

CASOS DE ESTUDO DE ANOMALIAS E ACIDENTES EM CONSTRUÇÕES – UMA ANÁLISE CRÍTICA

RICARDO JOSÉ OLIVEIRA PEIXOTO

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

Orientador: Professor Doutor Jorge Moreira da Costa

JUNHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.*

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

"A coisa principal da vida não é o conhecimento, mas o uso que dele se faz."

Talmud

AGRADECIMENTOS

Numa altura de conclusão é bom refletir sobre o quê e quem nos fez chegar até aqui.

Assim, gostaria de agradecer a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Jorge Moreira da Costa expresso aqui o meu sincero agradecimento pela forma solícita e simpática com que me apoiou e orientou na elaboração desta dissertação, assim como pelos conhecimentos transmitidos, pelas sugestões feitas, pela disponibilidade apresentada, pelas revisões e correções que fez durante a redação e pela amizade. Deixo-lhe um reconhecimento especial pela forma como fui orientado durante este trabalho.

Agradeço à minha família, muito especialmente aos meus pais e à minha irmã, que aturaram os meus desabafos, por partilharem as minha preocupações durante este tempo e pelo incentivo incansável que tiveram durante a minha vida académica.

À Mariana, agradeço pela força que sempre me transmitiu ao acreditar em mim, pela paciência, dedicação e compreensão demonstradas e pelo carinho que possibilitou a serenidade necessária à realização deste trabalho.

Aos meus amigos, agradeço pelo apoio e amizade de todos estes anos.

Por fim, agradeço aos autores da variada bibliografia que consultei para complementar o meu trabalho.

RESUMO

Embora haja uma preocupação cada vez maior com a qualidade da construção, verifica-se que os edifícios construídos nos últimos anos nem sempre apresentam a qualidade e a durabilidade esperada. Devido às características particulares da indústria da construção e às ações e responsabilidades inerentes aos vários intervenientes no processo construtivo, a qualidade final dos empreendimentos é colocada em causa, podendo gerar impactos significativos, não só económicos mas também sociais.

Constata-se uma falta de registos de casos abrangentes sobre o nível de qualidade das construções bem como são igualmente raros estudos sobre as razões na origem desses casos de não qualidade e os que são facilmente acessíveis, à exceção do caso Francês, são muito restritos em termos de amostra. Contudo e apesar da escassa informação sobre a temática deste trabalho, torna-se fundamental o levantamento e recolha da informação disponível, com o intuito de organizar, sistematizar e procurar analisar situações padrão e os comportamentos que estão na base das causas, no aparecimento das anomalias e na falta de qualidade da construção.

O presente trabalho, começa por uma abordagem genérica da área da engenharia que estuda a patologia da construção, sendo referenciados os principais conceitos que se encontram associados ao tema, assim como a descrição dos intervenientes envolvidos no processo construtivo e a explicação das diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento.

Depois desta abordagem genérica, passou-se para o principal objetivo desta dissertação, que consistiu na recolha, análise, crítica e exposição de alguns casos de estudo de anomalias e falhas nas construções que resultaram em impactos económicos e/ou sociais significativos, com o intuito de identificar as situações padrão e os comportamentos que estão na origem das anomalias e na falta de qualidade dos empreendimentos. Em cada caso de estudo são apresentados os resultados da investigação realizada pelos autores dos mesmos e as respetivas conclusões.

Após a análise dos casos de estudo sobre anomalias e acidentes na construção, apresentaram-se, com algum detalhe, as anomalias mais frequentes nos edifícios, sistematizando as anomalias, segundo os diversos elementos construtivos, assim como os respetivos tipos de revestimentos contemplados nos mesmos. Em igualdade de circunstâncias, procurou-se identificar as causas associadas aos aparecimentos das anomalias, de acordo com a sua tipologia (origem humana e não humana).

Por fim, foi realizada uma estruturação das responsabilidades que podem ser atribuídas aos vários intervenientes do processo construtivo, com a opinião crítica do autor sobre as causas do surgimento das anomalias na construção, tendo como base a experiência profissional deste. Também são propostas algumas medidas que permitirão a caracterização e registo do nível de qualidade das construções e a identificação das situações mais frequentes no que dizem respeito às anomalias na construção.

PALAVRAS-CHAVE: Anomalias, Falhas, Casos de Estudo, Processo Construtivo, Qualidade na Construção.

ABSTRACT

Although there is a growing concern with the quality of construction, it appears that recent buildings do not show neither the expected quality or lifetime. The specific features of the construction industry, the actions and responsibilities inherent to the many actors in the construction process, lead to a point where the final quality of the projects is questioned, and may cause significant impacts, not only at an economic, but also at a social level.

There is a lack of cases and records on the quality level of constructions and on the reasons for those cases of non-quality and the ones that exist, except for the French case, are very limited. However, despite the little information on the subject of this report, to survey and gather the ones that are available becomes essential in order to organize, systematize and analyse the more frequent situations and behaviours that underlie the arise of anomalies and the poor quality of construction.

The report begins with a generic approach to the area of engineering which studies the pathology of construction, being referenced, at the same time, the key concepts related to the subject, as well as the description of those involved in the construction process and the explanation of the different stages on an undertaking life cycle.

After the referred approach, focus is set on the main objective of this thesis: the collection, analysis, criticism and exposure of some study cases on anomalies and construction failures that have led to economic and/or social significant impacts, in order to identify the more frequent situations and behaviours that are at the origin of anomalies and lack of quality of the projects. In each of the case studies, the results attained by the authors and conclusions are presented.

Subsequently, the more recurrent anomalies in buildings are presented in some detail, by systematizing them according to different construction elements, as well as the respective types of finishes, as well as. Also, the causes associated with the arising of anomalies according to their type (human and nonhuman) are identified.

In closing, an organization of the responsibilities which can be attributed to the many participants in the construction process was carried out, followed by the author's personal opinion about the causes that may explain the arising of construction anomalies, based on his professional experience. Some measures that will allow the characterization and recording of the buildings' quality level and the identification of the most recurrent situations of construction anomalies are also proposed.

KEYWORDS: Anomalies, Failures, Cases Study, Construction Process, Quality in Construction.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE QUADROS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	2
2. PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO	5
2.1. ASPETOS GERAIS	5
2.2. CONCEITOS IMPORTANTES.....	6
2.3. O CICLO DE VIDA DO EMPREENDIMENTO	8
2.3.1. JUSTIFICAÇÃO	8
2.3.2. INTRODUÇÃO	8
2.3.3. FASE DE CONCEÇÃO/PROJETO	8
2.3.4. FASE DE EXECUÇÃO/CONSTRUÇÃO	10
2.3.5. FASE DE MANUTENÇÃO/UTILIZAÇÃO	11
2.3.6. FASE DE DESCONSTRUÇÃO.....	12
2.4. INTERVENIENTES ENVOLVIDOS NO PROCESSO CONSTRUTIVO	12
3. CASOS DE ESTUDO	13
3.1. INTRODUÇÃO	13
3.2. AS CAUSAS E OS CUSTOS DOS DEFEITOS DE CONSTRUÇÃO - UM ESTUDO DE SETE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO NA SUÉCIA	13
3.2.1. INTRODUÇÃO	13
3.2.2. CARACTERÍSTICAS DOS EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO EM ANÁLISE	13
3.2.3. RECOLHA DE DADOS.....	15

3.2.4. RESULTADOS	15
3.2.5. CONCLUSÕES	17
3.3. AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS NA CONSTRUÇÃO E NA FASE DE OCUPAÇÃO EM SINGAPURA	17
3.3.1. INTRODUÇÃO	17
3.3.2. METODOLOGIA E AMOSTRA ADOTADA NESTE CASO DE ESTUDO	18
3.3.3. CATEGORIZAÇÃO DOS DEFEITOS.....	18
3.3.4. DIFERENÇAS DE DEFEITOS NAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO E OCUPAÇÃO	18
3.3.5. DISCUSSÃO DOS DEFEITOS DOS PAVIMENTOS DESENVOLVIDOS DURANTE AS FASES DE CONSTRUÇÃO E OCUPAÇÃO	19
3.3.6. CONCLUSÕES.....	23
3.4. ANÁLISE DE FALHAS ESTRUTURAIS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	23
3.4.1. INTRODUÇÃO	23
3.4.2. METODOLOGIA E AMOSTRA ADOTADA NESTE CASO DE ESTUDO	23
3.4.3. OCORRÊNCIAS DE FALHAS ESTRUTURAIS.....	24
3.4.4. CAUSAS DAS FALHAS ESTRUTURAIS	29
3.4.5. CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS ESTRUTURAIS	31
3.4.6. INFORMAÇÕES SOBRE AS DIVERSAS ÁREAS DE MELHORIA E CONTROLOS PARA MINIMIZAR OS EFEITOS DAS FALHAS ESTRUTURAIS.....	33
3.4.7. CONCLUSÕES	34
3.5. CASO DE ESTUDO SOBRE AS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA EXECUÇÃO DE UM EDIFÍCIO NO BRASIL	34
3.5.1. INTRODUÇÃO	34
3.5.2. METODOLOGIA DA PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	34
3.5.3. AS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA FASE DE CONSTRUÇÃO	36
3.5.4. CONCLUSÃO	40
3.6. REGISTO DE DEFEITOS NA CONSTRUÇÃO FRANCESA	40
3.6.1. INTRODUÇÃO	40
3.6.2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	41
3.6.3. TIPO DE EDIFÍCIOS.....	41
3.6.4. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	42
3.6.5. PRINCIPAIS CAUSAS DAS PATOLOGIAS.....	43
3.6.6. PRINCIPAIS PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES	45
3.6.6.1. INTRODUÇÃO.....	45
3.6.6.2. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS EM PAVIMENTOS INTERIORES REVESTIDOS	

COM AZULEJOS	47
3.6.6.3. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS EM COBERTURAS EM TELHAS CERÂMICAS	48
3.6.6.4. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS	48
3.6.6.5. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS NAS CANALIZAÇÕES ENCASTRADAS	49
3.6.6.6. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS EM PAREDES OU BASES ENTERRADAS	50
3.6.6.7. CAUSAS TÉCNICAS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS EM FACHADAS À BASE DE ALVENARIA DE BLOCOS DE BETÃO	51
3.7. CONCLUSÕES	52
4. PRINCIPAIS ANOMALIAS EM EDIFÍCIOS	53
4.1. INTRODUÇÃO	53
4.2. CLASSIFICAÇÃO E TIPIIFICAÇÃO DE ANOMALIAS	54
4.3. CAUSAS DAS ANOMALIAS	55
4.3.1. CAUSAS HUMANAS	55
4.3.1.1. ERROS NA FASE CONCEÇÃO E DE PROJETO	56
4.3.1.2. ERROS NA FASE DE EXECUÇÃO	56
4.3.1.3. ERROS NA FASE DE UTILIZAÇÃO/MANUTENÇÃO	56
4.3.1.4. DESASTRES DEVIDOS A CAUSAS HUMANAS IMPREVISÍVEIS	57
4.3.2. CAUSAS NÃO HUMANAS	58
4.4. ANOMALIAS ESTRUTURAIS	59
4.4.1. FUNDAÇÕES	59
4.4.2. PAREDE DE ALVENARIA RESISTENTES	61
4.4.3. ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO	62
4.4.3.1. FENDILHAÇÃO	62
4.4.3.2. DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS	63
4.4.3.3. CORROSÃO DE ARMADURAS	65
4.4.4. PAVIMENTOS	67
4.5. ANOMALIAS NÃO ESTRUTURAIS	68
4.5.1. ELEMENTOS PRIMÁRIOS	69
4.5.1.1. PAREDES DE ALVENARIA	69
4.5.1.1.1. PRESENÇA DE HUMIDADE	70
4.5.1.1.2. FENDILHAÇÃO	78

4.5.1.2. PAVIMENTOS	86
4.5.1.3. COBERTURAS	87
4.5.2. ELEMENTOS SECUNDÁRIOS	87
4.5.2.1. VÃOS ENVIDRAÇADOS E CAIXILHOS	87
4.5.3. REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS	90
4.5.3.1. REVESTIMENTOS PAREDES E TETOS.....	90
4.5.3.2. REVESTIMENTOS DE PISOS.....	101
4.5.3.3. REVESTIMENTOS DE COBERTURAS	102
4.6. CONCLUSÕES	110
5. ANÁLISE E PONTO DE VISTA DO AUTOR.....	111
5.1. INTRODUÇÃO	111
5.2. FASE DE CONCEÇÃO/PROJETO.....	111
5.3. FASE DE EXECUÇÃO/CONSTRUÇÃO.....	113
5.4. FASE DE UTILIZAÇÃO/MANUTENÇÃO	114
5.5. CONCLUSÃO	115
6. CONCLUSÃO E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	117
6.1. INTRODUÇÃO	117
6.2. CONCLUSÕES GERAIS.....	117
6.3. PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - “Leis de Hammurabi” (CIB W86 BUILDING PATHOLOGY, 1993)	5
Fig. 2 - Ciclo de vida do empreendimento e intervenientes envolvidos (Valério, 2013)	8
Fig. 3 – Identificação de anomalias no processo construtivo (Kangari, Farid, 1993).....	9
Fig. 4 – Identificação de anomalias no processo construtivo (Kangari, Farid, 1993).....	10
Fig. 5 - Iceberg dos custos da manutenção (Gonçalves, 2013)	12
Fig. 6 – Tipos de falhas estruturais. (Ziad, Bilal, 2013).....	24
Fig. 7 – Tipos de falhas de colapso e perda de segurança. (Ziad, Bilal, 2013)	25
Fig. 8 – Modos de falhas estruturais categorizadas em colapso ou perda de segurança. (Ziad, Bilal, 2013)	25
Fig. 9 – Desastre de Teton Dam, 05 de junho de 1976. (Wikipedia, 2016)	32
Fig. 10 – Pavimento semienterrado do clube. (Póvoas, Gomes 2015)	35
Fig. 11 – Pavimento térreo do clube. (Póvoas, Gomes 2015)	36
Fig. 12 – a) Projeto de arquitetura inicial. b) Projeto de arquitetura retificado (Póvoas, Gomes 2015)	37
Fig. 13 – Local dos condensadores no projeto de arquitetura (pavimento semienterrado) (Póvoas, Gomes 2015).....	38
Fig. 14 – Solução proposta (Póvoas, Gomes 2015).....	39
Fig. 15 – Solo natural confinado no pavimento semienterrado (Póvoas, Gomes 2015)	39
Fig. 16 – Execução do dreno horizontal (Póvoas, Gomes 2015)	40
Fig. 17 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função do tipo de edifícios. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).....	41
Fig. 18 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função dos elementos construtivos. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	42
Fig. 19 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função das principais causas das patologias (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	44
Fig. 20 – Custo de reparação em percentagem (%) face aos custos de construção em função das principais causas das patologias (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).....	44
Fig. 21 – Principais manifestações de patologias na construção em França, 1995 a 2012 (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	45
Fig. 22 – Principais patologias na construção em França, 1995 a 2012 (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	46
Fig. 23 – Custo de reparação em percentagem (%) face aos custos de construção em função das principais patologias (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	46
Fig. 24 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em pavimentos interiores revestidos com azulejos (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).....	47

Fig. 25 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em coberturas em telhas cerâmicas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).....	48
Fig. 26 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em fundações superficiais (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	49
Fig. 27 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em canalizações encastradas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	50
Fig. 28 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em paredes ou bases enterradas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	51
Fig. 29 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em fachadas à base de alvenaria de blocos de betão (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)	52
Fig. 30 – Processo de deterioração de edifícios e seus respectivos elementos (Flores-Colen, 2008)...	53
Fig. 31 – Critério de tipificação de ocorrências anómalas em edificadros (Flores-Colen, 2012)	54
Fig. 32 – Quantificação das causas de anomalias em edifícios de origem humana (Aguiar et al 2006)	57
Fig. 33 – Classificação das ações naturais, que poderão suscitar ocorrências anómalas (Aguiar et al 2006)	58
Fig. 34 – Representação das causas que suscitam o aparecimento de anomalias em elementos estruturais (Aguiar et al 2006)	59
Fig. 35 – Representação das principais causas para o surgimento de anomalias em fundações e em infraestruturas (Aguiar et al 2006)	60
Fig. 36 – Deformação resultante de movimentos de terras (Roseiro, 2012)	61
Fig. 37 – Eliminação de elementos estruturais para abertura de montra (Roseiro, 2012)	61
Fig. 38 – Representação das diversas causas possíveis de fissurações em betão armado (Cóias, 2006)	63
Fig. 39 – Representação da evolução da perda da alcalinidade do betão armado, da superfície para o interior, através do processo de carbonatação. A zona alcalina da seção (a cor-de-rosa) vai diminuindo, deixando os varões em risco de corrosão. Os tempos indicados variam, essencialmente, com a porosidade do betão (Cóias, 2006)	66
Fig. 40 – Fachada de um edifício localizado junto ao mar – Corrosão das Armaduras (PATORREB, 2016)	66
Fig. 41 – Processo de corrosão das armaduras em elementos de betão armado e consecutivo destacamento (PATORREB, 2016)	67
Fig. 42 – Representação das anomalias não estruturais e situações mais relevantes na generalidade dos edificadros (Aguiar et al 2006)	69
Fig. 43 – a) Materiais não totalmente protegidos da chuva no estaleiro. b) Água introduzida nas paredes através do excesso de água nas argamassas. c) Molhagem excessiva do tijolo, na fase de assentamento, a evitar com a adoção de retentores de água nas argamassas. (Silva, 2009)	70
Fig. 44 – a) Parede sujeita a fenómeno de humidade ascensional agravado pela impermeabilização parcial da face interior, com material cerâmico. b) Humidade ascensional em edifício de construção recente, proveniente de águas superficiais exteriores infiltradas através de deficiente desempenho da	

soleira. c) Humidade ascensional em edifício histórico, agravada pela existência de degrau exterior com inclinação para o lado da parede e não para o exterior. (Silva, 2009).....	72
Fig. 45 – Algumas causas de anomalias em paredes duplas com caixa-de-ar	73
Fig. 46 – a) Eflorescências em paredes de alvenaria. b) criptoflorescências. c) Bolores no paramento interior de uma parede. (Google, 2016)	74
Fig. 47 – a) Aparecimento de manchas de bolores em locais de pontes térmicas. b) Efeito Termoforese em paredes exteriores. (Google, 2016).....	76
Fig. 48 – a) Eflorescências em cunhal de edifício com tijolo face-à-vista depois de Inverno muito severo. b) Pormenor da formação de eflorescências sobre tijolo-à-vista. c) Formação de criptoflorescências em parede rebocada e pintada, sujeita a infiltrações.....	77
Fig. 49 – a) Infiltração localizada e fortuita, por acidente na vedação/estanquidade de tubo de queda. b) Infiltrações (de dentro para fora) em bateria de balneários desportivos com rotura de canalizações ou acessórios não estanques. c) Infiltração pontual e fortuita por deficiência da fixação do tipo de queda à parede.....	78
Fig. 50 – a) Condensação interior em vidros duplos (Santos, 2012). b) Acumulação de detritos em calhas (Vicente, 2012). c) Descolamento de cordão de estanqueidade mal colocado (Vicente, 2012). d) Empolamento da lacagem (Santos, 2012). e) Deformações de juntas entre caixilhos (Vicente, 2012)	88
Fig. 51 – Representação de algumas anomalias correntes em rebocos: a) Criptoflorescência. b) “Fantasmas”. c) Formação biológica – Líquenes. d) Fissuração mapeada. e) Deformação ou empolamento (Flores-Colen, 2012).	91
Fig. 52 – Representação de anomalias em revestimentos de pintura: a) Fissuração. b) Criptoflorescência. c) Destacamento. d) Colonização biológica. e) Empolamento (Chai, 2011).....	93
Fig. 53 – Representação de anomalias em revestimentos cerâmicos: a) Destacamento dos ladrilhos. (Silvestre, 2005). b) Empolamento dos ladrilhos. (Silvestre, 2005) c) Colonização biológica (Silvestre, 2005). d) Eflorescências. (Sousa, 2008). e) Fissuração. (Silvestre, 2005).....	96
Fig. 54 – Representação de anomalias em revestimentos pétreos (Silva, 2009): a) Fissuração; b) Colonização biológica; c) Deficiência de planeza; d) Eflorescências; e) Degradação.	101
Fig. 55 – Representação da tipologia de revestimentos em coberturas inclinadas (Garcez, 2009) ...	103
Fig. 56 – Classificação de materiais de impermeabilização de coberturas planas (Lopes, 2010)	104
Fig. 57 – Representação de anomalias em coberturas em terraço (Ginga, 2008) e inclinadas (Garcez, 2009): a) Fissuração no revestimento impermeabilizante de uma cobertura em terraço b) Detritos em coberturas inclinadas; c) Vegetação parasitária em cobertura inclinada; d) Fissuração em revestimento cerâmico de cobertura inclinada.	107

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos importantes	7
Quadro 2 – Fontes de erro técnico (Eldukair, Ayyub, 1991)	11
Quadro 3 – Interveniente e funções.....	12
Quadro 4 – Fontes de erro técnico (Eldukair, Ayyub, 1991)	14
Quadro 5 – Número de defeitos e custo dos defeitos (Josephson, Hammarlund, 2013)	15
Quadro 6 – A origem dos defeitos (% do custo total de defeito) (Josephson, Hammarlund, 2013)	16
Quadro 7 – As causas dos defeitos (% do custo total de defeito) (Josephson, Hammarlund, 2013) ..	16
Quadro 8 – Causas dos defeitos em relação aos intervenientes no processo construtivo (% do custo dos defeitos por cada interveniente respetivo (Josephson, Hammarlund, 2013)	17
Quadro 9 – Distribuições de defeitos em diferentes fases (Chong, Low, 2005)	19
Quadro 10 – Defeitos de pavimentos mais frequentes durante a fase de construção (Chong, Low, 2005)	20
Quadro 11 – Defeitos de pavimentos mais frequentes durante a fase de ocupação (Chong, Low, 2005)	20
Quadro 12 – Distribuição dos defeitos pelas origens das causas (Chong, Low, 2005)	23
Quadro 13 – Sintomas das falhas estruturais categorizadas de inoperacionalidade (Ziad, Bilal, 2013)	26
Quadro 14 – Numero de falhas estruturais de acordo com o tipo de estrutura e o ano de ocorrência (Ziad, Bilal, 2013).....	26
Quadro 15 – Fontes de erros técnicos (Ziad, Bilal, 2013).....	27
Quadro 16 – Fontes de erros relacionados com práticas de gestão (Ziad, Bilal, 2013).....	27
Quadro 17 – Fontes de erros relacionados com efeitos ambientais circundantes da indústria da construção (Ziad, Bilal, 2013).....	27
Quadro 18 – Elementos com falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013)	28
Quadro 19 – Falhas estruturais por materiais de construção (Ziad, Bilal, 2013)	28
Quadro 20 – Distribuição dos casos de falhas com a respetiva fonte de erro pelo Participante (Ziad, Bilal, 2013).....	29
Quadro 21 – Distribuição dos casos de falhas relativamente ao comportamento humano (Ziad, Bilal, 2013)	29
Quadro 22 – Fatores primários das falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013).....	30
Quadro 23 – Fatores secundários das falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013)	31
Quadro 24 – Baixas relacionadas com o tipo de construção (Ziad, Bilal, 2013).....	32
Quadro 25 – Consequências económicas dos prejuízos em relação ao Tipo de Construção (Ziad, Bilal, 2013).....	33
Quadro 26 – Tempo necessário para recuperar os danos existentes (Ziad, Bilal, 2013).....	33

Quadro 27 – Incompatibilidades monitoradas. (Póvoas, Gomes 2015)	36
Quadro 28 – Custo médio em euros (€) dos trabalhos de reparação de danos em função do tipo de edifícios face ao custo de construção. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).....	42
Quadro 29 – Custo médio em euros (€) dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos construtivos face ao custo de construção (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013).43	
Quadro 30 – Representação das causas e características principais de fendilhações em paredes de alvenaria (Amaral, 2013)	62
Quadro 31 – Caracterização de vários tipos de fendilhação em elementos de betão armado. (Amaral, 2013)	64
Quadro 32 – Síntese das anomalias e das respetivas causas associadas às lajes maciças e nervuradas de betão armado. (Amaral, 2013).....	68
Quadro 33 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas por movimentações térmicas. (Pereira, 2005).....	79
Quadro 34 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas por movimentações higroscópicas. (Pereira, 2005)	81
Quadro 35 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pela atuação excessiva de cargas verticais. (Pereira, 2005).....	82
Quadro 36 – Representação das particularidades principais das fissuras causadas por deformação excessiva da estrutura de suporte. (Pereira, 2005).....	83
Quadro 37 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pelo assentamento de apoio. (Pereira, 2005).....	85
Quadro 38 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pela retração de estruturas e lajes de betão armado. (Pereira, 2005)	86
Quadro 39 – Anomalias mais comuns em caixilharias de edifícios recentes e as suas possíveis causas. (Santos, 2012) (Torres, 2009) (Vicente, 2012).....	88
Quadro 40 – Principais causas de deterioração das mástiques. (Santos, 2012).....	89
Quadro 41 – Representação das anomalias mais comuns em rebocos tradicionais e pré-doseados de monocamada. (Flores-Colen, 2012)	91
Quadro 42 – Representação das causas possíveis de anomalias em rebocos (Flores-Colen, 2012)..	92
Quadro 43 – Representação das causas possíveis das anomalias em revestimento de pinturas (Cóias, 2006) (Aguiar et al 2006) (Chaves, 2009) (Chai, 2011).....	94
Quadro 44 – Representação das anomalias mais correntes em ladrilhos colados. (Aguiar et al 2006) (Chai, 2011) (Silvestre, 2005).....	96
Quadro 45 – Representação das anomalias mais correntes no preenchimento de juntas entre ladrilhos. (Aguiar et al 2006) (Chai, 2011) (Silvestre, 2005).	98
Quadro 46 – Representação das anomalias mais correntes em revestimentos de pedra. (Aguiar et al 2006) (Silva, 2009).....	99
Quadro 47 – Representação das anomalias e das suas respetivas causas em revestimentos de pisos. (Aguiar et al 2006)	101

Quadro 48 – Representação das anomalias mais correntes em coberturas inclinadas. (Aguiar et al 2006).	105
Quadro 49 – Relação entre anomalias e causas nos revestimentos de impermeabilização de pontos singulares de coberturas em terraço. (Ginga, 2008) (Lopes, 2011).	107
Quadro 50 – Relação entre anomalias e causas nos revestimentos de impermeabilização de superfícies correntes de coberturas em terraço (Aguiar et al 2006) (Ginga, 2008) (Lopes, 2011)	108

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O estudo da patologia na construção encontra-se, desde há algumas décadas, em franco desenvolvimento. Embora se note uma preocupação crescente com a qualidade da construção, verifica-se que os edifícios construídos nos últimos anos nem sempre apresentam a qualidade esperada. Pode-se mesmo afirmar, que existem muitos edificadros, construídos recentemente, com patologias graves que condicionam a sua utilização.

Uma das principais causas da não qualidade na construção portuguesa poderá ser justificada pela inexistência de um sistema de responsabilidades, garantias e seguros que responsabilize efetivamente todos os intervenientes prevaricadores no processo construtivo, pelos erros cometidos durante a conceção, execução, utilização ou pelos comportamentos dos materiais e componentes e, ao mesmo tempo, que garanta a indemnização dos danos causados.

Desta forma, existe a necessidade do levantamento, recolha e estruturação da informação de casos de estudos sobre anomalias e acidentes em construções, com o intuito de identificar situações padrão e as causas e comportamentos que estão na origem das anomalias.

Como irá ser demonstrado ao longo deste trabalho, através da exposição, análise e crítica de alguns casos de estudos referentes à temática aqui abordada, existe uma grande variedade de patologias que afetam os diversos elementos que constituem os edificadros, devidas a inúmeros fenómenos e com origens diferenciadas, causadas pelas muitas ações dos intervenientes do processo de construção. No entanto, a informação técnica disponível encontra-se dispersa, sendo a sua sistematização e organização imprescindível para facilitar a análise das causas, a resolução dos problemas através da identificação de situações padrão e comportamentos na base das mesmas, assim como a sua prevenção.

1.2. OBJETIVOS

No âmbito da temática da patologia na construção, não é fácil encontrar estudos abrangentes, em número e amostra, sobre o nível de qualidade das construções e que têm como finalidade analisar as origens das anomalias, assim como as causas e as ações dos intervenientes que colocam em dúvida a qualidade final dos empreendimentos, tendo como consequências o impacto em termos económicos e/ou sociais e na definição de ações a desenvolver para restabelecer as características funcionais ou estéticas dos elementos degradados.

Mesmo assim, a relativa pouca informação encontra-se dispersa, sendo importante que se proceda à sua organização e sistematização no que diz respeito a casos de estudo de anomalias em construções já estudadas, pelo que se considera essencial a apresentação e a análise crítica destes casos.

Assim, o objetivo principal do presente trabalho consistiu, na recolha, organização, análise e crítica de casos de estudos de anomalias e falhas na construção com largo impacto em termos económicos e/ou sociais, com o intuito de identificar situações padrões e comportamentos que originam as anomalias nas construções.

Durante o presente trabalho, o autor do mesmo, entendeu que era fundamental, na temática em estudo e para a sua complementação, realizar a identificação, descrição e classificação das distintas anomalias, evidenciadas na generalidade dos edificados tendo como base a consulta de literatura da especialidade, sendo este o segundo objetivo da presente dissertação.

Com o intuito de complementar ainda mais este trabalho, o autor decidiu apresentar também a sua visão e opinião crítica, aliada à sua experiência profissional, sobre alguns temas descritos e também propor algumas medidas que possibilitassem a criação de um sistema que permitisse a caracterização do nível de qualidade das construções e a identificação das situações que revelassem as anomalias mais frequentes.

1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se organizado em seis capítulos fundamentais:

- Capítulo 1: *Introdução* – Apresentação formal do trabalho, fazendo referência ao contexto temático, objetivos que se pretende alcançar, assim com à própria estruturação do mesmo.
- Capítulo 2: *Patologia da Construção* – Abordagem genérica da área da engenharia que estuda a patologia da construção, sendo posteriormente descritos os principais conceitos que se encontram associados ao tema, assim como a descrição das várias fases do ciclo de vida de um empreendimento e descrição das funções dos diversos intervenientes envolvidos no processo construtivo.
- Capítulo 3: *Casos de Estudo* – Apresentação de alguns casos de estudo que se consideraram relevante e disponíveis na web, sobre a temática do trabalho e com largo impacto em termos económicos e/ou sociais, recolhendo, organizando e comentando de forma estruturada toda a informação e identificando situações padrão e comportamentos na base das mesmas.
- Capítulo 4: *Principais anomalias em Edifícios* – Identificação, descrição e classificação das distintas anomalias, evidenciadas na generalidade dos edificados, assim como as respetivas causas associadas a tais ocorrências, tendo como base a consulta da literatura da especialidade associada aos diferentes tipos de elementos e revestimentos construtivos contemplados nos mesmos.
- Capítulo 5: *Análise e ponto de vista do autor* - Estruturação de algumas das responsabilidades que podem ser atribuídas aos vários intervenientes do processo construtivo aliada à opinião do autor sobre as causas do surgimento de anomalias e dos problemas da indústria da construção, tendo em vista a experiência profissional do mesmo. Neste capítulo é igualmente exposta uma proposta, com o objetivo da criação de um sistema que possa permitir a caracterização do nível de qualidade das construções e a identificação das situações que revelassem as anomalias mais frequentemente.

- Capítulo 6: *Conclusão* – Apresentação das principais conclusões retiradas com a realização do presente estudo e sugestão de outros trabalhos que poderão ser realizados na sua sequência.

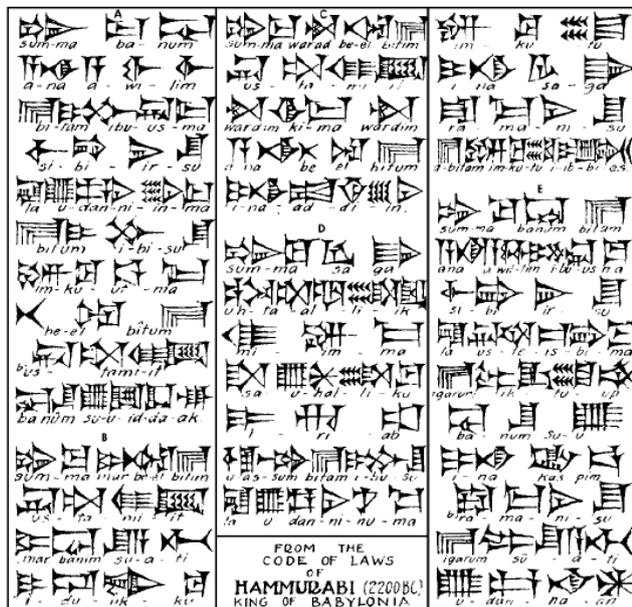
2

PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO

2.1. ASPETOS GERAIS

Patologia é a área do conhecimento que estuda as anomalias presentes nos edifícios. A palavra patologia, etimologicamente tem origem em duas palavras gregas, respetivamente, *pathos* (doença) e *logos* (ciência) (Calejo, 2001). A expressão “patologia da construção” traduz a ciência que estuda todas as anomalias que surgem numa construção após a sua execução.

Apesar de o tema “Patologia da construção” possa parecer relativamente recente, as reparações dos defeitos na construção não são seguramente um fenómeno atual. No ano 2200 A.C., o Código de Construção de Hammurabi’s (Rei da Babilónia) impunha punições muito severas em caso de ocorrência de anomalias ou falhas nas construções, o que permite aferir que a responsabilidade referente à patologia na construção está presente desde há muitos séculos (Medeiros, 2010).



A – Se um construtor, ao construir a casa para terceiros, não fizer a construção firme e se a casa cair e causar a morte do dono da casa, esse construtor será condenado à morte.

B – Se causar a morte do filho do dono da casa, será condenado à morte o filho do construtor.

C – Se causar a morte de um escravo do dono da casa, o construtor terá de dar um escravo de igual valor ao dono da casa.

D – Se destruir propriedade, o construtor terá de reconstruir o que destruiu à sua própria custa.

E – Se a construção não obedecer aos requisitos e uma parede cair, o construtor terá de reforçar a parede às suas custas.

Fig. 1 - “Leis de Hammurabi” (CIB W86 BUILDING PATHOLOGY, 1993)

Em alguma medida decorrente do espaço ocupado nos media, parece existir uma maior consciencialização da opinião pública em relação às anomalias nas construções pelo que se tem assistido nos últimos anos ao incremento do ramo da engenharia que estuda a patologia na construção. Este

aumento das anomalias ressaltou na década de 90 em que se assistiu à realização de um grande número de construções em simultâneo com o decréscimo do tempo disponível para a execução das mesmas.

Verifica-se também que, nos últimos anos, os equipamentos de diagnóstico que auxiliam no conhecimento na área da patologia de construção estão cada vez mais sofisticados, o que permitiu o desenvolvimento desta área de estudo.

Apesar do crescimento e desenvolvimento deste tema e do investimento na qualidade da construção, nem sempre o produto final apresenta um desempenho esperado. No dia-a-dia, é possível constatar nos edifícios portugueses a presença de diversas anomalias. A atribuição de causas para esta constatação, não é assim tão evidente, visto que a investigação de anomalias é bastante complexa. Esta complexidade deve-se essencialmente ao aumento das exigências por parte dos utilizadores e consequente desenvolvimento das sociedades, sendo necessário um aumento da informação disponível e do conhecimento efetivo, assim como a interação entre todos os intervenientes do processo construtivo (Sousa, 2004).

De um modo geral, os dados e informações disponíveis resultam dos registos e análises de patologias efetuadas no âmbito de trabalhos de investigação realizados por diversas instituições internacionais que estudam a patologia na construção como por exemplo em França, a “Agence Qualité Construction“, organismo responsável pela apreciação e implementação da qualidade na construção que criou um mecanismo de recolha e análise dos sinistros declarados às companhias seguradoras – sistema SYCODÉS (“SYstème de COLlecte d’informations sur les DÉSordres”), no âmbito da garantia decenal e dos seguros inerentes (seguros de reparação de danos e de responsabilidade decenal), obrigatórios em França desde 1978. Outro exemplo, é o caso da Autoridade para a Construção de Edifícios e a Universidade Nacional de Singapura (NUS), que desenvolveram um projeto de dois anos com a finalidade de estudar problemas de diferentes tipos de edifícios sujeitos a climas tropicais, estando os resultados acessíveis a partir do site “Maintainability of Buildings” em www.hpbc.bdg.nus.edu.sg.

Em Portugal não existem dados estatísticos facilmente acessíveis que permitam apreciar quais as principais patologias existentes que afetam as construções. Os dados existentes resultam de trabalhos de investigação pontuais, o que não permite uma abordagem global do sector da construção português.

2.2. CONCEITOS IMPORTANTES

Uma das dificuldades na presente Dissertação consistiu na terminologia a utilizar para definir conceitos simples desta área, como: anomalia, patologia, manutenção, reabilitação, entre outros. Esta dificuldade é acrescida devido a que na literatura estrangeira, terminologia aparentemente similar corresponde, por vezes, a conceitos ou significados diferentes.

Também, devido a fatores como a experiência ou a área de especialização dos diferentes profissionais e intervenientes no processo de construção, os vários conceitos descritos no quadro 1, podem ser entendidos de forma diferente.

Não faz parte dos objetivos desta dissertação estabelecer um glossário de conceitos, porém considerou-se importante esclarecer conceitos e definições sobre a temática do presente trabalho que serão empregues ao longo do mesmo. Tais conceitos e definições são apresentados no seguinte quadro:

Quadro 1 – Patologia da Construção - Conceitos importantes

Conceitos	Definição
Anomalia	Manifestação de um determinado problema construtivo, que altera e/ou afeta o comportamento de um edifício, e o impede de desempenhar determinadas funções. Em casos mais complexos, considera-se que uma anomalia resulta “de um conjunto de manifestações associadas a uma determinada cadeia de relações causa-efeito que lhe está subjacente” (Padrão, 2004)
Causa	Agente, ativo ou passivo, que origina uma ou várias anomalias. (Padrão, 2004)
Conservação	Conjunto de ações destinadas a prolongar a vida útil de um bem patrimonial, sem lhe alterar a autenticidade, as características e os significados. (Sales, 2005)
Diagnóstico	A palavra diagnóstico deriva do grego “diagnostikós”, que significa capaz de discernir. É o conjunto de procedimentos independentes e organizados com o objetivo de compreender e explicar uma anomalia desde a sua origem, englobando a determinação da sua causa e da sua evolução, sintomas e estado atual da estrutura, através da observação e ensaios de manifestações. (Medeiros, 2010)
Degradação	Alteração e afetação das características dos materiais, produzidas por ações físicas, químicas e biológicas. (Medeiros, 2010)
Manutenção	Conjunto de operações preventivas para manter em boas condições o edifício no seu conjunto, ou as suas partes constituintes, de forma a eliminar ou reduzir a necessidade de ações de conservação. Nessas operações incluem-se inspeções de rotina, monitorização, controlo dos fatores de deterioração, limpeza, entre outras. (Medeiros, 2010)
Patologia	A palavra patologia, etimologicamente tem origem em duas palavras gregas, respetivamente, pathos (doença) e logos (ciência). (Calejo, 2001) É a ciência que estuda os problemas construtivos que surgem nos edifícios (ou em algum dos seus elementos), depois da sua execução. (Medeiros, 2010)
Prevenção	Conjunto de atuações de conservação, no mais amplo prazo possível, motivados por conhecimentos prospetivos sobre o objeto considerado e sobre as condições do seu contexto ambiental. (Medeiros, 2010)
Reabilitação	Conjunto de ações destinadas a repor ou modificar as características de um edifício, ou partes constituintes, de forma a torná-lo utilizável de acordo com uma determinada função social e/ou cultural e permitir satisfazer níveis de desempenho e exigências funcionais atualizadas. (Medeiros, 2010)
Reparação	Ações destinadas a recuperar o estado original de uma determinada estrutura. Pode ser circunscrita a um determinado local ou, por outro lado, pode implicar a demolição, total ou parcial, da construção em causa. (Medeiros, 2010)

Restauração	Conjunto de operações que tem como principal objetivo o restabelecimento físico e/ou reposição da legibilidade de uma determinada estrutura. Estas intervenções devem ser reduzidas ao mínimo indispensável, antecedidas por uma profunda investigação, e conservar, em absoluto, a verdade arqueológica. (Medeiros, 2010)
-------------	--

2.3. O CICLO DE VIDA DO EMPREENDIMENTO

2.3.1. JUSTIFICAÇÃO

Muitos dos casos de estudos analisados para a elaboração deste trabalho reportam como principais causas para a ocorrência de anomalias na construção, as diversas fases que constituem um empreendimento ou construção e os seus vários intervenientes. Deste modo, considerou-se relevante fazer uma síntese do ciclo de vida de um empreendimento, assim como descrever o papel e função dos vários intervenientes no processo de construção.

2.3.2. INTRODUÇÃO

Os ciclos de vida dos empreendimentos são processos complexos que requerem grandes recursos. No entanto, é possível analisar todos os empreendimentos em termos de um ciclo de vida comum, constituído por uma série de etapas. Estas etapas estão ilustradas na figura abaixo, seguindo-se uma breve explicação em relação a cada uma delas. Neste trabalho, foram considerados as fases de conceção/projeto, execução/construção, manutenção/utilização e desconstrução, assim como os respetivos intervenientes envolvidos.

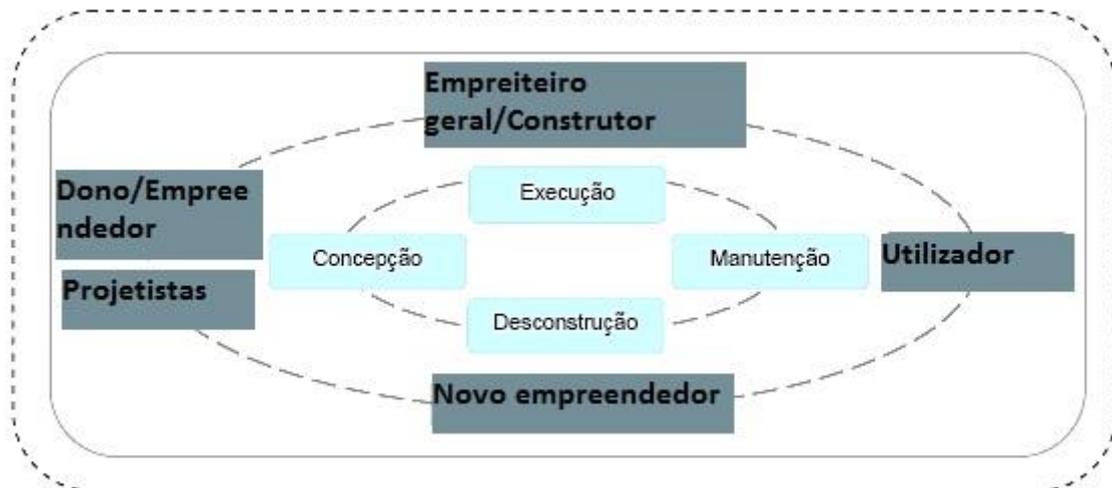


Fig. 2 - Ciclo de vida do empreendimento e intervenientes envolvidos (Valério, 2013)

2.3.3. FASE DE CONCEÇÃO/PROJETO

A fase de conceção/projeto diz respeito ao planeamento do empreendimento, em que é definida pelo dono de obra e pela equipa de projetistas, com base nas informações e necessidades do cliente e do mercado. Esta fase compreende atividades distintas e complexas, e tem o intuito de planejar a execução e manutenção do empreendimento, de modo a realizar estudos de viabilidade e do potencial sucesso do empreendimento. Nestes estudos analisa-se e estima-se o custo do empreendimento, assim como o

possível retorno financeiro que o produto poderá vir a ter. Apesar de a avaliação financeira e económica do empreendimento ser possivelmente o elemento mais evidente nesta fase, existem fatores externos como o contexto político de um empreendimento, a sua relação com a comunidade local, a sua localização ou as condições físicas em que será construído, que também podem ter uma grande importância na determinação da continuidade do empreendimento, devendo todos estes fatores atrás mencionados, serem alvos de estudos e análises. Para tudo isto, é necessário nesta primeira fase, a realização de um planeamento técnico básico que tem como base as primeiras soluções do futuro projeto, designado por programa preliminar. Relegar a elaboração destes estudos de viabilidade para uma fase posterior a esta (o que acontece com regularidade na prática) pode significar que potenciais problemas não sejam detetados a tempo de influenciar o planeamento do projeto.

Ainda dentro da fase de conceção/projeto, temos uma segunda etapa do processo construtivo e do ciclo de vida de um empreendimento que diz respeito aos estudos e projetos. Nesta fase, a equipa de projeto, selecionada pelo Dono de Obra (Processo tradicional), desenvolve o projeto do empreendimento, tendo como ponto de partida, as necessidades e as indicações do promotor/cliente, definidas durante a primeira etapa, no programa preliminar. Destaca-se que uma das razões frequentemente ignoradas na identificação de anomalias do processo construtivo é a ação do cliente (Fig. 3). A ação por parte deste interveniente do processo construtivo pode ter influência negativa devido a opções de contratação incorretas como a adjudicação baseada exclusivamente no preço mais baixo ou demora na resposta a questões colocadas pelos restantes elementos da equipa que intervém no empreendimento.



Fig. 3 – Identificação das responsabilidades de anomalias no processo construtivo dos vários intervenientes (Kangari, Farid, 1993).

