do revestimento e a idade da fachada. Verifica-se, através do mesmo, que a função polinomial é a que traduziria melhor o comportamento da amostra, no entanto, esta apresenta um coeficiente de correlação demasiado baixo. Estatisticamente o coeficiente significa que a curva não consegue traduzir a dispersão da nuvem de pontos. Daqui retira-se que o comportamento da amostra de RCA é muito heterogéneo e difícil de tipificar. O facto de não existir na amostra edifícios mais recentes, também contribui para uma maior dificuldade da curva em traduzir o comportamento da amostra.

Observa-se também que, de acordo com esta curva de regressão, com o seu coeficiente de correlação inerente, que o RCA atinge o seu limite de vida útil por volta dos 50 anos, de acordo com a escala de degradação definida previamente.

Uma análise mais atenta sobre os resultados permite perceber, que existem na amostra edifícios com a mesma idade e indicadores de degradação bastante discrepantes. No *Quadro 5.1* apresenta-se um exemplo deste tipo de acontecimentos.

Quadro 5.1 – IDR de fachadas com a mesma idade

Idade	IDR [%]	IDR (K =1) [%]
26	46,4	56,0
	20,2	40,0
	5,5	11,0

Apresenta-se no quadro acima o IDR e o IDR com um fator de ponderação (K) igual a 1, que se traduz na área anomalias incidentes na fachada, de acordo com a observação feita anteriormente. Assim, a tabela é exibida com o propósito de se entender a existência de fachadas com a mesma idade e degradações muito diferentes.

Fisicamente este fenómeno é possível porque existem inúmeros fatores que afetam edifícios diferentes, contruindo assim para um comportamento heterogêneo dos revestimentos cerâmicos.

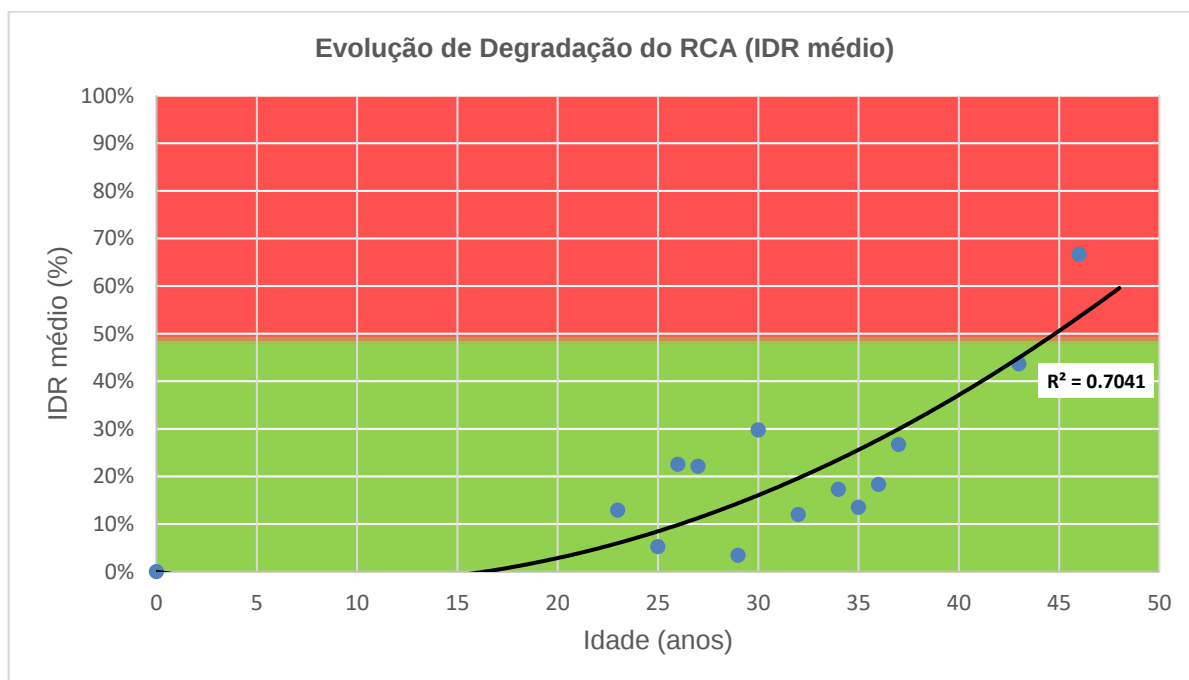


Figura 5.16 - Evolução da Degradação do RCA (IDR médio das idades)

Perante o referido anteriormente, procurou-se com o gráfico da *Figura 5.16* uma melhor avaliação da degradação do RCA em fachadas. Este foi construído a partir do IDR médio das fachadas correspondentes a cada idade.

Nesta análise verifica-se uma correlação mais interessante da curva de degradação face à apresentada anteriormente, o que significa que a curva traduz melhor o comportamento do revestimento cerâmico. Posto isto, através da observação da curva de degradação pode caracterizar-se a vida útil do revestimento cerâmico. De acordo com a curva, obtida através de uma regressão polinomial da nuvem de pontos, o revestimento cerâmico atinge seu limite de vida útil por volta dos seus 45 anos após a sua aplicação.

5.3.1. ANÁLISE SEGUNDO AS CARACTERÍSTICAS DO RCA E DA FACHADA

Uma avaliação segundo as principais características do revestimento e as particularidades das fachadas poderá ser bastante interessante, uma vez que pode originar uma maior correlação entre resultados, tendo em conta que as características da amostra se aproximam.

A amostra de RCA já se encontra, de certa forma dividida, em função dos grupos de edifícios criados no *Capítulo 4, Figura 4.9*. De acordo com a estruturação dos grupos, esta pode dividir-se em dois grandes grupos, o revestimento cerâmico do tipo “pastilha” e os restantes ladrilhos. Caracteriza-se, de seguida, a evolução da degradação deste tipo de ladrilhos.