Da mesma forma, o cliente poderá ter uma participação positiva nesta fase do empreendimento contribuindo na pesquisa e identificação de soluções inovadoras e mais eficientes, mas para isso deverá ser encarado pela restante equipa do processo construtivo, como um membro dessa mesma equipa que muitas vezes não tem competências, nem conhecimentos técnicos para lidar com questões relacionadas com engenharia mas tem que tomar decisões importantes para o desenvolvimento do empreendimento.

Ainda dentro da fase de conceção/projeto existem outros aspetos que são decisivos para o empreendimento. As construções devem satisfazer as necessidades dos utentes para um determinado investimento, devendo privilegiar o mais possível os seus objetivos. Para que isto aconteça, os projetistas devem compatibilizar, o seu processo criativo, com as necessidades de utilização previstas. Outro fator a ter em conta nesta fase, relaciona-se com a degradação/manutenção do empreendimento, que deve ser

estudada e analisada pelas equipas de projeto, nomeadamente na seleção dos materiais e componentes que através da especificação técnica de cada um, deverão enumerar os materiais e componentes a aplicar e a forma como os mesmos são aplicados. Destaca-se o facto da fase de conceção/projeto ser uma atividade pluridisciplinar, de coordenação imprescindível mas difícil, convergindo de iterações gerais para particulares. Processos muitos rápidos, simplistas e mal coordenados traduzem-se, geralmente em problemas nas obras (Sousa, 2001). Como é demonstrado na figura seguinte e também no seguimento deste trabalho, pesquisas apontam o projeto como a causa e/ou um fator preponderante na ocorrência de acidentes, falhas, anomalias ou deficiências na construção.

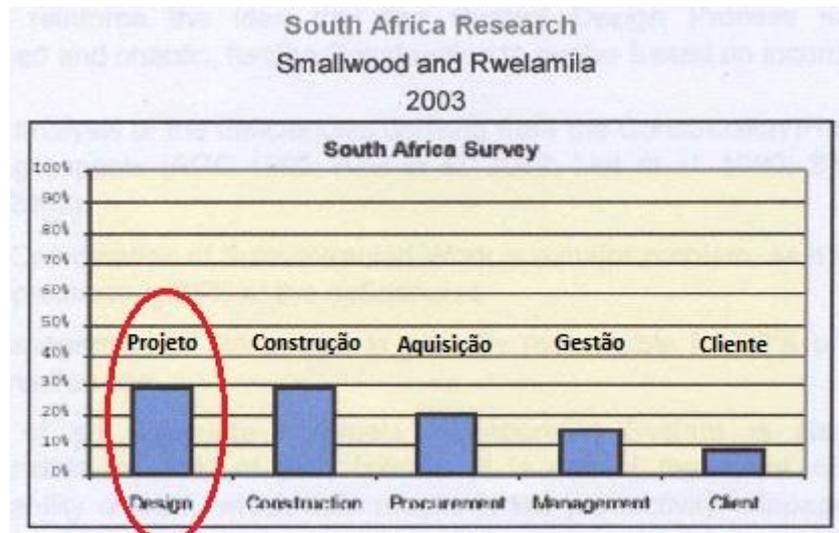


Fig. 4 – Identificação de anomalias no processo construtivo (Kangari, Farid, 1993).

2.3.4. FASE DE EXECUÇÃO/CONSTRUÇÃO

A fase de execução/construção caracteriza-se pela materialização em termos físicos e espaciais em obra dos projetos que foram concebidos na fase de conceção/projeto. É evidente que a influência mútua e a coordenação entre estas duas fases é crucial para o sucesso da construção. Na fase de execução/construção da obra existem uma série de fases intermédias como as consultas, contratação, estaleiro e preparação da construção, construção do empreendimento e receção dos trabalhos.

Nos casos mais gerais, após a consulta de mercado, a obra será adjudicada a um empreiteiro que fica responsável pela execução da mesma, bem como o que com ela está diretamente relacionado, ou seja, com a implantação do estaleiro e respetiva obra, planeamento da mesma, encomenda e verificação da conformidade de todos os materiais a aplicar e pela execução dos trabalhos. Nesta fase o empreiteiro tem a responsabilidade de detalhar e cumprir o Plano de Segurança e Saúde, assim como garantir o cumprimento dos prazos e a qualidade prevista no projeto, de acordo com as pretensões do dono de Obra. (Sousa, 2001)

Devido às inúmeras tarefas com as mais diversas especialidades presentes durante a execução de uma obra, geralmente o empreiteiro geral subcontrata outras empresas para realizar tarefas específicas. Desta forma o empreiteiro geral tem de gerir o trabalho do conjunto de pequenas empresas que contratou, assegurando principalmente o cumprimento dos prazos mas também a qualidade na execução dos trabalhos. (Sousa, 2001)

É de perceção imediata, que o estaleiro de obra modifica as suas características constantemente, pois a fase de execução é constituída por diversas atividades, funções, materiais e equipamentos que

consequentemente elevam não só o risco de acidentes mas também o risco para a ocorrência de falhas, defeitos, anomalias ou erros de construção (Quadro 2), como será analisado mais adiante neste trabalho.

Quadro 2 – Fontes de erro técnico (Eldukair, Ayyub, 1991)

Type of technical error (1)	Failure cases (%) (2)
Planning	4.0
Design	51.2
Construction	56.6
Operation	30.5

2.3.5. FASE DE MANUTENÇÃO/UTILIZAÇÃO

A fase de manutenção/utilização é a etapa mais longa do ciclo de vida do empreendimento e consiste não só na utilização do edificado por parte do utente mas também na conservação, reparação, restauração, modernização ou na requalificação dos edificados. A partir do momento em que se inicia a utilização, os utentes passam a ter responsabilidades perante o edificado. Diversos fatores como a reposição de componentes que atingiram o final da sua vida útil, a correção de falhas de execução, novas necessidades funcionais dos novos utilizadores, o tratamento de anomalias, podem impulsionar os serviços de manutenção.

As leis que obrigam a vistorias e a manutenções periódicas em determinados componentes dos edificados, também constituem por si, um incentivo aos serviços de manutenção, visto que as edificações apresentam uma característica que as diferencia dos restantes produtos, por serem construídas para satisfazer as necessidades dos seus utilizadores por um grande período de tempo, devendo resistir aos diversos agentes que alteram as suas propriedades técnicas iniciais.

“Ducap e Qualharini (2006) adotam a vida útil de uma edificação em torno dos 80 anos, alias conforme proposto por Mafferi (1992)”. (Valério, 2013)

No contexto do presente trabalho, a ligação entre as fases anteriores, fase de projeto, fase de execução e a fase de manutenção/utilização é fundamental para a identificação, avaliação e controlo das anomalias, defeitos e erros da construção. Nesta fase do ciclo de vida do empreendimento é essencial fazer um registo e posterior análise de todas as incongruências detetadas para que novos empreendimentos não cometam os mesmos erros. Na temática dos planos de manutenção, países como a França (Agence Qualité Construction - AQC), Estados Unidos (American Society of Civil Engineers) e o Reino Unido (Building Research Establishment – BRE), apresentam bases de dados com os defeitos mais correntes em todas as fases da construção, práticas de inspeções nacionais para avaliação do estado de conservação dos edifícios e a sua monitorização, planos das operações de manutenção a longo prazo, existência de registos de todas as intervenções e de bases de dados com custos de manutenção. (Chong, Low, 2005)

No que diz respeito à atividade de manutenção existem custos que dificilmente são quantificáveis, mas que representam uma parte significativa dos custos globais. A imagem abaixo de um iceberg traduz a realidade dos custos de manutenção em que a ponta visível, acima da linha da água representa os custos apurados contabilisticamente e por outro lado, a parte submersa representa todos os outros custos que dificilmente são quantificáveis.



Fig. 5 - Iceberg dos custos da manutenção (Gonçalves, 2013)

2.3.6. FASE DE DESCONSTRUÇÃO

A desconstrução consiste num conjunto de processos, cuja finalidade é fazer desaparecer uma construção existente. É um processo que se caracteriza pelo desmantelamento cuidadoso, de forma a possibilitar a recuperação de materiais e dos componentes da construção, promovendo a sua reciclagem e reutilização.

Para que o processo de desconstrução seja possível é necessário que desde o início do ciclo de vida do empreendimento, nomeadamente nas primeiras fases como a de projeto e construção, haja convergências neste sentido. É essencial que os diferentes intervenientes no processo construtivo, tais como projetistas, donos de obra, clientes e empreiteiros, compreendam que assim como qualquer produto, também as construções e os seus componentes têm uma vida útil.

2.4. INTERVENIENTES ENVOLVIDOS NO PROCESSO CONSTRUTIVO

No quadro seguinte, apresenta-se uma descrição das funções e tarefas associadas a cada interveniente no processo construtivo.

Quadro 3 – Interveniente e funções

Intervenientes	Descrição sucinta da função dos intervenientes
Utente/Utilizador	Entidade, individual ou coletiva, que usufrui do empreendimento. (Sousa, 2001)
Dono de Obra/Promotor/ Cliente	Entidade, pessoa individual ou coletiva a quem pertencem os bens, por conta da qual são elaborados os projetos e a obra, que pretende levar a cabo o empreendimento e manda executar a obra, diretamente ou por interposta pessoa. (Sousa, 2001)
Projetista	Entidade singular ou coletiva, administrativa e legalmente responsável pela elaboração de um conjunto integrado de estudos e projetos e a quem compete indicar a Equipa Projetista. (Sousa, 2001)
Construtor/ Empreiteiro	Entidade singular ou coletiva, administrativa e legalmente responsável pela execução, renovação, ampliação, demolição ou outra qualquer ação de operação que consista na execução de um projeto.

3

CASOS DE ESTUDO

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se apresentar e realizar uma compilação dos principais casos de estudo disponíveis na web sobre anomalias e acidentes em construções, com o intuito de recolher e organizar a informação mas também na tentativa de identificar situações-padrão e comportamentos na base das mesmas.

Decidiu-se analisar casos de estudos de diversos países, para que a informação recolhida resultasse numa compilação mais vasta e diversificada.

3.2. AS CAUSAS E OS CUSTOS DOS DEFEITOS DE CONSTRUÇÃO - UM ESTUDO DE SETE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO NA SUÉCIA (JOSEPHSON, HAMMARLUND, 2013)

3.2.1. INTRODUÇÃO

As condições na indústria da construção estão constantemente a modificar. Para terem sucesso as empresas devem desenvolver e melhorar continuamente. Estas mudanças devem ser baseadas no conhecimento, tanto do meio ambiente como do próprio trabalho. Nesta situação o conhecimento da natureza dos defeitos que ocorreram é importante. Com esse conhecimento as decisões futuras que venham a ser tomadas podem melhorar o processo de construção. Neste caso de estudo realizado pelos autores Eldukair, Z e Ayyub, B. discute-se a natureza dos defeitos detetados durante a produção em sete empresas de construção. (Eldukair, Ayyub, 1991) Este estudo foi realizado entre os anos de 1994 a 1996 em cooperação com o *Department of Building Economics and Construction Management at Chalmers University of Technology* e 'R & D West', um grupo de empresas de construção na Suécia. O foco principal deste caso de estudo é sobre as causas de defeitos na construção, incluindo causas subjacentes. Este estudo é uma continuação e um aprofundamento de um outro estudo efetuado entre os anos de 1986 e 1990 pelas mesmas empresas.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DOS EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO EM ANÁLISE

Neste estudo (Josephson, Hammarlund, 2013) todos os empreendimentos em análise foram acompanhados durante um período de seis meses. Os sete empreendimentos foram elaborados por empresas diferentes e foram escolhidos, com a intenção de se adquirir conhecimento sobre diferentes tipos de projetos. No quadro seguinte é apresentada algumas características dos empreendimentos.

Quadro 4 – Características dos empreendimentos (Eldukair, Ayyub, 1991)

The building projects

Project	Type	New construction/ conversion	Type of contract	Production cost (SEK M)	Time (months)
A	Museum	New/Conv	General	30	12
B	School	New	Turnkey	130	13
C	University	New	General	100	16
D	Industry	New	Turnkey	21	14
E	Housing	Conversion	General	15	4
F	Fire station	New	Turnkey	55	15
G	Shopping centre	Conversion	General	30	13

O Projeto A consistiu na reabilitação de um museu antigo e uma construção de uma nova entrada. Tinha uma organização complicada incluindo várias autoridades a consultar, exigências de poupanças rigorosas e pequenos espaços para trabalhar. Por razões de financiamento, o tempo de produção foi reduzido de 17 para 12 meses.

O Projeto B consistiu numa nova construção de uma escola secundária. Foi aproveitada a estrutura de um antigo quartel de bombeiros para uma parte do edifício da nova escola.

O Projeto C diz respeito a uma nova construção de um edifício universitário. Este edifício tinha um alto padrão técnico, especialmente na ventilação. O tempo de produção foi reduzido de 20 para 16 meses numa fase muito tardia da construção. Os vários intervenientes e empresas que trabalharam neste empreendimento já tinham trabalho juntos no passado.

O Projeto D consistiu numa nova construção industrial constituída por dois blocos com vários fogos similares, semelhantes a outros dois blocos com 5 anos de idade na mesma área. O preço total do empreendimento foi forçado a baixar por razões contratuais. O trabalho de produção é fortemente influenciado por um grande programa de desenvolvimento na empresa. O terreno de construção está exposto a ventos fortes.

O Projeto E foi uma conversão de um edifício de armazenamento, com um tempo muito curto de produção e muitas das atividades de trabalho estavam em desenvolvimento ao mesmo tempo. Frequentemente, nesta construção há uma grande quantidade de trabalhadores em espaços reduzidos. O edifício inclui muitas instalações mas à exceção disto a construção é simples.

O projeto F consistiu a uma nova construção de um quartel de bombeiros. Parte do edifício inclui muitas instalações em que as autoridades têm altas exigências de segurança. O utilizador final do edifício tem muita influência durante a produção.

Por último, o projeto G consistiu numa conversão de várias lojas comerciais, num grande centro comercial. A fase de construção foi muito condicionada devido às lojas continuarem abertas durante a fase de construção do centro comercial.

3.2.3. RECOLHA DE DADOS

Como já foi referido anteriormente, durante um período de 6 meses foram registados e analisados todos os defeitos deste sete empreendimentos. Um observador foi colocado em cada uma das obras e este tinha apenas a tarefa de registar, acompanhar e descrever as anomalias e defeitos que surgiam. Os observadores eram engenheiros em que seis deles tinham menos de dez anos de experiência e um deles tinha mais de trinta anos de experiência em construção. Salienta-se para facto que este estudo mostrou que os observadores com menos experiência de construção são os mais bem sucedidos na recolha dos dados, enquanto que observadores com mais experiência tendem a perceber algumas das situações como “normais” e por essa razão não descreviam a totalidade dos defeitos e anomalias que encontravam. Para além da descrição das anomalias, os observadores tinham um contacto diário com todo o pessoal, com as empresas de construção, bem como o pessoal subcontratado. Quando necessário os observadores contactavam o cliente, projetistas, fabricantes de equipamentos ou outros intervenientes que justificasse algum esclarecimento adicional, assim como participavam nas reuniões e tinham acesso a toda a documentação.

A recolha de dados consistiu em três partes principais. A primeira traduziu-se na descrição dos defeitos em que cada defeito era descrito em formulário especial, detalhando as causas, as ações erradas, as manifestações do defeito, as consequências, as medidas corretivas e uma estimativa do custo de reparação. Foram registados um total de 2879 defeitos neste estudo. A segunda parte consistiu na descrição de cada projeto para possibilitar uma análise mais rigorosa, como por exemplo a organização do projeto e as mudanças de organização durante o processo de construção, os sistemas de liderança, políticas relativas à escolha de subcontratantes, etc. Na última parte, foram efetuadas entrevistas a cerca de dez intervenientes chave no processo construtivo em que se discutiam as características dos projetos de construção.

3.2.4. RESULTADOS

O número de descrições de defeitos varia entre 283 e 480 por projeto. Uma vez que algumas descrições contêm defeitos semelhantes, o número real de defeitos é maior. Os custos de defeitos que ocorreram durante o tempo de estudo deste caso variou entre 2,3% e 9,4% do custo de produção como podemos observar no seguinte quadro.

Quadro 5 – Número de defeitos e custo dos defeitos (Josephson, Hammarlund, 2013)

Project	Number of defects	Defect cost	
		(EUR)	(% of prod. cost)
A	454	80,055.00	4.6
B	441	113,144.40	3.1
C	371	65,111.40	2.3
D	376	163,312.20	9.4
E	283	99,268.20	6.2
F	474	112,077.00	3.6
G	480	141,964.20	4.8

Analisando a origem dos defeitos deste caso de estudo, em média, 32% dos custos de defeitos são originados nas fases iniciais do empreendimento, isto é em relação ao cliente e ao projeto. Cerca de 45%

do custo de defeitos são originados no estaleiro de obras, ou seja são custos de defeitos relacionados com a gestão do estaleiro, dos trabalhadores do empreiteiro principal e dos trabalhadores dos empreiteiros subcontratados. Aproximadamente 20% do custo de defeitos é originado devido aos materiais ou equipamentos da construção. Esta informação está sintetizada no quadro seguinte.

Quadro 6 – A origem dos defeitos (% do custo total de defeito) (Josephson, Hammarlund, 2013)

Project	Client	Design	Site management	Workmanship	Subcontractors	Materials	Machines	Other
A	9	13	27	8	30	8	5	0
B	4	47	5	14	17	12	1	0
C	7	38	6	5	30	13	1	0
D	0	21	20	27	5	22	4	1
E	10	18	2	5	7	51	1	6
F	2	33	23	14	8	13	5	2
G	13	18	14	5	37	3	2	8
Average	6	26	14	13	18	17	3	3

Fazendo a análise das causas dos defeitos, estas eram muitas vezes difíceis de identificar, o que significa que os resultados apresentados por este caso de estudo devem ser extrapolados com cautela. Na maioria das situações, verificou-se que o indivíduo que deu origem a um defeito, tinha o conhecimento necessário e a informação correta para desempenhar a tarefa, mas a causa do defeito foi a falta de motivação. Uma média de 50% poderia ser atribuída a esta categoria (falta de motivação). Uma análise mais profunda concluiu que a maioria dos defeitos resultantes da falta de motivação são devidos ao esquecimento e ao descuido. 29% do custo dos defeitos foram causados por falta de conhecimento, enquanto que uma pequena parcela foi atribuída à falta de comunicação, stress e o risco inerente à atividade da construção. O quadro seguinte sintetiza as causas dos defeitos.

Quadro 7 – As causas dos defeitos (% do custo total de defeito) (Josephson, Hammarlund, 2013)

Project	Knowledge	Information	Motivation	Stress	Risk
A	46	13	33	0	8
B	27	15	36	5	17
C	36	24	36	1	3
D	30	8	58	4	0
E	8	21	49	10	12
F	35	4	60	1	0
G	18	14	60	2	6
Average	29	12	50	3	6

Neste estudo foi também realizada uma análise das causas dos defeitos encontrados em relação aos intervenientes do processo dos empreendimentos. A causa de falta de conhecimento nos projetos foi responsável por cerca de 44% dos custos de defeitos. Para os defeitos relacionados com a gestão do estaleiro, 50% dos custos dos defeitos, foram relacionados com a falta de motivações dos trabalhadores. Defeitos relacionados com a fabricação tiveram como causas principais a falta de motivação e o risco associado ao trabalho da construção. Por último, os defeitos causados por trabalhadores subcontratados deveram-se sobretudo à falta de motivação (47%). O quadro seguinte expõe as causas dos defeitos em relação aos intervenientes no processo construtivo.

Quadro 8 – Causas dos defeitos em relação aos intervenientes no processo construtivo (% do custo dos defeitos por cada interveniente respetivo (Josephson, Hammarlund, 2013))

Actor	Knowledge	Information	Motivation	Stress	Risk
Design	44	18	35	2	1
Site management	31	8	50	6	5
Workmanship	12	2	69	1	16
Subcontractors	27	13	47	3	10

3.2.5. CONCLUSÕES

Este estudo de origem Sueca finaliza com uma análise das causas dos defeitos, com o intuito de identificar a raiz dos problemas nos sete empreendimentos analisados.

Uma das fontes que originou mais defeitos nos empreendimentos analisados, deveu-se à constante mudança de pessoas chave que faziam parte da organização do empreendimento. Com estas mudanças sucessivas perdeu-se a estabilidade necessária, assim como tempo e conhecimento.

Outra fonte que originou defeitos deveu-se à demora por parte do cliente em tomar decisões necessárias, o que originou uma constante mudança de planos enquanto projetistas e empreiteiros esperavam pela decisão.

A pressão do tempo e dos custos foi outro fator que contribuiu para defeitos na construção, resultando em *stress* tanto para projetistas como para os empreiteiros.

O apoio à organização do estaleiro por parte dos gestores no escritório principal em relação aos gestores do estaleiro não foi o suficiente, sendo esta também uma das fontes que originou defeitos posteriores na construção.

Por último, constatou-se que os trabalhadores estavam desmotivados com as atividades que desempenhavam, originando muitos defeitos devido ao descuido. Foi importante constatar que empresas e pessoas que já tinham trabalhado juntos no passado, tiveram resultados mais positivos na diminuição dos defeitos na construção.

3.3. AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS NA CONSTRUÇÃO E NA FASE DE OCUPAÇÃO EM SINGAPURA (CHONG, LOW, 2005)

3.3.1. INTRODUÇÃO

Os defeitos de construção são uma das principais preocupações da indústria da construção. A diversidade das diferentes instalações construídas geram diferentes tipos de defeitos e níveis de qualidade dispersos, dependendo das funções, tipos de sistemas ou dos materiais utilizados. O caso de estudo analisado de seguida foi realizado por dois professores universitários ligados ao ramo da Engenharia Civil, Wai-Kiong Chong, e Sui-Pheng Low. (Chong, Low, 2005). Os dois principais objetivos deste estudo incluem, em primeiro lugar, o exame das diferenças entre os defeitos ou anomalias da construção de Singapura que ocorrem nas fases de construção e de ocupação e em segundo lugar, a identificação das causas desses defeitos. Há uma necessidade de examinar as diferenças entre os defeitos de construção que ocorrem durante as fases de construção e de ocupação para explorar melhores formas de preveni-los.

3.3.2. METODOLOGIA E AMOSTRA ADOTADA NESTE CASO DE ESTUDO

A metodologia utilizada neste caso de estudo (Chong, Low, 2005) foi adotada para alcançar os dois objetivos acima referidos.

A recolha e análise de dados dos defeitos da fase de construção foram obtidos a partir de um banco de dados de um órgão público de Singapura que gere a qualidade da construção naquele país. Este órgão público tem padrões rigorosos de qualidade, além de que os edifícios selecionados para este estudo tinham sido inspecionados por este órgão, tendo informações completas dos defeitos na fase de construção.

Os dados dos defeitos referentes à fase de ocupação foram recolhidos por cinco inspetores, durante quatro meses nos edifícios selecionados para este estudo, realizando uma análise aos livros de registos de reparações e manutenções dos edifícios e inspecionando através de várias visitas às anomalias detetadas pelos respetivos ocupantes do edifício.

Os edifícios selecionados para esta pesquisa tinham uma idade compreendida entre dois a seis anos e o espetro funcional foi de 35 edifícios de escritórios, 4 hospitais, 13 edifícios residenciais e 11 edifícios comerciais.

3.3.3. CATEGORIZAÇÃO DOS DEFEITOS

Com o intuito de facilitar a análise e a perceção dos dados relativamente aos defeitos nas construções neste estudo, as descrições dos defeitos foram padronizados adotando a categorização usada pelo órgão público da qualidade na construção em Singapura. Definiu-se o seguinte:

- (D) Projeto: Defeito (s) causados por más decisões durante a fase de projeto, que incluem a especificação dos materiais e integração entre os diferentes materiais e sistemas.
- (W) Mão-de-obra: Defeito (s) causados pelos trabalhadores, que inclui por exemplo uma má instalação, o manuseio dos materiais, a incapacidade de prever juntas adequadas, etc.
- (M) Materiais: Defeito (s) causados devido à má qualidade e desempenho dos materiais;
- (Mt) Manutenção: Defeito (s) causados principalmente pela irregular ou inexistência de manutenção durante a fase de ocupação.
- (P) Falta de proteção: Defeitos (s) causados por falta de proteção adequada nos materiais durante a fase de construção

3.3.4. DIFERENÇAS DE DEFEITOS NAS ETAPAS DE CONSTRUÇÃO E OCUPAÇÃO

O quadro seguinte resume os tipos de defeitos encontrados na fase construção, fase de ocupação ou em ambas as fases. Foram encontrados 122 tipos de defeitos na fase de construção e 135 tipos de defeitos durante a fase de ocupação. Verifica-se também que 39 tipos de defeitos foram encontrados em ambas as fases.

Quadro 9 – Distribuições de defeitos em diferentes fases (Chong, Low, 2005)

Elements	Number of defects found at construction	Number of defects found at occupancy	Types of defects found at construction and occupancy	Total types of defects found	New defects found at occupancy
Floors	10	16	6	20	10
Internal wall	10	12	5	17	7
Windows	12	14	5	21	9
External wall	21	13	7	27	6
Mechanical and electrical	13	13	0	26	13
Doors	12	17	4	25	13
Ceilings	13	10	3	20	7
Plumbing and sanitary	12	28	5	35	23
Roofs	19	12	4	27	8
Overall	122	135	39	218	96

Os defeitos nos pavimentos foram analisados detalhadamente por este ter sido um dos elementos mais defeituoso neste caso de estudo.

3.3.5. DISCUSSÃO DOS DEFEITOS DOS PAVIMENTOS DESENVOLVIDOS DURANTE AS FASES DE CONSTRUÇÃO E OCUPAÇÃO

Na fase de construção, os defeitos mais comuns que foram encontrados eram imperfeições nas juntas entre ladrilhos, azulejos descolados ou ocos, acabamentos “ásperos”, lascas nos pavimentos de madeira, problemas de regularidade, rachaduras, manchas, fendas e alinhamentos defeituosos.

Durante a construção as imperfeições nas juntas entre os azulejos nos pavimentos, resultam de uma má aplicação da argamassa ou na má mistura dos materiais da argamassa que poderiam estar muito húmidos ou muito secos. A insuficiente qualidade da mão-de-obra foi a principal causa para este defeito de construção.

Os azulejos descolados ou ocos nos pavimentos também se deveram aos maus acabamentos da construção e em casos pontuais à fraca qualidade do material. Mais especificamente, este defeito deveu-se à insuficiente argamassa aplicada no tardo dos azulejos, o que desenvolveu bolhas de ar que não permitiram a devida colagem dos azulejos, às misturas de forma inadequada dos materiais para fazer a argamassa e também pela fraca qualidade dos materiais usados para a realização desta tarefa.

Os acabamentos “ásperos” dos pavimentos foram causados por maus acabamentos por parte dos trabalhadores que desempenhavam essas tarefas. A falta de polimento das superfícies de mármore ou o não tratamento das superfícies de betão foram dois exemplos deste defeito, que estão exclusivamente relacionados com maus acabamentos.

As lascas nos pavimentos foram causadas principalmente pela falta de proteção dos pavimentos durante a construção. A queda de ferramentas dos trabalhos ou a colocação de equipamentos muito pesados podem causar lascas, rachaduras e manchas nos pavimentos se não forem devidamente protegidos.

Os desnivelamentos dos pavimentos tiveram como causa principal os maus acabamentos como por exemplo, a colocação inadequada dos azulejos, as inclinações defeituosas das camadas de regularização

que servem de base aos azulejos e práticas de assentamento pobres como a não utilização de linhas de orientação adequadas para nivelar os pavimentos.

As manchas nos materiais de construção dos pavimentos, como já foi referido anteriormente foram causadas sobretudo pela falta de proteção durante a fase de construção. A sujidade presente nas botas dos trabalhadores, a tinta derramada, produtos químicos e a humidade presente em torno das zonas de trabalho foram as fontes das causas das manchas nos pavimentos.

A tabela seguinte indica os defeitos mais frequentes durante a fase de construção nos pavimentos dos edifícios analisados neste caso de estudo.

Quadro 10 – Defeitos de pavimentos mais frequentes durante a fase de construção (Chong, Low, 2005)

Defects	Number	Major roots			Workmanship	Lack of protection
		Design	Material	Workmanship		
Pointing	718	W				
Hollowness	432	W				
Rough finishing	283	W				
Chip off	261	P				
Evenness	259	W	0%	0%	83%	17%
Cracks	168	P				
Stains	159	P				
Gaps	77	W				
Poor alignment	58	W				

Como já foi referido anteriormente, este estudo analisou os mesmos edifícios na fase de construção e ocupação. Na fase de ocupação os defeitos mais encontrados foram as rachaduras nos pavimentos, a infiltração de água, azulejos degradados, desnivelamentos e manchas nos pavimentos, azulejos descolados e descoloridos, eflorescências, lascas nos materiais dos pavimentos e imperfeições nas juntas entre os azulejos nos pavimentos. Visto que apenas foram encontrados 16 defeitos de imperfeições nas juntas entre os azulejos nos pavimentos na fase de ocupação, estes não estão listados na tabela seguinte como os defeitos mais frequentes encontrados nesta fase.

Quadro 11 – Defeitos de pavimentos mais frequentes durante a fase de ocupação (Chong, Low, 2005)

Defects	Number	Roots				Design	Material	Workmanship	Maintenance
		Design	Workmanship	Material	Workmanship				
Cracks	832	•	•	•					
Water seepage	556	•	•	•					
Delaminated tiles	531	•	•	•					
Unevenness	463	•	•	•					
Stains	351	•	•	•	39%	35%	30%	6%	
Hollowness	172	—	•	•					
Discolored tiles	165	•	•	•					
Efflorescence	156	•	•	•					
Chip off	62	•	—	•					

Os cinco defeitos repetidos na fase de construção foram os azulejos descolados, os desnivelamentos nos pavimentos, as rachaduras, lascas e as imperfeições nas juntas entre os azulejos. Embora estes cinco defeitos encontrados na fase de ocupação sejam semelhantes aos defeitos encontrados na fase de construção, as suas características e naturezas são muito diferentes.

Durante a fase de ocupação, a maioria das rachaduras nos pavimentos foram causadas por cargas como o tráfego humano ou o mobiliário, pela intensidade da luz solar, a humidade derivada da chuva e das áreas em que esta está frequentemente presente como as casas de banho e também devido aos azulejos descolados. Grande parte dos engenheiros que colaboraram neste estudo concordavam que a melhoria do projeto e das considerações alternativas, como a inserção de juntas de dilatação ou o uso de proteções de borracha nas superfícies dos pavimentos expostos a suportar cargas elevadas, poderiam ter evitado este tipo de defeito durante a fase de ocupação. A análise deste estudo conclui que as rachaduras observadas na fase de ocupação foram o resultado de erros de projeto, fabricação e qualidade dos materiais.

Fazendo uma comparação entre os quadros 10 e 11 podemos constatar que foram encontrados menos defeitos de azulejos descolados e imperfeições nas juntas entre os azulejos durante a fase de ocupação em relação à fase de construção, o que pode sugerir que estes dois defeitos durante a fase de construção podem ter desenvolvido outros defeitos na fase de ocupação.

Foram encontrados mais defeitos de desnivelamento dos pavimentos durante a fase de ocupação do que na fase construção. A baixa qualidade dos materiais usados nas misturas das argamassas, nomeadamente a baixa qualidade das areias e o estado com que era aplicada a argamassa (ou muito seca ou muito húmida) teve como consequência o mau desempenho das juntas entre os azulejos, o que originou a movimentação destes, resultando em desnivelamento dos pavimentos ou mesmo em azulejos degradados. É importante salientar que a fraca qualidade das argamassas usadas nas juntas entre os azulejos só é detetada passados alguns meses ou até mesmo nos primeiros anos da ocupação do edifício, o que torna quase impossível a correção deste defeito na fase de construção.

A comparação entre os quadros 10 e 11 permite concluir que foram encontrados menos defeitos de lascas nos pavimentos durante a fase de ocupação do que em relação à fase de construção. As explicações para o sucedido deveram-se a que este tipo de defeito não tem tendência para originar outros defeitos consequentes e que maior parte das lascas que tinham sido detetadas durante a fase de construção tinham sido corrigidas.

Podemos também concluir que os defeitos durante a fase de ocupação relacionados com azulejos descolados, juntas entre os azulejos, desníveis, rachaduras e lascas nos pavimentos foram causados por projetos mal concebidos, pela fraca qualidade dos materiais usados e por defeitos ao nível da mão-de-obra. Estes defeitos dependo das condições a que são submetidos podem evoluir para outros.

Um número elevado de manchas nos pavimentos foi outro dos defeitos encontrados durante a fase de ocupação. Ao contrário das manchas encontradas durante a fase de construção, estas foram causadas principalmente pela água da chuva, pelas áreas como as casas de banho que continham excessos de humidade, pelo pigmento presente nas argamassas e pelos produtos químicos utilizados pelos ocupantes na limpeza dos pavimentos. Os engenheiros deste estudo sugeriram que os materiais utilizados nos pavimentos devem resistir a manchas por mais de dez anos e se tal não acontecesse não era apenas a qualidade do material que estava em causa mas também a escolha dos mesmos durante a fase do projeto, ao não se prever os materiais corretos para os fins a que estes se destinavam. A falta ou a incorreta manutenção dos pavimentos também pode ter sido uma das causas do desenvolvimento de manchas.

Analisando ainda o quadro 11, podemos observar que existem quatro tipos de defeitos com uma elevada frequência de ocorrência apenas na fase e ocupação: Infiltrações de água, descamação dos azulejos, azulejos descoloridos e eflorescência. Todos estes defeitos levam tempo a desenvolver e portanto são denominados por defeitos latentes.

A descamação dos azulejos resulta da combinação de múltiplos fatores como os defeito das juntas entre estes, o facto de os azulejos estarem soltos e pelo excesso de luz solar ou exposição à humidade que introduz água e calor nas argamassas fazendo com que estas se expandam e empurrem os azulejos para cima, causando desta forma a descamação. Os acabamentos e a qualidade dos materiais utilizados foram as principais causas para estes defeitos.

Em relação aos defeitos de infiltrações de água, as principais fontes de humidade eram as águas da chuva, as áreas húmidas dos edifícios (como as casas de banho) e em alguns casos a humidade aprisionada no interior do betão durante a construção. Estes tipos de defeitos podiam ter sido evitados, com uma melhor compactação e cura do betão durante a fase de construção, com criação de barreiras de humidade entre os pisos secos e húmidos e também com o uso de melhores técnicas de colocação das membranas de impermeabilização. As infiltrações de água tiveram como principais causas o desempenho inadequado dos materiais de construção (betão e membrana de impermeabilização), os acabamentos relacionados com a mão-de-obra (métodos pouco eficazes para o assentamento da membrana de impermeabilização e na compactação do betão) e o projeto (incapacidade de prever barreiras de humidade).

A descoloração dos azulejos foram o resultado da excessiva exposição destes ao sol, das humidades, das cargas excessivas e do uso de produtos de limpeza. Para este tipo de defeito a qualidade dos materiais, as decisões na conceção e a manutenção feita de forma errada foram as causas que originaram as descolorações dos azulejos.

Foram também detetadas neste estudo, anomalias relacionadas com as eflorescências. Estas caracterizam-se por depósitos cristalinos de cor branca que surgem nas superfícies dos revestimentos, como pavimentos, paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. A presença de sal no reboco ou nos azulejos causam eflorescência. As eflorescências são de difícil prevenção mas com a orientação de projetos rigorosos e um bom controlo dos materiais utilizados na construção, estes defeitos poderiam ser controlados. A eflorescência é geralmente associada com a presença de sal nos materiais e é, portanto, um problema dos materiais. Os projetistas são capazes de controlar a eflorescência, examinando as fontes de humidade. Se o sal no material não entra em contacto com a água, não irão ocorrer eflorescências. A secagem inadequada dos materiais ou a aplicação de demasiada humidade na argamassa (frequentemente feito nas construções pelos trabalhadores com o objetivo de aumentar a trabalhabilidade da argamassa) também aumentam as probabilidades de ocorrência deste fenómeno. Desta forma, a eflorescência pode ser evitada com uma melhor conceção, com acabamentos mais perfeccionistas e materiais de melhor qualidade.

Por último, foram detetados defeitos estruturarias em alguns edifícios deste estudo. Tais defeitos podem ser associados a projetos geotécnicos insuficientes ou em alguns casos até inexistentes. Os movimentos resultantes dos assentamentos tiveram como consequências, fissuras em paredes e tetos e a exposição dos varões de aço resultante da laminação do betão. Estes tipos de defeitos por terem sido encontrados em menor número que os restantes defeitos deste estudo, não são apresentados nas tabelas. Apesar dos defeitos estruturais serem em menor número tanto na fase de construção como na de ocupação, estes defeitos são graves exigindo uma atenção e retificação imediata. A tabela seguinte descreve a distribuição dos defeitos pela origem das causas.

Quadro 12 – Distribuição dos defeitos pelas origens das causas (Chong, Low, 2005)

Elements	Causes (%)							
	Design		Workmanship		Material		Lack of protection	Maintenance
	Construction	Occupancy	Construction	Occupancy	Construction	Occupancy	Construction	Occupancy
Floors	0	39	83	35	0	30	17	6
Internal wall	0	46	89	42	0	22	10	1
Windows	0	49	67	18	0	32	33	0
External wall	0	57	74	38	16	39	10	0
Mechanical and electrical	0	73	70	32	0	25	30	0
Doors	0	47	74	24	0	34	26	2
Ceilings	0	53	82	20	1	20	17	0
Plumbing and sanitary	0	62	87	21	0	21	13	0
Roofs	0	45	70	48	0	24	30	0

3.3.6. CONCLUSÕES

Através da análise deste estudo podemos concluir alguns pontos relevantes, para além dos que já foram atrás mencionados. Os defeitos encontrados durante as fases de construção e ocupação são geralmente diferentes, mesmo que esses defeitos tenham descrições semelhantes. Conseguimos concluir que alguns defeitos encontrados em ambas as fases podem desenvolver, através de novas condições, outras formas de defeitos.

3.4. ANÁLISE DE FALHAS ESTRUTURAIS NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (ZIAD, BILAL, 2013)

3.4.1. INTRODUÇÃO

As anomalias ou falhas estruturais, apesar de não serem as mais frequentes na indústria de construção, são aquelas que têm um impacto maior em termos económicos e sociais e que quando detetadas merecem um cuidado significativo. Um estudo realizado nos Estados Unidos da América, elaborado por dois professores universitários, Ziad, A. e Bilal M., analisou um total de 604 falhas estruturais entre 1975 e 1986. (Ziad, Bilal, 2013) A análise teve como objetivo demonstrar as dimensões práticas e as causas dos problemas da segurança estrutural, avaliar as consequências sociais e económicas resultantes das falhas estruturais e ajudar no fornecimento de orientações para controlar e melhorar a segurança das estruturas durante e após a construção.

3.4.2. METODOLOGIA E AMOSTRA ADOTADA NESTE CASO DE ESTUDO

Neste caso de estudo de origem americana (Ziad, Bilal, 2013), a pesquisa bibliográfica usada foi baseada em informações recolhidas a partir da Engineering News-Record (ENR), empresa que se dedica à recolha e análise de informações sobre a indústria de construção americana. Os tipos de falhas estruturais observadas neste estudo faziam parte de edifícios comerciais, residenciais, industriais, redes viárias, barragens, túneis, construções subterrâneas, pontes, estádios desportivos e hospitais. Todos os 604 casos de falhas estruturais fornecidos pela ENR foram analisados, sem exceção, pelos autores deste estudo, portanto, é válido argumentar que os casos analisados representam uma amostra aproximada das principais falhas/anomalias estruturais da indústria da construção americana. As informações recolhidas

pela ENR entre 1975 e 1986 foram complementadas, em certos casos, com a opinião e julgamento de engenheiros civis com largos anos de experiência.

A metodologia seguida para a elaboração das análises e relatórios dos casos de anomalias/falhas estruturais que levaram à criação deste caso de estudo, foi baseada em várias componentes: (1) As informações sobre as ocorrências de falha; (2) detalhes sobre as causas das falhas; (3) informações sobre as consequências das falhas; e (4) informações sobre as diversas áreas de melhoria e controles para minimizar os efeitos das falhas.

3.4.3. OCORRÊNCIAS DE FALHAS ESTRUTURAIS

Neste estudo (Ziad, Bilal, 2013), as falhas estruturais foram divididas em três categorias: (1) colapso; (2) perda de segurança e (3) inoperacionalidade. A categoria colapso foi definida como um modo de falha permanente, onde todos ou alguns elementos da estrutura precisam ser substituídos. A categoria perda de segurança representa um modo de transição que poderá resultar no colapso da estrutura se os níveis adequados de trabalho de reparação não forem executados. A categoria inoperacionalidade representa as falhas estruturais causadas pela falta de manutenção ao longo do período de vida da estrutura e que levaram à sua inoperacionalidade. De um modo geral, este estudo (Ziad, Bilal, 2013) indicou que as falhas estruturais do tipo “colapso” foram as mais frequentes. A seguinte figura indica que 56,4% dos casos de falhas analisados foram associados à categoria colapso, enquanto 39,4% e 4,1% estavam associadas com as categorias “inoperacionalidade” e “perda de segurança!” respectivamente.

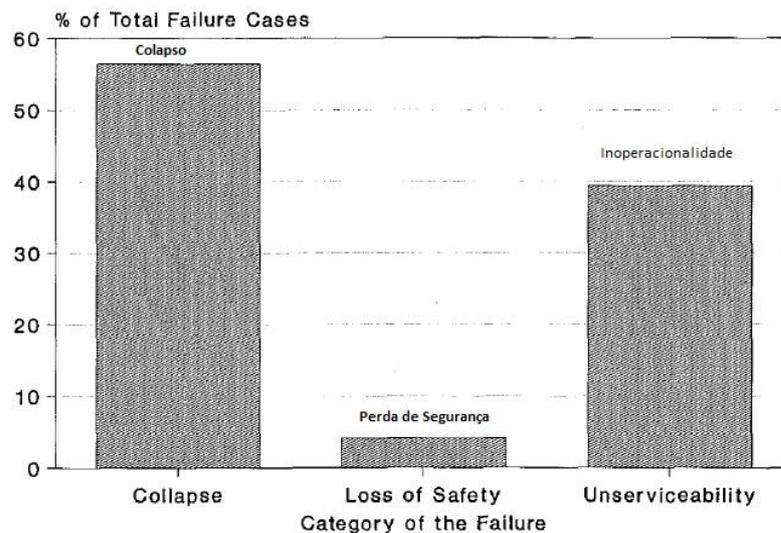


Fig. 6 – Tipos de falhas estruturais. (Ziad, Bilal, 2013)

As falhas estruturais categorizadas em colapso e perda de segurança deveram-se a três situações distintas: (1) falhas em elementos isolados da estrutura, que não afetaram os restantes elementos da mesma; (2) falhas em elementos da estrutura que progressivamente ou de forma gradual desencadearam falhas nos restantes elementos da estrutura e (3) devido às limitações de carregamento para que os elementos estruturais foram concebidos. Na figura seguinte é possível observar os vários tipos de falhas de colapso e de perda de segurança, sendo que cerca de 37% do total de casos de falhas de colapso foram detetadas em elementos isolados da estrutura.

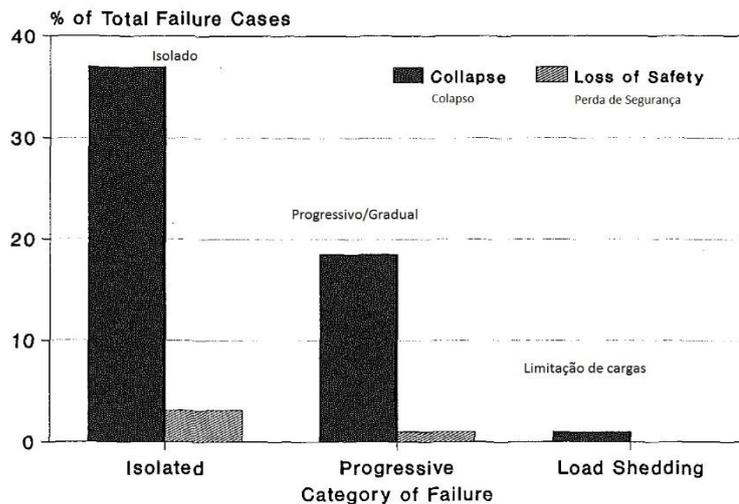


Fig. 7 – Tipos de falhas de colapso e perda de segurança. (Ziad, Bilal, 2013)

Cerca de 58,8% das falhas estruturais categorizadas em colapso ou perda de segurança não deram qualquer tipo de aviso ou manifestação antes da sua ocorrência e foram causados pela instabilidade ou rutura de um dos elementos estruturais principais. A figura seguinte mostra uma classificação de acordo com os diferentes modos de falhas e podemos concluir que apenas uma pequena percentagem de falhas estruturais categorizadas em colapso ou perda de segurança, manifestam-se antes de colapsarem.

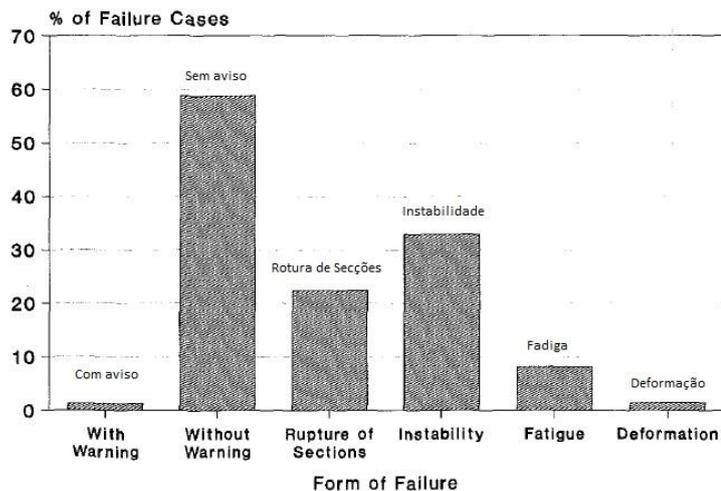


Fig. 8 – Modos de falhas estruturais categorizadas em colapso ou perda de segurança. (Ziad, Bilal, 2013)

Do mesmo modo, este estudo (Ziad, Bilal, 2013) mostrou que as falhas estruturais categorizadas de inoperacionalidade eram comuns nos Estados Unidos da América e como já foi mencionado anteriormente este tipo de falhas está relacionado com a falta de manutenção das estruturas. Como é possível observar pelo quadro seguinte, os principais sintomas das falhas estruturais de inoperacionalidade eram os danos locais e as fissuras em elementos estruturais. Os danos locais nos elementos estruturais foram associados à degradação do betão, devido à penetração de água nas armaduras e consequente corrosão, sendo estas causas responsáveis por 29,1 % das falhas estruturais da categoria “inoperacionalidade”.

Quadro 13 – Sintomas das falhas estruturais categorizadas de inoperacionalidade (Ziad, Bilal, 2013)

Type of symptom (1)	Failure cases (%) (2)
Deformation (Deformação)	1.0
Cracking (Fissuração)	11.1
Local damage (Dano Local)	29.1
Displacement (Deslocamento)	2.1
Vibration (Vibração)	0.17
Others (Outros)	0.17

O sistema de construção é um processo sequencial que consiste numa serie de atividades e eventos. O desempenho das atividades de trabalho geralmente envolvem uma serie e variedade de recursos, como a mão-de-obra, materiais, equipamentos, tempo e dinheiro. Qualquer limitação na integração, interação e controlo dos recursos podem aumentar as hipóteses de erros no processo de construção e resultar num ambiente de construção bastante complicado para executar todas as tarefas de trabalho com eficácia e segurança. A tabela seguinte mostra o resultado do número de falhas de acordo com o tipo de edifício e o respetivo ano de ocorrência. É possível constatar que os edifícios comerciais, residenciais e as pontes são as estruturas com maior número de falhas estruturais.

Quadro 14 – Numero de falhas estruturais de acordo com o tipo de estrutura e o ano de ocorrência (Ziad, Bilal, 2013)

Year (1)	Type of Project							
	Commercial (2)	Industrial (3)	Transport (4)	Tunnel (5)	Dam (6)	Bridge (7)	Residential (8)	Others ^a (9)
1975	6	0	1	2	2	4	0	1
1976	5	0	0	0	2	40	0	1
1977	6	2	1	1	2	7	0	1
1978	91	4	1	0	2	4	0	0
1979	53	4	1	0	1	25	91	2
1980	103	3	0	0	2	7	0	0
1981	3	0	0	0	0	5	4	1
1982	3	2	5	2	1	3	0	0
1983	8	1	5	2	2	17	4	3
1984	7	2	0	0	0	8	6	0
1985	2	1	2	0	0	5	1	2
1986	4	2	4	0	1	3	4	1

^aOthers include underground, stadium, and hospital projects.

Neste caso de estudo americano (Ziad, Bilal, 2013), foram analisadas as principais fontes de erros associadas às falhas estruturais, sendo que 77,9% destas deveram-se a erros técnicos e os restantes 22,1% deveram-se a problemas de gestão, acidentes durante a fase de construção e aos efeitos ambientais e políticos circundantes da indústria da construção.

Os erros técnicos envolveram uma variedade de deficiências no cumprimento das questões técnicas durante a realização das várias fases do empreendimento. Os erros técnicos foram classificados como erros nos processos de planeamento, projeto, construção e utilização. O estudo das falhas estruturais

indicaram que os erros de construção foram os eventos mais desfavoráveis, sendo responsáveis por cerca de 56,6% de todos os erros técnicos, como mostra o seguinte quadro.

Quadro 15 – Fontes de erros técnicos (Ziad, Bilal, 2013)

Type of technical error (1)	Failure cases (%) (2)
Planning	4.0
Design	51.2
Construction	56.6
Operation	30.5

Os erros relacionados com as práticas de gestão têm um enorme efeito sobre o desempenho das atividades da construção, do cronograma temporal da obra e da própria segurança. Estes erros de gestão deveram-se à falta de responsabilidades, falta de comunicação no trabalho e à falta de cooperação pelos intervenientes entre as diversas tarefas. O quadro seguinte mostra as fontes de erros relacionados com a gestão e respetivas percentagens dos casos de falhas.

Quadro 16 – Fontes de erros relacionados com práticas de gestão (Ziad, Bilal, 2013)

Type of management error (1)	Failure cases (%) (2)
Work responsibilities	30.3
Work communication	17.2
Work cooperation	4.8

Os erros derivados de acidentes durante a fase de construção apenas representaram 2,2% em relação a todos os outros. Estes deveram-se essencialmente à falta de supervisão, inspeção e controlo durante a fase de construção.

As fontes de erros relacionados com efeitos ambientais circundantes da indústria da construção deveram-se a pressões políticas, financeiras ou económicas e às condições meteorológicas. O quadro seguinte faz a síntese das fontes de erros relacionados com os efeitos ambientais circundantes da indústria da construção e respetiva percentagem.

Quadro 17 – Fontes de erros relacionados com efeitos ambientais circundantes da indústria da construção (Ziad, Bilal, 2013)

Type of effect (1)	Failure cases (%) (2)
Political pressures	10.4
Financial pressures	11.6
Weather conditions	40.9

Neste estudo (Ziad, Bilal, 2013), foram ainda analisados os elementos estruturais que mais frequentemente apresentavam falhas estruturais. Concluiu-se que as fundações, os elementos verticais (pilares e paredes), as vigas e treliças, as lajes, e as estruturas temporárias como escoras e cofragens são os elementos onde são detetadas mais falhas estruturais. No quadro seguinte é possível constatar que o elemento responsável pela maior percentagem, 34,1%, de todas as falhas estruturais são as lajes.

Quadro 18 – Elementos com falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013)

Classification of the elements (1)	Failure cases (%) (2)
Foundation (soil, raft, footings)	6.1
Vertical (columns, piles, walls)	10.6
Beams and trusses	10.8
Slabs and plates	34.1
Connections (cables, formwork, falsework)	8.8
No information	33.8

Os elementos estruturais podem envolver uma ampla variedade de anomalias nos materiais utilizados. A maioria das falhas estruturais registadas neste caso de estudo (Ziad, Bilal, 2013) indicaram que os elementos de betão armado foram os predominantes, como mostra o seguinte quadro. A explicação para estes resultados devem-se às características do betão, sendo que este é um material não homogéneo que se comporta de modo diferente sob condições comuns de carregamento, de cura, temperatura e do tempo.

Quadro 19 – Falhas estruturais por materiais de construção (Ziad, Bilal, 2013)

Type of materials (1)	Failure cases (%) (2)
Masonry and mass concrete	0.33
Timber elements	2.8
Reinforced concrete	86.4
Prestressed concrete	1.3
Precast concrete	0.83
Steel structures	9.0
Aluminum elements	0.5
Plastic elements	0.5
Glass cladding	1.8
Rock and earth materials	5.8
No information	0.34

A indústria da construção precisa de uma atenção mais consistente nos elementos de betão armado por parte dos engenheiros para manter a segurança e a durabilidade dos componentes estruturais. Os erros humanos foram as principais causas das várias falhas na preparação, execução e controlo das atividades de trabalho ao longo das fases de planeamento, projeto, construção e utilização do processo de construção. Os empreiteiros responsáveis pelo estaleiro foram a grande fonte de erros, que tiveram como consequência as falhas estruturais. Além destes, os engenheiros projetistas e os engenheiros das obras foram responsáveis por cerca de 48,2% e 31,1%, respetivamente, das falhas estruturais. A tabela

seguinte mostra a distribuição dos casos de falhas com a respetiva fonte de erro de acordo com o respetivo interveniente do processo construtivo.

Quadro 20 – Distribuição dos casos de falhas com a respetiva fonte de erro pelo Participante (Ziad, Bilal, 2013)

Description of the participant (1)	Failure cases (%) (2)
Project architect (Arquiteto de projeto)	3.0
Structural designer (Projetista)	48.2
Resident engineer (Engenheiro Residente)	31.1
Inspector (Fiscalizador)	27.6
Contractor (head office) Empreiteiro (sede)	3.8
Contractor (site staff) Empreiteiro (estaleiro)	59.6
Contractor (workmen) Empreiteiro (operários)	17.4
Operator (crane, vehicle, ship) (Operador (guindaste, veículo)	2.8

Os erros humanos foram causados por diversas falhas no comportamento humano dos vários intervenientes do processo da construção. O quadro seguinte indica que a ignorância, negligência e o descuido são os principais fatores de falhas no comportamento humano que levaram à ocorrência das diversas anomalias estruturais. Além disso, a subestimação de funções de planeamento, de aspetos do projeto e de requisitos da construção foram também consideradas como um fator crítico e que contribuíram para um aumento das falhas estruturais. Da mesma forma, o conhecimento insuficiente e falta de programas de educação e de formação dos trabalhadores foram considerados fatores críticos no acontecimento das falhas em epígrafe, sendo responsáveis por 66,7% e 57,3%, respetivamente, como é demonstrado no quadro seguinte.

Quadro 21 – Distribuição dos casos de falhas relativamente ao comportamento humano (Ziad, Bilal, 2013)

Description of human behavior (1)	Failure cases (%) (2)
Insufficient knowledge (Conhecimento insuficiente)	66.7
Lack of education/training (Falta de educação / formação)	57.3
Lack of foresight/imagination (Falta de visão / imaginação)	33.0
Lack of authority in decisions (Falta de autoridade nas decisões)	45.4
Reliance of other parties (Confiança em outras partes)	29.0
Underestimation of influence (Subestimação de influência)	72.2
Ignorance, negligence, and carelessness (Ignorância, negligência e descuido)	82.0
Objectively unknown situation (Desconhecimento objectivo da situação)	33.3
Lack of ability to communicate (Falta de capacidade de comunicação)	37.1

3.4.4. CAUSAS DAS FALHAS ESTRUTURAIS

Os autores deste estudo (Ziad, Bilal, 2013) dividiram as causas das falhas estruturais em fatores primários e secundários. Os fatores primários são aqueles que causaram falhas estruturais a partir apenas

de um fator independente, enquanto os fatores secundários causaram falhas estruturais a partir de dois ou mais fatores, ocorridos ao mesmo tempo, sendo que estes últimos interagiram uns com os outros.

Em relação às causas primárias que tiveram como consequência o desenvolvimento das falhas estruturais podemos constatar através do quadro seguinte que 54,3% deveram-se aos fracos procedimentos de execução, 47% foram devidos aos elementos de ligação executados de forma inadequada e 45,2% foram causadas por carregamentos desajustados dos elementos estruturais.

Quadro 22 – Fatores primários das falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013)

Description of the primary causes (1)	Failure cases (%) (2)
Inadequate load behavior (Comportamento dos carregamentos inadequados)	45.2
Inadequate connection elements (Elementos de ligação inadequados)	47.0
Reliance on construction accuracy (Dependência da precisão na construção)	1.8
Errors in design calculations (Erros nos cálculos de projeto)	2.5
Unclear contracts information (Informações pouco claras dos contratos)	23.5
Contravention of instructions (Violação das instruções)	21.8
Complexity of project system (Complexidade do sistema de projeto)	1.2
Poor erection procedures (Procedimentos de construção pobres)	54.3
Unforeseeable events (Acontecimentos imprevisíveis)	7.1
No information (Sem informações)	15.5

Por outro lado, os principais fatores secundários responsáveis por 49% das falhas estruturais envolveram os efeitos ambientais relacionados com eventos meteorológicos e pressões políticas, financeiras e industriais. Destaca-se ainda no quadro seguinte, que fatores relacionados com a falta de supervisão ou inspeção durante a fase de construção foram responsáveis por 36,6% dos fatores secundários que levaram às falhas estruturais.

Quadro 23 – Fatores secundários das falhas estruturais (Ziad, Bilal, 2013)

Description of secondary causes (1)	Failure cases (%) (2)
Lack of engineering responsibilities (Falta de responsabilidades de engenharia)	8.1
Environmental effects ^a (Efeitos ambientais)	49.0
Poor material and equipment usage (Pobre qualidade dos materiais e uso do equipamento)	23.5
Lack of engineering specialization (Falta de especialização de engenharia)	0.9
Improper workmanship (Fabricação imprópria)	7.0
Lack of safety training and orientation (Falta de formação em segurança e orientação)	1.7
Lack of work coordination (Falta de coordenação de trabalho)	7.1
Lack of supervision and control (Falta de supervisão e controlo)	36.6
Improper communication procedures (Procedimentos de comunicação impróprios)	33.3
Application of new technology (Aplicação de novas tecnologias)	1.2
Foreseeable deterioration (Deterioração previsível)	28.3
No information (Sem informação)	34.0

^aEnvironmental effects include weather effects, political pressures, financial constraints, and industrial pressures.

Além da determinação das causas primárias e secundárias das falhas estruturais, este caso de estudo (Ziad, Bilal, 2013) teve como objetivo determinar as fases do empreendimento em que as falhas se originam. Todas as falhas estudadas e analisadas mostraram que 25,7% destas resultaram de deficiências na fase de planeamento do empreendimento associadas a avaliações inadequadas das tarefas e atividades do projeto.

3.4.5. CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS ESTRUTURAIS

As falhas e anomalias da indústria da construção, quer sejam estruturais ou não, têm diversos tipos de consequências. Estas incluem mortes e lesões nos mais diversos intervenientes do processo de construção, perdas económicas, atrasos nas datas de trabalho, descrédito na imagem empresarial e falta de confiança das partes responsáveis pelos trabalhos. Qualquer uma destas consequências aqui referidas traduzem-se num impacto sobre a indústria da construção. A análise dos casos de falhas estruturais indicaram que as falhas estudadas foram responsáveis por um total de 416 mortes e 2.515 feridos no total. A frequência de mortes e feridos depende principalmente da gravidade das falhas e não do número de ocorrências. O quadro seguinte mostra que os tipos de construção associados às barragens, pontes e edifícios residenciais foram aqueles onde se registaram o maior número deste tipo de incidentes.

Quadro 24 – Baixas relacionadas com o tipo de construção (Ziad, Bilal, 2013)

Type of construction (1)	Deaths (%) (2)	Injuries (%) (3)
Commercial buildings	1.0	1.5
Industrial projects	3.0	2.8
Transport projects	1.0	1.5
Tunnel projects	0.2	0.2
Dam projects	3.0	57.0
Bridge projects	5.5	1.2
Residential buildings	0.5	6.0
Stadium projects	0.2	0.5

O grande número de lesões registadas associadas aos projetos e obras de barragens devem-se essencialmente ao fracasso de Teton Dam em Idaho, Estados Unidos da América, no ano de 1974. A Teton Dam era uma barragem de terra no Rio Teton que sofreu uma falha catastrófica no momento em que era enchida pela primeira vez.



Fig. 9 – Desastre de Teton Dam, 05 de junho de 1976. (Wikipedia, 2016)

Em relação aos custos diretos totais das falhas estruturais, este estudo (Ziad, Bilal, 2013) estima que foram gastos 3,5 bilhões de dólares em 1986. A tabela seguinte mostra que as barragens, os edifícios industriais e as pontes foram as construções que apresentaram maiores custos diretos associados às falhas estruturais.

Quadro 25 – Consequências económicas dos prejuízos em relação ao Tipo de Construção (Ziad, Bilal, 2013)

Type of construction (1)	Damage cost (millions of dollars) (2)
Commercial buildings	204.04
Industrial projects	1,043.66
Transport projects	232.66
Tunnel projects	5.71
Dam projects	1,102.70
Underground projects	0.50
Bridge projects	959.10
Residential buildings	38.55
Stadium projects	8.14
Hospital projects	0.25

Outro fator importante na indústria da construção é estimar o tempo necessário para recuperar as estruturas e construções dos danos causados pelas falhas estruturais aqui analisadas. (Ziad, Bilal, 2013) O quadro seguinte mostra que um período de tempo compreendido entre 7 a 9 meses foi o mais frequente para a recuperação e retificação das falhas estruturais estudadas.

Quadro 26 – Tempo necessário para recuperar os danos existentes (Ziad, Bilal, 2013)

Time required in months (1)	Failure cases (%) (2)
0	5.0
1-3	31.6
4-6	6.6
7-9	44.2
10-12	4.6
13-24	0.8
25-36	1.2
37-48	0.0
49-60	0.17
>60	0.17
No information	5.6

3.4.6. INFORMAÇÕES SOBRE AS DIVERSAS ÁREAS DE MELHORIA E CONTROLOS PARA MINIMIZAR OS EFEITOS DAS FALHAS ESTRUTURAIS.

A maioria das falhas estruturais estudadas neste caso de estudo (Ziad, Bilal, 2013) foram causadas por erros nas diferentes fases do processo de construção. Com base na análise das falhas estruturais estudadas, os erros podem ser detetados previamente com procedimentos de inspeção adicionais ao longo das fases de planeamento, conceção, construção e utilização do processo construtivo. Os autores deste caso de estudo (Ziad, Bilal, 2013) expressaram a sua opinião e julgamento em recomendar determinadas medidas de controlo que devem ser estabelecidas com o intuito de minimizar a recorrência

das falhas estruturais, sendo que especificaram quatro áreas principais: (1) Nomeação e recrutamento de trabalhadores experientes e qualificados para executarem tarefas de construção com um grau de exigência técnica superior; (2) implementação de procedimentos de garantia de qualidade e controle em todas as fases do empreendimento; (3) aplicação de sanções aos empreiteiros que não respeitarem as exigências técnicas e as boas normas da construção e (4) implementação de procedimentos sistemáticos, ou seja, planejamento, programação, supervisão e controle.

3.4.7. CONCLUSÕES

A segurança na construção é uma questão de preocupação para os profissionais da engenharia. A falta de segurança estrutural está associada com consequências negativas que podem resultar em falhas estruturais e acidentes de construção.

O desempenho das atividades de construção geralmente envolvem uma grande variedade de recursos, incluindo mão-de-obra, materiais, equipamentos, tempo e dinheiro. As limitações na integração e no controle dos recursos podem resultar numa ineficácia e insegurança na execução das atividades da construção. Este estudo revelou que as principais fontes de erros no processo de construção estavam ligados com procedimentos técnicos, práticas de gestão e os efeitos envolvente à obra.

A frequência das falhas estruturais pode ser reduzida através do desenvolvimento de técnicas consistentes para a avaliação da segurança e avaliação das operações de construção. Estas técnicas devem responder à subjetividade e à incerteza associada aos fatores que afetam a segurança das operações de construção.

3.5. CASO DE ESTUDO SOBRE AS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA EXECUÇÃO DE UM EDIFÍCIO NO BRASIL (PÓVOAS, GOMES 2015)

3.5.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a qualidade e o prazo no desenvolvimento dos projetos e construções têm apresentado mudanças significativas devido às soluções tecnológicas, ao mercado cada vez mais exigente e competitivo e pela escassez de recursos. A compatibilização de projetos e a análise crítica no estaleiro de obras têm-se tornado práticas comuns e necessárias para atender às especificações dos empreendimentos, na prevenção de possíveis falhas de projeto e diminuir os custos provenientes dessas falhas (Póvoas, Gomes 2015). Porém, esta compatibilização na obra tem um alcance limitado, além de que os custos das incompatibilidades entre o projeto e o que se pretende executar são elevados.

Dentro deste contexto, o presente caso de estudo brasileiro (Póvoas, Gomes 2015), pretende apresentar três incompatibilidades de projetos identificadas no estaleiro de obras de um empreendimento residencial, assim como discutir as soluções encontradas pela equipa de produção/execução.

3.5.2. METODOLOGIA DA PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O presente caso de estudo (Póvoas, Gomes 2015) analisa uma obra de edificação residencial, o qual descreve três incompatibilidades de projetos identificados na fase de execução.

O empreendimento está localizado no estado de Pernambuco no Brasil, possui uma área total de 20.984,60 m², é constituído por sete torres e uma área comum, designada por clube, a todos os habitantes das sete torres. O clube contém uma piscina de 25 metros, duas piscinas infantis, um campo

polidesportivo, um campo de ténis, um bloco administrativo, duas portarias e uma central de gás. O foco deste caso de estudo foi o clube durante a sua execução entre Julho de 2013 a Junho de 2014, tendo em vista as suas particularidades, que caracterizam-se por instalações diferenciadas para a sauna, o cinema e a cozinha industrial, além do pé-direito elevado, conforme solicitação do projeto arquitetónico.

Os projetos arquitetónicos foram divididos em pavimento semienterrado e térreo, figuras 10 e 11 respetivamente e foram entregues à equipa de execução.

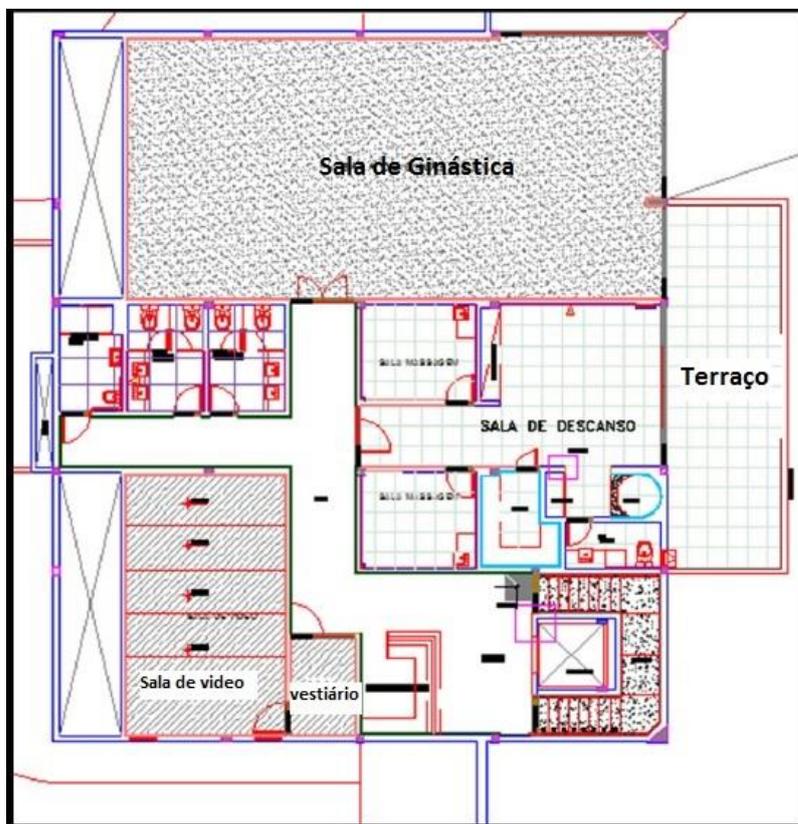


Fig. 10 – Pavimento semienterrado do clube. (Póvoas, Gomes 2015)

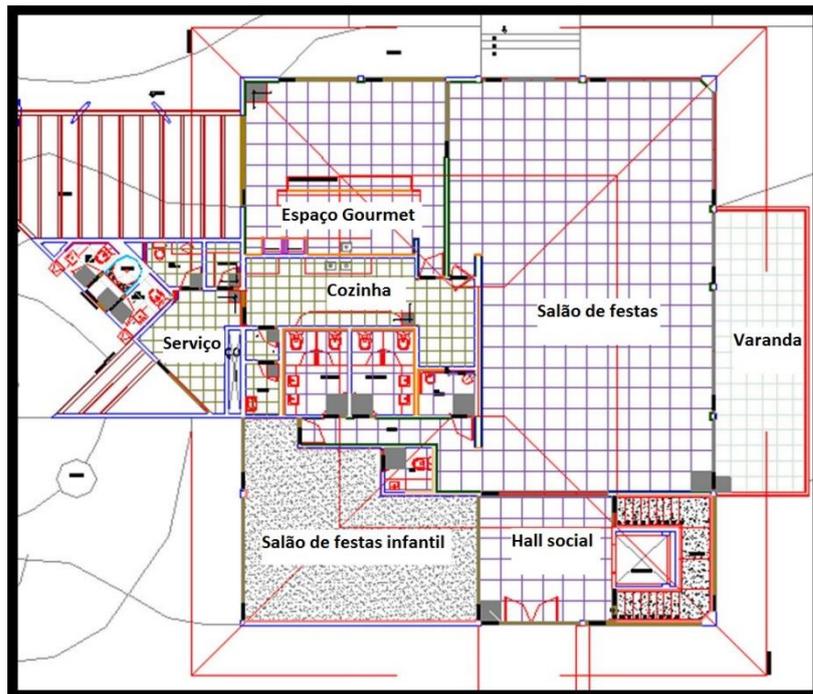


Fig. 11 – Pavimento térreo do clube. (Póvoas, Gomes 2015)

3.5.3. AS INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA FASE DE CONSTRUÇÃO

Com o intuito de perceber e analisar de uma forma mais eficaz as três incompatibilidades deste caso de estudo, decidiu-se elaborar o quadro 27 que para além de resumir as incompatibilidades, também apresenta as soluções dadas pela construtora e as suas consequências. As incompatibilidades serão posteriormente analisadas ao detalhe.

Quadro 27 – Incompatibilidades monitoradas. (Póvoas, Gomes 2015)

Local	Projetos envolvidos	Problemas encontrados	Solução	Consequências
i) Cinema	-Arquitetura; -Estrutura; Instalações elétricas; -Acústica	Cota da sapata S14 superior à cota de piso acabada do cinema	Inversão do sentido do cinema (tela).	-Espera para betonagem do piso semienterrado -Instalações elétricas e de acústica em parede de betão.
ii) Sala das instalações de ar condicionado	- Arquitetura; - Estrutura; - Sistema de exaustão.	Não foi previsto sistema de exaustão de gases para os aparelhos de ar condicionado.	Utilização de tubo PEAD com saída para caixas de iluminação do cinema	- Desconforto acústico - Retrabalhos - Estética

iii) Piso Semienterrado – Área externa	- Drenagem; - Instalações de drenagem de águas;	Não foi prevista a drenagem do solo natural confinado no semienterrado.	Inserção de dreno horizontal.	- Retrabalhos -Material adicional -Movimentação de terra não prevista
---	--	---	-------------------------------	---

i) PROJETO DE ESTRUTURA VERSUS DE ARQUITETURA

O cinema foi inicialmente concebido como demonstrado na figura 12 - a), onde o espectador ao entrar ficaria na posição mais alta da sala e os degraus aumentariam o pé-direito da sala, melhorando desta maneira a acústica da sala.

Porém, no momento da execução da cofragem das sapatas, a equipa de produção verificou que a cota mais baixa da sala de cinema encontrava-se nivelada com a sapata S14 da fundação. Não existindo folga para a execução do piso, foi proposta uma nova solução de projeto com a inversão de sentido da sala de cinema, conforme demonstrado na figura 12 – b).

A revisão e retificação do projeto gerou um atraso de dois meses em relação ao programa de trabalhos inicial. Outra consequência negativas desta modificação, foram as instalações elétricas que inicialmente estavam projetadas para uma parede de alvenaria e com a modificação efetuada, passaram para um muro de contenção feito em betão armado, dificultando a sua execução.

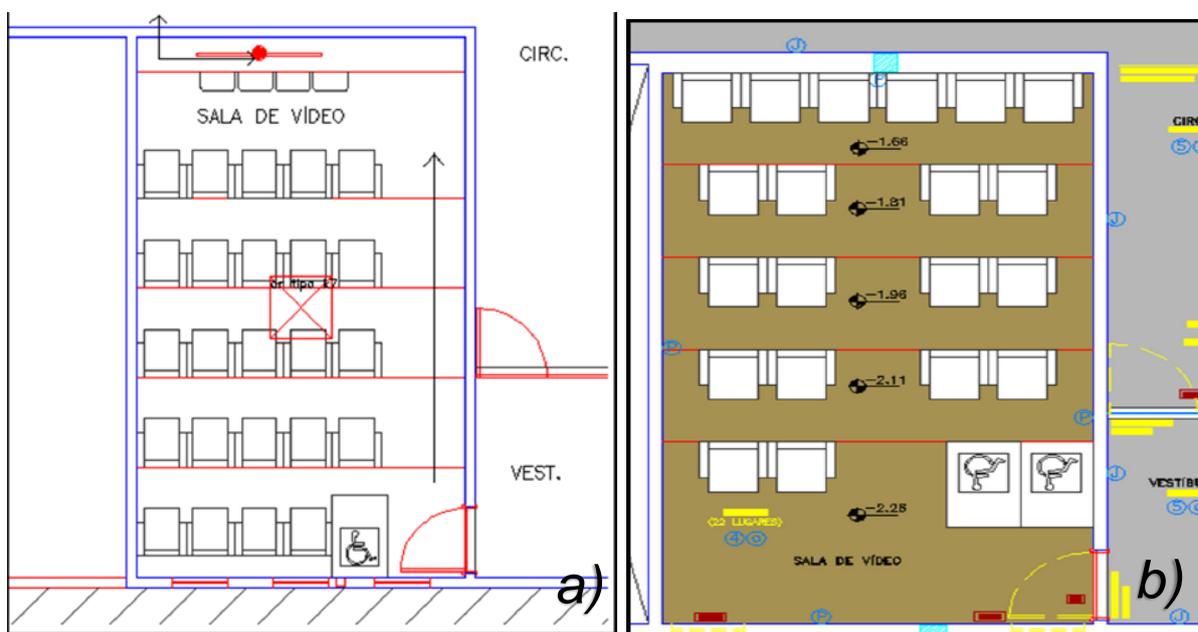


Fig. 12 – a) Projeto de arquitetura inicial. b) Projeto de arquitetura retificado (Póvoas, Gomes 2015)

Entende-se com o exposto anteriormente que as soluções encontradas pela empresa construtora não foram as mais adequadas. Uma das possíveis propostas de solução encontradas pelos autores deste caso de estudo (Póvoas, Gomes 2015) seria manter o projeto inicial com a tela de vídeo contrária à parede de entrada e executar um piso de 20 cm que reduziria o pé direito da sala mas tinha como benefício uma

possível poupança de tempo no cronograma da obra, além de que as instalações continuariam na parede de alvenaria.

ii) PROJETO DE ARQUITETURA VERSUS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO

Inicialmente, o projeto de arquitetura, não contemplava nenhuma área para os condensadores do sistema de ar condicionado central do clube, que têm a função de libertar o calor destes equipamentos.

Após várias reuniões com os projetistas de arquitetura e os engenheiros de estruturas, ficou definido que o local dos condensadores seria no piso semienterrado, por baixo da entrada principal do clube, conforme demonstrado na figura 13.

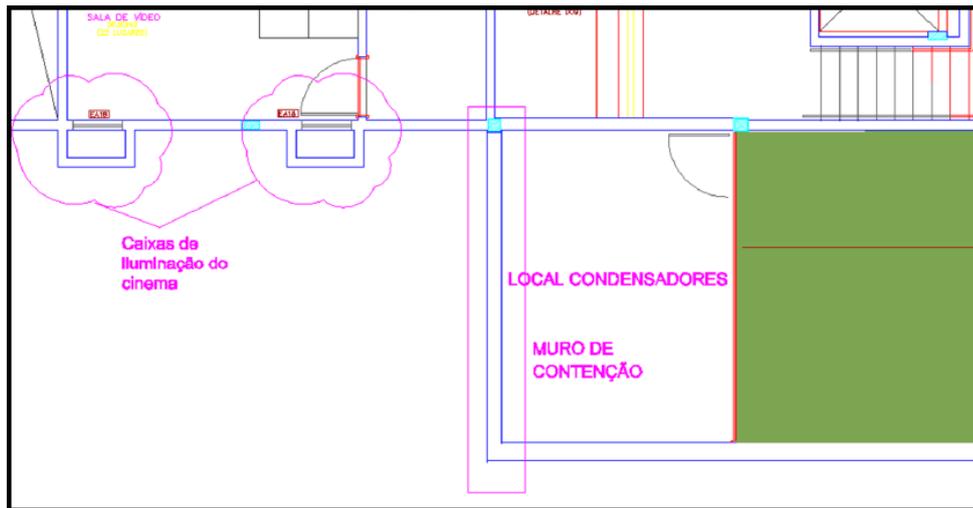


Fig. 13 – Local dos condensadores no projeto de arquitetura (pavimento semienterrado) (Póvoas, Gomes 2015)

Visto que esta modificação não integrou a opinião e a análise do projetista de instalação de ar condicionado, no fim da execução das obras do clube e no momento da instalação dos condensadores, o fornecedor deste material percebeu a ausência de ventilação cruzada naquele local e recusou-se a instalar o equipamento.

Esta falha implicou a mobilização de mão-de-obra por dois dias, para a execução e instalação de dois tubos PEAD de 250mm do muro de contenção às caixas de iluminação do cinema, para impor uma ventilação forçada com exatores no local. Porém o uso de exatores de ventilação forçada comprometeu o isolamento acústico da sala de cinema, uma vez que o ruído gerado por esta solução propagou-se através das caixas de iluminação.

Neste segundo caso de incompatibilidade, a solução proposta pela empresa construtora também não foi a mais adequada. Uma outra possível solução proposta pelo autor deste caso de estudo (Póvoas, Gomes 2015) passaria pela realização da abertura no muro de contenção e do talude do aterro, conforme podemos visualizar na figura 14. Esta proposta de solução permite a ventilação cruzada no local dos condensadores e contribui para o conforto acústico no cinema. Realça-se o facto de que a água escoada através do talude deverá ser drenada para a caixa de areia mais próxima.

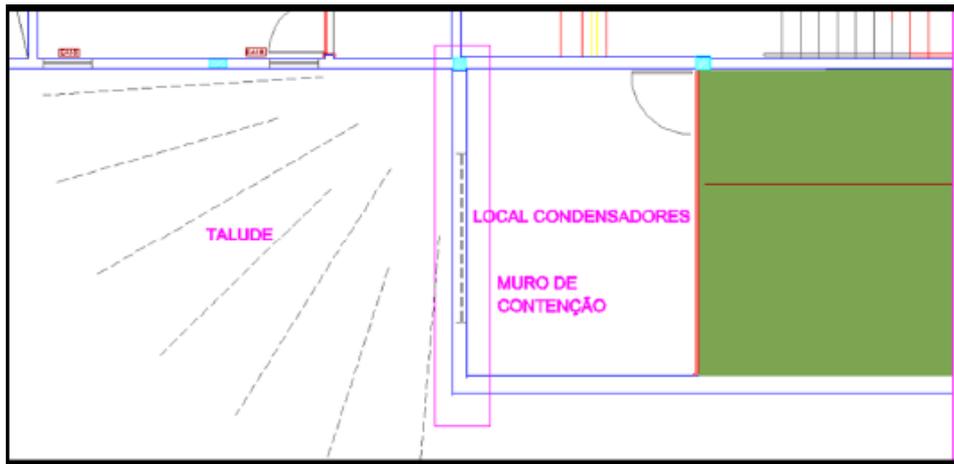


Fig. 14 – Solução proposta (Póvoas, Gomes 2015)

iii) PROJETO DE DRENAGEM VERSUS PROJETO DE ARQUITETURA

O sistema de drenagem do empreendimento não contemplou a drenagem do solo natural confinado no pavimento semienterrado do clube, conforme apresentado na figura 15, resultando em alagamentos da área interna do pavimento semienterrado, em dias de chuva (Póvoas, Gomes 2015).



Fig. 15 – Solo natural confinado no pavimento semienterrado (Póvoas, Gomes 2015)

Visto isto, foi necessário executar um dreno horizontal ao longo do solo natural com destino a uma caixa de areia, conforme demonstra a figura 16. A partir desta caixa, a água captada foi drenada até a um poço situado no limite do terreno.



Fig. 16 – Execução do dreno horizontal (Póvoas, Gomes 2015)

Outra solução sugerida pelos autores deste caso de estudo brasileiro (Póvoas, Gomes 2015) referente à drenagem do solo natural era a instalação de uma bomba na caixa de areia a fim de elevar a água, assim como tinha sido proposto para o esgoto. Esta solução evitaria mobilização de máquinas e mão-de-obra para a execução da escavação e aterros ao longo dos 40 metros entre a caixa de areia e o poço.

3.5.4. CONCLUSÃO

Neste caso de estudo (Póvoas, Gomes 2015), foi possível constatar e assinalar problemas de compatibilização de projetos de várias especialidades, o que evidencia a grande quantidade de detalhes existentes que necessitam ser controlados de forma integrada.

A análise e a demonstração deste caso de estudo permite afirmar a importância da gestão e coordenação de projetos, tanto na fase de concepção como na fase de execução, a necessidade de maior detalhe e pormenorização nos projetos, assim como da análise crítica efetuada em obra com o intuito de garantir a qualidade final do empreendimento e respeitar os prazos estabelecidos com os clientes.

Entende-se que devido ao acelerado ritmo, tanto de concepção como de execução da obra, pode comprometer, por vezes, a análise crítica e o descendimento das decisões tomadas pelos profissionais da indústria da construção. Como consequência deste ritmo acelerado, surgem problemas de incompatibilidade entre as soluções adotadas.

3.6. REGISTO DE DEFEITOS NA CONSTRUÇÃO FRANCESA (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.1. INTRODUÇÃO

A Agência de Qualidade da Construção (Agence Qualité Construction – AQC) é um organismo Francês que implementou um mecanismo de recolha e análise dos sinistros declarados às companhias de seguros, visto que o mercado Francês dispõem de um seguro obrigatório decenal que permite a recolha deste tipo de dados (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013). Através do “Sycodés” é descrita a patologia,

assim como o elemento construtivo onde o defeito foi encontrado, a causa que o origina e os custos inerentes da reparação.

Este sistema de origem francesa foi criado em 1986 no âmbito da garantia decenal e dos seguros inerentes: seguros de reparações de danos e de responsabilidades decenais. Os dados e análises efetuados neste subcapítulo, referem-se ao “Tableau du bord” das várias publicações ao longo dos anos que a AQC disponibiliza no seu site. Nestas publicações é efetuada uma análise aos vários defeitos da construção francesa e os custos que lhe estão associados, com o intuito do aumento da qualidade da construção em França.

3.6.2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Os dados apresentados a seguir, resultaram da análise efetuada pelo SYCODÉS (“Système de Collecte des Désordres”), mecanismo criado pela Agence Qualité Construction, a 234.000 casos de sinistros declarados às companhias seguradoras entre os anos de 1995 e 2012, no âmbito dos seguros de reparação de danos e de responsabilidade decenal obrigatórios em França, e que foram alvo de peritagens por técnicos especializados. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.3. TIPO DE EDIFÍCIOS

De acordo com os resultados obtidos através da análise efetuada pelo SYCODÉS, 81% dos sinistros registados ocorreram em edifícios de habitação, correspondendo os edifícios de habitação multifamiliares/coletivos a 43% dos casos, 26,5% a habitações unifamiliares isoladas, 7,5% a habitações unifamiliares agrupadas e 4% a outros tipos de habitação, tal como apresentado na seguinte figura.

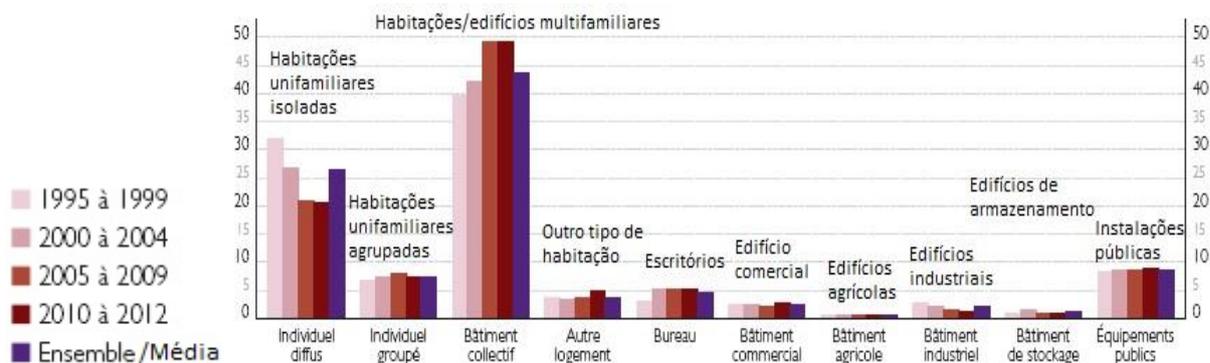


Fig. 17 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função do tipo de edifícios. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

O custo médio referente aos trabalhos de reparação de danos, resultantes dos sinistros ocorridos em edifícios habitacionais foi de 109.260,00 €, o que correspondeu a cerca de 24,6% do custo total de todas as reparações.

Quadro 28 – Custo médio em euros (€) dos trabalhos de reparação de danos em função do tipo de edifícios face ao custo de construção. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

DESTINATION	1995 à 1999	2000 à 2004	2005 à 2009	2010 à 2012
Individuel diffus	6 580	6 510	6 250	6 030
Individuel groupé	7 850	6 220	5 910	5 050
Bâtiment collectif	5 670	5 370	4 980	5 280
Autre logement	9 000	10 290	8 010	10 260
Bureau	13 700	10 920	8 740	10 520
Bâtiment commercial	13 510	16 440	11 430	13 420
Bâtiment agricole	18 950	14 980	18 640	24 720
Bâtiment industriel	20 620	14 420	14 130	10 820
Bâtiment de stockage	18 080	15 880	10 890	8 530
Équipements publics	13 970	11 060	9 900	10 270

Apesar dos sinistros que ocorreram em edifícios não habitacionais representarem apenas 19% dos sinistros totais, estes são responsáveis por 75,4% dos custos de todas as reparações, o que permite concluir que as reparações referentes a edifícios não habitacionais têm um custo muito mais elevado do que o custo de reparações dos edifícios habitacionais.

3.6.4. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

A figura abaixo mostra a distribuição dos sinistros analisados, em função dos elementos construtivos em que os danos foram encontrados.

Verifica-se que 40% dos casos correspondem a problemas que ocorreram na envolvente exterior do edifício (fachadas, coberturas inclinadas e em terraço).

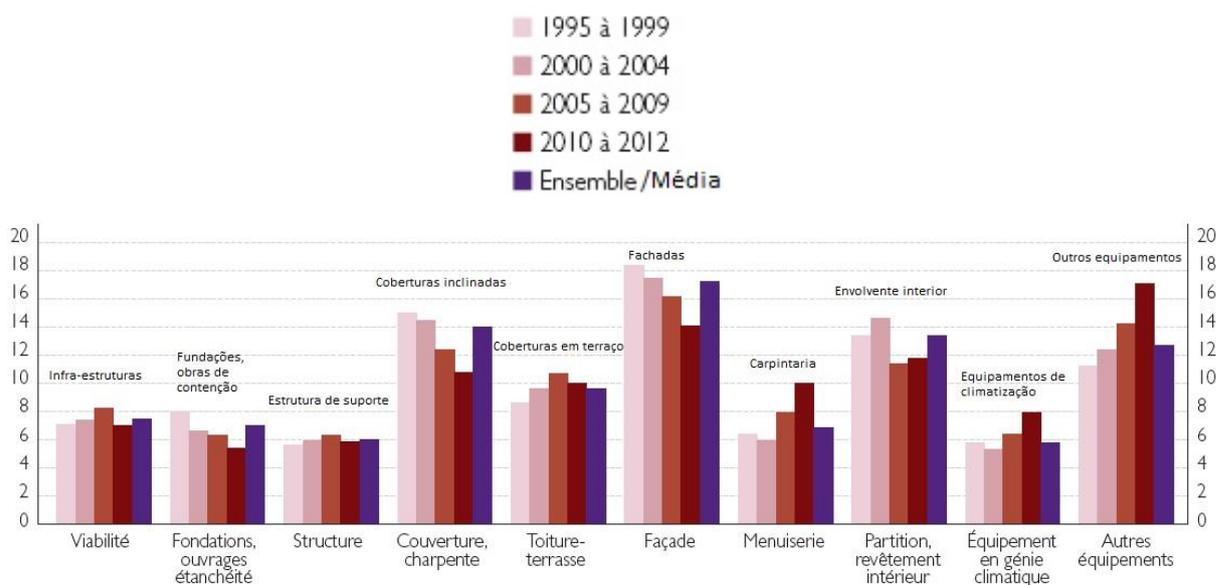


Fig. 18 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função dos elementos construtivos. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

Em relação aos custos de reparações em função dos elementos construtivos, podemos retirar do quadro abaixo que os problemas que ocorreram na envolvente exterior do edifício (fachadas, coberturas inclinadas e em terraço) tiveram um custo total de 61.470,00 € face ao custo de construção, o que corresponde a 23,5% dos custos de todos os tipos de reparações em função dos elementos construtivos. As reparações mais onerosas de todos os elementos construtivos foram as reparações das fundações, com um valor de 53.719,00 €, o que representa cerca de 20,5% do custo total de todas as reparações face ao custo de construção. No caso das fundações embora não seja muito frequente o aparecimento de sinistros ou danos neste elemento construtivo, quando estes existem têm custos elevadíssimos uma vez que estes são elementos muito sensíveis de uma construção, que requerem por vezes processos retificativos com muita exigência técnica e tecnológica. Outros custos de relevância são os custos devidos à reparação dos equipamentos. Estes tipos de custos podem estar associados à falta de manutenção ou cuidados de utilização levando a avarias ou à própria inutilização dos equipamentos instalados, dando origem à total substituição ou a elevadas intervenções de reparação.