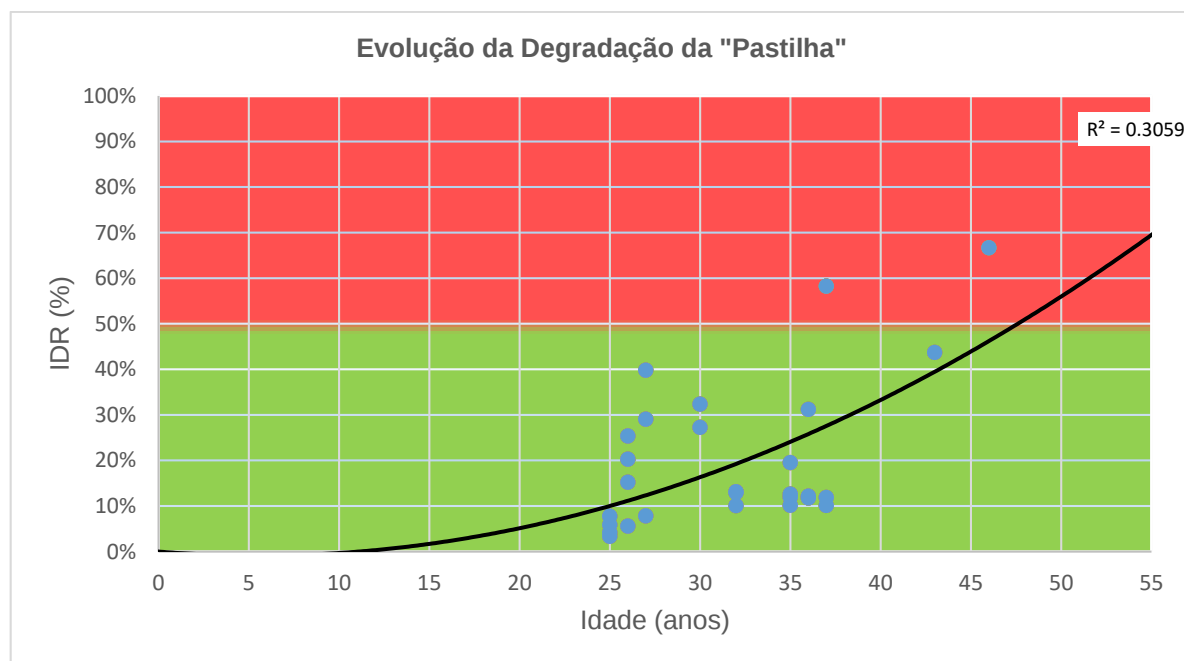


Figura 5.17 – Evolução da degradação da “Pastilha”

Comparativamente, a evolução da degradação da “pastilha” ao longo do tempo face à evolução da amostra total do RCA é mais significativa, uma vez que o coeficiente de correlação duplicou. Isto significa que a pastilha cerâmica apresenta uma menor dispersão de resultados e consequentemente é melhor descrita pela curva de degradação. No entanto, não pode ser esquecida uma observação à dimensão da amostra. Na avaliação da degradação segundo a pastilha cerâmica apesar de se terem obtidos melhores resultados, como aliás seria de esperar, apenas 28 fachadas constituem a nuvem de pontos, ou seja, a significância da amostra é aproximadamente metade, comparativamente.

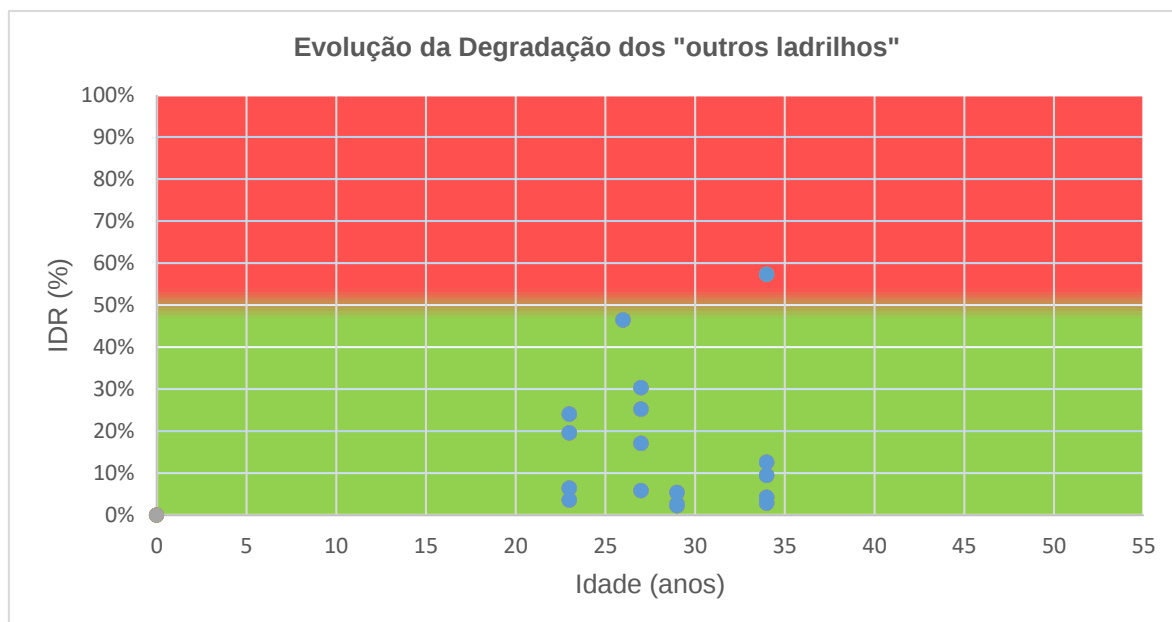


Figura 5.18 – Evolução da Degradação dos “outros ladrilhos”

Na tentativa de fazer uma análise semelhante para os restantes ladrilhos, verificou-se que não existia correlação possível, uma vez que o coeficiente de correlação apresentado era negativo. Para além disso

a dimensão da amostra ainda era inferior à anterior. Na realidade era o remanescente para o total da amostra, 17 fachadas.

Para além de todos os aspetos referidos até ao momento, o resultado da avaliação está também associado ao intervalo de idades destes ladrilhos, que compreende apenas 11 anos.

Afim da análise não se tornar demasiado exaustiva, enumeram-se as simulações realizadas e descrevem-se alguns resultados mais interessantes.

Ao nível das análises segundo as características do RCA, foi simulada a evolução da degradação segundo os grupos de edifícios (*Figura 4.9*) definidos no *capítulo 4*, uma vez que este já dividem o revestimento segundo as suas particularidades. Das avaliações realizadas o que apresentou maior significância em termos de coeficiente de correlação foi o *Grupo 6*, com um $R^2 = 0,65$, e uma previsão de vida útil de aproximadamente 40 anos, no entanto, a amostra era apenas constituída por 5 fachadas.

Segundo as características da fachada, simularam-se evoluções de degradação segundo a orientação da fachada, em função do número de pisos, da existência ou não de saliência/beirado, da proximidade ao mar e mediante a exposição da fachada aos agentes poluentes. A avaliação sobre a qual se pode retirar alguma ilação foi a evolução da degradação segundo os edifícios com 4 e 5 pisos, que apresenta um coeficiente de correlação de 0,69 e uma estimativa de vida útil por volta dos 37 anos, porém constituem esta análise apenas 19 fachadas. Refere-se ainda que mediante a avaliação de degradação do RCA segundo as características arquitetónicas da fachada, constatou-se que as fachadas com beirado/saliência apresentam maioritariamente um IDR inferior às que não têm saliência, tal como esperado, uma vez que estão mais protegidas das ações ambientais.

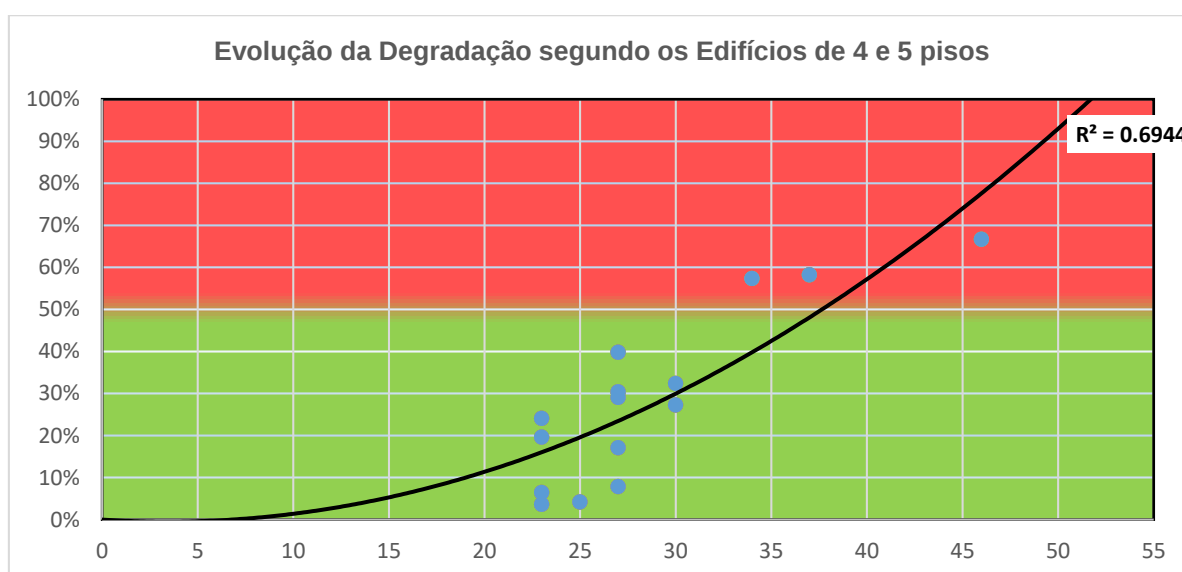


Figura 5.19 – Evolução da degradação dos Edifícios segundo o número de pisos 4

5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A respeito das anomalias, conclui-se que a sujidade superficial é a anomalia predominante nas fachadas analisadas. Apesar de uma incidência díspar entre fendilhação e as anomalias estéticas, esta assume uma importância significativa na amostra de RCA visto que se distribui por diversos edifícios e com um nível de gravidade bastante considerável.

A avaliação da evolução da degradação do RCA permitiu obter alguns valores acerca da vida útil do revestimento, ainda que com correlações extremamente baixas em alguns casos. Obtiveram-se valores de vida útil indicativos de 50 e 45 anos. No entanto numa análise mais restringida, a 19 fachadas de edifícios com 4 e 5 pisos, obteve-se um valor de vida útil de 37 anos, que aparenta ser mais realista de acordo com o comportamento das fachadas analisadas.

Conclui-se assim das análises efetuadas que a avaliação da vida útil do RCA, bem como de outros materiais ou sistemas, é extremamente complexa e depende de uma grande multiplicidade de fatores. Acresce a isso o facto de ser difícil obter informação detalhada sobre um número estatisticamente significativo de edifícios.

6

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES

A avaliação da vida útil de revestimentos cerâmicos revelou-se pouco conclusiva, uma vez que os coeficientes de correlação obtidos a partir da aplicação da metodologia desenvolvida foram pouco significantes em termos estatísticos.

Existem diversos fatores que podem estar na origem destes resultados estatisticamente pouco significantes. Um deles é a dimensão da amostra, uma vez que a análise acabou por resultar apenas numa avaliação de 45 casos, dos 62 iniciais, visto que 17 fachadas foram excluídas da análise. Ainda assim, esta foi provavelmente a melhor opção, uma vez que não faria sentido estabelecer alguma avaliação sem saber exatamente os motivos que levaram às intervenções na fachada.

Outro aspeto que parece importante referir é o intervalo de idades da amostra, que se situa entre os 23 e os 46 anos. A inexistência de edifícios com menos de 23 anos poderá ter limitado um pouco a avaliação da vida útil, uma vez que fachadas mais recentes poderiam conduzir a uma melhor correlação da curva de degradação.