Quadro 29 – Custo médio em euros (€) dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos construtivos face ao custo de construção. (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

NATURE D'OUVRAGE	1995 à 1999	2000 à 2004	2005 à 2009	2010 à 2012
Viabilité	7 290	6 490	7 130	10 180
Fondations	14 890	14 730	13 150	10 940
Structure	9 940	8 470	6 760	6 740
Couverture/charpente	5 150	5 290	5 210	4 910
Toiture-terrasse	5 900	5 230	4 720	4 620
Façade	5 030	4 970	4 950	5 490
Menuiserie	4 520	4 610	4 130	4 670
Partition/revêtements	6 960	7 280	6 560	6 820
Génie climatique	5 100	5 020	5 170	4 750
Autres	4 250	4 340	4 240	4 500

3.6.5. PRINCIPAIS CAUSAS DAS PATOLOGIAS

Em relação aos sinistros, as causas e as responsabilidades são, frequentemente, múltiplas e de definição nem sempre óbvia. Nas figuras e quadros seguintes são apresentadas as causas, que de acordo com a apreciação do perito responsável pela análise do sinistro, foi a que, de forma mais significativa, conduziu à patologia.

Da observação da evolução dos dados do “Sycodés 2013” (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013) ao longo dos anos entre 1995 e 2012 constata-se que os defeitos causados na fase construção são mais frequentes, responsáveis por 77,9% dos defeitos totais como podemos observar na figura abaixo. Podemos também constatar que os defeitos relacionados com a conceção/projeto são os segundos mais frequentes (11%) mas que ao longo dos anos estes tipos de defeitos têm sofrido uma ligeira redução, cumprindo o objetivo para o qual o Sycodés foi criado.

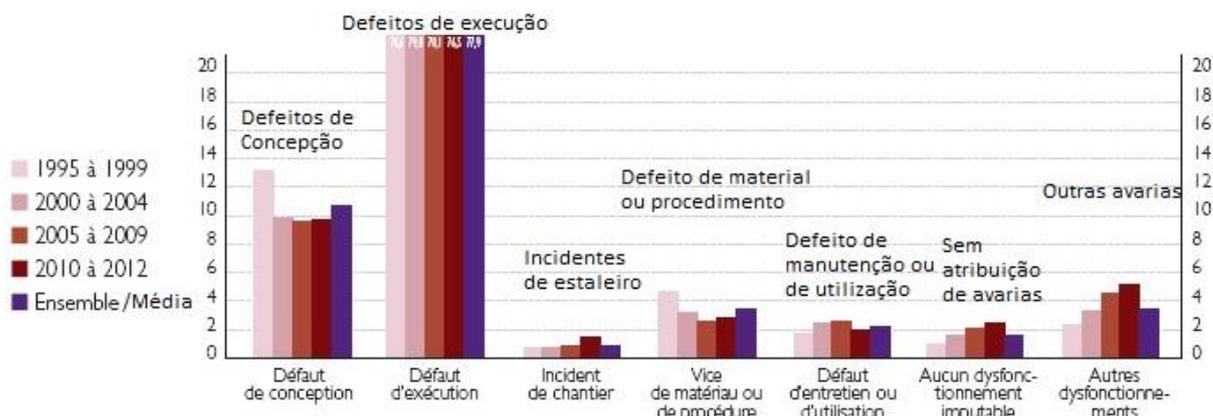


Fig. 19 – Distribuição em percentagem (%) dos sinistros analisados em função das principais causas das patologias (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

A figura 20 permite concluir que o custo de reparação dos defeitos de concepção/projeto face aos custos de construção são os mais onerosos, seguindo-se os defeitos de materiais que normalmente provocam a necessidade de substituição do material colocado em obra, justificando assim os custos tão elevados. Salienta-se o facto, fazendo a comparação entre as figuras 19 e 20, que os defeitos causados pela concepção/projeto não são os mais frequentes, mas no que diz respeito aos custos das reparações representam cerca de 9,5% do custo total da construção. Podemos desta forma constatar a importância da responsabilização dos projetistas no ato de projetar que afetam incondicionalmente todo o ciclo posterior ao projeto.

O custo das reparações causadas por defeitos de execução, apesar de serem mais frequentes, apenas representam cerca de 3,5 % do custo de construção, o que pode ser explicado por serem de carácter pontual e de intervenção rápida.

Os defeitos de manutenção e utilização também têm um peso relativo nas estatísticas aqui demonstradas, o que evidencia a necessidade de formar e informar os utilizadores para os cuidados na utilização e manutenção dos edifícios.

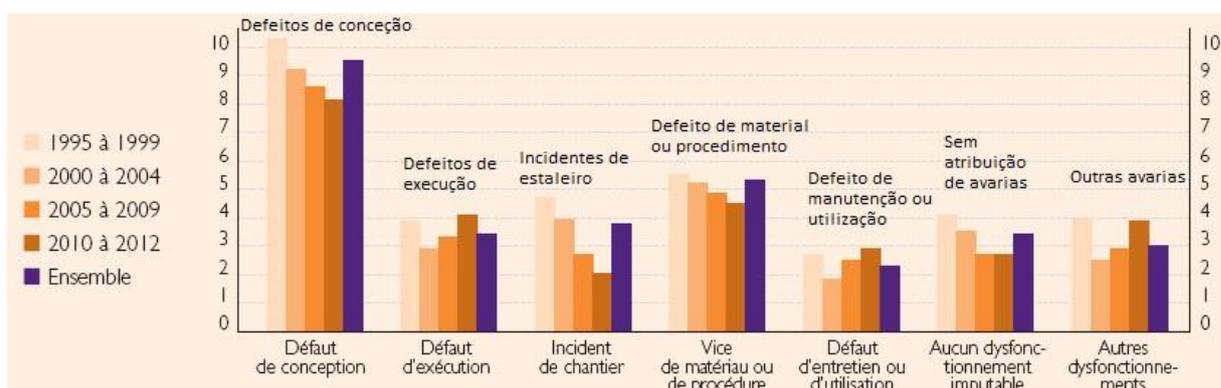


Fig. 20 – Custo de reparação em percentagem (%) face aos custos de construção em função das principais causas das patologias (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6. PRINCIPAIS PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES

3.6.6.1. Introdução

Durante os anos de 1995 a 2012 foram registados em França (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013) as principais manifestações das patologias e que são apresentadas na figura seguinte. Consta-se que as principais manifestações na construção são problemas relacionados com infiltrações, representando mais de metade das manifestações na construção francesa. As manifestações das patologias relacionadas com problemas de estabilidade e segurança na utilização também são significativas. Será necessário uma maior atenção e prioridade durante a execução dos projetos e execução da obra com o intuito de prevenir estas manifestações na construção.

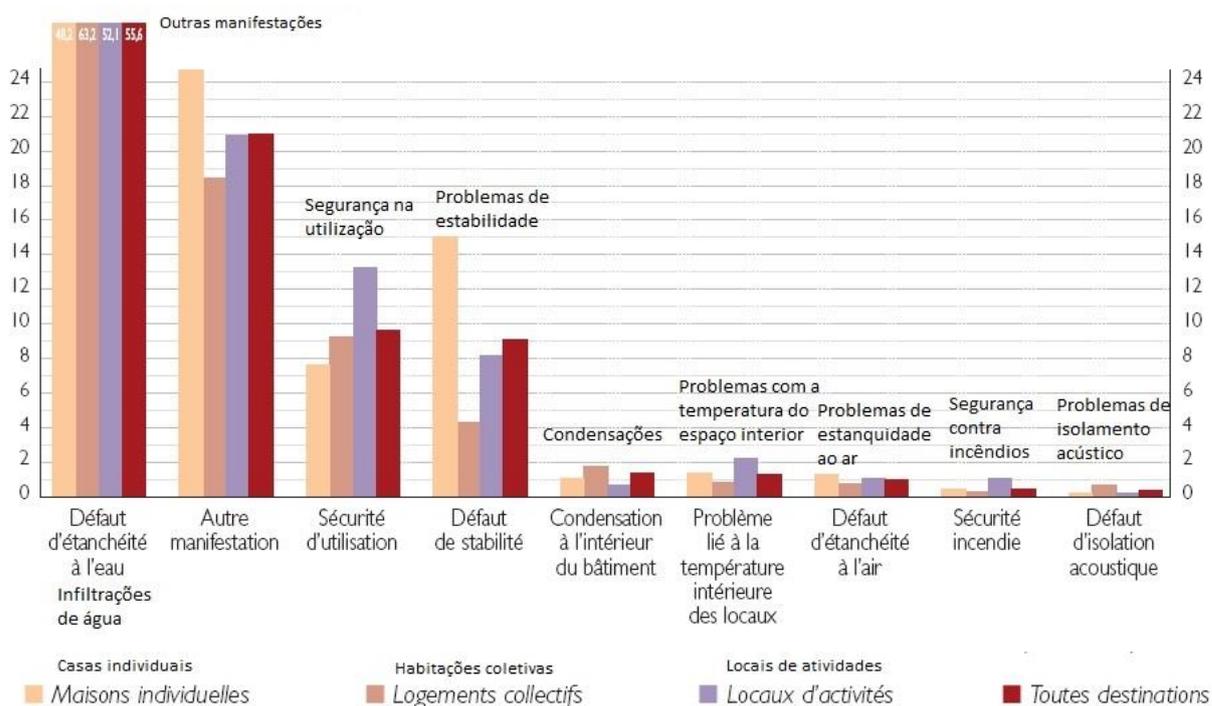
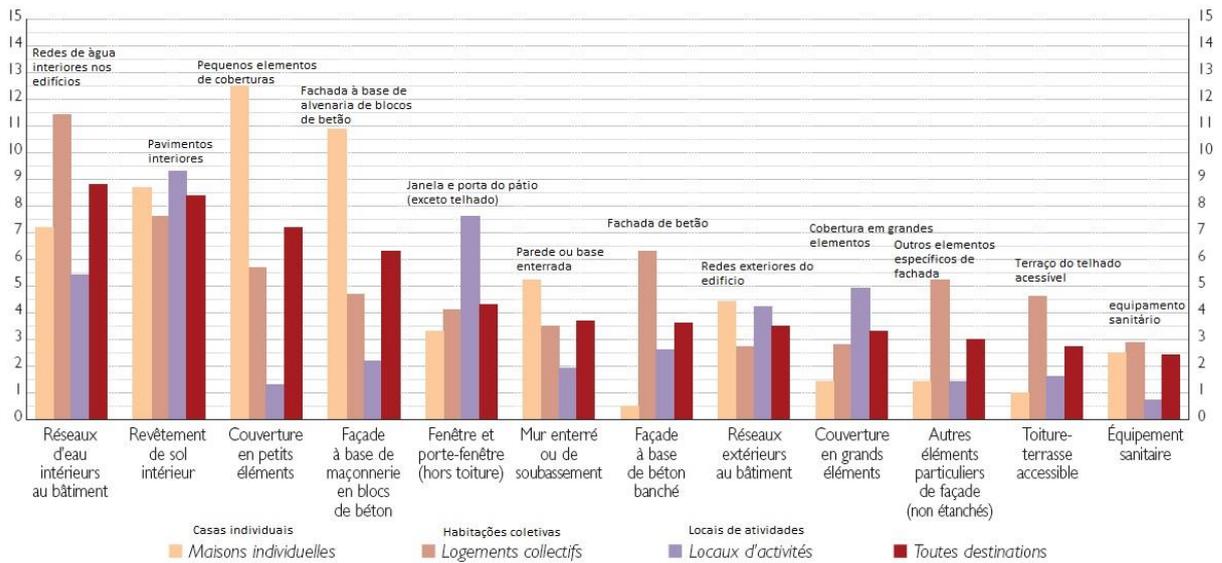
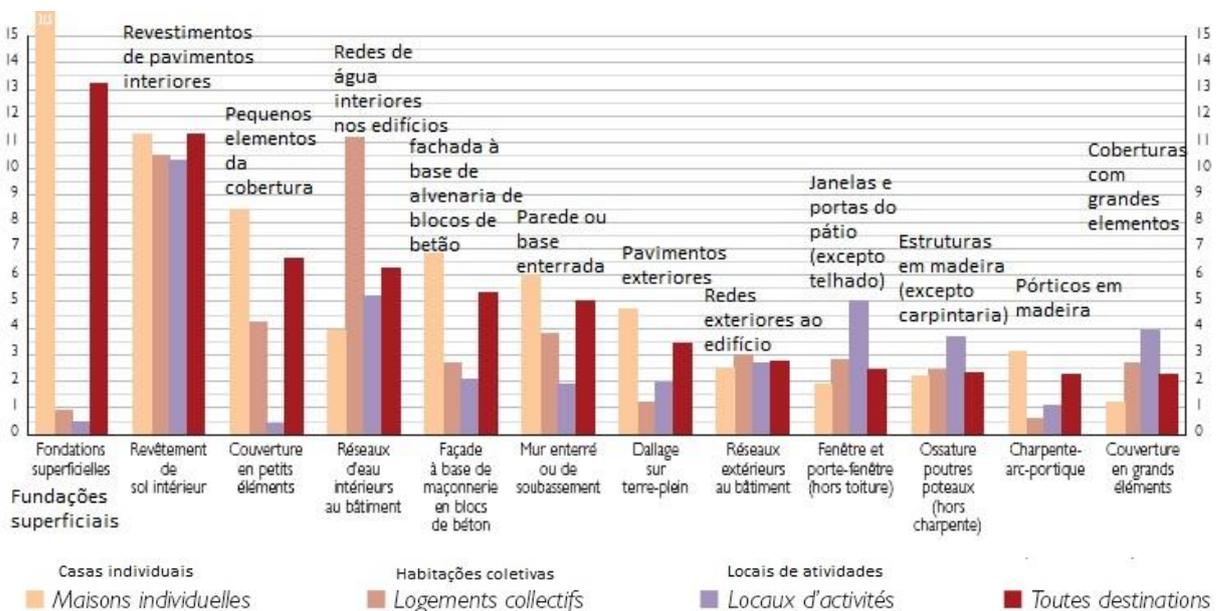


Fig. 21 – Principais manifestações de patologias na construção em França, 1995 a 2012 (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

Dos 234.000 sinistros analisados pelo SYCODÉS entre 1995 e 2012, as principais patologias em todos os tipos de edifícios deram-se em primeiro lugar nas instalações interiores de águas seguindo-se os pavimentos interiores e depois nos pequenos elementos que constituem as coberturas e nas fachadas à base de alvenaria de blocos de betão.



Em relação aos custos de reparação das diferentes anomalias encontradas e registadas neste estudo de origem Francesa (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013), podemos constatar na figura abaixo que os custos com as reparações das fundações foram os mais onerosos, como já tinha sido discutido anteriormente. Destaca-se ainda os custos elevados com as reparações em revestimentos dos pavimentos interiores, reparações associadas às coberturas e também às redes de águas interiores dos edifícios.



3.6.6.2. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas Em Pavimentos Interiores Revestidos com Azulejos

Neste estudo elaborado pela Agência Francesa de Qualidade da Construção (Agence Qualité Construction – AQC) é realizada uma análise sobre as causas técnicas que levaram ao aparecimento de algumas das anomalias já apresentadas anteriormente. Os dados que serão apresentados de seguida referem-se apenas a edifícios residenciais.

Após a análise da figura 24, podemos concluir que a grande causa técnica responsável por cerca de metade do aparecimento de anomalias em pavimentos interiores revestidos com azulejos deve-se aos defeitos do suporte onde os azulejos são colados. Os defeitos da camada de suporte têm várias causas relacionadas com os descolamentos dos azulejos, sendo a fase de construção responsável por grande parte delas. Neste caso de estudo foram observados grande parte dos azulejos descolados, assim como as camadas de suporte onde estes estavam inseridos, o que permitiu verificar em muitos casos que a colagem tinha sido mal efetuada. Geralmente é necessário aplicar o produto de colagem no tardo do azulejo, assim como na camada de suporte para que haja uma ligação consistente entre estes dois elementos. Os resultados da observação dos azulejos descolados mostraram que apenas um dos elementos tinha recebido cola, permitindo concluir que o processo de colagem foi defeituoso. Outro fator importante que não foi respeitado durante a fase de colagem dos azulejos foi o tempo de cura do produto de colagem, que ao não ter a adesão suficiente entre o ladrilho e a camada de suporte resultou no deslocamento dos azulejos, derivado das várias cargas a que estes foram submetidos. Durante a observação e análise dos produtos de colagens presentes nas camadas de suporte, constatou-se a presença de resíduos da construção, o que indica que a camada de suporte não foi limpa antes de iniciar-se a colagem dos azulejos, possibilitando uma má adesão entre os dois elementos. Também podemos concluir que a falta ou insuficiência de juntas entre azulejos e os defeitos nas colagens e selamentos dos azulejos são responsáveis por cerca de 23% e 17% respetivamente de todas as causas técnicas associadas a esta patologia.

Em relação aos custos de reparação consoante a causa técnica que provocou esta patologia, podemos afirmar que as distribuições refletem o número de causas técnicas detetadas, não existindo uma grande discrepância em relação à percentagem destas e o seu respetivo custo.

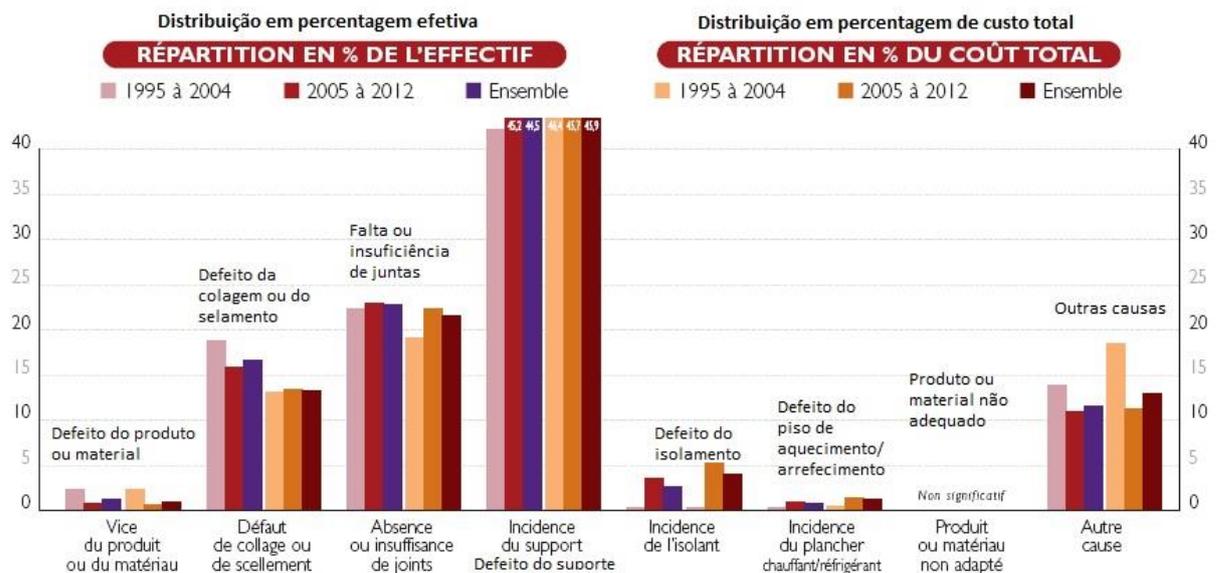


Fig. 24 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em pavimentos interiores revestidos com azulejos (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6.3. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas Em Coberturas em Telhas Cerâmicas

Analisando as causas técnicas das anomalias em coberturas revestidas com telhas cerâmicas, através da análise da figura abaixo, pode-se constatar que as causas técnicas que levaram a cerca de 65% dos defeitos neste elemento construtivo deveram-se a infiltrações de água através de pontos singulares. Os defeitos encontrados nas ligações e nos encaixes das várias partes das coberturas em telhas cerâmicas constituem cerca de 12% de todas as causas técnicas das anomalias nestes tipos de coberturas. Estas duas principais causas técnicas deveram-se essencialmente como resultado de erros de construção e especificações técnicas de projeto como a ausência de desenhos detalhados de pormenores de construção entre as ligações das várias partes que constituem uma cobertura revestida com telha cerâmica.

No que diz respeito aos custos das reparações das várias causas técnicas, podemos verificar que cerca de 50% de todos os custos devem-se às infiltrações de água em pontos singulares da cobertura e destaca-se o facto do custo dos defeitos encontrados em elementos principais corresponderem em percentagem ao dobro do número de defeitos registados nesta categoria. Estes resultados são justificados com o fato que os defeitos em elementos principais da cobertura necessitavam frequentemente da substituição total desse mesmo elemento enquanto os defeitos em pontos singulares tinham uma reparação menos exigente, resultando em custos menores.

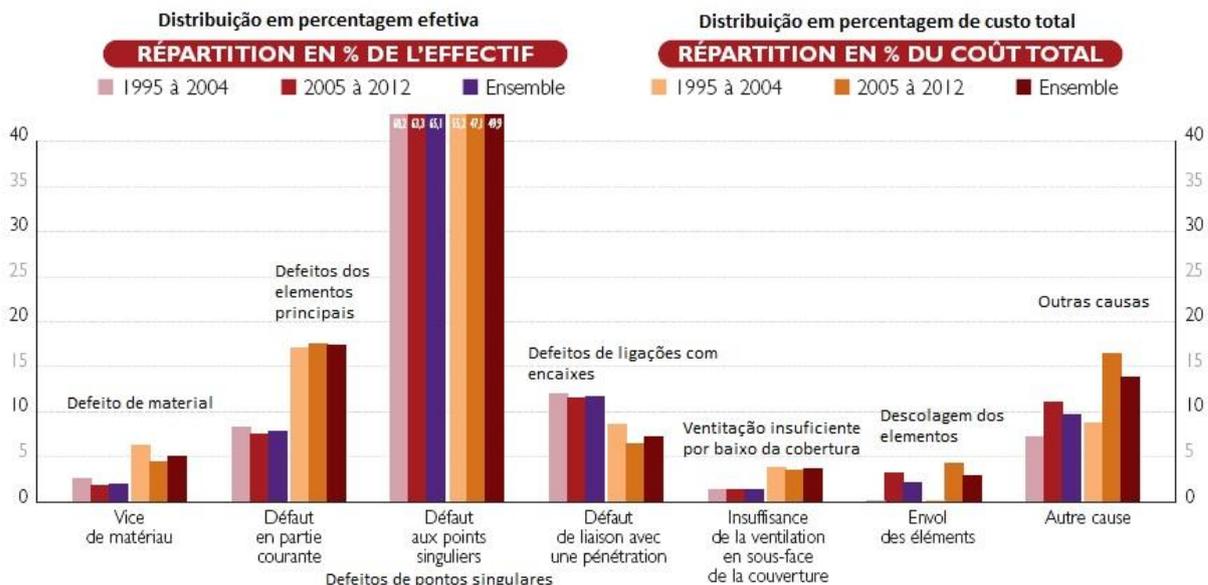


Fig. 25 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em coberturas em telhas cerâmicas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6.4. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas Em Fundações Superficiais

No que se refere às fundações superficiais e de acordo com a figura seguinte, as causas técnicas mais frequente neste elemento construtivo deveram-se a fundações em solo heterogéneo com cerca de 30% da distribuição total. Esta causa é explicada pela frequente ausência de estudos geotécnicos em habitações residenciais, que resultam em assentamentos diferenciais entre as várias fundações da habitação. A insuficiente profundidade a que eram executadas as fundações e os princípios inadequados na execução dos trabalhos de fundações por parte dos trabalhadores, foram as seguintes causas técnicas mais registadas com valores de 19% e 17% respetivamente.

Referente aos custos das reparações das fundações superficiais, é importante referir que as reparações em fundações são as mais onerosos de todas a reparações, como já foi referido e explicado neste trabalho.

Aproximadamente 30% dos custos neste tipo de reparações tiveram como causa as fundações assentes em solo heterogéneo e 26% dos custos deveram-se aos princípios inadequados na execução dos trabalhos de fundações.

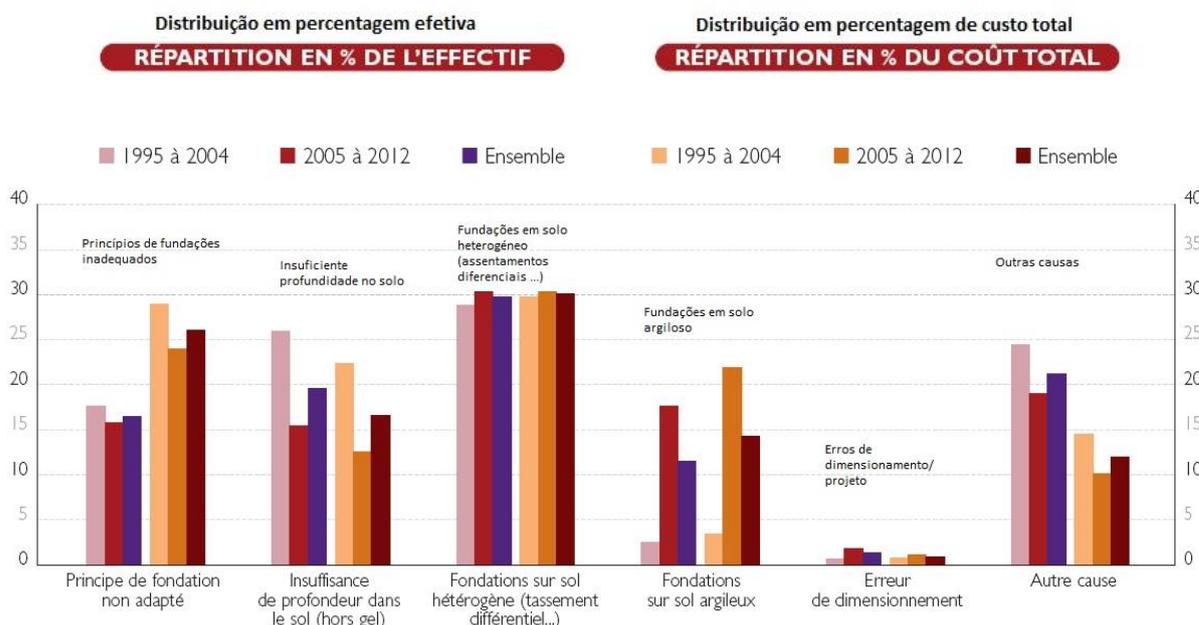


Fig. 26 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em fundações superficiais (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6.5. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas nas Canalizações Encastradas

Como já foi demonstrado anteriormente as anomalias referentes às redes interiores de água nos edifícios constituem a principal causa de defeitos na construção Francesa. Visto isto, torna-se relevante perceber quais as causas técnicas associadas aos materiais de construção que mais contribuem para o escalar desta anomalia.

Com base na informação fornecida pelo SYCODÉS, podemos constatar que o material que mais contribuiu para o aparecimento de anomalias nas canalizações é o cobre, constituindo mais de 76% em relação aos outros materiais. A explicação para tal facto, reside na utilização massiva ao longo da história da construção francesa deste material sobretudo nas redes de água quente e nos dispositivos inerente às redes de água interiores, que ao longo do tempo vão sofrendo um desgaste e oxidação. As canalizações encastradas em material sintético têm vindo a ser cada vez mais utilizadas na construção residencial moderna, sendo que este tipo de material é responsável por cerca de 17% das anomalias nas canalizações encastradas.

Em relação aos custos das reparações, a figura abaixo, mostra que mais de 76% dos custos de reparação são devidos às fugas de canalizações em cobre, que é justificável com o número de ocorrências deste tipo de anomalias.

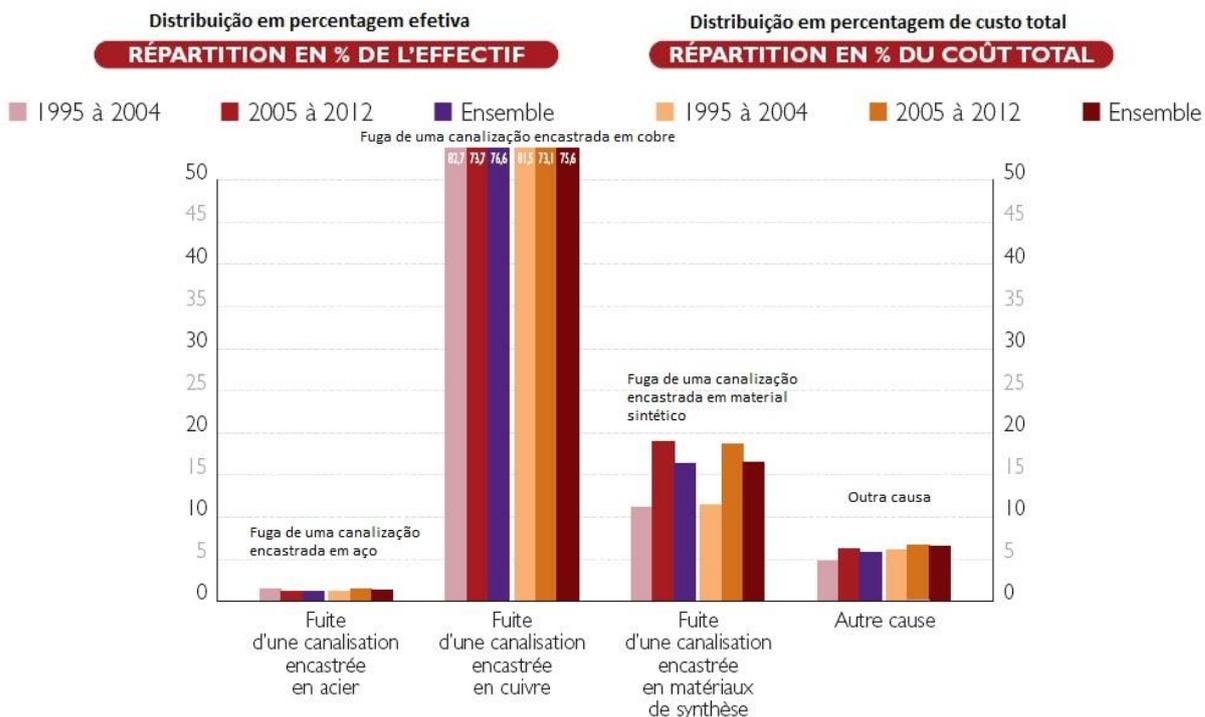


Fig. 27 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em canalizações encastradas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6.6. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas em Paredes ou bases enterradas

No que se refere às paredes ou bases enterradas, as principais causas técnicas associadas ao aparecimento de defeitos na construção francesa, dizem respeito a defeitos de vedação, cerca de 39%, ausência ou insuficiência de sistemas de drenagem que não permitem o escoamento das águas que se acumulam nas paredes ou bases enterradas, sendo estas responsáveis por 25% das causas técnicas nestes elementos construtivos e os revestimentos exteriores são responsáveis por 18%, uma vez que foram encontrados muitas paredes ou bases enterradas sem qualquer tipo de revestimento ou este era inadequado para as funções que se pretendiam.

Antes de quaisquer erros de projeto ou de execução que se possam atribuir às anomalias evidenciadas em paredes ou bases enterradas, é essencial referir que muitos dos sinistros analisados neste elemento construtivo deveram-se à falta de definição na fase de projeto sobre a utilização a longo prazo dos espaços interiores envolvidos pelas paredes ou bases enterradas. Esta falta de definição na fase de projeto é prejudicial, porque compromete os sistemas de vedação e impermeabilização que devem ser implementados consoante a utilização que cada espaço vai ter.

As causas técnicas associadas a defeitos de vedação e a ausência ou insuficiente drenagem, estão também relacionadas com a falta de estudos que determinem o nível freático onde as paredes ou bases enterradas serão executadas, resultando na ineficácia dos sistemas de drenagem e vedações em períodos em que o nível freático sobe.

Causas técnicas como o revestimento exterior inadequado ou ausente ou a falta de uma barreira capilar, estão relacionadas com defeitos de execução, uma vez que é frequente a realização destes tipos de trabalhos por empresas de alvenaria que não têm formação específica para tal. Emulsões de betume simples foram encontrados em algumas paredes enterradas neste caso de estudo e tinham como função

impermeabilizar as paredes. Uma emulsão de betume simples sem um sistema eficiente de drenagem em caso algum constitui uma barreira impermeável à água.

Em relação aos custos de reparação em função das causas técnicas que levaram ao aparecimento de anomalias em paredes ou bases enterradas, constatou-se que os custos mais onerosos correspondiam às reparações das drenagens uma vez que em muitos dos casos era necessário a instalação completa de um sistema de drenagem conveniente, já que, frequentemente, este não existia, justificando desta forma os custos mais elevados.

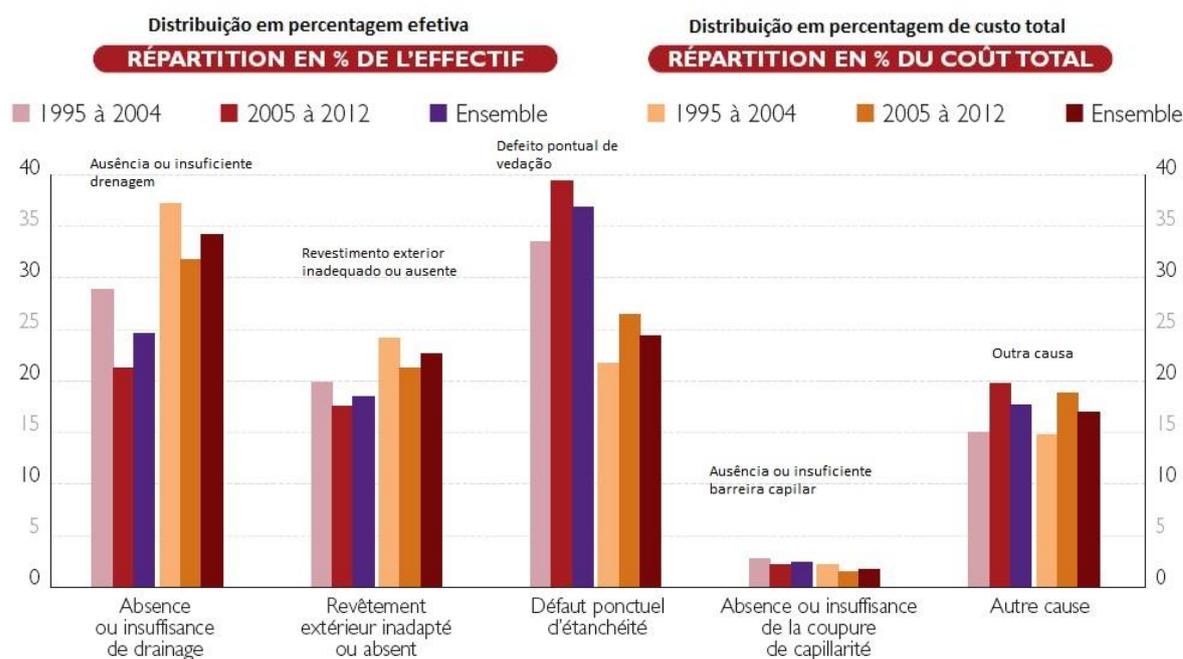


Fig. 28 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em paredes ou bases enterradas (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.6.6.7. Causas Técnicas Das Anomalias Encontradas em Fachadas à base de alvenaria de blocos de betão

Com base na figura abaixo e na informação recolhida neste caso de estudo, fornecida pelo SYCODÉS, podemos constatar que 36% das causas técnicas para o aparecimento de anomalias em fachadas à base de alvenarias de blocos de betão, devem-se à fissuração do suporte, ou seja o aparecimento das fissuras superficiais nos revestimentos exteriores deste tipo de fachadas, começam a sua fissuração nas camadas de blocos de betão que funcionam como suporte dos revestimentos. A segunda causa com mais expressão neste elemento construtivo, responsável por 16% das causas técnicas, são os defeitos nas ligações entre as fachadas e os sistemas de drenagem ou entre as fachadas e os elementos que fazem parte da estrutura dos edifícios como lajes, vigas e pilares. Estes últimos devem-se à falta de projetos com pormenores técnicos nestas ligações, o que resultam em pormenores construtivos de difícil execução.

Em relação aos custos de reparação das anomalias detetadas nas fachadas à base de alvenaria de blocos de betão, podemos concluir que todos os custos acompanham as percentagens dos defeitos encontrados, sendo que as reparações mais onerosas encontram-se nas causas técnicas ligadas às fissuras do suporte, responsáveis por 34% de todos os custos de reparações neste elemento construtivo.

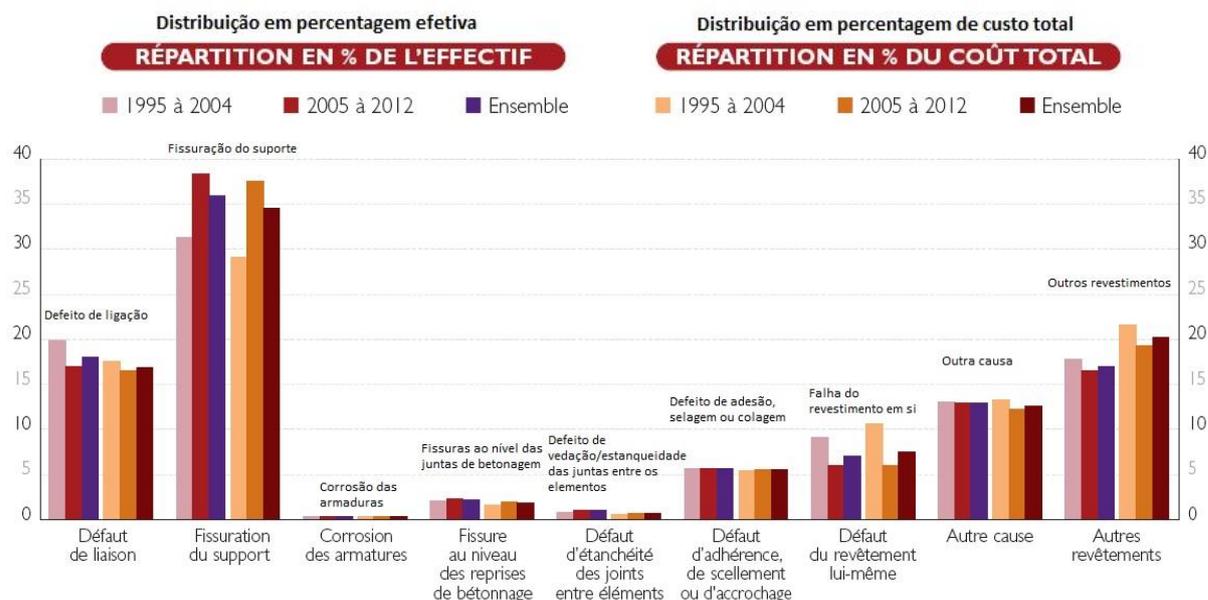


Fig. 29 – Causas técnicas do aparecimento de anomalias em fachadas à base de alvenaria de blocos de betão (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013)

3.7. CONCLUSÕES

Os dados estatísticos apresentados pelo “Sycodés”, são essenciais para compreender os defeitos na construção mais comuns, as suas causas, estimar os custos de reparação e promover e divulgar as boas práticas junto dos vários intervenientes do processo de construção, por forma a prevenir durante as diferentes fases do empreendimento, o aparecimento de determinadas patologias que condicionam a qualidade da construção. Os dados recolhidos e analisados pelo “Sycodés”, constituem uma referência no que dizem respeito às anomalias na construção, uma vez que contam com uma base de dados enorme, recolhida desde à muitos anos, que consolidam as estatísticas, análises e opiniões apresentadas.

Salienta-se o facto que a representatividade de cada estudo é muito variável mas, efetivamente e com a exceção do caso de estudo Francês apresentado pela *Agence Qualité Construction*, não são conhecidos, de forma geral, estudos muito abrangentes.

4

PRINCIPAIS ANOMALIAS EM EDIFÍCIOS

4.1. INTRODUÇÃO

Durante a execução ou vida útil de qualquer obra, é frequente observarem-se fenómenos anómalos que podem condicionar o desempenho funcional e estético dos materiais utilizados e que poderão ter implicações na funcionalidade do edifício ou mesmo na segurança estrutural. (Ribeiro, Cóias, 2003)

O conceito de anomalia, como já foi mencionado anteriormente neste trabalho, encontra-se associado a uma disfunção que se manifesta por uma não satisfação das exigências funcionais inicialmente estabelecidas para um dado elemento ou componente construtivo como consequência de uma ou várias causas. (Lopes, 2005) A ocorrência de determinada anomalia em edifícios em serviço, poderá, em circunstâncias extremas, provocar a rotura dos mesmos. Na figura 30, pode-se observar o processo de deterioração em edifícios e os seus respetivos elementos.

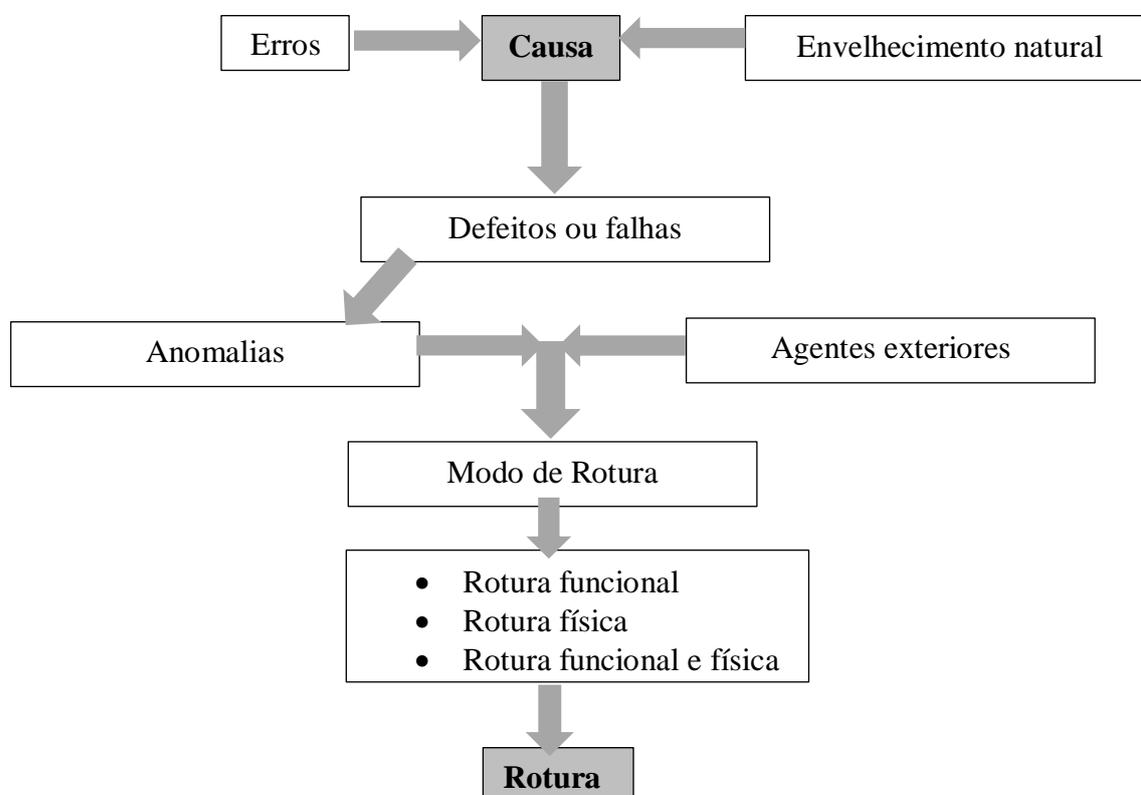


Fig. 30 – Processo de deterioração de edifícios e seus respetivos elementos (Flores-Colen, 2008)

De uma forma geral, este processo caracteriza-se pelas causas para a degradação, que podem ser o envelhecimento natural ou erros associados às várias fases do processo construtivo que originam defeitos, pelos agentes exteriores de degradação e pelos sintomas deste processo, que se traduzem nas anomalias, as quais podem progredir até à rotura, quer seja funcional ou física, afetando o desempenho (Amaral, 2013). Em circunstâncias mais complexas, considera-se que uma ocorrência anómala pode resultar de um conjunto de manifestações associadas a uma determinada cadeia de relações causa-efeito que lhe está subjacente. (Sousa, 2004)

Desta forma, o presente capítulo tem como principal finalidade apresentar as anomalias mais frequentes nos edificados, sistematizando segundo os diversos e distintos elementos construtivos, assim como os respetivos tipos de revestimentos contemplados nos mesmos. Em igualdade de circunstâncias, ir-se-á identificar as causas associadas aos aparecimentos das anomalias, de acordo com a sua tipologia (origem humana e não humana).

4.2. CLASSIFICAÇÃO E TIPIFICAÇÃO DE ANOMALIAS

Segundo a comissão técnica 104-DCC, do RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux), existem cinco formas de classificar as anomalias em edifícios, tendo como base os seguintes critérios (Cóias, 2006):

- Grau de deterioração;
- Local da construção onde anomalias se manifestam;
- Origem de deterioração (fases do empreendimento);
- Período de vida da construção em que anomalia surge;
- Mecanismo de deterioração.

No que se refere à tipificação de uma anomalia poder-se-á considerar a forma como esta influencia o desempenho estrutural de um dado elemento construtivo, assim como as circunstâncias do aparecimento da mesma, como se pode verificar na figura 31.