De facto estas duas questões corrigidas poderiam resultar numa análise bastante interessante. No entanto, pudemos constatar que *Sousa (2008)* no seu estudo, apresentado na *Figura 4.37*, teve em conta estes aspetos e contudo a sua análise não foi estatisticamente relevante. Na verdade as metodologias são bem diferentes, mas o que se pretende destacar é a complexidade da avaliação.

Alguns autores apresentam o revestimento cerâmico como o tipo de revestimento de fachada mais complexo, uma vez que a qualidade do mesmo se encontra dependente de um conjunto de fatores conjugados que tornam cada aplicação deste revestimento única. Os principais fatores apontados são a qualidade dos materiais que compõem o sistema, a qualidade de execução, as ações mecânicas (deformações, choques, etc.), as ações ambientais e a ausência de manutenção.

Apesar da pouca significância estatística das curvas apresentadas neste estudo, observa-se numa tabela apresentada por *Sousa (2008)*, onde é feito um levantamento bibliográfico da vida útil dos RCA, uma razoável aproximação aos resultados obtidos neste estudo.

Apresenta-se em seguida a referida tabela, onde se procurou esquadrear o presente estudo.

Quadro 6.1 – Vida útil expectável RCA (adaptada de sousa 2008)

Estudos	Vida útil expectável	Intervalo de variação
SHOHET e LAUFER (1996)	-	10 a 15 anos ⁽¹⁾
		Acima de 15 anos ⁽²⁾
SHOHET et al (2003)	-	18 a 27 anos
SHOHET et al (2004)	18 anos ⁽³⁾	15 a 21 anos ⁽³⁾
	27 anos ⁽⁴⁾	24 a 29 anos ⁽⁴⁾
BCIS (2001)	35 anos	20 a 50 anos
SOUSA (2008)	-	8 a 21 anos
Presente estudo		37 a 50 anos
⁽¹⁾ Ambiente corrosivo		⁽³⁾ Edifícios públicos e corporativos
⁽²⁾ Ambiente não corrosivo		⁽⁴⁾ Edifícios residenciais

O intervalo de vida útil, de 37 a 50 anos, apresentado para o presente estudo é referente às 3 análises mais significantes apresentadas no *Capítulo 5*.

Conclui-se assim que, apesar das baixas correlações da maioria das curvas de degradação, os valores de vida útil obtidos não se encontram desenquadrados com outros estudos do mesmo âmbito e são minimamente aceitáveis.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O desafio de conseguir avaliar melhor a vida útil dos revestimentos cerâmicos em fachadas permanece no meio científico. Assim, no seguimento deste estudo, enumeram-se alguns aspetos a explorar futuramente:

- O levantamento de mais amostras de fachadas em revestimento cerâmico tendo em vista uma maior correlação dos resultados, seria um caminho lógico a seguir. Contudo seria interessante otimizar a forma de quantificação das anomalias em campo, eventualmente através do uso de um software de processamento de imagem, com base nas fotografias recolhidas em campo;
- Outra das hipóteses seria voltar a realizar novas avaliações aos mesmos edifícios no decorrer do tempo, por forma a traçar a curva de degradação de cada fachada. Eventualmente, depois poderá procurar-se correlações entre as curvas das diversas fachadas com características semelhantes;
- Poderá ainda aplicar-se outras metodologias desenvolvidas no meio científico à mesma amostra de edifícios. Seria um estudo interessante uma vez que poderia permitir validar a metodologia utilizada no presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sá, A., *Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
2. Sousa, R., *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2008.
3. Garrido, M., *Previsão da Vida Útil de Pinturas de Fachadas de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2010.
4. Silva, A., *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2009.
5. Anselmo, P., *Previsão da vida útil de rebocos de fachadas de edifícios antigos: metodologia baseada na inspeção de edifícios em serviço*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2012.
6. Santos, M.R.P., *Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção revisão bibliográfica*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
7. International Organization for, S., *Buildings and constructed assets service life planning ISO 15686-1: 2011 Part 1 General principles and framework*. 2011, ISO: Geneva. p. 30 p.-30 p.
8. Priberam. *Durabilidade*. [cited 2015 5 de Março]; Available from: <http://www.priberam.pt/dlpo/durabilidade>.
9. Costa, I., *Estudo da durabilidade de caixilharias*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
10. International Organization for, S., *Buildings and constructed assets service life planning ISO 15686-2: 2012 Part 2 service life prediction procedures*. 2012, ISO: Geneva. p. 32 p.-32 p.
11. Morais, A., *Soluções de reabilitação de fachadas com revestimento em ladrilhos cerâmicos*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2007.
12. Freitas, V.P.d., A.V.S. Sousa, and J. Silva, *Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos*. Coimbra, Março, 2003.
13. Lucas, J.A.d.C., *Anomalias em revestimentos cerâmicos colados*. Informação técnica materiais de construção. LNEC, Lisboa, 2001.
14. Vaz, E.D.J., *Aplicação de Revestimentos Cerâmicos Aderentes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2013.
15. Recer, *Catálogo de Fachadas Ventiladas*.
16. Priberam. *Ladrilho*. [cited 2015 25 de Março]; Available from: <http://priberam.sapo.pt/dlpo/ladrilho>.
17. Portugal. Instituto Português da, Q., *NP EN 14411: 2008, Pavimentos e revestimentos cerâmicos definições, classificação, características e marcação* Vol. 2ª ed. 71 p-71 p.
18. Lopes, C., *Durabilidade na construção estimativa da vida útil de revestimentos cerâmicos de fachadas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
19. Chaves, A.M.V.A., *Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2009.
20. Portugal. Instituto Português da, Q., *Colas para ladrilhos requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação NP EN 12004: 2007+A1: 2014*. Vol. 3ª ed. 2015, Caparica: IPQ. 34 p-34 p.
21. Freitas, V.P.d., S.M. Alves, and M. Sousa. *Um Contributo para a Sistematização do Conhecimento da Patologia da Construção em Portugal*—www.patorreb.com. in APFAC (Associação Portuguesa de Fabrico de Argamassas de Construção), 2º Congresso de Argamassas de Construção. 2007.
22. Paiva, J.V., J. Aguiar, and A. Pinho, *Guia técnico de reabilitação habitacional*. Instituto Nacional de Habitação, Lisboa, 2006.
23. Lucas, J.A.d.C. and M.M.M. Abreu, *Revestimentos cerâmicos colados descolamento*. Patologia e reabilitação das construções ITPRC. LNEC, Lisboa, 2005.

24. Silvestre, J.D., *Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2005.
25. Silvestre, J. and J. Brito, *Inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes*. Revista Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, 2008.
26. Priberam. *Inspeção*. [cited 2015 24 de Abril]; Available from: <http://www.priberam.pt/dlpo/inspe%C3%A7%C3%A3o>.
27. Cordeiro, I.M.M.N., *Manual de Inspeção e manutenção da edificação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2011.
28. Ferreira, J.A.d.A., *Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
29. Córias, V., *Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios*. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.
30. Abreu, D.M.F.F.d., *Técnicas de diagnóstico utilizadas em engenharia civil*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
31. Silva, J.M.B., *Estudo da durabilidade do revestimento de paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.
32. Martins, A.J.G., *Estudo da durabilidade dos revestimentos de piso*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2012.
33. Silva, M.d.N.B.d., *Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: aplicação ao caso de Brasília/DF*. Douturamento, Universidade de Brasília, 2014.
34. Shohet, I.M. and M. Paciuk, *Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions*. Construction Management and Economics, Dezembro de 2004, **22**(10): p. 1081-1090.
35. Gaspar, P. and J.d. Brito, *Modelo de degradação de rebocos*. Revista Engenharia Civil, 2005(24): p. 17-27.
36. Taguchi, M.K., *Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2010.

Anexos

A1

Ficha de inspeção

Ficha de Inspeção

Revestimentos Cerâmicos em Fachadas

Nº:

Data:

Identificação do Edifício

Denominação: _____

Localização: _____

Descrição do Edifício

Uso do Edifício: Habitacional ☐ Serviços ☐ Outro: _____

Tipo de Cobertura: Inclínada ☐ Plana ☐ Nº de Pisos: _____

Tipo de Estrutura: Betão Armado ☐ Alvenaria Resistente ☐ Outra: _____

Início da Utilização: _____

Caracterização da Fachada

Orientação : Norte ☐ Sul ☐ Este ☐ Oeste ☐

Tipo de Fachada: Principal ☐ Lateral ☐ Tardoz ☐

Existência de Beirado/saliência: Sim ☐ Não ☐

Tipo de Suporte: Alvenaria ☐ Betão ☐

Área da fachada : _____ Sofreu intervenção: Não ☐ Sim ☐

Ano da última intervenção: _____ Descrição: _____

Sistema de Revestimento Cerâmico Aderente (RCA)

Área de RCA: _____

Tipo de ladrilho (designação comercial): _____

Acabamento Superficial: GL ☐ UGL ☐ Natural ☐

Cor do ladrilho: _____

Dimensões do ladrilho: _____

Classe do Produto de Colagem: _____

Tipo de colagem adotada: _____

Apresenta juntas: Esquartelamento ☐ Estruturais ☐ Periféricas ☐

Material das juntas: _____

Reforço de pontos singulares: Sim ☐ Não ☐

Ambiente Exterior

Exposição ao vento: Baixa ☐ Média ☐ Alta ☐

Ação da Chuva: Baixa ☐ Média ☐ Alta ☐

Exposição à humidade: Baixa ☐ Média ☐ Alta ☐

Exposição agentes poluentes: Baixa ☐ Média ☐ Alta ☐

Proximidade ao mar: < 1Km ☐ < 5Km ☐ > 5Km ☐

Manutenção

Exite Manutenção:

Não

☐

Sim

☐

Data da Última:

Tipo de Manutenção:

Estado de Conservação

		Área ; Extensão ; Abertura	Localização ^{a)}	Observações
Anomalias Estéticas	Eflorescências			
	Sujidade Superficial			
	Enodamento			
	Crescimento biológico			
	Graffiti			
	Alteração da cor e brilho			
	Deficiências de planeza			
	Riscagem e Desgaste			
	Fissuração do vidro			
	Crateras no ladrilho			
	Lascagem dos bordos			
Anomalias em Juntas	Fissuração			
	Alteração da cor			
	Descolamento dos bordos			
	Desprendimento da Junta			
Fendilhação	Com direção definida			
	Sem direção definida			
Descolamento	Empolamento			
	Descolamento Localizado			
	Deslocamento Generalizado			

^{a)} **Localização:**

z1-zona corrente

z2-envolvente dos vãos

z3-cantos salientes e reentrantes

z4-consolas

z5-platibanda

z6-ligação estrutura/alvenaria

Registo Fotográfico

A2

Ficha de inspeção preenchida

Ficha de Inspeção

Revestimentos Cerâmicos em Fachadas

Nº: 9

Data: 11/05/15

Identificação do Edifício

Denominação: Edifício 9

Localização:

Descrição do Edifício

Uso do Edifício: Habitacional ☒ Serviços ☒ Outro: _____
 Tipo de Cobertura: Inclinação ☒ Plana ☐ Nº de Pisos: 4
 Tipo de Estrutura: Betão Armado ☒ Alvenaria Resistente ☐ Outra: _____
 Início da Utilização: 1990

Caracterização da Fachada

Orientação: Norte ☐ Sul ☐ Este ☐ Oeste ☒
 Tipo de Fachada: Principal ☒ Lateral ☐ Tardoz ☐
 Existência de Beirado/saliência: Sim ☒ Não ☐
 Tipo de Suporte: Alvenaria ☒ Betão ☐
 Área da fachada: 90 m2 Sofreu intervenção: Não ☒ Sim ☐
 Ano da última intervenção: _____ Descrição: _____

Sistema de Revestimento Cerâmico Aderente (RCA)

Área de RCA: 48 m2
 Tipo de ladrilho (designação comercial): Grés Porcelânico "Pastilha"
 Acabamento Superficial: GL ☐ UGL ☒ Natural ☐
 Cor do ladrilho: bege
 Dimensões do ladrilho: 2x2 cm
 Classe do Produto de Colagem: _____
 Tipo de colagem adotada: _____
 Apresenta juntas: Esquartelamento ☐ Estruturais ☒ Periféricas ☐
 Material das juntas: _____
 Reforço de pontos singulares: Sim ☐ Não ☒