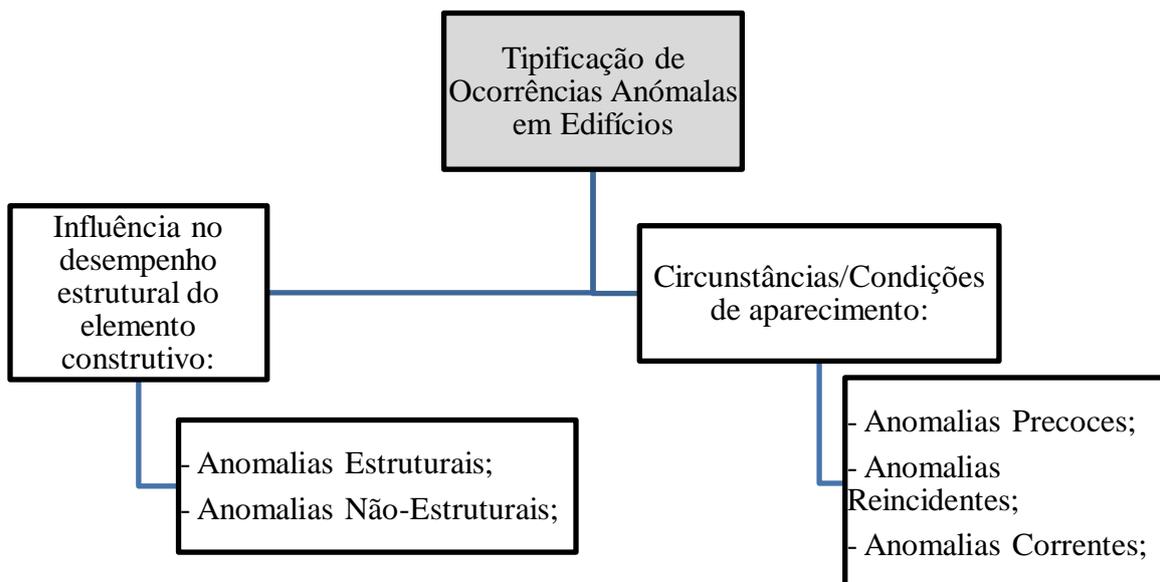


Fig. 31 – Critério de tipificação de ocorrências anómalas em edificados (Flores-Colen, 2012)

A forma como uma anomalia afeta o desempenho estrutural de um qualquer elemento construtivo é crucial no que se refere à sua identificação, caracterização e até à escolha da forma de intervenção a aplicar na mesma. As anomalias de índole estrutural, quase sempre denunciam um comportamento deficiente da estrutura ou dos seus componentes, pelo que a sua deteção atempada é crucial para a tomada decisão em relação à implementação de medidas corretivas urgentes. (Ribeiro, Cóias, 2003) Alguns autores defendem que nas situações de anomalias estruturais, torna-se bastante complexo estabelecer a enumeração completa e a respetiva hierarquização das diversas causas associadas à referida tipologia da ocorrência evidenciada. (Aguiar *et al* 2006) Por outro lado, as anomalias não estruturais não comprometem a segurança da estrutura dos elementos construtivos, mas sim as exigências funcionais para que foram concebidos, porém, caso não sejam implementadas medidas corretivas ou retificativas atempadamente, o desempenho estrutural poderá vir a ser seriamente afetado (Ribeiro, Cóias, 2003).

No que se refere ao aparecimento das anomalias, poder-se-á classificar de três formas: anomalias precoces, anomalias reincidentes, anomalias correntes (Lopes, 2005). As anomalias precoces são definidas e caracterizadas pelo seu surgimento ou aparecimento demasiado precoce nos edifícios, ou seja muito antes do tempo estimado face às características previsíveis dos materiais ou dos elementos construtivos. (Appleton, 1994) Assim sendo, na sua generalidade, esta tipificação de anomalias não é resultado de um envelhecimento expectável e legítimo dos materiais utilizados, mas sim à associação de deficiências e erros ao nível da conceção e projeto e da fase de construção dos edificadados (Amaral, 2013). Em relação às anomalias reincidentes, esta tipificação de anomalias encontra-se caracterizada pelo seu constante reaparecimento, após um deficiente meio de intervenção de reparação. (Ferreira, 2010) Estas surgem, essencialmente, devido às inadequadas ou inexistentes técnicas de diagnóstico utilizadas. Por último, todas as restantes anomalias que não se inserem nas tipificações mencionadas anteriormente são consideradas anomalias correntes. (Lopes, 2005)

4.3. CAUSAS DAS ANOMALIAS

As ocorrências anómalas, na sua generalidade, podem apresentar muitos aspetos conjugados com fatores adversos, que podem dar-se simultaneamente no tempo ou surgir na sequência da acumulação de efeitos, provocando ou acentuando o processo de degradação. (Aguiar *et al* 2006) Visto isto, é fácil entender a dificuldade de elaborar uma metodologia, procedimento ou até mesmo uma conduta corrente com o intuito de determinar e compreender as origens/causas de uma dada anomalia, tendo a noção que cada ocorrência anómala é um caso particular, devendo a mesma ser analisada como tal. (Amaral, 2013)

4.3.1. CAUSAS HUMANAS

No que se refere à classificação das causas ou origens das anomalias da construção de edifícios, estas podem ser divididas em causas com origens humanas e causas com origens não humanas. Segundo os autores, Aguiar, J., Cabrita, A. e Appleton, J., o fator humano pode ser um dos principais causadores do aparecimento e desenvolvimento das anomalias da construção. (Aguiar *et al* 2006) As ocorrências anómalas derivadas de erros humanos são caracterizadas pela sua enorme diversidade, estando presentes em todas as fases do processo de construção de um determinado empreendimento, como é possível observar na figura 32.

4.3.1.1. Erros na Fase Conceção e de Projeto

Durante a fase de conceção e de projeto são vários os erros possíveis de ocorrer. Estes podem ter origem durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução.

Alberto Pinto (2003) considera que as falhas de conceção e do projeto devem-se essencialmente à falta de conhecimento dos projetistas, à repetição dos mesmos erros e à falta de comunicação e informação disponível, contribuindo assim para casos anómalos que têm como consequência uma acelerada degradação com altos custos de manutenção ou retificação. (Pinto, 2003) A economia e rapidez pretendida na elaboração de projetos, a falta de pormenorização nos projetos, a inadequação ao ambiente, o surgimento constante de novos materiais, as soluções arquitetónicas arrojadas de projetos, a errada avaliação da resistência dos solos de fundações, a incorreta utilização de programas de cálculo automático e a despreocupação pelas possíveis deformações das soluções construtivas, são exemplos de outros erros de conceção e projeto, descritos por vários autores que levam à ocorrência de situações anómalas. (Gonçalves *et al.*, 2008)

4.3.1.2. Erros na Fase de Execução

A sequência lógica do processo de construção indica que a fase de execução só deve ser começada após a conclusão da fase de conceção e de projeto, com os respetivos estudos e projetos que lhe são inerentes. Os erros que podem ocorrer durante a fase de execução são vastos e de natureza diversa, podendo ir desde uma deficiente compreensão do projeto, no que respeita aos pormenores construtivos e às características e exigências dos materiais utilizados, até às deficiências no planeamento, utilização de tecnologia inadequada, mão-de-obra não qualificada, falta de condições no local de trabalho, falta de motivação por parte dos trabalhadores, inexistência de controlo de qualidade de execução ou mesmo irresponsabilidade técnica. Nas estruturas, vários problemas patológicos podem surgir consequência de uma fiscalização ausente ou de uma fraca liderança no comando das equipas de trabalho, que normalmente estão relacionadas com a baixa capacitação profissional do engenheiro ou do encarregado de obra. (Gonçalves *et al.*, 2008) Na figura 32, é possível observar algumas das causas das anomalias presentes no processo de execução dos empreendimentos.

4.3.1.3. Erros na Fase de Utilização/Manutenção

Finalizadas as fases de conceção/projeto e de execução, e mesmo quando tais etapas tenham sido de qualidade adequada, as construções podem vir a apresentar problemas anómalos originados pela utilização errónea, ou pela falta de um programa de manutenção adequado. As ações de conservação e manutenção correspondem a uma série de medidas, preventivas ou outras, aplicadas à construção com o intuito de permitir que esta desempenhe as suas funções, para o qual foi concebida, de forma satisfatória durante o seu período de vida (Apicer, 2000). A implementação de planos de manutenção permite detetar e corrigir antecipadamente os casos anómalos, impedindo o seu agravamento e evolução com repercussões ao nível das condições de habitabilidade e ainda evitar o seu aparecimento (Gonçalves *et al.*, 2008). As medidas de manutenção permitem também uma poupança financeira em relação aos custos de reparação que existiriam se tais medidas não fossem implementadas, visto que a falta de manutenção leva, em certos casos, à degradação não só do elemento construtivo principal, mas também de toda a estrutura envolvente, aumentando os custos de uma possível reparação ou reconstrução.

A alteração das condições inicialmente previstas implica uma modificação na envolvente, no elemento, no seu uso ou nas exigências dos utilizadores em relação ao que foi pensado, previsto e concebido

durante as fases de concepção/projeto e execução. Constituem exemplos de erros na fase de utilização/manutenção, os apresentados na figura 32.

4.3.1.4. Desastres devidos a causas humanas imprevisíveis

Os desastres devidos a causas humanas imprevisíveis encontram-se associados à responsabilidade humana, como por exemplo explosões, colisões, inundações, incêndios, etc. A implementação de medidas cautelares nos edifícios pode diminuir os riscos de acontecimentos anómalos resultantes associados com esta causa.

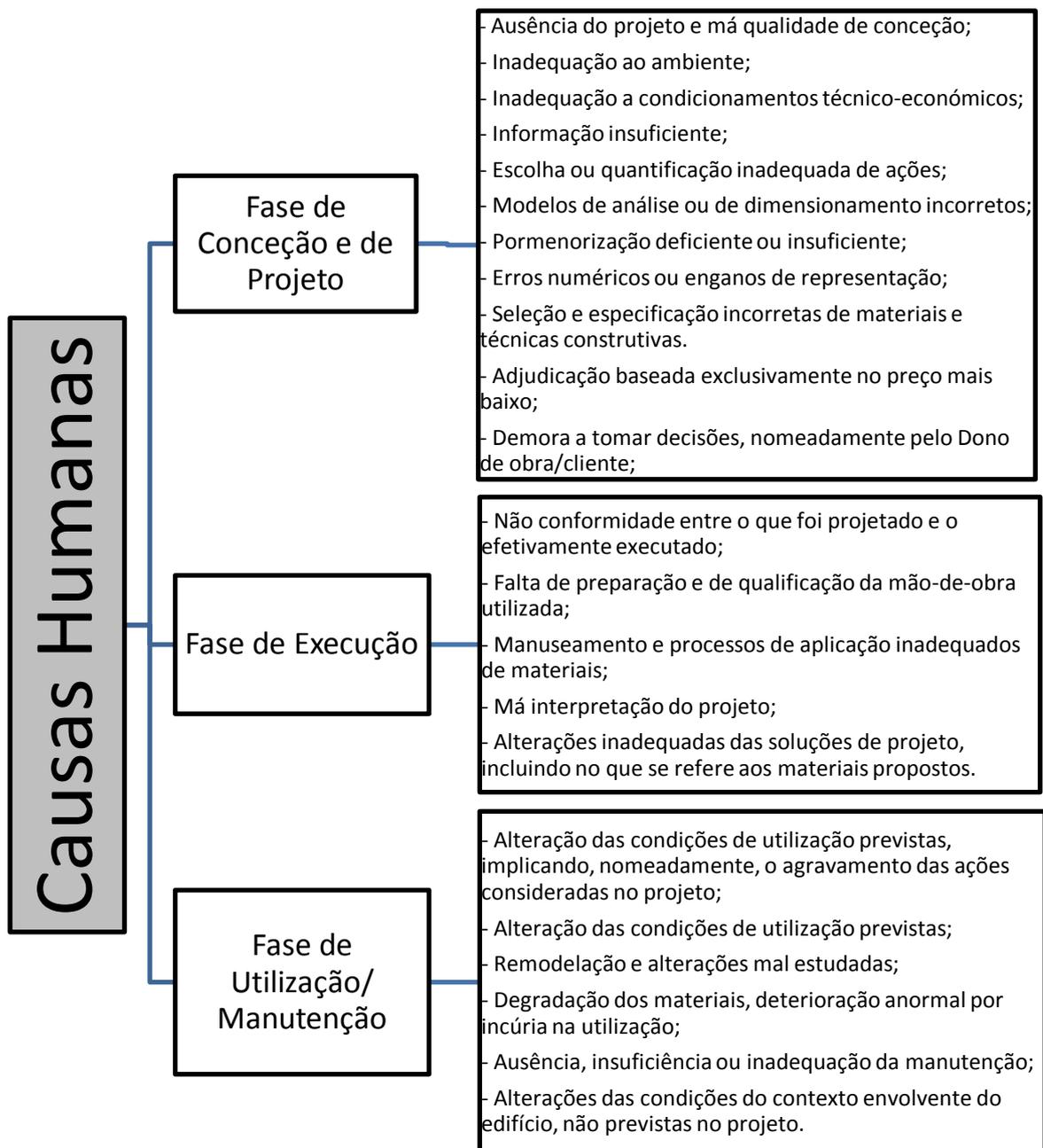


Fig. 32 – Quantificação das causas de anomalias em edifícios de origem humana (Aguiar *et al* 2006)

4.3.2. CAUSAS NÃO HUMANAS

Além das causas de origens humanas, as anomalias podem ocorrer devido a causas não humanas, que poder-se-á classificar-se em ações naturais e em desastres naturais. (Amaral, 2013) É no exterior que as ações ambientais se fazem sentir, afetando os materiais que com elas se encontram em contacto. O nível de gravidade e de dano provocado pelas ações ambientais depende do grau de intensidade com que estas ações atuam sobre as construções. Visto isto, as condições ambientais têm um papel fundamental na escolha dos materiais a utilizar, nos métodos e técnicas construtivas e nas condições de aplicação. Se as condições ambientais não forem consideradas durante todas as fases do empreendimento, são vários os processos patológicos e o aparecimento de problemas anómalos que poderão surgir nas construções.

Em relação às ações naturais, o grau de incidência destas, depende das condições a que os edificados se encontram sujeitos e como tal, as ações naturais podem ser divididas em físicas, químicas e biológicas, como se pode observar na figura 33.

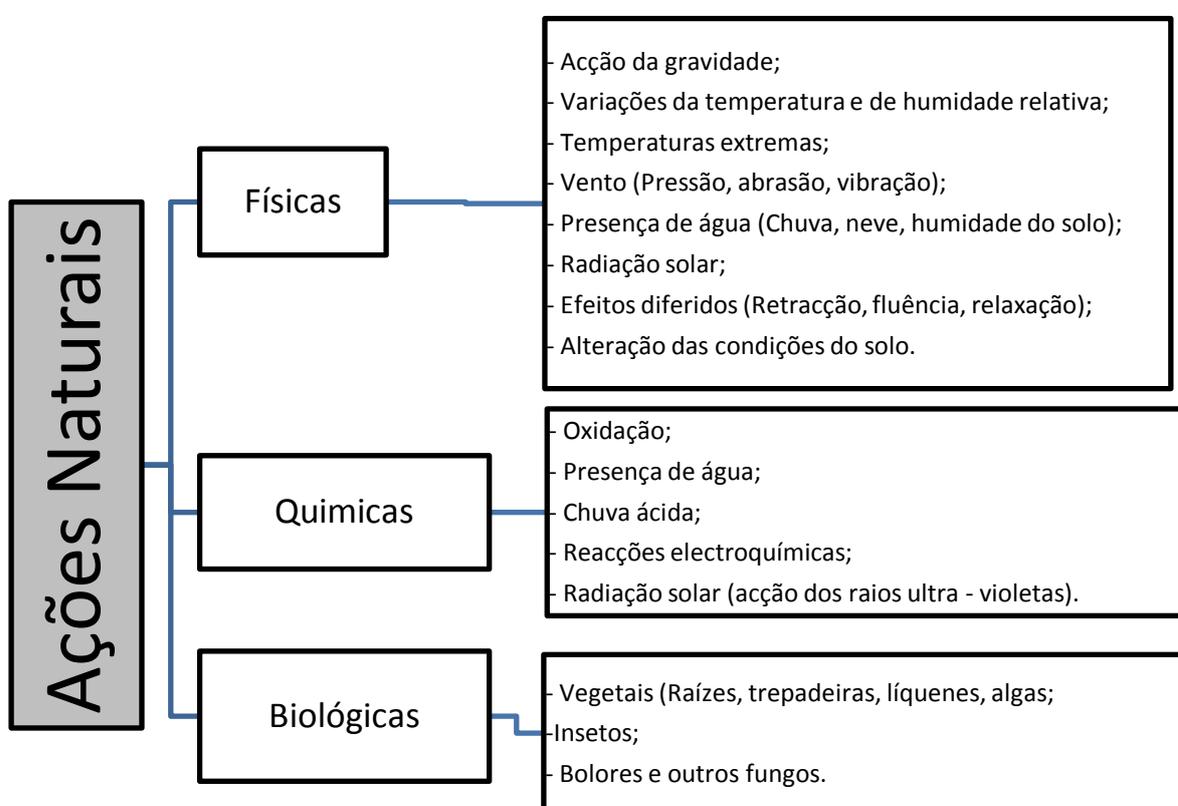


Fig. 33 – Classificação das ações naturais, que poderão suscitar ocorrências anómalas (Aguiar *et al* 2006)

Os desastres naturais, como o próprio nome indica, são ações que têm origem em causas naturais como sismos, ciclones, trovoadas, avalanches, erupções vulcânicas, *tsunamis*, etc. Estas em comparação com ações naturais, vistas anteriormente, têm um maior grau de intensidade. Estes tipos de acontecimentos são caracterizados pela sua rara ocorrência, porém quando se manifestam, as consequências e os efeitos são quase sempre graves. (Amaral, 2013)

4.4. ANOMALIAS ESTRUTURAIS

As anomalias de caráter estrutural, poderão estar associadas a vários fatores, entre os quais, eventuais alterações das condições de utilização, inadequação e deterioração dos materiais aplicados, deficiente conceção e à desajustada utilização das técnicas construtivas.

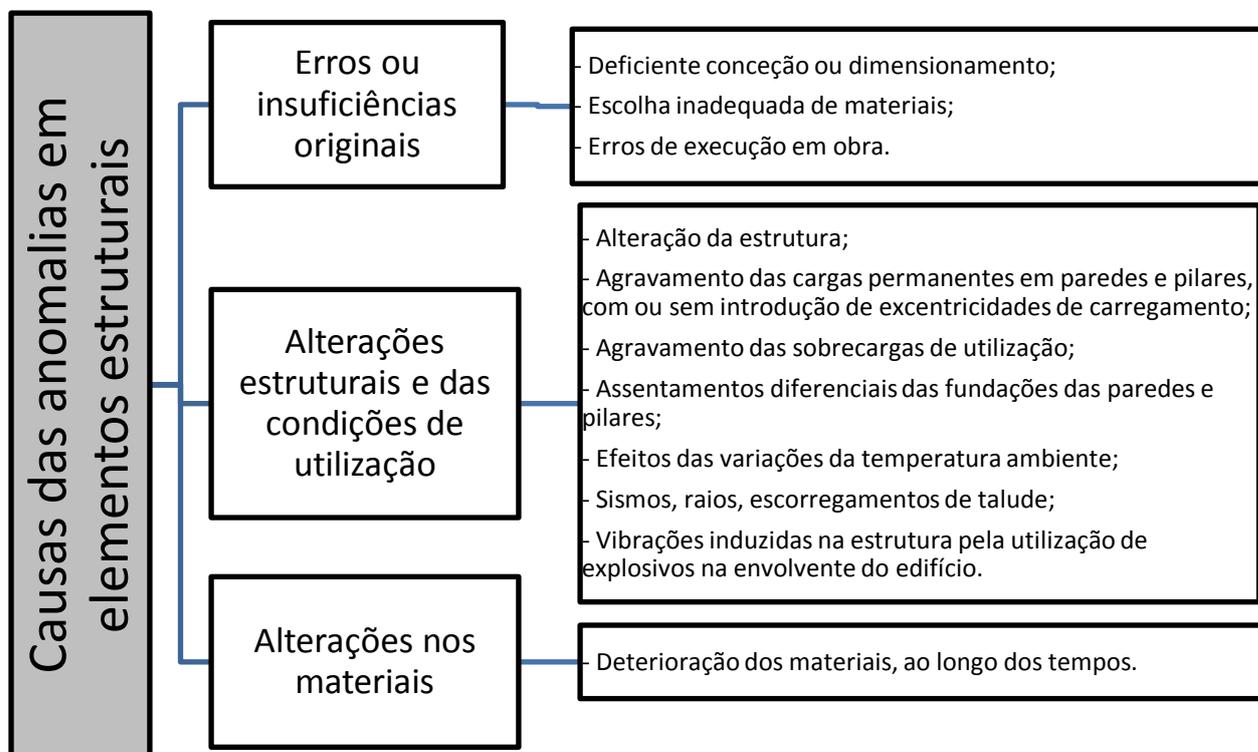


Fig. 34 – Representação das causas que suscitam o aparecimento de anomalias em elementos estruturais (Aguiar *et al* 2006)

É importante referir, que todas as alterações estruturais e das condições de utilização em edifícios, quer sejam intencionais ou não, levam ao acréscimo de esforços da estrutura principal dos edifícios e como tal é recomendável o reforço da estrutural original. (Amaral, 2013)

4.4.1. FUNDAÇÕES

As anomalias associadas às fundações e/ou infraestruturas que se encontram abaixo do nível do solo, são caracterizadas, principalmente, por movimentos nos elementos de suporte. (Aguiar *et al* 2006) Estes movimentos poderão ser causados pela estrutura sobre o terreno de fundação, assim como de possíveis alterações nas circunstâncias da envolvente do edifício e no terreno circundante de fundação, como mostra a figura 35.

Estas movimentações geram consequências no comportamento estrutural dos edificadas, consequências estas que são influenciadas, principalmente, pela capacidade de deformação da estrutura, em que os esforços desenvolvidos são proporcionais à rigidez dos elementos estruturais envolvidos. (Ferreira, 2010)

Os erros construtivos, a degradação dos próprios materiais que fazem parte das fundações (apodrecimento das cabeças de estacas em madeira, a corrosão de peças metálicas de reforço ou ligação

ou a perda das camadas de materiais finos em fundações de alvenaria), alterações ou movimentos nos terrenos ou o aumento das cargas são algumas das principais causas para o surgimento de anomalias em fundações e em infraestruturas. (Roseiro, 2012)



Fig. 35 – Representação das principais causas para o surgimento de anomalias em fundações e em infraestruturas (Aguiar *et al*/2006)

Uma das principais causas para o surgimento de anomalias em fundações e em infraestruturas são os movimentos do solo de fundação. As alterações e movimentos do solo de fundação podem ser originadas por escavações ou construções próximas, pela abertura de galerias ou túneis, pela ação das raízes, pela heterogeneidade dos terrenos, pela alteração dos níveis freáticos (quer seja devido à atividade humana ou natural), pela rotura de canalizações de água ou de esgotos na proximidade ou liquefação do solo devido à ação sísmica. (Roseiro, 2012)

As deformações resultantes dos assentamentos diferenciais das fundações podem induzir alterações geométricas consideráveis como a deformação de vãos, o desnivelamento dos pavimentos, desaprumo de paredes, deformações, fraturas, etc. As distribuições das cargas pela estrutura podem também ser alteradas e em casos mais graves, comprometem a estabilidade da estrutura. (Roseiro, 2012)



Fig. 36 – Deformação resultante de movimentos de terras (Roseiro, 2012)

O aumento das cargas nas estruturas é também uma das principais razões do aparecimento de anomalias em fundações. O aumento das tensões nas fundações pode resultar do incremento das cargas de utilização, resultado de diferentes usos ou acréscimos no edifício ou de alterações na estrutura. (Roseiro, 2012)



Fig. 37 – Eliminação de elementos estruturais para abertura de montra (Roseiro, 2012)

4.4.2. PAREDE DE ALVENARIA RESISTENTES

Nas paredes de alvenaria resistentes, a maioria das anomalias de caráter estrutural, encontram-se associadas às manifestações de fendilhações de diversas proveniências, como podemos observar através do quadro 30. Contudo, o desencadeamento de esforços elevados de flexão, tração ou corte são uma das

causas associadas a esta tipologia de ocorrências, uma vez que as paredes de alvenaria funcionam à compressão. (Aguiar *et al* 2006)

Quadro 30 – Representação das causas e características principais de fendilhações em paredes de alvenaria (Amaral, 2013)

Causas	Observações
Assentamentos diferenciais de fundações	Fissurações inclinadas, onde a orientação identifica os locais de cedência.
Aberturas em paredes	Devido à acumulação de esforços existente em locais próximos de aberturas.
Sismos e ações de corte	Surgimentos de fendilhações cruzadas a 45°.
Variações térmicas	Poderá causar deslocamentos horizontais, rotações e fendilhações verticais e horizontais nos locais de ligação a paredes ortogonais.
Elevadas tensões de compressão	Aumento inesperado de cargas sobre a parede de alvenaria, levando à diminuição da sua resistência.

4.4.3. ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

As anomalias em estruturas de betão armado, segundo Aguiar, J., Cabrita, A. e Appleton, J. (2006), manifestam-se principalmente na fase de utilização do edificado, pela ocorrência de fendilhação com diversa orientação, deformações excessivas que se dão normalmente em pavimentos e devido à corrosão das armaduras ou desagregação nas superfícies por ataque químico ou físico.

4.4.3.1. Fendilhação

As fendilhações em estruturas de betão armado encontram-se associadas a fenómenos ocorridos nas fases anteriores ou posteriores da cura do betão. Esta fase também pode ter a denominação de fase de endurecimento deste elemento/material construtivo. (Amaral, 2013)

As fendas denominadas de retração decorrem pelo facto de, numa determinada zona ou elemento, a retração ser impedida de se processar livremente, devido a restrições internas associadas ao próprio betão armado ou a restrições externas pela ligação a outros elementos. Já as fendas de origem térmica são associadas à livre dilatação ou contração dos elementos de betão armado pela variação da temperatura, sendo caracterizadas por possuírem uma incidência maior em zonas mais expostas às condições ambientais exteriores, nomeadamente locais com grande exposição solar. (Aguiar *et al* 2006)

Por norma, a fendilhação com origem nos esforços aplicados em elementos de betão armado apresenta configurações associáveis ao funcionamento estrutural, e por esta razão é possível identificar o tipo de esforço que a origina. De acordo com a NP EN 1992-1-1:2010 (Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão), em ambientes pouco moderadamente agressivos, a largura admissível para as fissuras varia entre 0,2 e 0,4 mm.

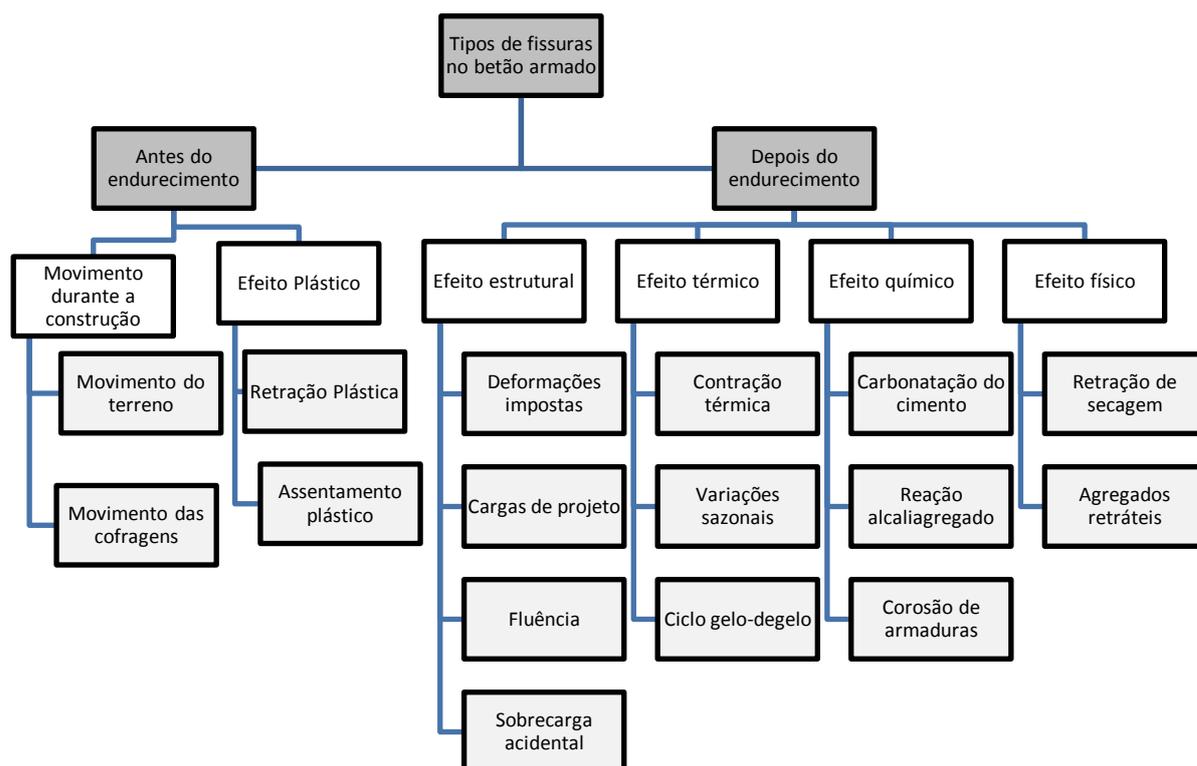


Fig. 38 – Representação das diversas causas possíveis de fissurações em betão armado (Cóias, 2006)

A fissuração devida à corrosão dos varões de aço é um outro exemplo de fendilhação em elementos de betão armado. Este tipo de fissuração é agravado por recobrimentos bastante reduzidos, principalmente em armaduras transversais. O efeito da corrosão dos varões de aço consiste na alteração do ferro em óxido de ferro (também designado por ferrugem) que implica uma expansão no volume das armaduras, originando tensões no betão em torno das armaduras, tendo como consequência a fendilhação do betão. (Aguiar *et al* 2006)

Por último, a fendilhação do betão armado poderá estar associada à ocorrência de reações expansivas de alguns dos seus constituintes que ao reagirem com a água, formam produtos com grande aumento de volume, que podem originar tensões internas, superiores à resistência do betão. (Aguiar *et al* 2006) Reações entre os alcalis e a sílica dos agregados, assim como as associações entre os aluminatos do cimento e os sulfatos de origem interna e externa, constituem as reações expansivas ocorridas em elementos de betão armado. (Amaral, 2013).

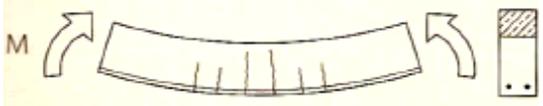
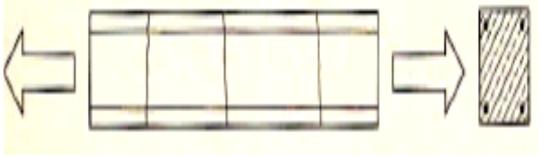
4.4.3.2. Deformações Excessivas

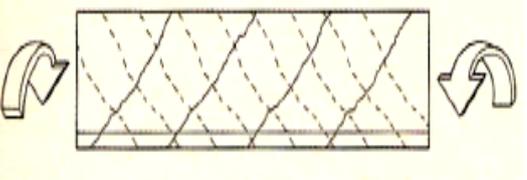
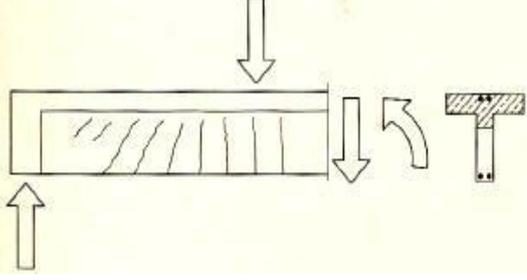
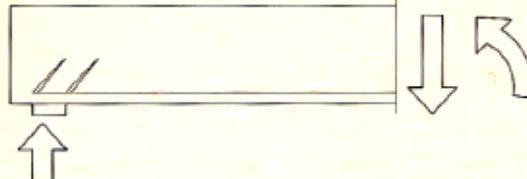
As lajes são os elementos de betão armado mais sujeitos a deformações excessivas, sendo que os casos anómalos estão associados, quase sempre ao funcionamento por flexão destes elementos. Porém, os efeitos secundários destas anomalias surgem nos elementos secundários não estruturais, como por exemplo as paredes de alvenaria de tijolo, uma vez que estas possuem resistências de deformações inferiores às lajes. Visto isto, as fissurações associadas às deformações excessivas em elementos de betão armado poderão ocorrer na base das paredes, principalmente nas zonas próximas do meio vão dos pavimentos.

O quadro 31 mostra as principais características e causas associadas aos diversos tipos de fendilhação nos elementos de betão armado.

Quadro 31 – Caracterização de vários tipos de fendilhação em elementos de betão armado. (Amaral, 2013)

Identificação		Causas Prováveis/Observações
Fendas de Retração	Por assentamento plástico	Ocorre devido à migração do ar e da água para a superfície do betão, devido à ação da gravidade.
	Por retração plástica	Ocorre quando a velocidade de secagem de água na superfície é superior à velocidade com que a água se difunde no interior do betão.
Fendas de origem térmica	Surgimento da anomalia a curto prazo, dias ou semanas após a concretização do elemento estrutural.	
Fendilhação por corrosão de armaduras	Anomalias com distribuição definida (posição dos varões), associada à cor acastanhada.	
	Primeiramente surgem nos cantos dos elementos estruturais, aumentando progressivamente a fendilhação longitudinal.	
Fendilhação por reações químicas	Fendas sem orientação preferencial e com um aspeto rendilhado.	
Fendilhação de Esforço Transverso	Fissuração inclinada em relação ao eixo da peça, ocorrendo em faces laterais e a meia altura dos elementos, junto aos apoios e em locais próximos da aplicação de cargas concentradas.	

Identificação	Causas Prováveis/Observações	Representação
Fendilhação por flexão pura	A direção das fissuras é perpendicular às armaduras.	
Fendilhação de tração pura	Fendas com desenvolvimento paralelo às cargas, apresentando-se com um espaçamento regular. Surgimento em locais com elevadas cargas concentradas.	

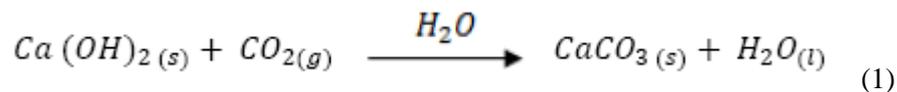
Fendilhação por torção	Fissuração inclinada em relação ao eixo da peça, ocorrendo na totalidade das faces dos elementos, apresentando um padrão helicoidal.	
Fendilhação por corte	Ocorre devido à aplicação de forças horizontais, relacionadas com elementos inclinados (coberturas).	
Perda de aderência	As fissuras formam-se nas zonas de amarração das armaduras.	

4.4.3.3. Corrosão de Armaduras

A composição do betão tem algumas particularidades que garantem uma excelente proteção para as respetivas armaduras, destacando-se dois factos, sendo que o primeiro passa pela camada de betão de recobrimento, constituir um impedimento direto à penetração de agentes externos ameaçadores às armaduras e o segundo facto é devido à elevada alcalinidade (valores de pH entre os 12 e 13) do betão, conseguido através dos compostos presentes no betão, tais como os hidróxidos de cálcio, potássio e sódio, fazendo com que o ambiente em torno das armaduras se mantenha passivo. (Amaral, 2013)

O processo de corrosão nas armaduras das peças de betão armado começa quando ocorre a despassivação das armaduras. (“A *passivação das armaduras ocorre aquando da existência de uma película protetora de óxidos e hidróxidos ferrosos na superfície do aço, o qual inibe o processo de corrosão*”) (Aguiar *et al* 2006). A corrosão das armaduras poderá estar associado ao fenómeno de carbonatação ou ao ataque de iões de cloreto nas armaduras. (Amaral, 2013)

O processo de carbonatação do betão armado é algo inerente a qualquer elemento constituído por este material que esteja inserido num meio contendo dióxido de carbono, logo este processo é difícil de evitar. O processo de carbonatação nos elementos de betão armado, consiste numa reação do dióxido de carbono com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), composto constituinte do betão, que levará à formação do carbonato de cálcio (CaCO_3), tal como é demonstrado na seguinte expressão (1):



O efeito da carbonatação os elementos de betão armado está diretamente relacionado com a deterioração progressiva dos mesmos, como é ilustrado na figura seguinte.

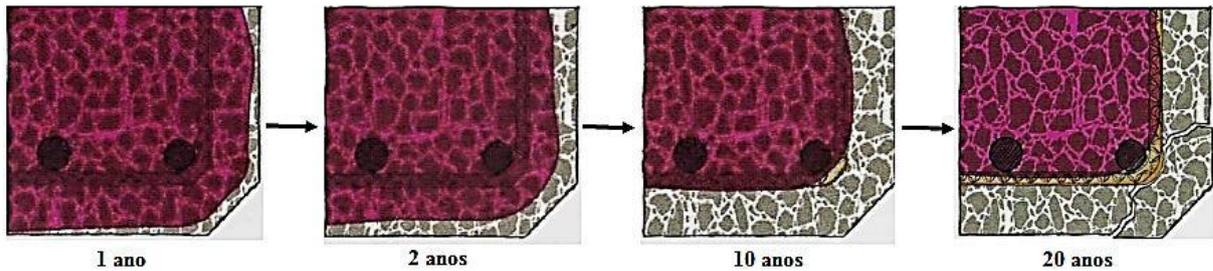


Fig. 39 – Representação da evolução da perda da alcalinidade do betão armado, da superfície para o interior, através do processo de carbonatação. A zona alcalina da seção (a cor-de-rosa) vai diminuindo, deixando os varões em risco de corrosão. Os tempos indicados variam, essencialmente, com a porosidade do betão (Cóias, 2006)

Em relação ao processo de corrosão dos elementos de betão armados, pela impregnação de iões de cloretos, poder-se-á dividir em três reações químicas distintas (Amaro, 2011):

1. Dissolução do ferro: $Fe + 3Cl^- \rightarrow FeCl_3 + 2e^-$
2. Redução do oxigénio: $\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$
3. Formação de hidróxido de ferro: $FeCl_3 + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 + 3Cl^-$

Numa primeira instância, os iões cloretos reagem com os iões de Ferro (Fe), que estão presentes na camada de passivação das armaduras, formando desta forma os Cloretos de Ferro ($FeCl_3$). Este último composto, conjuntamente com o hidróxido, formado através da redução do oxigénio, dá origem a um último composto do processo de corrosão das armaduras denominado por Hidróxido de Ferro ($Fe(OH)_2$). Além da libertação de iões cloretos e iões hidróxidos, também ocorre uma significativa redução de alcalinidade do meio interior do betão armado. (Amaral, 2013)

A evolução dos valores do coeficiente de difusão de cloretos é influenciada pela qualidade do betão, pelas condições a que este está sujeito, assim como ao tempo de exposição (Appleton, Costa, 1999). Os elementos de betão armado localizados em condições próximas de ambientes marítimos encontram-se em situações mais oportunas de sofrer problemas anómalos de corrosão de armaduras provenientes de ataques de cloretos. Como se pode observar na figura seguinte, o betão das fachadas de um edifício de habitação situado junto ao mar, apresenta-se seriamente degradado, sendo perceptíveis destacamentos pontuais e as armaduras expostas, com um acentuado nível de corrosão.



Fig. 40 – Fachada de um edifício localizado junto ao mar – Corrosão das Armaduras (PATORREB, 2016)

A utilização de areias inadequadas ou mal lavadas poderá ser outro fator a levar à corrosão das armaduras em estruturas de betão armado, visto que os íões cloreto poderão encontrar-se neste ligante do betão armado. Medidas como o recobrimento adequado das armaduras e a conservação superficial dos elementos construtivos em betão armado podem minimizar a influência da progressão da penetração dos cloretos nos elementos em questão (Amaral, 2013). Já a existência de fendas nas superfícies das estruturas de betão armado têm uma grande influência no progresso dos cloretos até às armaduras, contribuindo para a corrosão das mesmas. Segundo a NP EN 1992-1-1:2010 (Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão), as fissuras em betão armado com larguras compreendidas entre 0,20 a 0,40 mm, têm uma influência no que diz respeito à corrosão das armaduras bastante reduzidas, pelo que devem ser respeitados estes limites.

Por último, a principal advertência, resultante das reações que originam as corrosões de armaduras, é a formação de produtos de oxidação (ferrugem), que face ao aumento de volume em relação aos elementos que lhe deram origem, provocam a fendilhação e posterior delaminação do betão de recobrimento, como podemos observar na figura 41 (Aguiar *et al* 2006).

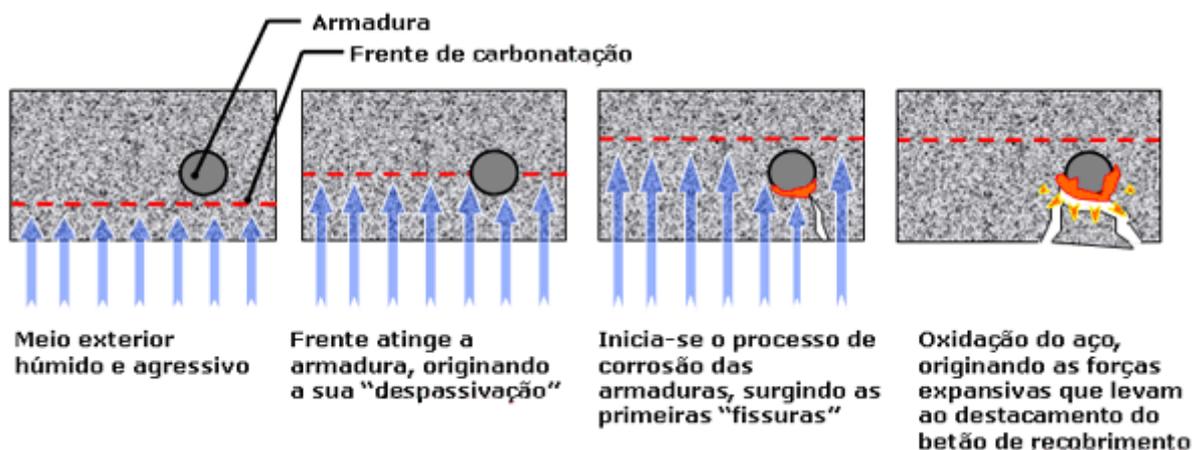


Fig. 41 – Processo de corrosão das armaduras em elementos de betão armado e consecutivo destacamento (PATORREB, 2016)

4.4.4. PAVIMENTOS

Os casos anómalos presentes em estruturas de pavimentos em edifícios recentes como lajes maciças e lajes nervuradas de betão armado encontra-se principalmente relacionadas com os efeitos de deformações, de delaminação do betão e corrosão deformação das armaduras. O quadro seguinte apresenta uma amostra das anomalias assim como das respetivas causas associadas às lajes maciças e nervuradas em betão armado. (Amaral, 2013)

Quadro 32 – Síntese das anomalias e das respectivas causas associadas às lajes maciças e nervuradas de betão armado. (Amaral, 2013)

Designação das Anomalias	Caracterização dos efeitos
Deformação acentuada	Fendas de compressão em paredes divisórias do piso inferior.
	Fendas na face inferior, ao nível do revestimento do teto ou da própria laje.
	Fendilhação em paredes divisórias assentes sobre o pavimento.
	Fendas na face superior em laje de betão armado, transversalmente às paredes divisórias do piso inferior.
Destacamento do betão de recobrimento	Diminuição de seção dos elementos de betão armado
Corrosão e deformação das armaduras.	Manchas acastanhadas

No que dizem respeito as anomalias com efeitos na deformação acentuada dos pavimentos, estas poderão ocorrer devido a erros durante as fases de projeto e de execução, assim como na fase de utilização. As alterações funcionais e das condições dos espaços dos edificadados e a deterioração dos materiais são as principais causas nas fases de utilização para o aparecimento de anomalias em lajes de betão armado.

4.5. ANOMALIAS NÃO ESTRUTURAIIS

As anomalias com caráter não estrutural podem ser definidas como aquelas que não apresentam risco para a atual estrutura ou seus componentes, mas apresentam exigências funcionais que comprometem a sua normal utilização durante o período de vida útil do elemento (Ferreira, 2010). “*Relacionam-se com a parte atingida, as funções que são afetadas, bem como a natureza dos materiais e técnicas de construção utilizadas, origem causas e períodos de ocorrência.*” (Gonçalves, 2004)

As anomalias de caráter não estrutural ocorrem sob formas bastante diversificadas, justificadas não só pela vasta e diversa multiplicidade de revestimentos e materiais que compõem os elementos construtivos, mas também pela não uniformidade das diversas técnicas de construção que são utilizadas pelos intervenientes no processo de construção.