Ambiente Exterior

Exposição ao vento: Baixa ☒ Média ☐ Alta ☐
 Ação da Chuva: Baixa ☒ Média ☐ Alta ☐
 Exposição à humidade: Baixa ☐ Média ☒ Alta ☐
 Exposição agentes poluentes: Baixa ☐ Média ☐ Alta ☒
 Proximidade ao mar: < 1Km ☐ < 5Km ☐ > 5Km ☒

Manutenção

Exite Manutenção:

Não

☒

Sim

☐

Data da Última:

Tipo de Manutenção:

Estado de Conservação

		Área ; Extensão ; Abertura	Localização ^{a)}	Observações
Anomalias Estéticas	Eflorescências			
	Sujidade Superficial	4 m2	z2, z3	
	Enodamento			
	Crescimento biológico			
	Grafitti			
	Alteração da cor e brilho			
	Deficiências de planeza			
	Riscagem e Desgaste			
	Fissuração do vidro			
	Crateras no ladrilho			
	Lascagem dos bordos			
Anomalias em Juntas	Fissuração			
	Alteração da cor			
	Descolamento dos bordos			
	Desprendimento da Junta			
Fendilhação	Com direção definida			
	Sem direção definida			
Descolamento	Empolamento			
	Descolamento Localizado			
	Deslocamento Generalizado			

^{a)} **Localização:**

z1-zona corrente

z2-envolvente dos vãos

z3-cantos salientes e reentrantes

z4-consolas

z5-platibanda

z6-ligação estrutura/alvenaria

Registo Fotográfico



A3

Principais características da amostra de RCA

Identificação do Edifício					Caracterização da Fachada					Sistema de Revestimento Cerâmico						Ambiente Exterior					Manute nção
Nº ficha	Localização/ Denominação	Início do Uso	Idade	Nº de Pisos	Orientação	Tipo de Fachada	Interven ção	Área de Fachada	Beirado/S aliência	Área de RCA [m2]	Dimensões do Ladrilho	Cor do Ladrilho	Acabamento Superficial	Existência de Juntas	Reforço de pontos singulares	Exposição ao Vento	Exposição a Agentes Poluentes	Exposição á humidade	Ação da Chuva	Proximidade e ao Mar	
1,1	Edifício 1	1981	34	10	Este	Tardoz	Não	1100	Sim	737	12x25cm	branco	GL	Peri. / Estru.	Não	Alta	Média	Média	Média	> 5km	Não
1,2					Oeste	Principal	Não	1100	Sim	737	12x25cm	branco	GL	Peri. / Estru.	Não	Alta	Alta	Média	Média		
1,3					Norte	Lateral	Não	360	Sim	333	12x25cm	branco	GL	Peri.	Não	Alta	Média	Média	Média		
1,4					Sul	Lateral	Não	360	Sim	333	12x25cm	branco	GL	Peri.	Não	Média	Média	Média	Média		
2,1	Edifício 2	1991	24	8	Oeste	Principal	2002	408	Sim	264	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Alta	Alta	Média	Média	> 5km	Não
2,2					Norte	Lateral	2002	425	Sim	380	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
2,3					Este	Tardoz	2002	408	Sim	299	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Alta	Média	Média	Média		
3	Edifício 3	1989	26	6	Sul	Principal	2013	270	Sim	186	5,5X23,5cm	branco	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
4	Edifício 4	1989	26	6	Sul	Principal	Não	360	Sim	246	5,5X23,5cm	branco	GL	Estru.	não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
5,1	Edifício 5	1992	23	5	Sul	Lateral	Sim	155	Sim	128	5,5X23,5cm	branco	UGL	Não	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
5,2					Este	Tardoz	Não	122	Sim	78	5,5X23,5cm	branco	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
5,3					Oeste	Principal	Não	102	Sim	56	5,5X23,5cm	branco	GL	Estru.	Não	Alta	Média	Média	Média		
6,1	Edifício 6	1992	23	5	Oeste	Principal	Não	102	Sim	70	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Alta	Média	Média	Média	> 5km	Não
6,2					Este	Tardoz	Não	108	Sim	69	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
7,1	Edifício 7	1988	27	6	Oeste	Principal	Não	261	Sim	170	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Alta	Média	Média	Média	> 5km	Não
7,2					Este	Tardoz	Não	261	Sim	160	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Baixa	Baixa	Média	Média		
8,1	Edifício 8	1988	27	5	Oeste	Principal	Não	196	Sim	122	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
8,2					Este	Tardoz	Não	204	Sim	128	12x25cm	branco	GL	Estru.	Não	Baixa	Baixa	Média	Média		
9	Edifício 9	1990	25	4	Oeste	Principal	Não	90	Sim	48	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Baixa	Baixa	Média	Média	> 5km	Não
10	Edifício 10	1972	43	6	Norte	Principal	Não	78	Não	31	2x2cm	azul claro	GL	Estru.	Sim	Baixa	Alta	Média	Média	> 5km	Não
11	Edifício 11	1981	34	4	Sul	Principal	Não	54	Não	19	4x4cm	bege	GL	Não	Sim	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
12	Edifício 12	1978	37	5	Sul	Principal	Não	54	Não	38	2x2cm	verde	GL	Não	Sim	Baixa	Alta	Média	Média	> 5km	Não
13	Edifício 13	1969	46	5	Sul	Principal	Não	100	Não	78	2x2cm	verde	GL	Estru.	Sim	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
14	Edifício 14	1985	30	4	Sul	Principal	Não	54	Sim	29	2x2cm	azul	GL	Estru.	Não	Baixa	Média	Média	Média	> 5km	Não
15	Edifício 15	1985	30	4	Sul	Principal	Não	54	Sim	29	2x2cm	azul	GL	Estru.	Não	Baixa	Média	Média	Média	> 5km	Não
16,1	Edifício 16	1984	31	6	Este	Principal	2004	656	Sim	463	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
16,2					Sul	Lateral	2004	373	Sim	299	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Alta	Média	Média	Média		
16,3					Este	Principal	2004	760	Sim	572	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
16,4					Este	Principal	2004	760	Sim	561	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
16,5					Norte	Lateral	2004	323	Sim	162	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Alta	Média	Média	Média		
17,1	Edifício 17	1983	32	13	Oeste	Principal	Não	1044	Não	809	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Alta	Média	Média	Média	> 5km	Não
17,2					Norte	Lateral	Não	936	Não	726	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
17,3					Sul	Lateral	Não	1008	Não	777	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
18,1	Edifício 18	1981	34	14	Norte	Principal	2002	1170	Sim	964	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Alta	Média	Média	Média	> 5km	Não
18,2					Oeste	Lateral	2002	1716	Sim	1297	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
18,3					Este	Lateral	2002	1716	Sim	1206	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
19,1	Edifício 19	1980	35	8	Norte	Principal	Não	1155	Sim	837	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Média	Alta	Média	Média	> 5km	Não
19,2					Sul	tardoz	Não	945	Sim	703	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
19,3					Oeste	Lateral	Não	408	Sim	344	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Baixa	Média	Média	Média		
19,4					Este	Lateral	Não	357	Sim	267	2x2cm	bege	GL	Peri.	Não	Média	Média	Média	Média		
20,1	Edifício 20	1978	37	8	Sul	Principal	Não	1606	Sim	1176	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
20,2					Este	Lateral	Não	396	Sim	378	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
21,1	Edifício 21	1979	36	8	Este	Lateral	Não	396	Sim	350	2x2cm	bege	GL	Peri.	Não	Média	Média	Média	Média	> 5km	Não
21,2					Sul	Principal	Não	1166	Sim	896	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média		
21,3					Oeste	Lateral	Não	396	Sim	359	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
22,1	Edifício 22	1989	26	5	Norte	Principal	2003	1083	Sim	948	2x2cm	bege	UGL	Estru.	Não	Média	Alta	Média	Média	< 5km	Não
22,2					Este	Lateral	2003	280	Não	242	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
22,3					Oeste	Lateral	2003	221	Sim	195	2x2cm	bege	UGL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
23,1	Edifício 23	1988	27	5	Sul	Principal	Não	624	Não	436	2x2cm	bege	GL	Estru.	Sim	Média	Média	Média	Média	< 5km	Não
23,2					Oeste	Lateral	Não	180	Não	165	2x2cm	bege	GL	Não	Sim	Alta	Média	Média	Média		
23,3					Este	Lateral	Não	180	Não	165	2x2cm	bege	GL	Não	Sim	Média	Média	Média	Média		
24,1	Edifício 24	1989	26	8	Norte	Principal	Não	1575	Não	1100	2x2cm	bege	GL	Estru.	Sim	Média	Alta	Média	Média	< 5km	Não
24,2					Oeste	Lateral	Não	840	Não	592	2x2cm	bege	GL	Não	Sim	Média	Média	Média	Média		
24,3					Este	Lateral	Não	306	Não	261	2x2cm	bege	GL	Não	Sim	Média	Média	Média	Média		
24,4					Sul	Tardoz	Não	1937	Não	1347	2x2cm	bege	GL	Estru.	Sim	Média	Média	Média	Média		
25,1	Edifício 25	1990	25	9	Norte	Principal	Não	1800	Sim	1089	2x2cm	bege	GL	Estru.	Não	Média	Média	Média	Média	< 5km	Não
25,2					Oeste	Lateral	Não	315	Sim	283	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
25,3					Este	Lateral	Não	450	Sim	401	2x2cm	bege	GL	Não	Não	Média	Média	Média	Média		
26,1	Edifício 26	1986	29	9	Este	Principal	Não	960	Não	670	6x25cm	branco	GL	Estru.	Sim	Alta	Média	Média	Média	< 5km	Não
26,2					Norte	Lateral	2009	360	Não	317	6x25cm	branco	UGL	Não	Sim	Média	Alta	Média	Média		
26,3					Sul	Lateral	Não	360	Não	317	6x25cm	branco	GL	Não	Sim	Média	Média	Média	Média		
26,4					Oeste	Tardoz	Não	1000	Não	510	6x25cm	branco	GL	Estru.	Sim	Média	Média	Média	Média		