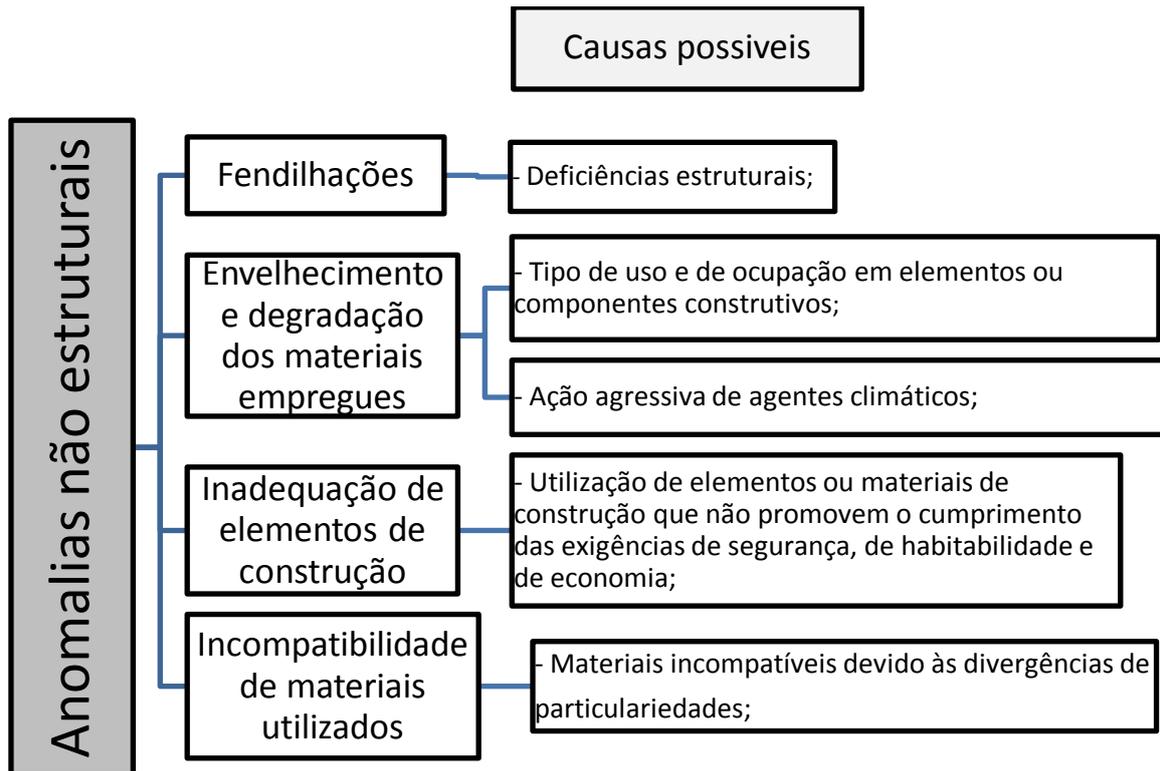


Fig. 42 – Representação das anomalias não estruturais e situações mais relevantes na generalidade dos edifícios (Aguiar *et al* 2006)

A maioria das anomalias não estruturais detetadas em edifícios tem origem direta ou indireta com a presença de água e no conseqüente humedecimento dos materiais, o que origina modificações indesejáveis das propriedades físicas dos materiais utilizados, potenciando casos anómalos. (Aguiar *et al* 2006)

Visto isto, neste subcapítulo denominado de anomalias não estruturais, dividir-se-á as anomalias em elementos primários, em elementos secundários e também nos diferentes tipos de revestimentos e acabamentos presentes nos mais diversos elementos construtivos.

4.5.1. ELEMENTOS PRIMÁRIOS

Neste subcapítulo, denominado por anomalias não estruturais, ir-se-á admitir que os elementos primários são todos os elementos de construção leves ou pesados, sem qualquer tipo de função estrutural e também sem qualquer tipo ou forma de revestimento ou acabamento superficial.

4.5.1.1. Paredes de Alvenaria

Ao longo dos anos, as alvenarias têm sido a solução construtiva mais utilizada para a construção do elemento parede, que tem como função, não só, dividir, compartimentar e definir os espaços interiores mas também proteger as construções dos ambientes exteriores. Porém, este elemento construtivo tem

registado o aparecimento de muitos casos anómalos a ele associado, uma vez que maior parte das paredes de alvenaria que não apresentam qualquer tipo de função estrutural, são esquecidas na atividade de projeto e na fase de execução (Gonçalves et al., 2008). Segundo Aguiar *et al.* (2006), poderão observar-se as seguintes anomalias em alvenarias de edifícios (Aguiar *et al.* 2006):

- Anomalias devido à ação da humidade;
- Fendilhação (limitada às paredes sem função estrutural);
- Envelhecimento e degradação dos materiais, não imputável à humidade.

4.5.1.1.1. Presença de Humidade

Segundo Aguiar *et al.* (2006) e pelos dados recolhidos dos casos de estudo apresentados no capítulo anterior, é perceptível que a humidade constitui a principal causa, seja de forma direta ou indireta, dos casos anómalos nos edificados, evidenciados na generalidade dos elementos construtivos. Porém uma grande parte destes casos anómalos manifestam-se com mais evidência nas paredes de alvenaria, as quais serão analisadas seguidamente.

A humidade pode-se manifestar, principalmente de seis formas distintas, sendo elas (Amaral, 2013):

- i) Humidade de construção;
- ii) Humidade do terreno;
- iii) Humidade de precipitação;
- iv) Humidade condensação;
- v) Humidade devida à higroscopicidade dos materiais;
- vi) Humidade devida a causas fortuitas.

i) HUMIDADE DE CONSTRUÇÃO

A grande maioria dos materiais utilizados atualmente na indústria da construção de edifícios, quer seja na fase de construção ou numa possível reparação futura, necessitam de água para a sua confeção, como é o caso dos betões, das argamassas ou da humidificação dos tijolos utilizados frequentemente na colocação e assentamento destes na execução das paredes de alvenaria (Henriques, 1994). Para além deste tipo de humidade proveniente da confeção e trabalhabilidade dos materiais de construção, acresce o facto que durante a fase de construção, os materiais podem ser ainda mais humedecidos devido a outras causas como por exemplo a precipitação. Se não existir um período de secagem aceitável dos materiais, surgirão anomalias nos mesmos, provenientes da água em excesso existente (Amaral, 2013).



Fig. 43 – a) Materiais não totalmente protegidos da chuva no estaleiro. b) Água introduzida nas paredes através do excesso de água nas argamassas. c) Molhagem excessiva do tijolo, na fase de assentamento, a evitar com a adoção de retentores de água nas argamassas. (Silva, 2009)

Define-se, então, por “humidade de construção” o excesso e humidade que os elementos de construção apresentam, no final da construção ou reparação, devido à forte introdução de água durante a sua execução (Silva, 2009).

As consequências diretas da manifestação deste tipo de patologia de humidade são a degradação do aspeto e das condições de conforto e salubridade, a expansão e o destacamento de certos materiais, em virtude da diminuição da temperatura superficial, assim com o aparecimento de manchas de humidade e de condensação, devido à influência que o humedecimento dos materiais têm sobre o valor da condutibilidade térmica dos mesmos (Amaral, 2013).

As medidas preventivas deste tipo de patologias passam por promover uma rápida secagem dos elementos construtivos, através de uma ventilação natural intensa. O recurso a aquecimento complementar não natural deve ser sempre associado à ventilação, de forma não produzir gases tóxicos ou vapor de água. A desumidificação e o aumento de temperatura são outras medidas preventivas para obtermos maior rapidez na secagem.

ii) HUMIDADE DO TERRENO OU ASCENSIONAL

A humidade ascensional em parede resulta da conjugação de três fenómenos, sendo eles a presença de água e de matérias porosas e ausência de um corte hídrico. A patologia humidade do terreno pode afetar todos os elementos em contacto com ela, assim como os outros elementos adjacentes. As paredes localizadas em pisos térreos ou nas caves das edificações têm mais probabilidades de ocorrência de fenómenos anómalos, devido a esta patologia, uma vez que as águas superficiais ou freáticas tendem a ser absorvidas e ascendidas pelo fenómeno de capilaridade. (Aguiar *et al* 2006). Os valores dos coeficientes de capilaridade dos materiais usados na indústria de construção são na maioria das vezes elevados, fazendo com que estes materiais, quando em contacto com a água ou solo húmido, fiquem sujeitos à ascensão capilar. A altura da ascensão da água que atinge as paredes depende da porometria dos materiais (quanto menor o diâmetro dos poros, maior a subida da água), da quantidade de água em contacto com a parede, das condições de evaporação e da espessura, orientação e época de construção da parede.

Desta forma, devido à ascensão capilar da água por capilaridade, os sais presentes no terreno e nos materiais de construção, são dissolvidos e transportados até aos níveis elevados das paredes. Consequentemente dá-se a evaporação da água e a cristalização dos referidos sais nas superfícies da parede, suscitando-se uma progressiva colmatação dos poros, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água dos materiais (Henriques, 1994). “*Os sais depositados nas superfícies propiciam a ocorrência de fenómenos de higroscopicidade onde poder-se-á originar a formação de eflorescências, de criptoflorescências ou de salitre.*” (Amaral, 2013)

Para além do aparecimento de manchas de humidade associadas a este tipo de patologia, podem ainda associar-se diversas anomalias como a deterioração dos materiais mais sensíveis à humidade, o destacamento dos revestimentos e ainda o desgaste dos materiais superficiais, devido à alternância dos ciclos de humedecimento e secagem.



Fig. 44 – a) Parede sujeita a fenómeno de humidade ascensional agravado pela impermeabilização parcial da face interior, com material cerâmico. b) Humidade ascensional em edifício de construção recente, proveniente de águas superficiais exteriores infiltradas através de deficiente desempenho da soleira. c) Humidade ascensional em edifício histórico, agravada pela existência de degrau exterior com inclinação para o lado da parede e não para o exterior. (Silva, 2009)

A eliminação do fenómeno de humidade do terreno ou ascensional, é uma das tarefas mais exigentes tecnicamente, e que resulta em processos muito intrusivo/destrutivos nas paredes de alvenaria. As técnicas de eliminação deste tipo de patologia são inúmeras, pelo que se apresentam de seguida algumas delas (Silva, 2009):

- Demolição da base da parede para interposição, por níveis, de bandas impermeáveis;
- Colmatação dos poros na base da parede, por impregnação com selantes adequadamente injetados, de forma controlada, numa sequência de furos a executar;
- Execução de furos de ventilação permanentes, na base da parede, que promovem a secagem da parede e desta forma impedem a ascensão da humidade.

iii) HUMIDADE DE PRECIPITAÇÃO

A ação da chuva sobre as paredes exteriores dos edifícios não constitui por si só, uma condicionante gravosa para este tipo de elementos construtivos. De facto, o que torna a ação da chuva muito gravosa para as paredes exteriores, é a incidência quase constante da presença do vento, que faz com que a trajetória da água passe a ter uma componente praticamente horizontal e quando tal acontece, as paredes ficam sujeitas a uma ação de humedificação que pode constituir um elevado risco de humedecimento dos seus paramentos interiores. Pode-se concluir disto, que a penetração da água da chuva nas paredes não teria qualquer tipo de problema se conseguíssemos garantir que ela não atingisse o seu paramento interior (Silva, 2009).

Com a quantidade de informação que dispomos hoje em dia, assim como a existência de normas para a execução de paredes a fim de garantir a estanquidade das mesmas, é injustificável o aparecimento deste tipo de anomalias nas construções recentes. Porém a realidade é diferente, e continuam a aparecer anomalias desta natureza em construções recentes, muito por culpa de deficiência de conceção/projeto, falta de aperfeiçoamento na fase de construção ou de falta de manutenção como por exemplo o aparecimento de fissuras ou a deterioração dos revestimentos.

Realça-se o facto que na fase de conceção/projeto de uma parede devem ter sido em conta alguns fatores como a localização geográfica, assim como a orientação da parede, com intuito de poderem ser devidamente avaliados os riscos de molhagem face à ação da chuva incidente (Silva, 2009).

Na fase de construção, a falta de aperfeiçoamento do detalhe é uma das razões mais correntes para o aparecimento casos anómalos, nomeadamente em paredes duplas com caixa-de-ar, como é possível observar na figura 45. Os grampos inclinados para o interior, os excessos de argamassa deixados na fase de construção, as caleiras obstruídas por resíduos sólidos ou a inexistência de uma rede de drenagem eficientes são exemplos de algumas causas de anomalias em paredes duplas com caixa-de-ar.



Fig. 45 – Algumas causas de anomalias em paredes duplas com caixa-de-ar

Para além dos locais mais propícios à entrada de água da chuva para o interior das paredes exteriores já demonstrados anteriormente, destacam-se outros locais com o mesmo nível de importância (Aguiar *et al* 2006):

- Envoltentes de caixilhos de janelas e de vãos de portas exteriores;
- Locais de remates em coberturas;
- Junta de argamassa de assentamento dos tijolos de alvenarias;
- Áreas desagregadas ou destacadas de revestimentos exteriores;
- Fendas nas paredes;
- Peitoris e cornijas fendilhados ou sem pendente adequada na sua face superior;
- Platibandas desprovidas de revestimentos de tardez e de capeamento estanque.

Através do contacto dos materiais com a água da chuva, o teor de água destes aumenta, proporcionado o aumento da respetiva condutibilidade térmica, dando-se fenómenos de condensação nos materiais humedecidos. Devido à posterior ação do vento que provoca uma secagem rápida dos materiais, poderá originar-se a ocorrência de condensações nestes, visto que se evidencia uma diminuição da temperatura superficial.

Visto isto, as anomalias associadas à humidade de precipitação manifestam-se através do aparecimento de manchas de humidade com dimensões variáveis nos paramentos interiores das paredes exteriores, em que nos locais mais propícios ao humedecimento dos materiais, é frequente notarem-se bolores, eflorações e criptoflorescências em paredes.

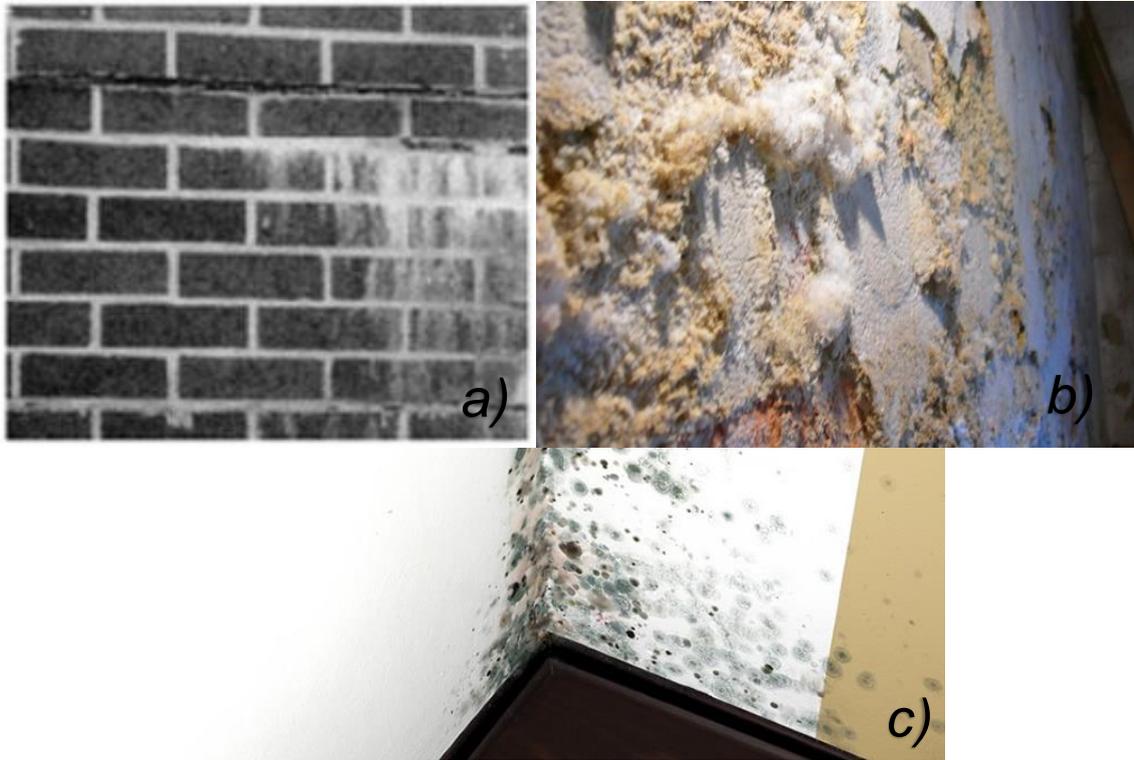


Fig. 46 – a) Eflorações em paredes de alvenaria. b) criptoflorescências. c) Bolores no paramento interior de uma parede. (Google, 2016)

iv) HUMIDADE DE CONDENSAÇÃO

As variáveis que afetam o conforto de um espaço edificado, dependem entre outras, da temperatura e da humidade do ar, sendo que a definição do nível de conforto de um espaço, está associado à forma como estas variáveis se associam (Rodrigues et al, 2006). “A quantidade de água máxima de vapor de água que o ar pode conter, designado limite de saturação, é limitada, variando na razão direta da temperatura.” (Henriques, 1994)

Segundo, Aguiar *et al.* (2006) a humidade de condensação provém do vapor de água existente no ar no ambiente interior dos edifícios, que se condensa nos elementos de construção confinantes com temperatura igual ou inferior ao ponto de orvalho correspondente à concentração do vapor de água. (Aguiar *et al* 2006) A temperatura de ponto de orvalho define-se pela temperatura abaixo da qual se verifica a condensação do vapor de água, contido no ar, ou seja, é a temperatura que para uma determinada quantidade de vapor de água do ar, corresponde a 100% de humidade relativa. No ponto de orvalho, a água passa do estado gasoso para o estado líquido. (Alves, 2008)

As condensações em paredes ou em outros elementos construtivos podem manifestar-se através das superfícies dos componentes construtivos (condensações superficiais) ou no interior dos componentes construtivos (condensações internas).

As condensações superficiais em paredes surgem, essencialmente do facto da temperatura superficial das paredes ser menor do que a temperatura do ar ambiente, provocando o aumento da humidade relativa da camada de ar que contacta com estes elementos construtivos, provocando desta forma condensações (Henriques, 1994). Este arrefecimento ocorre principalmente numa forma localizada junto a paramentos das paredes exteriores, em particular nas zonas de pontes térmicas, muito frequentes em elementos estruturais. Principalmente no Inverno as faces interiores das paredes exteriores encontram-se normalmente a uma temperatura inferior à do ar ambiente, dando-se nessas zonas condensações superficiais. (Henriques, 1994)

Desta forma, podemos atribuir a ocorrência de condensações superficiais em paredes aos seguintes fatores (Henriques, 1994):

- Condições de ocupação, que dependem da produção de vapor nas edificações;
- Falta de ventilação;
- Falta de isolamento térmico nas paredes que contactam com espaços mais frios;
- Temperatura ambiente interior.

A ocupação dos edifícios faz aumentar a humidade do ar ambiente interior, devido à produção de vapor de água originada pela respiração dos ocupantes, por atividades como o duche ou lavagens e secagens de roupas e até mesmo a presença de plantas dentro das habitações. Visto isto, é essencial retirar o excesso de vapor de água produzido no interior das habitações através de uma correta extração e ventilação dos espaços.

O isolamento térmico dos locais mais propícios à ocorrência de condensações também é um dos fatores cruciais na prevenção dos riscos de ocorrência de condensações, que deve ser conjugado com uma correta ventilação dos espaços interiores permitindo a renovação do ar interior.

No caso das condensações superficiais, as manifestações patológicas associadas à humidade de condensação poderão ser o aparecimento de manchas generalizadas ou localizadas de humidade ou de bolores, fenómenos de termoforese e a ocorrências de espetros “fantasmas” (Henriques, 1994)

No que diz respeito às condensações internas ou também denominadas por condensações no interior das paredes, estas ocorrem sempre que num determinado ponto, a pressão parcial do vapor de água que atravessa a parede por difusão, iguala a pressão de saturação correspondente à temperatura nesse ponto (Henriques, 1994). Nestas circunstâncias, os materiais que compõem as paredes de alvenaria sofrem alterações físicas tendo como consequências, em casos extremos, a própria degradação dos materiais.

No caso das condensações internas, as manifestações patológicas associadas à humidade de condensação não são visíveis, porém poderão reduzir as características dos materiais de construção, nomeadamente dos isolamentos térmicos (devido à diminuição da resistência térmica), originar o apodrecimento de matérias orgânicos, assim como o destacamento de materiais.

Contudo pode-se mencionar as três anomalias mais usuais, causadas pelo fenómeno de humidade de condensação, que são o aparecimento de manchas de bolores em pontes térmicas, o surgimento de manchas escuras em paramentos exteriores de parede causados por fenómenos de termoforese e o aparecimento de espetros de juntas superficiais interiores de paredes exteriores (Amaral, 2013). Na figura 47, podemos observar algumas destas.

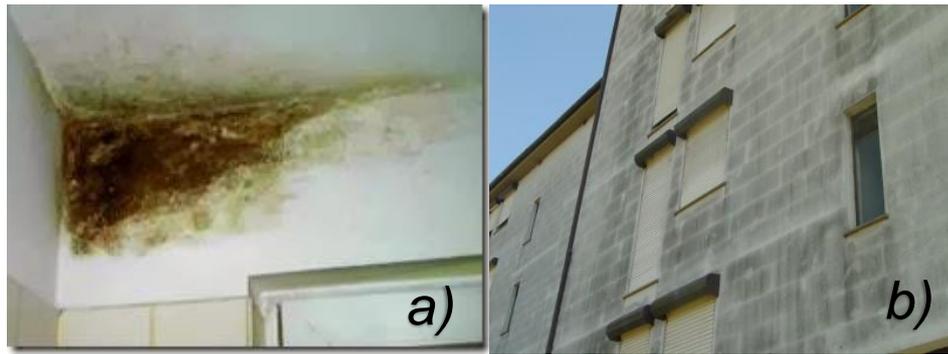


Fig. 47 – a) Aparecimento de manchas de bolores em locais de pontes térmicas. b) Efeito Termoforese em paredes exteriores. (Google, 2016)

Uma ponte térmica é, segundo a EN-ISO 10211 toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada. Esta alteração pode ser causada pela presença de materiais com diferentes condutibilidades térmicas ou por modificações na geometria envolvente, como por exemplo é o caso das ligações entre diferentes elementos construtivos (Oliveira, 2007). Um exemplo comum que ocorre na maioria das construções, é a interface entre os elementos de alvenaria de tijolo e o betão armado, que devido a diferentes condutibilidades térmicas entre estes materiais (os tijolos possuem um coeficiente de condutibilidade inferior ao betão armado), originará uma discrepância significativa nos valores de resistência térmica dos mesmos, proporcionando uma diminuição da temperatura superficial, em locais com uma resistência térmica reduzida, como é o caso dos elementos de betão armado, e a consequência deste processo é o aparecimento e formação de manchas de humidade e bolores nestes mesmos locais.

O fenómeno de espectro de juntas ou “fantasmas” em paredes é outro tipo de anomalias causadas pela humidade de condensação que também se manifesta em locais de pontes térmicas. Este tipo de anomalia poder-se-á observar em paredes exteriores dos edifícios – efeito termoforese, ou nos paramentos interiores das paredes exteriores – espectro de juntas interiores. Segundo o autor Aguiar *et al.* (2006), o efeito de termoforese consiste na formação de manchas escuras em zonas de paramentos exteriores devido ao depósito de poeiras e à retenção destas pela humidade de condensação. (Aguiar *et al.* 2006) Por fim, o fenómeno “fantasmas” em paredes acontece devido à criação de pontes térmicas diferenciadas entre os tijolos e as argamassas provocados pelas diferentes resistências térmicas entre estes materiais que originam diferentes temperaturas superficiais nas paredes (temperaturas inferiores nos locais das juntas das argamassas). Uma das formas utilizadas de atenuar o aparecimento deste fenómeno passa por diminuir a espessura das juntas de argamassa.

V) HUMIDADE DEVIDA A FENÓMENOS DE HIGROSCOPICIDADE

Observa-se frequentemente no interior das paredes, uma diversidade de sais solúveis na água, provenientes dos muitos materiais presentes na construção. Estes sais, por si só não constituem qualquer tipo de prejuízo ou anomalia às paredes. O problema acontece, quando estes sais se dissolvem com a água, acompanhando-a na sua migração até à superfície, onde os sais cristalizam, depois da evaporação da água, dando origem a fluorescências (cristalização dos sais à superfície) ou criptoefluorescências (cristalização dos sais sob o revestimento das paredes) (Silva, 2009). Os sais mais comuns que estão associados a este tipo de patologia são os sulfatos, os carbonatos, os cloretos, os nitritos e nitratos, sendo que os dois primeiros não são higroscópicos.

Entre estes sais, aqueles que são higroscópicos, dissolvem-se quando a humidade relativa do ar se eleva acima de valores dos 65-75% e voltam a cristalizar quando a humidade relativa do ar torna a baixar. Neste ciclo de cristalização dá-se um considerável aumento de volume (Silva, 2009).

“A presença destes sais, que não é eliminada quando desaparece a humidade que provocou a sua migração até à superfície, vai provocar o humedecimento das superfícies por adsorção da humidade do ar e causar degradações resultantes do aumento de volume que irá acompanhar cada cristalização. Ao longo de um dia pode haver tal variação da humidade relativa do ar que podem ocorrer vários ciclos de dissolução-cristalização.” (Silva, 2009)

O fenómeno de higroscopicidade origina anomalias que se manifestam através do aparecimento de manchas de humidade, nos locais com mais probabilidade de concentração de sais higroscópicos e pela destruição e destacamento dos revestimentos das paredes, devido à forte concentração desses sais.

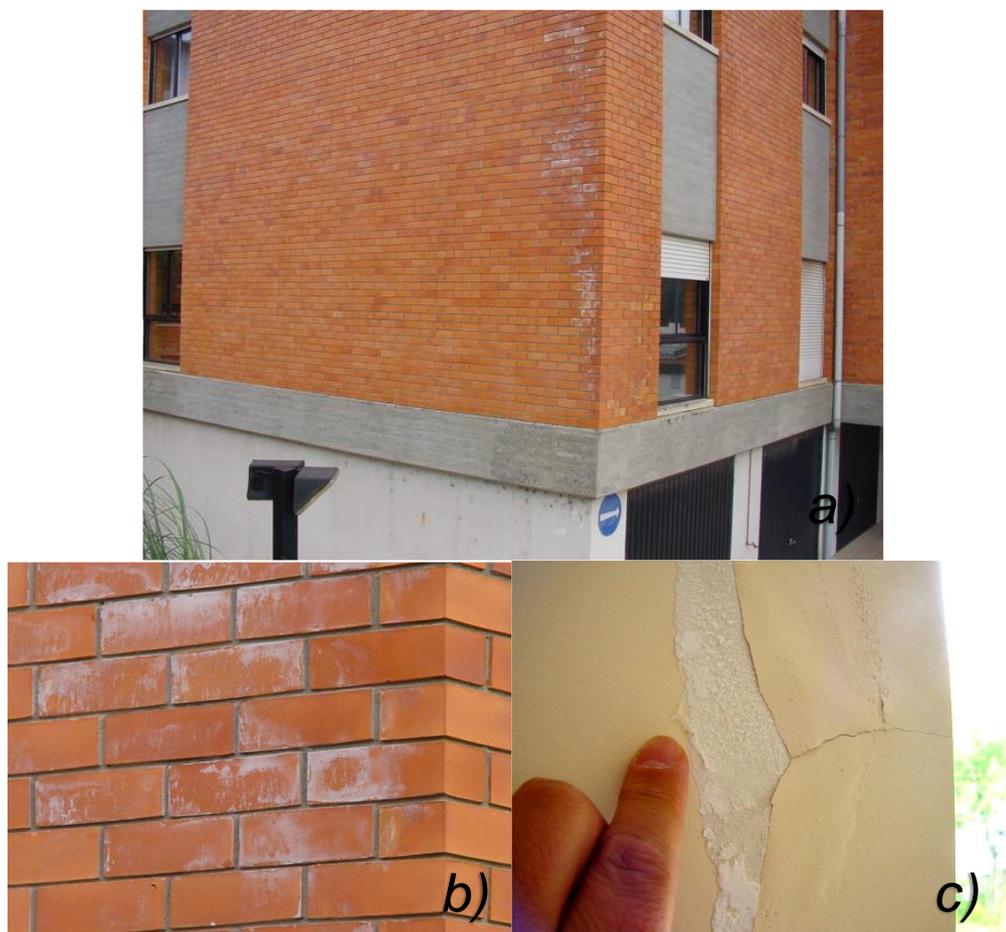


Fig. 48 – a) Eflorescências em cunhal de edifício com tijolo face-à-vista depois de Inverno muito severo. b) Pormenor da formação de eflorescências sobre tijolo-à-vista. c) Formação de criptoflorescências em parede rebocada e pintada, sujeita a infiltrações.

vi) HUMIDADE DEVIDA A CAUSAS FORTUITAS

Os casos anómalos decorrentes da humidade devida a causas fortuitas poderão estar associadas às seguintes circunstâncias (Aguiar *et al* 2006):

- Derrames verificados nas instalações de distribuição ou drenagem de água, por causa da perda de estanquidade das canalizações ou dos seus acessórios (torneiras, válvulas, etc);
- Inundações provocadas pelo descuido de torneiras abertas;
- Atividades inadequadas de limpeza/lavagem de pavimentos, como o recurso excessivo de quantidades de água;
- Infiltrações para compartimentos interiores, em locais próximos da cobertura, devido ao entupimento de caleiras ou tubos de queda.

As figuras seguintes evidenciam alguns casos anómalos, derivados deste tipo de humidade.



Fig. 49 – a) Infiltração localizada e fortuita, por acidente na vedação/estanquidade de tubo de queda. b) Infiltrações (de dentro para fora) em bateria de balneários desportivos com rotura de canalizações ou acessórios não estanques. c) Infiltração pontual e fortuita por deficiência da fixação do tipo de queda à parede.

A estratégia de reabilitação deste tipo de anomalias passa pela reparação ou substituição dos equipamentos ou canalizações que dão origem às infiltrações, seguindo-se uma secagem, saneamento e reparação dos revestimentos afetados.

4.5.1.1.2. Fendilhação

São várias as causas que suscitam o aparecimento e manifestação da fissuração nas paredes, sendo que estas podem ser descritas em função da sua localização na parede, da sua orientação, extensão e abertura e pelo diâmetro e características da malha da fissuração. (Aguiar *et al* 2006) De seguida apresenta-se cada uma das características relevantes de cada tipo de fendilharão consoante as condições de origem:

- i) Fissuras causadas por movimentações térmicas;
- ii) Fissuras causadas por movimentações higroscópicas;
- iii) Fissuração causada pela atuação excessiva de cargas;
- iv) Fissurações causadas por deformação excessiva da estrutura de suporte das alvenarias;
- v) Fissuras causadas por assentamentos de apoio;
- vi) Fissuras causadas pela retração das estruturas de betão armado.

i) FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES TÉRMICAS

Os elementos e componentes construtivos estão sujeitos à variação diária e sazonal da temperatura ambiente, desenvolvendo-se por este motivo uma variação dimensional dos materiais de construção, quer por dilatação ou contração, a qual provoca movimentos nos mesmos (Pereira, 2005). Porém, quando existem restrições de movimentos dos materiais de construção, promove-se o aparecimento de fissuras, provenientes da manifestação de tensões que ultrapassam a capacidade de resistência dos materiais envolvidos.

São vários os fatores de que as deformações causadas por origem térmica dependem, sendo que as mais que se destacam são (Aguiar *et al* 2006):

- Gama de variação da temperatura (valores extremos de variação de temperatura);
- Temperatura inicial dos materiais de alvenaria;
- Teor de água inicial dos materiais de alvenaria;
- Efeito da restrição exercida sobre as paredes de alvenaria pelos elementos confinantes.

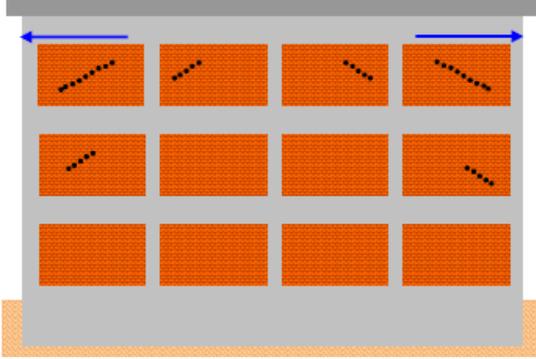
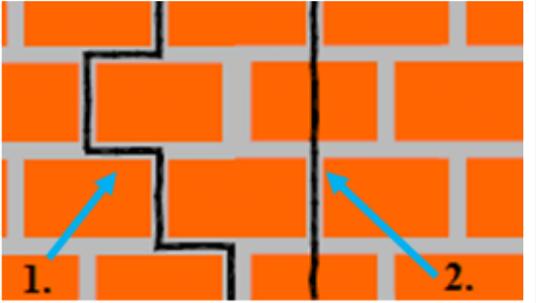
Porém, as fissuras de origem térmica poderão surgir pelas movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema ou em locais distintos de um mesmo material (Pereira, 2005). De seguida apresentam-se as principais razões das movimentações diferenciadas (Pereira, 2005):

- Diferentes coeficientes de dilatação térmica na ligação de materiais, sujeitos às mesmas condições de variação de temperatura;
- Exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais;
- Gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente.

Segundo o autor Pereira (2005), situações em que um material de alvenaria é submetido a uma variação de temperatura igual ou superior a 38°C, num período reduzido de tempo, poderão originar fissurações e degradações sob o efeito de choques térmicos. Os materiais com características de uma elevada condutibilidade térmica e com baixo módulo de deformação apresentam valores mais elevados de resistência aos choques térmicos como podemos observar no quadro 33.

Quadro 33 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas por movimentações térmicas. (Pereira, 2005)

Designação	Localização	Observações	Representação
Fissurações provocadas por movimentações térmicas	Vinculação das lajes de cobertura com paredes de sustentação.	A dilatação plana das lajes e a encurvadura provocada pelo gradiente de temperatura introduzem tensões de tração e de corte nas paredes das edificações. Fissuração bem definida, paralela ao comprimento da laje de cobertura.	

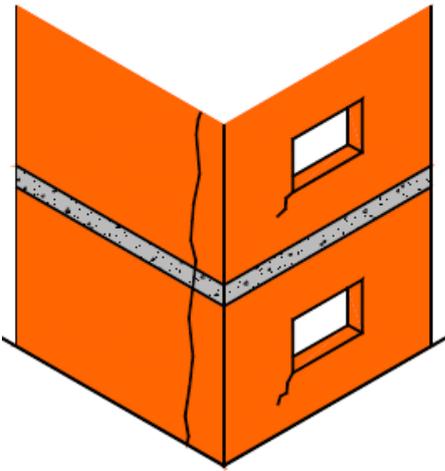
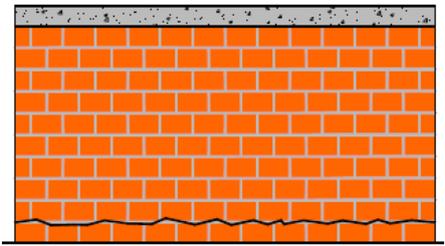
	<p>Estruturas de betão armado adjacentes a paredes de alvenaria.</p>	<p>Movimentação térmica de estruturas de betão armado (vigas, pilares) pode causar destacamentos entre as alvenarias e o reticulado estrutural, e fissuras de corte nas extremidades das alvenarias.</p>	
	<p>Muros e paredes de alvenaria</p>	<p>Diferença de valores de coeficiente de dilatação térmica entre as juntas de argamassa e os blocos de alvenaria.</p> <p>Se resistência à tração dos componentes de alvenaria for superior à resistência à tração da argamassa ou à tensão de aderência argamassa/blocos sucede-se fissurações nas juntas de argamassa (1.), caso contrário presencia-se fissurações verticais (2.).</p>	

ii) FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS

As mudanças higroscópicas provocam alterações e variações dimensionais nos materiais porosos que fazem parte dos elementos e componentes da construção, em que a expansão e contração dos materiais depende do aumento ou diminuição do teor de humidade presente nestes (Pereira, 2005).

A variação e a intensidade destes movimentos depende das propriedades de cada material, assim como do grau de exposição à humidade, da capacidade de acomodação aos movimentos que é inversamente proporcional ao módulo de deformação da alvenaria e do grau de restrição imposto às movimentações, que poderão desenvolver tensões consideráveis na alvenaria, tendo como consequência a fissuração desta, como é possível observar no quadro 34. (Pereira, 2005)

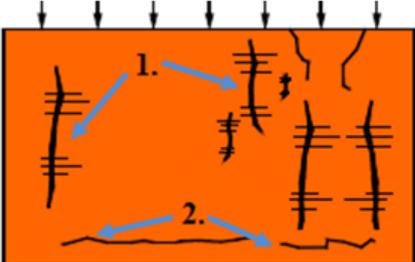
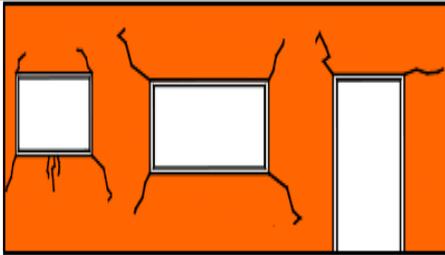
Quadro 34 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas por movimentações higroscópicas. (Pereira, 2005)

Designação	Localização	Observações	Representação
Fissurações provocadas por movimentações higroscópicas	Paredes de alvenaria muito longas, onde não foram projetadas juntas de movimentação	Ocorrência de fissuras verticais que poderão ocorrer de forma regular no corpo das paredes ou em cunhais dos edifícios.	
	Base de paredes. Paredes pouco carregadas.	Ocorrência de fissurações horizontais em base da alvenaria por movimentações higroscópicas diferenciadas, onde as fiadas inferiores (com um elevado teor de humidade), apresentam uma maior expansão em relação às fiadas superiores.	

iii) FISSURAS CAUSADAS PELA ATUAÇÃO EXCESSIVA DE CARGAS

Além da manifestação de fissuras em paredes de alvenaria com carácter estrutural, a solicitação externa de cargas excessivas, também poderá provocar a fissuração de componentes ou elementos de paredes de alvenaria sem carácter estrutural, como mostra e explica o quadro 41 (Amaral, 2013).

Quadro 35 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pela atuação excessiva de cargas verticais. (Pereira, 2005)

Designação	Localização	Observações	Representação
Fissuração causada pela atuação excessiva de cargas	Em tramos contínuos de alvenarias, solicitadas por sobrecargas uniformemente distribuídas.	Fissuras verticais provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria (1.). Fissuras horizontais, provenientes da rutura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda, de solicitações de flexão axial da parede (2.).	
	Nos painéis de alvenaria onde existem aberturas.	Ocorrência de fissuras a partir dos vértices de janelas e portas e sob o peitoril de janelas.	

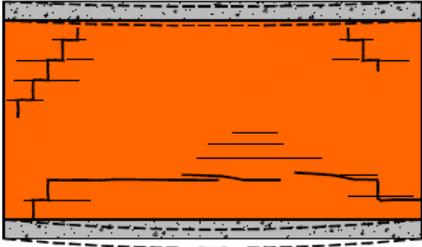
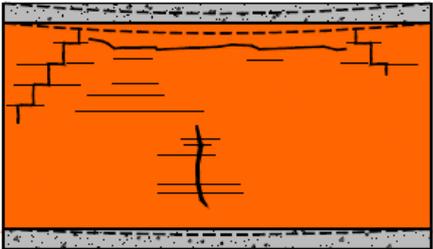
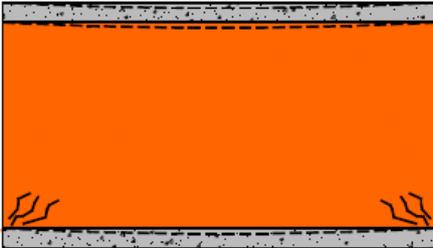
iv) FISSURAÇÕES CAUSADAS POR DEFORMAÇÃO EXCESSIVA DA ESTRUTURA DE SUPORTE DAS ALVENARIAS

As lajes e vigas são elementos estruturais que se deformam naturalmente sob ação do peso próprio, das diversas cargas permanentes e acidentais e também sob o efeito da retração e da deformação lenta do betão (Pereira, 2005).

Em condições quase permanentes e segundo a NP EN 1992-1-1:2010 (Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão), a tolerância para a flexa de lajes, vigas e consolas é de $L/250$, onde em situações posteriores de construção, para flexas superiores a $L/500$ poderá ocorrer danos em elementos adjacentes aos elementos estruturais considerados (Amaral, 2013).

Apesar de não se verificarem qualquer alteração na estética, na resistência e na estabilidade dos elementos estruturais, em circunstâncias de cumprimento dos valores regulamentares referidos, o mesmo não poderá ser afirmado para a capacidade de deformação das paredes adjacentes, uma vez que a capacidade de deformação das paredes de alvenaria é muito inferior à dos elementos de betão armado. Visto isto é recorrente ocorrerem fissuras de várias naturezas nas alvenarias, como podemos observar no quadro 36, causadas pela deformação (ainda que regulamentar) das estruturas de betão armado. Estas fissuras nos elementos de alvenaria poderão suscitar deficiências na estética, no isolamento acústico, assim como nas condições de estanquidade do ar e da água da chuva.

Quadro 36 – Representação das particularidades principais das fissuras causadas por deformação excessiva da estrutura de suporte. (Pereira, 2005)

Designação	Localização	Observações	Representação
Fissurações causadas por deformação excessiva da estrutura de suporte	Para paredes de vedação sem aberturas de portas e janelas	<p>O componente de apoio deforma-se mais que o componente superior.</p> <p>Surgem fissuras inclinadas nos cantos superiores da parede, oriundas do carregamento não uniforme da viga superior sobre o painel. Na parte inferior do painel normalmente surge uma fissura horizontal.</p> <p>Nas situações que o comprimento da parede é superior à sua altura, surge o efeito de arco e a fissura horizontal desvia-se em direção aos vértices inferiores do painel.</p>	
		<p>O componente de apoio deforma-se menos que o componente superior, onde a parede comporta-se como viga, resultando fissuras semelhantes àquelas apresentadas para o caso de flexão de vigas de betão armado.</p>	
		<p>O componente de apoio e o componente superior apresentam deformações aproximadamente iguais. Nessa circunstância a parede é submetida principalmente a tensões de corte, comportando-se o painel de maneira semelhante a vigas de betão deficientemente armadas ao esforço transversal. As fissuras</p>	

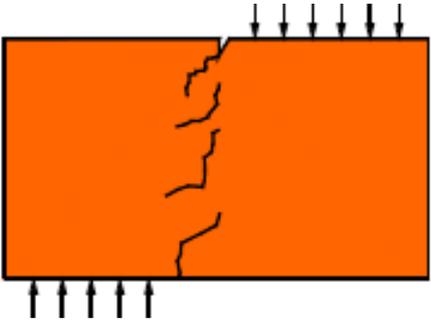
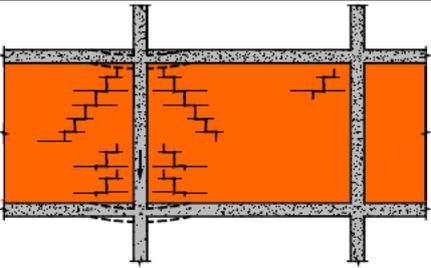
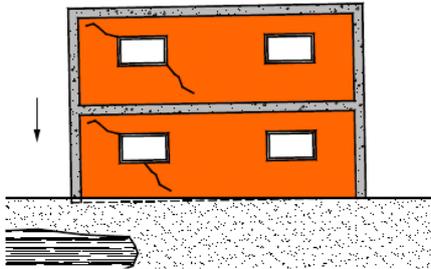
		iniciam-se nos vértices inferiores do painel, propagando-se aproximadamente a 45°.	
	Regiões em balanço de vigas.	Deformação da viga devido à insuficiência de rigidez estrutural. Aparecimento de fissuras de corte na alvenaria e/ou o destacamento entre a parede e a estrutura.	

V) FISSURAS CAUSADAS POR ASSENTAMENTOS DE APOIO

A heterogeneidade dos solos de fundação e as potenciais cargas externas são os fatores que mais contribuem para os assentamentos/deformações em maior parte dos solos de fundação. Estes assentamentos/deformações originam tensões de grande intensidade na estrutura dos edifícios, tendo como consequência, em alguns casos, o aparecimento de fissuras. Visto isto, o comportamento de um edifício mediante a ocorrência de assentamentos diferenciais depende de interações de grande complexidade entre a sua superestrutura, a estrutura da fundação e do solo de suporte (Pereira, 2005).

Frequentemente, as fissuras originadas por assentamentos diferenciais são inclinadas, confundindo-se às vezes com fissuras provocadas por deformações de caráter estrutural. No quadro seguinte poder-se-á observar as principais particularidades das principais fissuras em paredes de alvenaria com origem em assentamentos de apoios.

Quadro 37 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pelo assentamento de apoio. (Pereira, 2005)

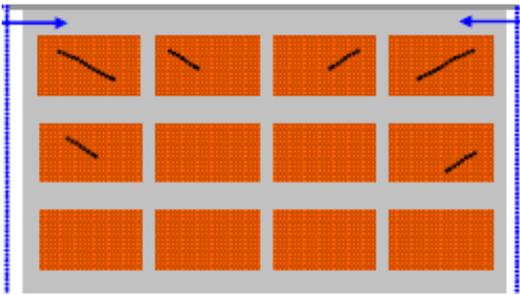
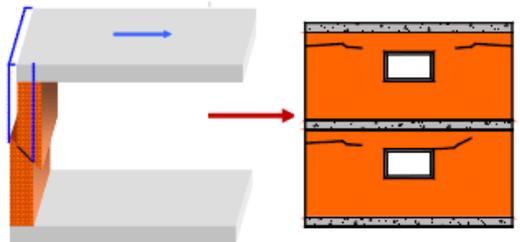
Designação	Localização	Observações	Representação
Fissurações causadas pelo assentamento de apoio.	Paredes sob fundações contínuas solicitadas por carregamentos não uniformes.	Surgimento de aberturas geralmente maiores inclinando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior assentamento. Presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de corte que as provocaram. O tramo mais carregado apresenta maior assentamento.	
	Edifícios com estrutura reticulada.	Fissuração por tração diagonal das paredes de vedação. Inclinação das fissuras na direção do pilar que sofreu maior assentamento.	
	Parede elevadas ou sob o solo de fundação heterogêneo.	Surgimento de fissuração inclinada a partir dos cunhais de aberturas.	

vi) FISSURAS CAUSADAS PELA RETRAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

A retração do betão consiste num fenómeno que decorre da secagem do betão e da hidratação do ligante deste, que se traduz na redução de volume das peças de betão simples ou armado. Por vezes as tensões originadas por este fenómeno são tao elevadas que originam fissuras nas estruturas de betão. Estas fissuras oriundas da retração são caracterizadas pela sua diversidade de configuração, em que as forças horizontais resultantes da retração de vigas superiores poderão produzir nas paredes de alvenaria dos vãos dos pórticos, tensões de corte, que em circunstâncias extremas dão origem a fissuras, como ilustra o quadro 38 (Pereira, 2005).

Este fenómeno também é corrente em lajes de betão armado, originando fissuras significativas nas paredes de alvenaria que se encontram solidárias às componentes estruturais em questão, como é ilustrado no quadro 38.

Quadro 38 – Representação das particularidades principais das fissuras provocadas pela retração de estruturas e lajes de betão armado. (Pereira, 2005)

Designação	Localização	Observações	Representação
Fissurações em paredes de alvenaria provocadas pela retração de estruturas de betão armado	Vinculação de elementos de estrutura reticulada de betão armado com paredes de alvenaria.	Surgimento de tensões de corte nas paredes de alvenaria. Fissuração inclinada nas extremidades das paredes de alvenaria.	
Fissuração em paredes de alvenaria provocadas pela retração de lajes de betão armado.	Paredes solidárias a lajes de betão armado. Paredes de andares intermédios.	Ocorrência de fissurações horizontais sob a laje. Ocorrência de fissurações em cantos superiores de caixilhos.	

4.5.1.2. Pavimentos

A maior parte dos pavimentos dos edifícios, encontram-se principalmente sujeitas à ações de humidade do terreno, de condensação e de precipitação. A humidade do terreno poderá afetar os pavimentos dos pisos térreos assentes sobre o terreno, e os pavimentos de caves, quando não são tomadas todas as medidas adequadas para impedir o acesso deste tipo de humidade aos pavimentos referidos. A não colocação de materiais impermeáveis na composição dos pavimentos, assim como a não criação de condições para uma ventilação em caixa-de-ar sob o pavimento térreo, são alguns dos erros cometidos pelos intervenientes do processo construtivo, tando na fase de conceção e projeto, como na fase de construção.

Por sua vez, as manifestações de humidade de precipitação e de condensação são igualmente frequentes em pavimentos térreos ou elevados, embora a humidade de condensação seja menos assídua nestes elementos construtivos (Aguiar *et al* 2006).

As manifestações destes tipos de humidades nos pavimentos têm como principal consequência a deterioração e o destacamento dos revestimentos que fazem parte dos pavimentos, sendo que tais anomalias não estruturais serão descritas e analisadas mais à frente neste presente capítulo.

4.5.1.3. Coberturas

As coberturas devido à sua elevada exposição são um dos elementos construtivos mais afetados pela ação de agentes atmosféricos e desempenham um papel importante na proteção dos edifícios contra a penetração da humidade e da água das chuvas (Garcez, 2009).

É evidente que as principais anomalias que se poderão observar, tanto em coberturas planas ou inclinadas, estão associadas a fenómenos de humidade, onde as ocorrências que induzem maior risco estão associadas à humidade de precipitação e de condensação (Aguiar *et al* 2006). Tal como nos pavimentos, as anomalias não estruturais em coberturas, manifestam-se nos respetivos revestimentos, sendo que serão apresentadas e analisadas, posteriormente no presente capítulo.

4.5.2. ELEMENTOS SECUNDÁRIOS

Neste subcapítulo, denominado por anomalias não estruturais, ir-se-á admitir que os elementos secundários são todos os elementos de construção mais leves que os elementos primários que, uma vez assentes nestes últimos, complementam as necessidades de comunicação e compartimentação do edifício no sentido lato (Aguiar *et al* 2006).

4.5.2.1. Vãos envidraçados e caixilhos

Os materiais mais frequentemente utilizados na construção de caixilhos de portas e de janelas são o alumínio e o PVC (Policloreto de vinilo). Segundo Santos (2012), estima-se que no mercado português, 70% dos caixilhos correspondem ao alumínio como material de construção utilizado, em contraste com o PVC, que representa apenas 10% deste tipo de mercado (Santos, 2012). Estas percentagens podem ser explicadas pelas particularidades e vantagens de cada um dos materiais. O alumínio, metal não ferroso, apresenta um comportamento muito bom no que diz respeito à resistência mecânica, à sua leveza e a agentes biológicos, reciclabilidade e também quanto à sua durabilidade. A anodização e termolacagem são dois processos de tratamento de superfície de caixilhos de alumínio, em que o primeiro – anodização – consiste na criação de uma camada superficial de óxido de alumínio através de um processo eletroquímico e o segundo – termolacagem – consiste na proteção do alumínio com uma película de polímero termoendurecível (Torres, 2009).

Por sua vez, o PVC (policloreto de vinilo) é um material sintético que apresenta uma excelente relação custo / benefício e tem tido uma importância cada vez maior na qualidade de vida da sociedade moderna (Torres, 2009). O PVC é uma material ainda mais leve do que o alumínio, é resistente à ação de fungos e bactérias, bom isolante térmico e é um material reciclável.

Apesar de todos os benefícios apresentados anteriormente para os materiais mais utilizados na fabricação de caixilhos, existem uma diversidade de anomalias, nestes elementos secundários. Devido ao facto de a caixilharia traduzir-se num elemento de fronteira entre o ambiente interior e exterior, a manifestação de condensações nestes elementos é bastante frequente (Torres, 2009). As manifestações de condensações poderão surgir tanto nas superfícies externas, internas ou no interior da caixa-de-ar dos vidros múltiplos. A figura 50 e a tabela 39 mostram alguns exemplos de anomalias em caixilhos de alumínio e de PVC.

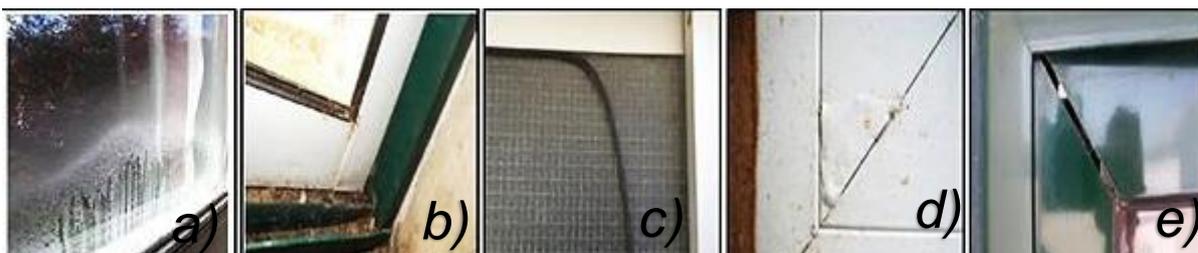


Fig. 50 – a) Condensação interior em vidros duplos (Santos, 2012). b) Acumulação de detritos em calhas (Vicente, 2012). c) Descolamento de cordão de estanqueidade mal colocado (Vicente, 2012). d) Empolamento da lacagem (Santos, 2012). e) Deformações de juntas entre caixilhos (Vicente, 2012).

Quadro 39 – Anomalias mais comuns em caixilharias de edifícios recentes e as suas possíveis causas. (Santos, 2012) (Torres, 2009) (Vicente, 2012)

Anomalias		Causas
Condensações	Condensações no exterior dos vidros.	Insuficiente ventilação.
		Elevada humidade ambiente.
Isolamento térmico insuficiente.		
Condensações	Condensações no interior dos vidros múltiplos.	Deficiência de fabrico.
		Perda de estanquidade de lâmina de ar.
Descolamentos	Descolamento / Ausência de cordões de estanquidade.	Ação química ou biológica.
		Ausência de preparação da superfície.
Despreendimentos	Desprendimento ou ausência de peças.	Ação mecânica.
Ausência de peças		Material de deficiente qualidade.
Deformações	Distorções e empenos.	Variações de temperatura e humidade.
	Dilatações.	
	Mossas.	Insuficiência/ má distribuição de fixações na envolvente. Vidros mal calçados.
Folgas/frestas	Folgas entre aro e vão/folha.	Utilização incorreta.
	Desnivelamento entre folhas.	Deficiências no processo de montagem.
	Juntas Abertas/Frestas.	Desgaste de peças.
Elementos danificados	Vidros Quebrados.	Ação do vento (pressão ou sucção).
		Deformações das estruturas.

		Impacto acidental.
		Calceamento deficiente.
	Dobradiças ausentes ou danificadas, Mecanismos de fechos ausentes ou danificados.	Ausência de manutenção. Deficiente montagem.
Acumulação de detritos	Acumulação de detritos, sujidade ou colonização biológica.	Ausência de limpeza corrente.
Degradação	Degradação do revestimento/acabamento.	Utilização incorreta. Corrosão.
	Degradação dos materiais dos caixilhos.	Ação atmosférica.
Infiltrações	Infiltrações de água.	Folgas incorretas entre o aro e o vão.

Para além de todas as anomalias referencias anteriormente nas caixilharias dos edifícios, ainda é possível encontrar anomalias em mástiques (quadro 40), em cordões de estanquidade (figura 50 c)), deposição de detritos, sujidade e colonização biológica em componente de caixilhos (figura 50 b)) e degradação, desgaste e deformações nos materiais de caixilhos. Estas anomalias são causadas devido a fatores de localização, biológicos e físico-químicos (Amaral, 2013).

Quadro 40 – Principais causas de deterioração das mástiques. (Santos, 2012)

Agentes de deterioração	Efeitos
Temperatura	Efeito de retração e/ou endurecimento ou desenvolvimento de deformação.
Água	Através das ações físicas, químicas ou corrosivas, a água poderá provocar: erosão, dissolução, endurecimento, perda da aderência por corrosão, infiltrações, formação de bolhas, entre outras.
Sol	Os raios ultravioletas podem provocar degradação química e alteração da cor.
Químicos	A ação dos gases atmosféricos e/ou dos produtos de limpeza pode provocar transformações químicas.
Microrganismos	Os microrganismos podem provocar descolorações
Movimentos de junta	Devido às variações dimensionais da junta, desenvolve-se a deformações de tração ou de compressão que o podem levar à descolagem ou rotura.
Deterioração mecânica	Deteriorações provocadas pelas aves ou mesmo atos de vandalismo.

Outra anomalia com relevância, associada aos caixilhos consiste na insuficiência de estanquidade da água, devido a folgas entre o aro e o vão, esquadrias erradas e conceção defeituosa do sistema de evacuação de águas, que poderão originar infiltrações para o interior das edificações (Santos, 2012).

4.5.3. REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS

O presente subcapítulo denominado por revestimentos e acabamentos, com intuito de uma melhor perceção dos temas será dividido em revestimentos de paredes e tetos, revestimentos de pisos e revestimentos de coberturas

4.5.3.1. Revestimentos paredes e tetos

A diversidade de revestimentos e acabamentos de paredes e tetos é extensiva, como tal, poder-se-á observar situações distintas e comuns entre os mais diversos revestimentos empregues nos elementos de construção em análise. Os revestimentos podem ser classificados em revestimentos de estanquidade, revestimentos de impermeabilização, revestimentos de isolamento térmico pelo exterior e revestimentos decorativos (Pereira, 2008). Visto isto, será efetuada uma divisão dos revestimentos das paredes e tetos da seguinte forma:

- i) Rebocos;
- ii) Revestimentos por pinturas;
- iii) Revestimentos cerâmicos;
- iv) Revestimentos de pedra.

i) REBOCOS

Designa-se por reboco, as argamassas de revestimento das paredes, que consistem numa mistura de um ou mais ligantes, agregados e eventualmente adições e/ou adjuvantes (Flores-Colen, 2012). Os rebocos são frequentemente utilizados como forma de revestir as paredes interiores, exteriores e os tetos, sendo que existem no mercado uma infinidade de variedades e soluções de acabamentos. As anomalias mais frequentes nos rebocos (com ou sem pintura) são as fissurações, as escorrências, os destacamentos, as manchas de humidade, a sujidade, as diferenças de tonalidade e a colonização biológica, sendo que a tipologia ou incidente deste tipo de casos anómalos poderá variar de acordo com o sistema de reboco aplicado (Flores-Colen, 2012), como se poderá observar no quadro 41.

Quadro 41 – Representação das anomalias mais comuns em rebocos tradicionais e pré-doseados de monocamada. (Flores-Colen, 2012)

Tipos de Rebocos	Situações Anómalas	
Rebocos tradicionais (À base de argamassa de cimento e areia, com duas ou três camadas).	Fendilhação	Mapeada e orientada
		Do suporte
	Perda de aderência	Descolamento/Destacamento
		Abaulamento
	Eflorescências e criptoflorescências.	
	Desenvolvimento de fungos e bolores.	
	Surgimento de “Fantasmas”.	
Manchas de humidade e de sujidade.		
Rebocos pré-doseados de monocamada. (À base de cimento, de areia, de adjuvantes, de adições e de pigmentos).	Carbonatação.	
	Manchas associadas à heterogeneidade de aspeto.	
	Sujidade e arestas partidas.	



Fig. 51 – Representação de algumas anomalias correntes em rebocos: a) Criptoflorescência. (Flores-Colen, 2012). b) “Fantasmas” (Flores-Colen, 2012). c) Formação biológica – Líquenes (Flores-Colen, 2012). d) Fissuração mapeada (Flores-Colen, 2012). e) Deformação ou empolamento (Flores-Colen, 2012).

Como já foi referido várias vezes durante este trabalho, a presença de água é a principal causa de maior parte das anomalias de elementos e componentes construtivos em edifícios, em que os rebocos não são exceção a tal facto. Na realidade, a presença de água ou de um teor de humidade elevado, superior ao desejado, permite a ocorrência de reações químicas (aparecimento de eflorescências), físicas e biológicas, que se manifestam à superfície ou no seio do revestimento (Flores-Colen, 2012). Contudo, a anomalia mais grave no comportamento dos rebocos exteriores é a fendilhação, porque afeta a capacidade de impermeabilização e aderência e ao permitir a entrada de água e de outros agentes reduz substancialmente a durabilidade do revestimento e da própria parede em que o revestimento é assente.

Outro caso anómalo frequente nos rebocos é a perda de aderência caracterizada pelo descolamento entre o reboco e o suporte. No quadro seguinte apresentam-se as causas mais prováveis das anomalias comuns na generalidade dos rebocos.

Quadro 42 – Representação das causas possíveis de anomalias em rebocos (Flores-Colen, 2012).

Tipo de anomalias	Possíveis causas associadas	
Anomalias associadas à presença da água	Aplicação do reboco antes da secagem adequada do suporte (humidade de construção).	
	Existência de zonas em contacto com o solo (humidade do terreno).	
	Reboco com elevada permeabilidade à água líquida (humidade de precipitação).	
	Existência de sais higroscópicos que fixam à água.	
	Causas Fortuitas (rotura de canalizações, tubos de queda, entre outras).	
Fendilhação e Fissuração	Reboco	Retração e dilatação.
		Contrações higrométricas.
		Gelo/degelo.
		Deficiente dosagem na execução de argamassa.
		Espessura inadequada do revestimento.
		Excesso de água na amassadura.
	Suporte	Deslocamento.
		Reação com sais existentes.
		Absorção excessiva.
		Concentração de tensões junto a vãos.
Corrosão de elementos metálicos.		
Eflorescência e criptoflorescências	Presença de solúveis no reboco, no suporte ou na água.	
	Presença prolongada de humidade.	
	Cal não carbonatada.	
	Excesso de água na amassadura.	
Biodeterioração	Presença prolongada de humidade.	
	Falta de ventilação/iluminação.	
	Acumulação de pó, terra, sujidade e poluentes na superfície rebocada.	

	Porosidade elevada do reboco.
Sujidade	Alta rugosidade e porosidade do reboco.
	Deposição superficial de poeiras, fuligem ou poluentes.
Perda de aderência	Presença de humidade ou sais.
	Dilatações e contrações térmicas.
	Movimentos do suporte.
	Composição inadequada da argamassa.
	Impermeabilidade à água (líquida ou em vapor) do suporte.
Perda de coesão/desagregação	Baixa dureza superficial do reboco.
	Cristalização de sais.
	Ação de organismos e microrganismos.
	Reação química do reboco com os materiais naturais e artificiais.
	Poluição da envolvente.
Erosão	Ação de agentes atmosféricos (chuva, vento, variações de temperatura)
	Ação humana (ação de choques ou de atrito).

ii) REVESTIMENTOS POR PINTURAS

Na maior parte dos edifícios, as paredes exteriores e interiores poderão ser pintadas com uma enorme variedade de tintas, de bases aquosas ou de solventes orgânicos, dando origem a acabamentos com cor, brilho e texturas variáveis. Desta multiplicidade de soluções obtém-se um conjunto significativo de anomalias, associadas à multiplicidade de causas dos revestimentos em análise. As figuras seguintes representam algumas das anomalias em revestimentos de pintura.



Fig. 52 – Representação de anomalias em revestimentos de pintura: a) Fissuração. (Chaves, 2009). b) Criptoflorescência (Chai, 2011). c) Destacamento (Chai, 2011). d) Colonização biológica. (Chai, 2011). e) Empolamento (Chai, 2011).

As principais anomalias associadas aos revestimentos por pintura podem ter como causas as condições das aplicações na fase de construção, nomeadamente condições de humidade e temperatura adversas, assim como outras circunstâncias ocorridas durante o tempo de vida útil dos revestimentos em análise, como a falta de aderência à base, acesso da humidade à base de aplicação, ação de agentes atmosféricos,

fendilhação e porosidade excessiva (Aguiar *et al* 2006). O sucesso de um revestimento de pinturas depende do tipo e da natureza da preparação das superfícies a pintar, da qualidade e dos componentes dos produtos escolhidos e das condições ambientais presentes (Chaves, 2009). Através da tabela 43 podemos observar uma compilação das causas possíveis das anomalias em revestimentos de pinturas.

Quadro 43 – Representação das causas possíveis das anomalias em revestimento de pinturas (Cóias, 2006) (Aguiar *et al* 2006) (Chaves, 2009) (Chai, 2011).

Tipo de anomalias	Possíveis causas associadas
Fissuração	Produto mal formulado.
	Revestimento duro/quebradiço aplicado sobre substrato sujeito a variações dimensionais.
	Diferença de elasticidade entre duas camadas de revestimento de tinta. v
	Aplicação inadequada das camadas (intervalo insuficiente entre as mãos).
	Movimentos/assentamentos estruturais e/ou movimentação ou deformação do suporte.
	Condições de exposição desfavoráveis. (temperaturas elevadas)
Empolamento	Deficiente preparação da base.
	Humidade relativa e temperaturas elevadas durante a aplicação e posterior secagem.
	Bases húmidas e revestimentos impermeáveis.
Destacamento	Falta de aderência, principalmente, por incompatibilidade com o material da base.
	Teor de água elevado do suporte.
	Eflorescências.
	Deficiente preparação da base.
	Aplicação de um primário inadequado ou inutilização do mesmo.
	Presença de partículas não aderentes e sujidades.
	Condições de aplicação desfavoráveis. (humidades e temperaturas elevadas.)
	Tempo insuficiente ou demasiado prolongado entre as aplicações subsequentes.
Incompatibilidade física, química e mecânica entre a pintura e a base de aplicação.	

	Caraterísticas da tinta, incompatíveis com as condições de exposição do revestimento.
Manchas	Teor de água elevado do suporte.
	Heterogeneidade do suporte.
Perda/Alteração da cor	Ação dos agentes atmosféricos.
	Ataque químico.
	Utilização de pigmento inadequado à exposição no exterior.
Bolhas	Tinta demasiado impermeável ao vapor de água.
	Aplicação em condições deficientes ou sobre substrato mal preparado (falta de primário
Escamação	Tinta demasiado impermeável ao vapor de água.
	Aplicação em condições deficientes ou sobre substrato mal preparado, humidificado em excesso na altura da pintura ou sem primário promotor de aderência.
Eflorescências	Humidade ascendente, infiltrações.
Perda de brilho	Envelhecimento natural do revestimento.
	Base de aplicação excessivamente absorvente.
	Condições de exposição desfavoráveis (atmosferas poluídas, elevada radiação UV).
Desenvolvimento de musgo, fungos e bactérias.	Permanência de temperatura e humidade elevadas e condições de ventilação e radiação solar insuficientes.
	Sistemas de pintura com baixo teor em fungicidas.
	Presença de sais e humidade no suporte.

Um aspeto importante nos revestimentos de pinturas que merece realço, baseia-se no facto que é expressamente necessário compreender a composição e constituição do suporte assim como as particularidades do mesmo, a fim de evitar situações e incompatibilidade física, química e mecânica entre a pintura e a base de aplicação. A presença de anomalias no suporte como a fendilhação, o excesso de humidade, eflorescências, erosão, ect, poderão proporcionar o agravamento das mesmas ou o surgimento de anomalias particulares no revestimento de pintura utilizado.

iii) REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Segundo Sousa (2008) um revestimento cerâmico é um “sistema de revestimento” constituído por ladrilhos cerâmicos, pela camada de assentamento e pelo produto de preenchimento das juntas entre os ladrilhos (Sousa, 2008). Resultado destas diferentes camadas, evidenciam-se divergentes situações anómalas nos componentes do referido sistema de revestimento.

As anomalias mais frequentes dos revestimentos cerâmicos, de uma forma geral, afetam o seu desempenho ao nível da segurança na utilização (falta de aderência), da funcionalidade e do aspeto estético nomeadamente com eflorescências, desgaste, alteração da cor e deterioração das juntas (Sousa, 2008). As figuras seguintes mostram algumas das anomalias mais comuns em revestimentos cerâmicos.



Fig. 53 – Representação de anomalias em revestimentos cerâmicos: a) Destacamento dos ladrilhos. (Silvestre, 2005). b) Empolamento dos ladrilhos. (Silvestre, 2005) c) Colonização biológica (Silvestre, 2005). d) Eflorescências. (Sousa, 2008). e) Fissuração. (Silvestre, 2005)

O descolamento dos ladrilhos é uma das anomalias mais frequente registadas no sistema de revestimentos cerâmicos, podendo-se manifestar através da ocorrência de empolamentos (Fig. 53 b)), que consiste no arqueamento dos ladrilhos cerâmicos por desprendimento, formando um arco com flexa para exterior (Sousa, 2008) ou por destacamento dos ladrilhos (Fig. 53 a)), ou seja desprendimento dos ladrilhos cerâmicos em relação ao suporte, resultando na sua queda. Os casos anómalos associados ao descolamento dos ladrilhos cerâmicos são considerados por muitos autores, como os mais gravosos da totalidade das anomalias do revestimento em análise, visto que para além de colocar em risco a segurança dos utentes, também implicam, frequentemente, uma reparação onerosa.

Uma das anomalias também muito frequentes neste sistema construtivo é a fendilhação que resulta da ocorrência de tensões de tração superiores às que são suportadas pelos ladrilhos, originando fissuras ou fendas que podem atravessar toda a espessura dos ladrilhos, caso a tensão de aderência entre a camada de assentamento e os ladrilhos for alta (Silvestre, 2005). Além da possível ocorrência da rotura superficial (fissuração) ou profunda (fendilhação), poder-se-á observar colonizações biológicas (Fig. 53 c)) nestes locais e/ou nas superfícies dos ladrilhos, provenientes da deposição de sementes/partículas e de condições ambientais favoráveis à proliferação biológica, como elevado teor de humidade.

As eflorescências são outro tipo de anomalias que podemos, muito frequentemente, observar à vista desarmada em edifícios revestidos com ladrilhos cerâmicos, evidenciadas por manchas esbranquiçadas inestéticas. Esta manifestação degrada o material de assentamento, de preenchimento de juntas ou suporte, devido à cristalização de sais solúveis na superfície dos ladrilhos (Sousa, 2008). Este fenómeno possui um carácter apenas estético, mas a permanência prolongada destas ocorrências poderá comprometer a durabilidade do sistema de revestimento cerâmico aderente, devido à perda da resistência do material de assentamento ou em casos muito prolongados, levar à formação de criptoflorescências, resultando no descolamento dos ladrilhos (Silvestre, 2005)

O quadro seguinte faz referência às anomalias mais correntes em ladrilhos colados.

Quadro 44 – Representação das anomalias mais correntes em ladrilhos colados. (Aguiar *et al* 2006) (Chai, 2011) (Silvestre, 2005).

Anomalias	Sintomas	Possíveis causas associadas
Eflorescências	Manchas esbranquiçadas na superfície dos ladrilhos.	Cristalização na superfície dos ladrilhos de sais transportados pela água.
Descolamento	Perda de aderência, relativamente ao suporte, com ou sem empolamento.	Movimentos diferenciais suporte/revestimento.
		Aderência insuficiente entre as camadas de revestimento.
		Ausência de juntas elásticas no contorno do revestimento.
		Deficiência de suporte (deficiência de limpeza, planeza e porosidade).
Fissuração	Fissuras que atravessam toda a espessura dos ladrilhos.	Fendilhação do suporte.
		Movimentos diferenciais suporte/revestimento.
		Contração ou expansão do produto de assentamento.
		Choque em ladrilhos mal assentes.
		Rotura por flexão em ladrilhos mal assentes.
		Choque térmico.
Esmagamento ou lascagem	Bordos dos ladrilhos esmagados ou lascados.	Movimentos diferenciais suporte/revestimento que resultam em compressão nos ladrilhos.
Enodoamento prematuro	Manchas de produtos enodoantes.	Seleção inadequada dos ladrilhos.
Riscagem ou desgaste prematuro	Riscagem, desgaste ou desaparecimento do vidrado.	Textura superficial ou abertura dos poros na superfície dos ladrilhos
Alteração da cor e brilho	Alteração localizada da cor inicial dos ladrilhos.	Ataque químico.
		Desgaste nas zonas de maior circulação.
Pequenas crateras à superfície	Crateras à superfície dos ladrilhos, apresentando no fundo um ponto branco.	Expansão (explosiva), por hidratação de partículas de óxido de cálcio (CaO), em presença de vapor de água e de água líquida.
		Seleção inadequada de ladrilhos.
Sujidade superficial	Acumulação de poeiras, manchas de escorrências de água.	Falta de limpeza regular.
		Textura superficial do ladrilho favorável à retenção de sujidade.

Deficiências de planeza	Zonas com deficiências de planeza.	Irregularidades de superfície do suporte que o produto de assentamento não conseguiu disfarçar.
		Incumprimento das regras de qualidade sobre planeza geral ou localizada da superfície a revestir.
		Empeno dos ladrilhos.
Crescimento biológico	Aparecimento de manchas de bolor, fungos ou vegetação.	Presença elevada de água ou de teor de humidade.

Por último, as manifestações de degradação de juntas (quadro 45) são também muito frequentes e influenciam a estanquidade do revestimento cerâmico e a capacidade de absorção de deformação dos ladrilhos, comprometendo desta forma o desempenho espectável deste sistema de revestimento em análise.

Quadro 45 – Representação das anomalias mais correntes no preenchimento de juntas entre ladrilhos. (Aguiar *et al* 2006) (Chai, 2011) (Silvestre, 2005).

Anomalias	Sintomas	Possíveis causas associadas
Fissuração	Fissuras no seio do produto, afetando toda a profundidade da junta.	Retração de secagem inicial do produto de preenchimento das juntas ou contrações – expansões cíclicas devidas a variações termo-higrométricas.
		Extensões de rotura, em tração ou compressão, insuficientes para absorverem os movimentos transmitidos à junta pelo revestimento ou pelo suporte.
Descolamento dos bordos	Abertura de uma fissura entre o produto e os bordos do ladrilho.	Aderência insuficiente do produto de preenchimento de junta aos bordos dos ladrilhos.
		Inadequação da granulometria ou na consistência do produto à largura ou profundidade da junta.
		Relação inadequada largura / profundidade da junta.
Despreendimento	Descolamento do produto dos bordos dos ladrilhos e no fundo da junta, soltando-se em seguida.	Evolução dos fenómenos que dão origem aos tipos de anomalias precedentemente descritos.
		Expansão do produto de preenchimento, de base cementícia, provocada por sulfatos contidos em produtos de limpeza.
Enodoamento	Alteração inestética da cor das juntas devida à fixação de sujidade.	Absorção e retenção, pelo produto de preenchimento de juntas, de produtos enodoantes, em forma de pó ou veiculados pela água.

iv) REVESTIMENTOS DE PEDRA

A utilização da pedra nos edifícios como elemento de revestimento em pavimentos ou fachadas é cada vez mais utilizado, sendo que este, é considerado como um revestimento nobre, utilizado com o intuito de elevar o nível de acabamento e valorizar os edifícios. Apesar da utilização de revestimentos pétreos ser considerada um luxo, no que diz respeito aos acabamentos de um edifício, estes não fomentaram o aperfeiçoamento das soluções construtivas no que diz respeito ao projeto e à execução, levando ao aparecimento de uma variedade de anomalias como são descritas no quadro seguinte.

Quadro 46 – Representação das anomalias mais correntes em revestimentos de pedra. (Aguiar *et al* 2006) (Silva, 2009).

Anomalias	Sintomas/Observações	Possíveis causas associadas
Degradação	Aumento de rugosidade de superfície. Ocorrência do desgaste superficial do revestimento.	Agentes atmosféricos (precipitação).
Sujidade	Deposição de diversos componentes estranhos (sulfatos, ferro e partículas carbonosas).	Poluição atmosféricas. Acabamentos rugosos.
	Formação de crostas.	
	Degradações onerosas.	
Deficiência de planeza.	Em casos de revestimentos com juntas abertas, ocorre infiltração de água, facilitando assim a ocorrência de eflorescências, descolamentos, colonização biológica, criptoflorescências, alteração de cor e fissuração.	Processo de colagem deficiente e irregular.
		Formação de criptoflorescências sob a superfície do revestimento
		Má execução do processo de fixação.
Deterioração de juntas	Perda da funcionalidade das juntas, que consiste no impedimento da infiltração de água e na absorção das deformações do revestimento.	Material de preenchimento fissurado. Perda do material de colmatação.
Manchas.	Manchas de humidade. Manchas que evidenciam alterações da cor.	Fachadas expostas à ação da chuva aliada a ventos fortes.
		Fissuração no revestimento.
		Propriedades intrínsecas do revestimento (elevada absorção de água).
		Envelhecimento do revestimento.
		Reações químicas.
		Cargas excessivas.

Fendilhação e fracturação	Anomalia dependente da intensidade e do período de atuação das causas e das características mecânicas da pedra. A fissuração dá-se a nível superficial, podendo ser fina ou significativa, distribuindo-se por todo o revestimento sem orientação preferencial. A fracturação dá-se em toda a profundidade do revestimento, originando em alguns casos a separação do elemento pétreo causando o seu afastamento.	Oxidação de chumbadouros de ferro.
		Temperaturas excessivas causadas por incêndios.
		Movimentos de natureza estrutural de paredes e de fundações.
		Surgimento de choques acidentais ou de vandalismo.
		Deformações do suporte por flexão, retração, dilatação e assentamento.
Eflorescências	Escorrimento de manchas esbranquiçadas.	Inadequada seleção de materiais pétreos com elevada porosidade.
		Elevado teor de humidade no suporte.
Colonização biológica	Desenvolvimento de fungos, algas, líquenes e musgos sob ou na superfície da pedra, nas juntas e fendas do revestimento.	Ocorrência em condições propícias de luz e de humidade.
	Surgimento de aspeto inestético, assim como provocação de ataque químico e físico à pedra.	Microrganismos nutridos através dos sais e das matérias orgânicas que extrai do próprio material de revestimento a que se fixam
Descolamento	Na interface entre o agente de fixação (argamassa/cimento-cola/adetivo) e a placa pétreo. Na interface entre o suporte (reboco) e o agente de fixação. Por rotura do suporte, do agente de fixação ou da própria placa pétreo.	Inadequada preparação do suporte (ausência de limpeza) e das placas de pedra natural.
		Inadequado dimensionamento do sistema de fixação.
		Ausência de dimensionamento de juntas de dilatação.
		Inadequada seleção do material de preenchimento de juntas.
		Inadequado dimensionamento do revestimento face aos coeficientes de dilatação térmica do material pétreo.

A execução de revestimentos de elementos pétreos deve ter em conta vários fatores que influenciam o seu correto funcionamento durante a vida útil deste tipo de revestimentos, sendo que a localização do edifício é um dos fatores de maior importância, sendo determinante na escolha não só do tipo de pedra a utilizar mas também no tipo de fixação. Existem dois tipos de fixação de revestimentos em pedra natural – fixação direta – que consiste na fixação da pedra diretamente no suporte através de colagem

ou selagem ou – fixação indireta – que consiste na fixação indireta ao suporte através de agrafos e pontos de argamassa, gatos ou através da interposição de uma estrutura intermédia. (Silva, 2009)

As principais anomalias verificadas em revestimentos de pedra natural têm um caráter estético, como o aparecimento manchas localizadas, sujidade superficial, alteração cromática, eflorescências (Fig. 54 d)), colonização biológica (Fig. 54 b)), deficiência de planeza (Fig. 54 c)), entre outras. Aparentemente, este tipo de anomalias com caráter estético não apresentam perturbações para os sistemas em questão mas a presença prolongada de algumas anomalias como as criptoflorescências poderão provocar empolamentos dos revestimentos fixados diretamente, em que em casos extremos, este fenómeno poderá desencadear o destacamento completo do revestimento em pedra.

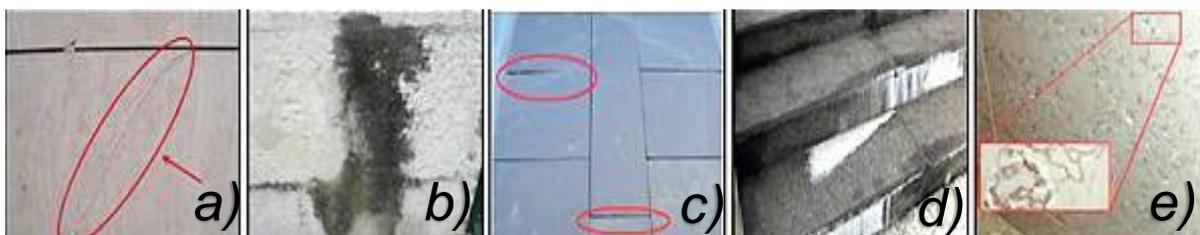


Fig. 54 – Representação de anomalias em revestimentos pétreos (Silva, 2009): a) Fissuração; b) Colonização biológica; c) Deficiência de planeza; d) Eflorescências; e) Degradação.

A deterioração e a perda de colmatação das juntas são também bastante frequentes, na tipologia de revestimentos em análise, proporcionando o aparecimento de outras anomalias como descolamentos, eflorescências, criptoflorescências, alteração de cor, colonização biológica e fissuração (Silva, 2009).

Por último, os efeitos de degradação do material (erosão, picadura, escamação), conjuntamente com as fraturas e fissuras na pedra, evidenciam a perda da integridade deste material. A degradação dos materiais pétreos, na maior parte das vezes, é derivada das condições ambientais severas, em contraste com as situações de fracturação e de fissuração (Fig. 54 a)), que são relacionadas com ações mecânicas, provenientes de erros na fase de execução ou com defeitos do próprio elemento pétreo.

4.5.3.2. Revestimentos de pisos

Segundo o autor Aguiar *et al.* (2006), maior parte das anomalias verificadas em revestimentos de pisos têm origem em deficiências dos pavimentos que os suportam (Aguiar *et al* 2006). No quadro 47 encontram-se as principais situações anómalas dos variados revestimentos aplicados em edifícios.

Quadro 47 – Representação das anomalias e das suas respetivas causas em revestimentos de pisos. (Aguiar *et al* 2006).

Causa de anomalias	Sintomas/Observações	Tipologia de revestimento
Ação da humidade	Descolamento de revestimentos fixados por colagem, por excesso de humidade na base de assentamento ou por lavagem excessiva com água abundante.	Tacos e lamelas em parquetes de madeira.
		Ladrilhos de aglomerado de cortiça.

		Revestimentos vinílicos, de linóleo, de borracha ou têxteis aplicados em ladrilhos.
	Despregagem e empenos na sequência de variações dimensionais.	Tábuas de soalho de madeira.
	Levantamento e arqueamento, devido ao seu entumescimento, quando as juntas entre ladrilhos têm largura muito reduzida e são refechadas com argamassa demasiada rica.	Ladrilhos de grés cerâmico.
	Deterioração de materiais orgânicos por ataque de agentes biológicos.	Madeira, cortiça e têxteis.
	Deterioração por ataques de fungos de podridão.	Placas de aglomerado de partículas de madeira.
	Levantamento de revestimentos, devido à deformação de lajes, devido a variações de temperatura e de humidade.	Ladrilhos cerâmicos, revestimentos pétreos e pavimentos de madeira.
Fendilhação	Fenómenos de retração do material.	Pisos de betão armado ou acabamentos de betonilha de cimento.
	Inexistência de juntas de esquadramento.	
	Retração nas camadas subjacentes.	Elementos descontínuos rígidos (ladrilhos ou placas).
	Camadas de assentamento rigidamente ligadas à base.	
Envelhecimento e degradação dos materiais	Descolamento de revestimentos, devido a deficiências do material ou por condições adversas de aderência entre o suporte e o revestimento.	Revestimentos de madeira. Ladrilhos cerâmicos. Revestimentos pétreos.
	Desgaste prematuro e acentuado dos revestimentos devido ao uso.	
	Alterações do aspeto, traduzidas pela descoloração, alteração da textura superficial, brilho, aparecimento de manchas.	
	Acidentes (inundações, explosões).	

4.5.3.3. Revestimentos de Coberturas

Os revestimentos exteriores usados nas coberturas são um dos elementos não estruturais mais importantes de um edifício, pela função que desempenham que está diretamente relacionada com a perda de estanquidade em caso de anomalia, podendo originar problemas estruturais não só ao nível da cobertura, como do restante edifício (Garcez, 2009). As anomalias nos revestimentos de cobertura caracterizam-se por não-estruturais e podem ocorrer sob formas muito diversificadas dependendo da natureza dos materiais, das técnicas utilizadas na construção e ainda da origem das causas e dos períodos de

ocorrência das anomalias (Aguiar *et al* 2006). As coberturas dividem-se em dois tipos, as inclinadas e as em terraço, sendo que cada tipologia tem um conjunto próprio de revestimentos, como podemos observar nas figuras 55 e 56.

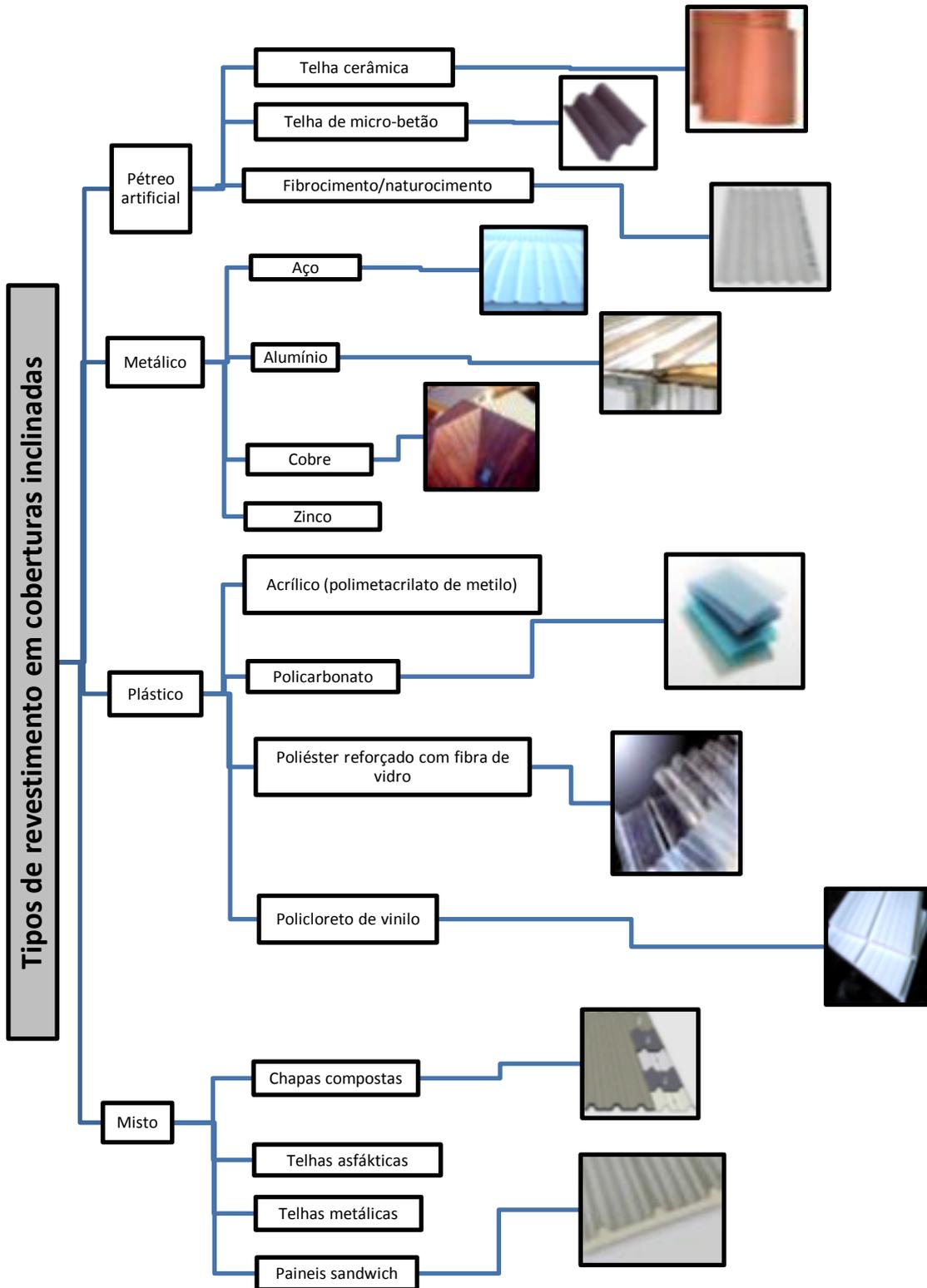


Fig. 55 – Representação da tipologia de revestimentos em coberturas inclinadas (Garcez, 2009)

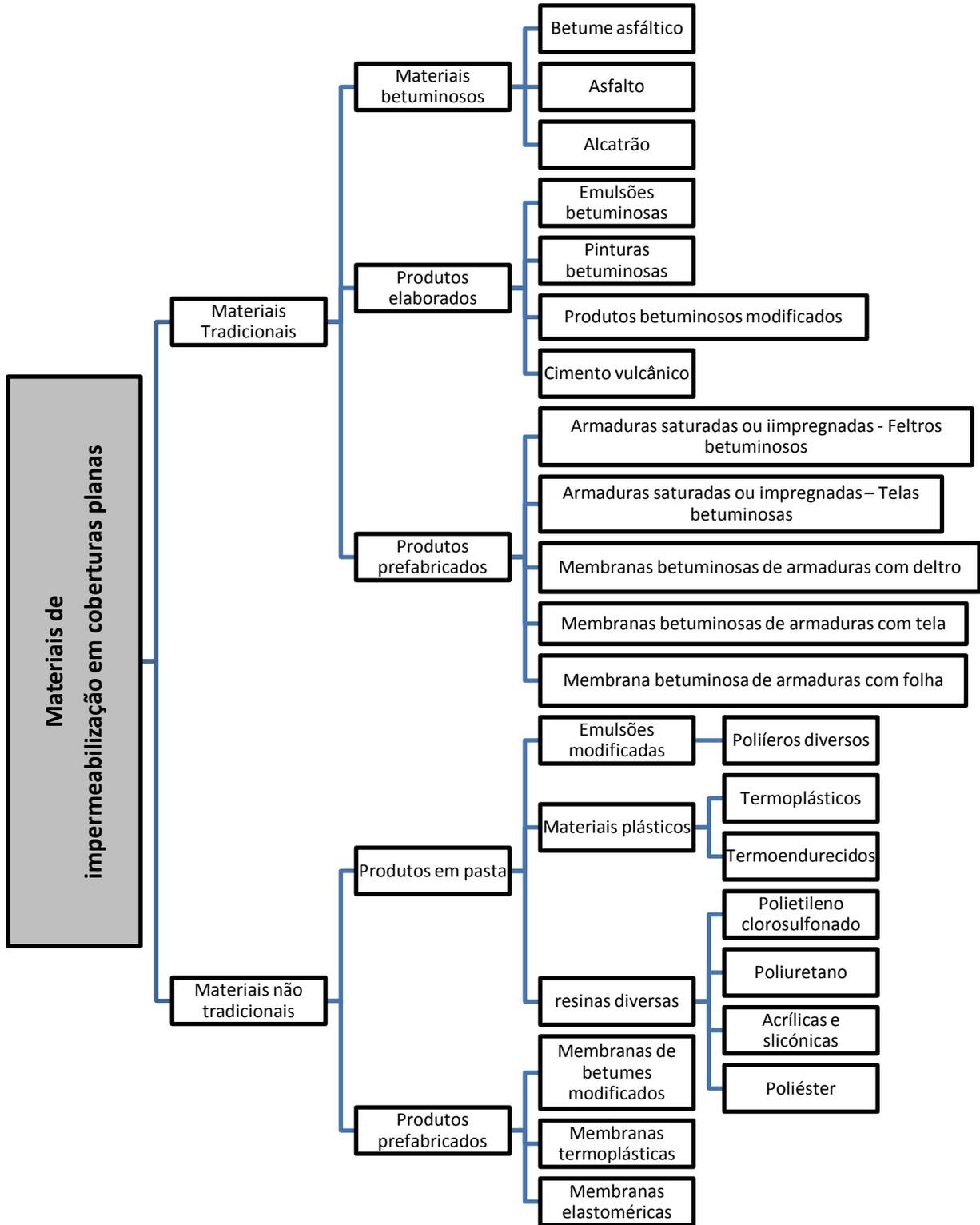


Fig. 56 – Classificação de materiais de impermeabilização de coberturas planas (Lopes, 2010)

Em relação às anomalias detetadas em coberturas inclinadas, entre 40 a 50% destas são originadas por deficiências no projeto e cerca de 25 a 35% das anomalias devem-se a erros na fase de execução (Garcez,

2009). Na tabela 48 podemos encontrar uma compilação das anomalias mais correntes em coberturas inclinadas.