A4

Registo fotográfico complementar das anomalias



Figura 1 – Fissuração (Edifício 8)



Figura 2 – Eflorescências (Edifício 13)



Figura 3 – Enodoamento (Edifício 6)

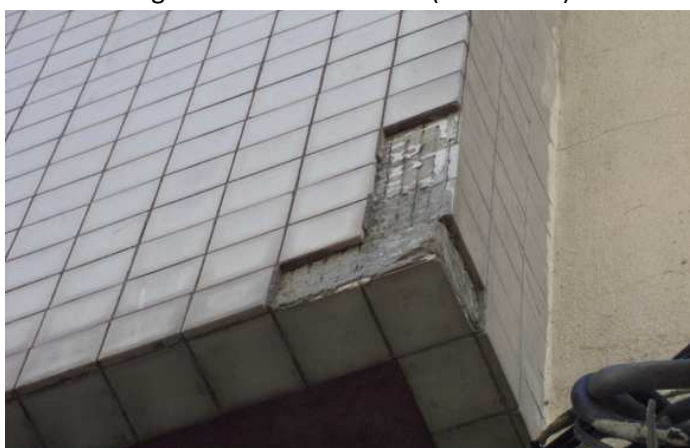


Figura 4 – Descolamento localizado (Edifício 11)



Figura 5 – Alteração de cor e brilho (Edifício 12)



Figura 6 – Lascagem dos bordos (Edifício 7)



Figura 7 – Crescimento biológico (Edifício 6)



Figura 8 – Sujidade superficial (Edifício 9)



Figura 9 – Grafitti (Edifício 17)



Figura 10 – Crescimento biológico (Edifício 21)



Figura 11 – Enodoamento (Edifício 14)



Figura 12 – Fendilhação (Edifício 19)



Figura 13 – Eflorescência (Edifício 20)



Figura 14 – Descolamento localizado (Edifício 17)



Figura 15 – Descolamento localizado (Edifício 10)



Figura 16 – Fissuração (Edifício 1)

A5

Metodologia de avaliação da degradação

Nº da ficha	Denominação	Ano	Idade	Intervenções	Area de RCF [m2]	Área de Anomalias Estéticas (Ae)	Ke	Área de Anomalias de Juntas (Aj)	Kj	Área de Fendilhação (Af)	kf	Área de Descolame ntos (Ad)	kd	IDR [%]
1,1	Edifício 1	1981	34	Não	737	100,00	0,5		0,5	6,00	3	0,50	3	9,4%
1,2		1981	34	Não	737	110,00	0,5		0,5	11,00	3	1,50	3	12,5%
1,3		1981	34	Não	333	10,00	0,5		0,5	3,00	1,5		3	2,8%
1,4		1981	34	Não	333	10,00	0,5		0,5		1,5	3,00	3	4,2%
2,1	Edifício 2	1991	24	2002	264									
2,2		1991	24	2002	380									
2,3		1991	24	2002	299									
3	Edifício 3	1989	26	2013	186									
4	Edifício 4	1989	26	Não	246	120,00	0,5		0,5	15,00	3	3,00	3	46,4%
5,1	Edifício 5	1992	23	sim	128									
5,2		1992	23	Não	78	24,50	0,5		0,5	0,50	3	0,50	3	19,6%
5,3		1992	23	Não	56	4,00	0,5		0,5		1,5		3	3,6%
6,1	Edifício 6	1992	23	Não	70	7,50	0,5		0,5	0,50	1,5		3	6,4%
6,2		1992	23	Não	69	5,50	0,5	20,00	0,5	2,00	1,5	0,25	3	24,0%
7,1	Edifício 7	1988	27	Não	170	19,00	0,5		0,5	0,25	1,5		3	5,8%
7,2		1988	27	Não	160	50,00	0,5	30,00	0,5	0,25	1,5		3	25,2%
8,1	Edifício 8	1988	27	Não	122	20,00	0,5	20,00	0,5	0,50	1,5		3	17,1%
8,2		1988	27	Não	128	40,00	0,5	30,00	0,5	1,00	3	0,25	3	30,3%
9	Edifício 9	1990	25	Não	48	4,00	0,5		0,5		1,5		3	4,1%
10	Edifício 10	1972	43	Não	31	25,00	0,5		0,5		1,5	0,30	3	43,6%
11	Edifício 11	1981	34	Não	19	7,00	0,5		0,5		1,5	2,50	3	57,3%
12	Edifício 12	1978	37	Não	38	17,00	0,5		0,5		1,5	4,50	3	58,2%
13	Edifício 13	1969	46	Não	78	8,5	0,5		0,5	15	3	1	3	66,6%
14	Edifício 14	1985	30	Não	29	7	0,5		0,5	1	3	1	3	32,31%
15	Edifício 15	1985	30	Não	29	4	0,5		0,5	1,5	3	0,5	3	27,21%
16,1	Edifício 16	1984	31	2004	463									
16,2		1984	31	2004	299									
16,3		1984	31	2004	572									
16,4		1984	31	2004	561									
16,5		1984	31	2004	162									
17,1	Edifício 17	1983	32	Não	809	110	0,5		0,5	10	3	7	3	13,1%
17,2		1983	32	Não	726	160	0,5		0,5	3	3	1,5	3	12,9%
17,3		1983	32	Não	777	90	0,5		0,5	3	3	8	3	10,0%
18,1	Edifício 18	1981	34	2002	964									
18,2		1981	34	2002	1297									
18,3		1981	34	2002	1206									
19,1	Edifício 19	1980	35	Não	837	260	0,5		0,5	9	3	2	3	19,5%
19,2		1980	35	Não	703	150	0,5		0,5	9	1,5		3	12,6%
19,3		1980	35	Não	344	70	0,5		0,5		1,5	2	3	11,9%
19,4		1980	35	Não	267	30	0,5		0,5	2	3	2	3	10,1%
20,1	Edifício 20	1978	37	Não	1176	200	0,5		0,5	9	3	4	3	11,8%
20,2		1978	37	Não	378	46	0,5		0,5	3	3	2	3	10,1%
21,1	Edifício 21	1979	36	Não	350	35	0,5		0,5	28	3	2,5	3	31,2%
21,2		1979	36	Não	896	90	0,5		0,5	16	3	4	3	11,7%
21,3		1979	36	Não	359	30	0,5		0,5	8	3	1,5	3	12,1%
22,1	Edifício 22	1989	26	2003	948									
22,2		1989	26	2003	242									
22,3		1989	26	2003	195									
23,1	Edifício 23	1988	27	Não	436	65	0,5		0,5		1,5	0,5	3	7,8%
23,2		1988	27	Não	165	11	0,5		0,5	40	1,5		3	39,7%
23,3		1988	27	Não	165	6	0,5	65	0,5	8	1,5	0,1	3	29,0%
24,1	Edifício 24	1989	26	Não	1100	330	0,5		0,5	1	1,5	0,1	3	15,2%
24,2		1989	26	Não	592	65	0,5		0,5		1,5	0,1	3	5,5%
24,3		1989	26	Não	261	105	0,5		0,5		1,5	0,1	3	20,2%
24,4		1989	26	Não	1347	670	0,5		0,5		1,5	2	3	25,3%
25,1	Edifício 25	1990	25	Não	1089	165	0,5		0,5		1,5	0,5	3	7,7%
25,2		1990	25	Não	283	9	0,5		0,5	4	3		3	5,8%
25,3		1990	25	Não	401	25	0,5		0,5		1,5	0,25	3	3,3%
26,1	Edifício 26	1986	29	Não	670	30	0,5		0,5		1,5		3	2,2%
26,2		1986	29	2009	317									
26,3		1986	29	Não	317	4	0,5	30	0,5		1,5		3	5,4%
26,4		1986	29	Não	910	45	0,5		0,5		1,5	0,5	3	2,6%