Quadro 48 – Representação das anomalias mais correntes em coberturas inclinadas. (Aguiar *et al* 2006).

Anomalias		Sintomas/observações	Possíveis causas associadas
Anomalias no revestimento	Condensações	Coberturas localizadas em regiões climáticas com temperaturas do ar baixas e em locais interiores com elevada produção de vapor de água (cozinhas, piscinas, etc.).	Sistemas de ventilação e isolamento térmico deficientes.
		Formação de manchas escuras de retenção de poeiras e pelo desenvolvimento de fungos e bolores.	Inexistência ou descontinuidade da barreira pára-vapor.
	Deformações acentuadas	Aparecimento de zonas de convexidade e concavidade nos revestimentos.	Assentamentos e fluência da estrutura de suporte.
		Abertura de juntas longitudinais e transversais, proporcionando a perda de estanqueidade.	Ação de agentes atmosféricos e outros.
	Desalinhamento	Formação de descontinuidades e juntas e pontos que são favoráveis à penetração da humidade de precipitação na cobertura.	Deficiente método de colocação de revestimento.
	Desprendimento Descolamento	Cobertura em exposição direta à entrada da água das chuvas.	Coberturas com inclinações acentuadas.
		Degradação dos materiais de isolamento ou da estrutura de suporte.	Elementos incorretamente colocados ou degradados.
		Infiltrações para o interior dos edifícios.	Ação dos ventos fortes. Inexistência de elementos de fixação.
	Acumulação de detritos	Dificuldade o escoamento das águas pluviais.	Existência de animais sobre a cobertura (fezes, cadáveres e restos de ninhos).
		Proporciona o surgimento de vegetação parasitária. Surgimento de reações químicas e alterações da tonalidade do revestimento.	Permanência de detritos, entulhos e outros materiais de diferentes naturezas.

Anomalias no revestimento	Corrosão	Alteração do aspeto da superfície e uma perda superficial de revestimento. Significativa perda de material.	Agentes atmosféricos. Condensações.
	Desenvolvimento de colonização biológica	Desenvolvimento de plantas, fungos, líquenes, verdetes e musgos nos revestimentos das coberturas.	Escoamento deficiente das águas pluviais e consequente estagnação das águas.
			Acumulação de detritos.
			Insuficientes condições de arejamento.
	Fissuração Fracturação	Surgimento de pontos de infiltração de água. Degradação progressiva do revestimento.	Assentamentos diferenciais dos elementos da estrutura de suporte.
			Existência de vãos excessivos associados à fixação de cargas não previstas no projeto.
			Ações de choque.
			Redução da resistência mecânica.
			Desnivelamento dos apoios, devido ao incorreto posicionamento inicial ou por cedência posterior da estrutura.
			Constrangimento dos elementos por fixações demasiado rígidas e sem folga, que impedem a deformação quando sujeitos a variações térmicas.
Defeitos de Projeto ou de execução	Anomalias em Fixações	Perda de estanqueidade da cobertura pelos orifícios atravessados pelas peças de fixação.	Ausência ou insuficiência de fixações.
			Ocorrência de deformação e corrosão.
	Degradação de cordões de estanqueidade	Ocorrência de infiltração de água nas coberturas.	Movimentos de origem térmica e o aparecimento de tensões de corte superiores à capacidade de aderência

		dos cordões às superfícies das chapas.
	Sobreposição insuficiente ou excessiva	Ocorrência de infiltração de água e do incorreto funcionamento da cobertura, em locais de sobreposição incorreta de revestimento. Incumprimento de valores de recobrimento transversal e longitudinal e do nº de unidades a colocar por m ² .

Segundo Aguiar *et al.* (2006), as condensações correspondem a uma das formas de manifestação da humidade mais críticas para a ocorrência de anomalias nas coberturas (Aguiar *et al.* 2006), sendo que as fissurações (Fig. 35 a)), deformações, os deslocamentos nos revestimentos, assim como acumulação de detritos (Fig. 35 b)) sobre os mesmos, poderão demonstrar pontos críticos de infiltração de água das chuvas. Alguns destes últimos factos poderão desencadear o humedecimento dos materiais da cobertura, assim como levando ao aparecimento de vegetação parasitária nos revestimentos das coberturas (fig. 35 c)). Por outro lado, erros com origem na fase de projeto ou na fase de execução como inclinações de coberturas inadequadas ou falhas nas fixações (juntas e em remates) são circunstâncias que desencadeiam anomalias nas coberturas e que deverão ser evitadas.

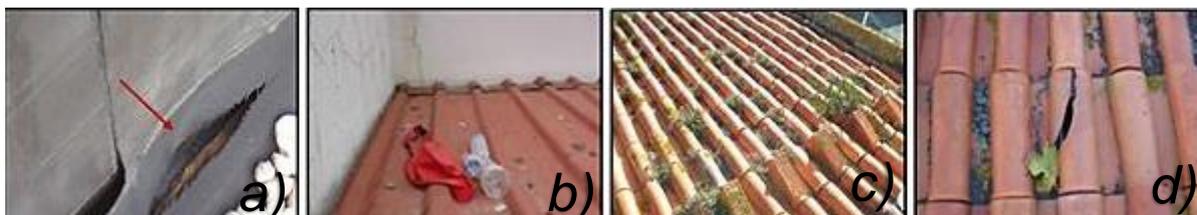


Fig. 57 – Representação de anomalias em coberturas em terraço (Ginga, 2008) e inclinadas (Garcez, 2009): a) Fissuração no revestimento impermeabilizante de uma cobertura em terraço b) Detritos em coberturas inclinadas; c) Vegetação parasitária em cobertura inclinada; d) Fissuração em revestimento cerâmico de cobertura inclinada.

Segundo Lopes (2011), as anomalias em coberturas em terraço resultam, normalmente, da contribuição conjunta de diversos fatores, sendo que este autor defende que seria possível reduzir-se a sua ocorrência, ou mesmo eliminar-se, pelo menos durante o tempo de vida útil dos materiais das várias camadas da cobertura, caso existissem melhores definições e pormenorização das soluções preconizadas (Lopes, 2011).

O enquadramento das principais anomalias em coberturas em terraço poder-se-á realizar de acordo com muitos critérios (Lopes, 2011). Neste trabalho optou-se por analisar e classificar as anomalias em coberturas em terraço através do critério da localização, dividindo-se em duas zonas distintas, sendo elas a superfície corrente (quadro 50) e pontos singulares (quadro 49).

Quadro 49 – Relação entre anomalias e causas nos revestimentos de impermeabilização de pontos singulares de coberturas em terraço. (Ginga, 2008) (Lopes, 2011).

Anomalias		Possíveis causas associadas
	Anomalias em juntas de dilatação	Defeitos de conceção.
		Camada de proteção rígida sem interrupção sobre a junta.

		Realização dos remates das juntas de dilatação ao nível da superfície corrente.
		Falta de qualidade na mão-de-obra.
Em platibandas e elementos emergentes	Descolamento do remate	Inadequação do produto de colagem.
		Ataque dos revestimentos por raízes.
		Sentido incorreto de aplicação do revestimento.
		Ausência de fixação mecânica complementar do remate.
		Deficiente processo de fixação dos revestimentos.
		Superfície irregular dos elementos emergentes (reboco insatisfatório, alto teor de humidade).
	Insuficiente altura dos remates	Erros de projeto e de execução.
		Altura reduzida do remate em relação à superfície corrente.
	Fluência ou deslizamento	Inexistência de fixação mecânica complementar.
		Variação de temperaturas.
		Desenvolvimento excessivo em altura do remate.
	Fissuração de remates.	Inexistência de juntas de esquadramento na proteção rígida da superfície corrente.
Movimentos diferenciais acentuados entre a estrutura resistente e o elemento emergente.		
Inexistência de proteção vertical e fracionada por juntas no remate.		
Anomalias em locais de evacuação de águas pluviais	Obstruções à evacuação da água.	
	Deficiente ligação do revestimento com dispositivos de evacuação da água.	
	Inadequada disposição construtiva das caleiras.	
	Utilização inadequada dos acessórios de caleiras.	

Quadro 50 – Relação entre anomalias e causas nos revestimentos de impermeabilização de superfícies correntes de coberturas em terraço (Aguilar *et al* 2006) (Ginga, 2008) (Lopes, 2011)

Anomalias	Possíveis causas associadas
Fissuração	Envelhecimento natural e/ou prematuro do material de impermeabilização.
	Retração inicial e movimentos térmicos da camada de suporte devida à natureza do material.
	Perda de matéria volátil por ação do calor provocando endurecimento e retração do revestimento.

	Envelhecimento natural e/ou prematuro do revestimento, por perda dos constituintes voláteis.
	Aplicação inadequada (processo construtivo, mão-de-obra).
	Variações de origem térmica do suporte.
	Inexistência de dessolidarização entre o revestimento e a proteção pesada.
	Ausência de juntas de esquartelamento na proteção pesada.
	Ausência de caminhos de circulação em coberturas de acesso limitado.
	Deficiente aderência do granulado mineral nos revestimentos de impermeabilização autoprotégidos.
Perfurações	Ausência de proteção.
	Cargas pontuais de natureza dinâmica (curta duração, queda de objeto).
	Cargas pontuais de natureza estática (permanentes, instalação de suporte).
	Ausência de caminhos de circulação.
	Fixação inadequada de equipamentos diversos e guarda de proteção.
Empolamentos	Deficiente fixação mecânica (ação da peça de fixação).
	Revestimentos de impermeabilização sem as características adequadas.
	Colagem inadequada das camadas do revestimento de impermeabilização.
	Presença de materiais estranhos confinados entre o revestimento e o suporte.
	Falta de planeza e encurvamento do suporte de painéis isolantes.
	Existência de bolsas de ar vapor de água entre o revestimento e o suporte.
	Ausência de proteção do revestimento de impermeabilização.
Armazenamento indevido dos rolos de revestimentos de impermeabilização.	
Descolamento das juntas de sobreposição	Aplicação do revestimento em condições atmosféricas desfavoráveis (ação de sucção do vento).
	Reduzida largura das juntas de sobreposição.
	Sentido incorreto de aplicação do revestimento de impermeabilização.
	Ataque do revestimento por raízes de plantas.
Arrancamento do revestimento	Quantidade insuficiente do produto de colagem.
	Aplicação do revestimento sem proteção pesada.
	Perda de aderência do revestimento ao suporte (número insuficiente de peças de fixação).
	Arrancamento do revestimento pelo vento devido ao descolamento das juntas de sobreposição.
Permanência prolongada de água	Arrancamento da proteção pesada devido à ação do vento (espessura insuficiente de elementos soltos).
	Deformação acentuada dos suportes muito compressíveis.
	Ligação deficiente do revestimento com os dispositivos de evacuação de água.
	Inadequada solução de traçado de redes de águas pluviais.
	Deslavagem dos produtos de colagem das juntas com perda de estanquidade.
	Desenvolvimento de vegetação parasitária.
	Reduzida pendente.

Realizando uma breve análise dos quadros 49 e 50, é possível destacar que a principal causa da deterioração dos revestimentos impermeáveis resulta da elevada sensibilidade aos agentes de envelhecimento natural, das condições de exposição, das alternâncias de humidade e das variações de temperatura, podendo em alguns casos originar fissurações (Garcez, 2009). Porém, a presença de humidade em revestimentos de impermeabilização tem um efeito nocivo para estes materiais, podendo mesmo originar alterações nas propriedades físicas dos revestimentos (alterações na condutibilidade térmica), degradações, empolamentos e apodrecimentos de materiais de revestimento orgânicos (Aguiar *et al* 2006).

4.6. CONCLUSÕES

Com o apoio da bibliografia das mais diversas especialidades mencionadas no presente capítulo, procurou-se não só identificar, descrever, classificar as distintas anomalias presentes nos edifícios como também as respetivas causas associadas a tais ocorrências.

As deficiências detetadas ao nível da conceção e projeto, associadas a produtos de construção defeituosos e ainda complementados por erros cometidos na fase de construção, dão origem a um vasto conjunto de anomalias que se traduzem pela perda de qualidade na utilização dos edifícios, assim como num custo que pode ser significativo.

O estudo da determinação das origens/causas das anomalias, não é de todo caracterizada pela simplicidade e pela objetividade da análise em questão. Haverá por isso a necessidade de compreender todos os fenómenos anómalos, tendo em consideração as suas particularidades de composição, as respetivas localizações, assim como todos os processos e mecanismos que desencadearam os mesmos.

Assim sendo, torna-se importante tirar conclusões sobre o tipo de gravidade, causas e extensões das anomalias através de uma análise com auxílio de meios de diagnóstico adequados com o intuito de compreender de uma forma satisfatória as anomalias e propor uma solução de intervenção adequada de cada caso e realista do ponto de vista financeiro, de forma a eliminar as causas e a reparar as anomalias evidenciadas.

5

ANÁLISE E PONTO DE VISTA DO AUTOR

5.1. INTRODUÇÃO

Durante a realização deste trabalho, surgiu a ideia de criar o presente capítulo, que consiste na estruturação de algumas das responsabilidades que podem ser atribuídas aos vários intervenientes do processo construtivo aliada à opinião do autor sobre as causas do surgimento de anomalias e de alguns dos problemas mais frequentes constatados na indústria da construção. A principal base da experiência profissional do autor para a realização do presente capítulo, adveio do trabalho como diretor de obra adjunto entre 2013 e 2014 (um ano e meio), numa empresa de construção de obras públicas direcionada para Vias de Comunicação, obras de Urbanização e outras infraestruturas. O nome da empresa em causa, por motivos de confidencialidade, não será divulgado.

5.2. FASE DE CONCEÇÃO/PROJETO

Através da bibliografia recolhida sobre os vários casos de estudos apresentados e também pela opinião de alguns autores mencionados ao longo deste trabalho, ficou evidente que durante todo o processo construtivo de um empreendimento assinalam-se várias falhas e erros que estão na origem das anomalias, influenciando diretamente a qualidade final da obra.

Durante a fase de conceção e de projeto podem ocorrer variados erros no estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução. Um dos intervenientes que tem especial relevância nesta fase e que é, frequentemente, ignorado como estando na origem de erros e falhas que dão origem às anomalias, é o cliente/Dono de Obra. A ação por parte deste interveniente pode influenciar negativamente a qualidade final da obra, devido às opções de contratação baseadas exclusivamente no preço mais baixo ou na demora a dar respostas a questões colocadas pelos projetistas e empreiteiros, que originam uma constante mudança de planos enquanto estes últimos esperam uma decisão, como foi analisado no estudo sueco do Capítulo 3 (Josephson, Hammarlund, 2013). Desta forma, é importante que todos os intervenientes do processo construtivo encarem o cliente/promotor, como membro dessa mesma equipa, compreendendo que muitas vezes este não tem as competências, nem os conhecimentos técnicos para lidar com questões relacionadas com as diversas especialidades, mas a quem são cometidas decisões fundamentais para o desenvolvimento do empreendimento.

As partes interessadas no projeto são as pessoas e organizações que estão ativamente envolvidas no projeto ou cujos interesses podem afetar o resultado da execução, exercer influência sobre os objetivos e resultados ou o término do projeto. Numa indústria tão competitiva como a da construção, é frequente

que as partes interessadas no projeto tenham opiniões e interesses diferentes sobre o mesmo objetivo que as movem, podendo desta forma comprometer o sucesso do projeto.

Um dos exemplos experienciados pelo autor deste trabalho, durante a sua experiência profissional, passou pela divergência de interesses entre o empreiteiro geral e o cliente, uma vez que o primeiro queria acelerar os trabalhos com o intuito de reduzir custos enquanto o segundo não estava tão preocupado com o prazo. Esta divergência de interesses e opiniões, além de ter como consequência imediata o atraso do desenvolvimento da execução, poderá também levar ao aparecimento de anomalias na construção, uma vez que terá de existir um diálogo entre as partes para chegarem a um consenso que muitas vezes dão origem à suspensão dos trabalhos nas frentes de obra, levando à degradação de alguns materiais.

É importante, que logo no início de cada empreendimento, as partes interessadas definam bem os objetivos que têm e cheguem a um consenso sobre as divergências de interesses que as separaram, para que o sucesso do projeto não seja comprometido.

Ainda dentro da fase de conceção/projeto, existem aspetos decisivos para o empreendimento, nomeadamente a ação dos projetistas. As construções devem satisfazer, principalmente, as necessidades dos utilizadores, devendo assim privilegiar o mais possível os seus objetivos. Para que tal aconteça, a equipa de projeto deve compatibilizar, o seu processo criativo com as necessidades de utilização previstas, o que por vezes não acontece. Outro fator que merece destaque no que diz respeito à ação da equipa de projeto, relaciona-se com a degradação/manutenção do empreendimento, que deve ser estudada e analisada pelas equipas de projeto antecipadamente, nomeadamente na seleção dos materiais e componentes que através da especificação técnica de cada um, deverão enumerar os materiais e componentes a aplicar e a forma como os mesmos são aplicados, com o intuito de fazer prolongar a duração destes. A fase de conceção/projeto é uma atividade pluridisciplinar, que requer uma enorme coordenação e comunicação. Através dos casos de estudo apresentados anteriormente neste trabalho pode-se concluir que as principais falhas de conceção e de projeto devem-se essencialmente à falta de conhecimento dos projetistas e à falta de informação e comunicação.

De facto, um dos setores especialmente influenciados pela comunicação ou a falta dela, é a indústria da construção, porque se caracteriza por uma enorme diversidade de intervenientes envolvidos em todos os processos da construção, pelas constantes alterações nos seus planos, e pelo impacto que estas alterações e modificações têm em toda a cadeia produtiva. Uma das situações mais comuns, observadas pelo autor deste trabalho, passou pela não comunicação de alterações em projetos e pela não divulgação de predefinições do projeto a todas as partes interessadas, que teve como consequências conflitos de expectativas e interesses, levando a incertezas nos procedimentos e nas tomadas de decisões que mais tarde se traduziram em anomalias e prejuízos nas construções.

Apesar da necessidade óbvia de um sistema de comunicação que seja consistente, nem sempre este fator é analisado com a devida importância e, em muitos casos, é frequente a informação chegar incompleta ou atrasada, originando conflitos entre as várias partes interessadas, desenvolvendo atrasos e toda a estrutura do projeto poder ser comprometida.

Sem dúvida que a comunicação tem uma grande importância para o desenrolar do bom andamento dos trabalhos nos diversos setores de cada empresa. Quanto mais informados estiverem dos trabalhos onde atuam os mais variados profissionais, melhor estarão envolvidos com a missão da empresa e consequentemente a produtividade será maior, assim como o aproveitamento do tempo que antes era dispensado em conflitos gerados pela falta de informação.

Hoje em dia, a comunicação assume uma importância cada vez maior e no caso da indústria da construção assume um papel de destaque pelas características próprias desta indústria, havendo

necessidade que todos os intervenientes do processo construtivo estejam enquadrados no objetivo a atingir.

A economia e rapidez pretendida na elaboração de projetos, a falta de pormenorização nos projetos, a inadequação ao ambiente, o surgimento constante de novos materiais, as soluções arquitetónicas arrojadas de projetos, a errada avaliação da resistência dos solos de fundações, a incorreta utilização de programas de cálculo automático e a despreocupação pelas possíveis deformações das soluções construtivas, são outros exemplos de erros de conceção e projeto, associados à ação da equipa de projeto e que estão na origem de muitas das anomalias na construção.

5.3. FASE DE EXECUÇÃO/CONSTRUÇÃO

Segundo os estudos apresentados neste trabalho nomeadamente o estudo de origem sueca (Josephson, Hammarlund, 2013) e os registos de defeitos na construção francesa, a fase de execução é aquela mais problemática no que diz respeito à origem das anomalias na construção. É evidente a importância e a influência de coordenação entre a fase de conceção/projeto e a fase de construção, uma vez que é nesta última que se materializam em termos físicos e espaciais as ideias e projetos pensados anteriormente. De facto, o caso de estudo brasileiro apresentado anteriormente (Póvoas, Gomes 2015), prova a importância da coordenação entre as duas fases já referidas, com o intuito de garantir a qualidade final do empreendimento e respeitar os prazos de construção definidos. Nesta fase, a ação dos empreiteiros, diretores de obra, equipa de fiscalização e trabalhadores da construção é preponderante.

Um outro fator que contribui para que a fase de execução seja a que mais origina defeitos de construção, prende-se com o facto das constantes modificações a que o estaleiro de obras está sujeito, uma vez que a fase de execução é constituída por diversas atividades, funções, materiais e equipamentos que elevam não só o risco de um potencial acidente mas também o risco para a ocorrência de posteriores falhas e anomalias na construção em que a ação dos intervenientes na fase de execução é essencial. Os erros que podem ocorrer durante esta fase podem ser associados a uma deficiente compreensão do projeto por parte do empreiteiro, no que respeita a pormenores construtivos e às características e exigências dos materiais utilizados, às deficiências de planeamento por parte da equipa de direção de obra, à inexistência de controlo de qualidade de execução por parte da equipa de fiscalização e principalmente pela mão-de-obra não qualificada e falta de formação de muitos dos trabalhadores da indústria da construção.

Uma importante característica da Indústria da Construção é a necessidade intensa do uso de mão-de-obra e, em função disso, é responsável pela contratação de um número expressivo de operários, permitindo o acesso ao mercado de trabalho de pessoas geralmente com baixo nível de escolaridade e instrução. Daí a necessidade de capacitar esses trabalhadores. É fundamental que as empresas, bem como seus dirigentes, promovam oportunidades para aplicação de programas de formações baseados na educação a fim de qualificar os seus funcionários, confiar e delegar-lhes competências quando for possível, mantendo as pessoas como parceiras dos objetivos e projetos delineados pela organização empresarial.

A escola de formação de maior parte dos trabalhadores da construção tem sido a própria obra, através de um processo desorganizado, que leva à escassez de mão-de-obra qualificada. As consequências deste paradigma são que os serviços prestados por estes trabalhadores são de baixa qualidade, que originam erros e anomalias na construção que têm de ser constantemente corrigidos, explicando-se assim, parte dos elevados índices de desperdícios e falta de produtividade neste sector.

A formação dos trabalhadores torna-se assim fundamental, pois através dela, pode-se obter uma maior produtividade, uma boa qualidade no produto final e certamente evitam-se desperdícios, sendo que trará outras vantagens como a melhoria dos padrões profissionais, a melhoria dos produtos e serviços produzidos, maiores condições de adaptação aos progressos das tecnologias, economia de custos pela eliminação de erros na execução do trabalho, condições de competitividades mais vantajosas dada à capacidade de oferecer melhores produtos e serviços, e a diminuição acentuada dos acidentes de trabalho e anomalias na construção.

A formação profissional é prioritária para a indústria da construção, uma vez que o trabalhador torna-se consciente e responsável na atividade que desenvolve, contribuindo para obtenção do controlo da qualidade total, minimizando perda de tempo e material, satisfazendo assim, não só a empresa que o contratou, mas também a sociedade e, sobretudo a si próprio.

Outro fator na fase de execução, poucas vezes referenciado pelos autores que abordam a temática deste trabalho e que influência o desempenho da construção na opinião do autor deste trabalho, é a não distribuição de lucros.

Um dos objetivos de qualquer empresa é gerar lucros financeiros, que nem sempre são possíveis. A indústria da construção é caracterizada pela diversidade de tarefas a executar e por vezes, mesmo as obras mais pequenas, quer em termos de valor financeiro ou no número de tarefas, são constituídas pelos mais diversos tipos de trabalhos. É frequente, empreiteiros gerais de menor dimensão, não terem a capacidade legal (alvará) ou recursos humanos e técnicos para executarem todos os trabalhos inerentes à obra, obrigando estes a subempreitarem estas tarefas a outros empreiteiros capazes de as executarem.

No final de cada obra é espetável que o empreiteiro geral tenha tido lucro em relação à obra que executou com o apoio dos demais subempreiteiros que possivelmente contratou. Contudo, nem sempre a divisão deste lucro é partilhado com os subempreiteiros. Esta ação, apesar de não ter qualquer manifestação em termos legais, visto que o empreiteiro geral não está obrigado a distribuir os seus lucros, é muito discutível em relação a ética profissional. As consequências desta ação poderão levar à desmotivação, desinteresse e até mesmo ao conflito numa futura obra em que estas entidades executem nas mesmas condições. Como foi apresentado anteriormente, no capítulo 3, o desinteresse e a desmotivação são uns dos fatores que estão na base de muitas anomalias na fase de construção dos empreendimentos. Desta forma, entende o autor deste trabalho que a não distribuição dos lucros pelos vários intervenientes do processo de construção, pode acarretar problemas de desempenho dos serviços contratados, resultando em anomalias associadas à falta de motivação ou de empenho e possível conflito entre diversas entidades nos processos construtivos.

5.4. FASE DE UTILIZAÇÃO/MANUTENÇÃO

Embora os pontos mais críticos para a qualidade e as anomalias detetadas na construção sejam assinaladas na fase de projeto e de execução, como já havia sido referido anteriormente, não devemos menosprezar as falhas ligadas com a fase de utilização e manutenção. Esta fase é a mais longa do ciclo de vida do empreendimento em que o utilizador tem uma ação preponderante no que diz respeito à conservação, reparação, restauração, modernização ou na requalificação dos edificadas.

A partir do momento em que se inicia esta fase, os utilizadores passam a ter responsabilidades perante o edificado. Todas as ações de conservação ou manutenção devem de ser implementadas com o intuito de assegurar que o edificado desempenhe as funções para o qual foi concebido, de forma satisfatória, durante o período de tempo para o qual foi concebido. Diversas ações, como a reposição de componentes que atingiram o final da sua vida útil ou o tratamento e reparação de anomalias são ações que deveriam

estar inculcadas não só nos utilizadores mas também em todos os restantes intervenientes do processo de construção, uma vez que medidas de manutenção permitem detetar e corrigir atempadamente os casos anómalos que surgem na construção, impedindo o agravamento e evolução com repercussões mais graves, permitindo também uma poupança financeira em relação aos custos de reparação ou reconstrução que não existiriam se tais medidas fossem realizadas. O reaparecimento constante de muitas anomalias e a falta de qualidade a que estão associadas a imagem de algumas das empresas de construção, podem influenciar de certa forma o aparecimento de anomalias em novas construções.

No atual mercado da construção, competitivo e com a acentuada crise que vivenciamos com uma persistência acentuada no tempo, num contexto socioeconómico exigente e pouco tolerante, tal como se apresenta a conjuntura presente, garantir que os diferentes elementos numa empresa de construção estejam comprometidos e se sintam responsáveis na realização dos diferentes trabalhos trará resultados concretos não só em termos financeiros, como na diminuição de possíveis problemas e a anomalias nas construções.

A imagem de uma empresa ou organização é o que fica na mente de potenciais clientes/utilizadores, associados ou parceiros, sendo transmitida por logótipos, projetos artísticos, sites criativos e cartões-de-visita, mas não só. A imagem transmite instantaneamente que tipo de organização é, o que significa que se uma organização tem uma boa imagem, isso fará com que sobressaia no meio da concorrência e de todos os agentes que a rodeiam. A imagem de uma organização traduz e transmite para o exterior a cultura dessa organização, a sua missão, princípios éticos e objetivos, em conjugação com a estratégia desenvolvida para atingir o seu público-alvo.

Deverá, por isso, definir-se o que se pretende refletir para o exterior através dessa imagem e das ações praticadas pela empresa. O conceito de credibilidade e de confiança, é um dos temas mais relevantes quando falamos de imagem profissional. A importância da credibilidade no trabalho é, muitas vezes, maior do que a relevância do conhecimento técnico, porque o conhecimento adquire-se com a experiência, mas a credibilidade ou reputação desgastadas ou dúbias leva muito mais tempo para se reerguer – quando isso acontece. De facto, a confiança que uma empresa de construção demonstra através da sua imagem profissional, consolidada através das boas práticas e atos exercidos ao longo do tempo, pode fazer a diferença no surgimento ou não de anomalias ou problemas na construção. O simples facto, dos vários intervenientes em obra, se sentirem, seguros, confiantes uns nos outros e acreditarem no objetivo comum que os liga, é muita das vezes a “chave” para o sucesso dos empreendimentos, no que toca não só às anomalias, mas a todo o processo construtivo.

A frase de Warren Buffet, multimilionário considerado um dos maiores investidores de sempre, transmite bem a importância de que a reputação e a credibilidade numa empresa de construção assume, e que passa pela imagem criada aos olhos do mundo que a rodeia – *“Se perder dinheiro por uma má decisão serei compreensivo. Mas se perder a reputação da empresa serei impiedoso”*.

5.5. CONCLUSÃO

Em suma, a ação de cada um dos intervenientes durante as diversas fases de construção é fundamental para que a qualidade de qualquer empreendimento esteja garantida. A perceção dos erros cometidos e o seu registo para que tais erros não voltem acontecer é essencial. O autor deste trabalho defende a necessidade da introdução de um sistema de seguros e garantias no setor da construção português, semelhante ao sistema francês, que registe as patologias surgidas na construção portuguesa e que sancione os intervenientes e as empresas prevaricadoras. Esta proposta, além de ser benéfica na possível

medida da diminuição do aparecimento de patologias, iria também dinamizar o mercado de reparações e de reabilitação.

No entanto, o resultado da pesquisa bibliográfica que se realizou, é necessário constatar que, com a exceção do caso Francês, registos abrangentes sobre o nível de qualidade das construções e razões na origem dos casos de não-qualidade são raros e, os que existem, muito restritos em termos de amostra, seja em número como do que foi analisado.

Assim, a situação ideal consistiria num sistema de registo em que os diversos intervenientes se sentissem motivados em introduzir informação relativa aos seus sucessos e insucessos de modo a poderem aprender com eles: evitar as falhas e replicar o que funcionou bem. Infelizmente, e não se tratará de um problema exclusivamente português, esperar que uma empresa ou profissional forneça, de forma voluntária, a radiografia do nível de qualidade do seu trabalho (mesmo que sob garantia de confidencialidade), contribuindo assim para uma grande base de dados sobre os pontos fracos e fortes de uma dada indústria de construção, será provavelmente utópico.

Mas o peso que as obras públicas têm, geralmente, na maioria dos países, pode permitir um passo nesse sentido. Estando já implementado no nosso país um portal relativo à contratação pública (o portal Base.gov), verifica-se que muitas entidades que, legalmente, têm obrigação de introduzir os dados relativos ao concurso e contrato de obras e serviços de construção, limitam-se a fazê-lo em relação ao lançamento do mesmo e adjudicação, ficando em branco os campos de final de contrato, onde trabalhos a mais e menos, variações de prazo e outras informações, deveriam ser registados.

Não querendo avançar demasiado neste campo, e estando grande parte dos procedimentos da administração pública desmaterializados, dois requisitos poderiam ser implementados e que, acreditamos, poderiam trazer uma melhoria apreciável em relação aos aspetos acima referidos:

- Do mesmo modo que um concurso de obra pública só pode ser lançado após validação pelo portal Base da introdução dos dados (muitas obras são obrigatoriamente lançadas em plataformas de contratação eletrónica), a emissão de uma licença de utilização ou último pagamento poderia igualmente depender da confirmação, pelo Base, da introdução da informação de fecho de obra;
- Em complemento, existindo a fase de Receção Provisória após o final dos trabalhos e ocorrendo a libertação das cauções retidas apenas após as Receções Definitivas no final de 2, 5 ou 10 anos conforme os vários tipos de elementos de construção, esta libertação poderia igualmente depender do preenchimento de uma lista tipificada de defeitos de construção que tivessem sido detetados (embora corrigidos pelo construtor) previamente a cada Receção Definitiva.

Estas duas medidas permitiriam a criação de uma base de dados com a caracterização do nível de qualidade das construções e a identificação das situações que revelassem anomalias mais frequentes, merecendo por isso, maior atenção a projetistas e executantes.

6

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

6.1. INTRODUÇÃO

Neste último capítulo pretende-se apresentar as principais conclusões desta dissertação de forma resumida, considerando os objetivos iniciais.

São ainda propostos alguns trabalhos a serem desenvolvidos no seguimento deste, uma vez que o tema abordado nesta dissertação ainda se encontra pouco explorado e merece todo o relevo.

6.2. CONCLUSÕES GERAIS

Muito embora o problema das anomalias das construções seja demasiado complexo para poder ser tratado de uma forma global e completa, procurou-se com este trabalho efetuar uma análise do problema, com a recolha, organização, análise, crítica e exposição de alguns casos de estudo relevantes sobre as anomalias e falhas nas construções que resultaram em impactos económicos e /ou sociais significativos. A análise dos casos de estudos apresentados permitiram identificar algumas das situações padrão nas várias fases do empreendimento, assim como os comportamentos dos diferentes intervenientes que estão na origem das anomalias e na falta de qualidade dos empreendimentos.

A opção tomada teve, naturalmente, em consideração a situação do autor e o interesse em produzir um documento em que a enorme diversidade de situações que se encontram reportadas na bibliografia consultada surgissem de forma estruturada e pudessem servir, de forma mais fácil e direta, como referencial de apoio a esta atividade profissional.

A qualidade na construção é fortemente influenciada nas diversas fases do ciclo de vida de um empreendimento, onde intervêm os vários intervenientes do processo construtivo. Apesar do objetivo principal ser comum a cada um dos intervenientes (o empreendimento), muitas das vezes os interesses que os movem são diferentes, criando desta forma divergências que afetam o resultado e a qualidade final das construções.

Dos diferentes estudos analisados nesta dissertação, pode-se concluir que os defeitos causados na fase de construção/execução são os mais frequentes, sendo responsáveis por 77,9% dos defeitos totais no caso do estudo de registos de defeitos na construção francesa. Esta percentagem expressiva mostra bem a responsabilidade que as ações dos intervenientes nesta fase de construção têm, como o empreiteiro geral, os trabalhadores e a equipa de fiscalização, no aparecimento das diversas anomalias nas construções.

Concluiu-se também que os defeitos relacionados com a fase de concepção/projeto são os segundos mais frequentes, sendo responsáveis por 11% dos defeitos totais, segundo os dados do “SYCODÉS 2013” (AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION, 2013). Apesar dos defeitos causados na fase de construção/execução serem os mais comuns, ficou evidente nesta dissertação que os custos de reparação dos defeitos de concepção/projeto são os mais onerosos. Desta forma podemos constatar a importância da responsabilização dos intervenientes nesta fase de construção, nomeadamente a ação dos clientes e dos projetistas que afetam incondicionalmente todo o ciclo posterior ao projeto. A demora por parte do cliente em tomar decisões ou as opções de contratação baseadas, exclusivamente no preço mais baixo, a falta de conhecimentos dos projetistas, assim como a falta de pormenorização nos projetos e a pressão de tempo a que estavam associados estes intervenientes, são alguns dos exemplos das muitas ações mencionados no presente trabalho e que contribuíram para as anomalias na fase de concepção/projeto.

Em relação aos custos das reparações causadas pelos defeitos de execução, estes apenas representam 3,5% do custo de construção. Este valor é explicado pelas reparações nesta fase de construção serem de carácter pontual e de intervenção rápida.

Embora os pontos mais críticos para a qualidade na construção sejam assinalados nas fases de concepção/projeto e construção/execução, os defeitos de manutenção e utilização também têm um peso significativo, o que evidencia a necessidade de formar e informar os utilizadores para os cuidados na utilização e manutenção dos edifícios.

Concluiu-se também que a introdução cada vez mais acelerada no mercado de novas soluções construtivas, materiais e tecnologias tem repercussões na qualidade dos mais diversos elementos construtivos dos edifícios, uma vez que a sua complexidade tem exigido níveis de conhecimento que, na maioria das circunstâncias, não são compatíveis com a formação básica dos intervenientes do processo construtivo.

Do mesmo modo, quando são aplicados materiais de qualidade duvidosa em componentes construtivos, o aumento de ocorrências anómalas nos mesmos torna-se inevitável, levando à redução do período de vida útil espectável dos mesmos e originando como consequência a privação da sustentabilidade dos edifícios. Desta forma, torna-se fundamental o aumento da especialização, formação e sensibilização dos intervenientes das várias fases do processo construtivo, de forma a dotá-los de conhecimentos que os ajudem na prevenção de anomalias na construção.

Em relação às anomalias estruturais, pode-se concluir que embora estas não sejam as mais frequentes, quando existem, as suas reparações têm custos muito elevados, uma vez que as estruturas de qualquer edifício são elementos muito sensíveis e requerem, normalmente processos retificativos com uma elevada exigência técnica e tecnológica.

Outra conclusão que merece destaque, foi a perceção que a constante mudança de pessoas chave na organização de um empreendimento originava a perda de estabilidade, assim como tempo e conhecimentos necessários, comprometendo a qualidade final do empreendimento.

Aferiu-se que a desmotivação, a falta de qualificação e de formação por parte dos trabalhadores nas atividades que desempenhavam, originaram muitos defeitos devido ao descuido e à falta de competências técnicas. Constatou-se também que as empresas e intervenientes que já tinham trabalhado juntos no passado, tiveram resultados mais satisfatórios no que diz respeito à diminuição dos defeitos e anomalias na construção.

Em resultado do estudo da avaliação dos defeitos na construção e na fase de ocupação em Singapura (Chong, Low, 2005), a principal conclusão que se evidencia, é que os defeitos encontrados durante as fases de construção e ocupação são normalmente distintos, mesmo que estes defeitos tenham descrições

semelhantes. Foi possível comprovar que alguns defeitos encontrados em ambas as fases podem desenvolver, através de novas condições, outras formas de defeitos.

Ficou ainda claro nesta dissertação, os problemas de compatibilização das diferentes especialidades dos projetos, o que realça a grande quantidade de detalhes existentes que necessitam de ser controladas e coordenadas de forma integrada, permitindo afirmar que a gestão e a coordenação de projetos é muito importante.

Relativamente ao segundo objetivo da dissertação, que consistiu por realizar a identificação, descrição e classificação das distintas anomalias evidenciadas na generalidade dos edifícios, pode-se concluir que são muitos os componentes construtivos dos edifícios, os quais possuem particularidades bastante divergentes face à exposição de temperatura, humidade e até de possíveis alterações de submissão de carga. Este facto origina um conjunto de anomalias específicas, que são causadas pela mistura de materiais com diferentes características, as quais surgem, principalmente pela inadequada conceção/projeto ou por deficiências nas técnicas construtivas utilizadas.

Também foi perceptível ao longo do trabalho, com a análise dos vários casos de estudo e também através do capítulo 4, que a causa mais associada aos diferentes tipos de anomalias é a humidade, tendo em conta os diferentes tipos de manifestações que esta poderá ter. Contudo, as ocorrências de fissurações são também muito frequentes, surgindo em quase todo o tipo de revestimentos e de elementos construtivos, sendo caracterizadas pela difícil obtenção de diagnóstico.

As fachadas são os elementos construtivos mais expostos a agentes ambientais, naturais e biológicos. Em alguns casos, este facto provoca o destacamento dos sistemas de revestimento empregues, originando danos materiais e/ou humanos.

Uma última conclusão que se evidenciou com o segundo objetivo desta dissertação deveu-se ao facto da diversidade de tipos de revestimentos empregues em paramentos interiores de paredes e tetos nos edifícios. Condições como a exposição ambiental, a natureza dos materiais, as condições de execução e os níveis de resistência mecânica, deverão ser especificações a ter em conta, na escolha do tipo de revestimento a usar, uma vez que influenciam as condições de habitabilidade e salubridades dos locais de trabalho.

A perda de qualidade nos empreendimentos e edifícios é desencadeada pelo surgimento de um enorme conjunto de anomalias. Por este facto e também para minimizar os custos de intervenção associados às reparações das respetivas, torna-se fundamental compreender os processos/mecanismos que desencadeiam estas ocorrências.

Ao longo da elaboração desta dissertação foram encontradas algumas dificuldades, nomeadamente na recolha de registos abrangentes sobre o nível de qualidade das construções e as razões na origem dos casos de não-qualidade. Desta forma, pode-se concluir que os casos de estudo sobre a temática deste trabalho são raros e os que existem, à exceção do caso francês, são limitados em termos de amostra.

Pode, então afirmar-se que, de um modo geral, que os objetivos traçados no início da dissertação foram atingidos, nomeadamente quanto à recolha, organização, análise e crítica de casos de estudos de anomalias e falhas na construção com largo impacto em termos económicos e/ou sociais, identificando as situações padrões e comportamentos que originaram as anomalias nas construções. Mais que ser, apenas, uma dissertação académica, este trabalho pretende ser um referencial de apoio à atividade profissional deste setor.

6.3. PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

No âmbito do trabalho apresentado surgem várias possibilidades de desenvolvimentos futuros, nomeadamente:

- Desenvolvimento de um sistema de seguros e garantias no setor da construção português, semelhante ao sistema francês, que registre as patologias surgidas na construção portuguesa;
- Desenvolvimento de um sistema de registo, com base no portal relativo à contratação pública (portal Base.gov), em que os intervenientes do processo construtivo se sentissem sensibilizados e motivados na introdução de informação relativa aos sucessos e insucessos dos seus empreendimentos, com o intuito de evitarem futuras falhas e melhorarem os seus procedimentos;
- Desenvolver um manual de utilização e manutenção dos edifícios que integrem a ficha técnica da habitação, a compilação técnica e as telas finais com o objetivo de sensibilizar o utilizador para a necessidade de ações de inspeção e manutenção;
- Implementar um sistema para que os mapas de quantidades dos empreendimentos fizessem referência aos custos de manutenção ao longo da vida útil do edificado;
- Desenvolver uma lista de procedimentos de preparação de obra, com o intuito de triar com rigor qualquer conflito ou incompatibilidade;
- Desenvolver um sistema interno de transferência e gestão do conhecimento da organização sobre os procedimentos de qualidade a implementar em cada fase do ciclo de vida do empreendimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION (AQC). *Observatoire de la qualité de la construction*, Maio 2013.
- Aguiar, J., Cabrita, A., Appleton, J. *Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais*. Lisboa: LNEC, 2006.
- Alves, S. *Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Faculdade do Porto, 2008.
- Amaral, S. *Inspeção e diagnóstico de edifícios recentes. Estudo de um caso real*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa., 2013
- Amaro, J. *Caracterização de Argamassas para Reparação de Betão*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2011.
- Apicer. *Manual de Alvenaria de Tijolo*. Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, 2000.
- Appleton, J. *Patologia precoce de edifícios. 2º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*. Lisboa: LNEC, 1994.
- Appleton, J., Costa, A. *Análise da Penetração de Cloretos em estruturas de Betão Armado Expostas ao Ambiente Marítimo*. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, 1999.
- Calejo, R., *Gestão de edifícios Modelo de simulação técnico-económica*. Dissertação de Doutoramento, FEUP, 2001.
- Chai, C. *Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2011.
- Chaves, A. *Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2009.
- Chong, W., Low, S. *Assessment of Defects at Construction and Occupancy Stages*. Journal of performance of constructed facilities, ASCE, Estados Unidos da América, 2005
- CIB W86 BUILDING PATHOLOGY., *Building Pathology – A state-of-the art report*. CIB Report, Publication nº 155, Netherlands, June 1993.
- Cóias, V. *Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. Lisboa: IST PRESS, 2006.
- Couto, J., *A qualidade dos projetos: uma componente para a competitividade do setor da construção em Portugal*. NUTAU, São Paulo, 2006.
- Eldukair, Z., Ayyub, B. *Analysis of Recent U.S. Structural and construction failures*. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Estados Unidos da América, 1991.
- Ferreira, J. *Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010
- FEUP, 2004.
- Flores-Colen, I. Brito, J. *Ciência e Engenharia de Materiais de Construção (Rebocos)*. Lisboa: IST PRESS, 2012.
- Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na ótica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, 2008.

- Garcez, N. *Sistema de inspeção e diagnóstico de revestimentos exteriores de coberturas inclinadas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2009.
- Ginga, D. *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço. Materiais, sistemas e anomalias*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2008.
- Gonçalves, A., Brito, J., Branco F. *Causas de anomalias em paredes de alvenaria de edifícios recentes*. Universidade do Minho, 2008
- Gonçalves, C. *Anomalias Não Estruturais em Edifícios Correntes. Desenvolvimento de um sistema de Apoio à Inspeção, Registo e Classificação*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, 2004
- Gonçalves, H., *Análise dos Constrangimentos na Qualidade da Construção Contributo para Melhoria do Pós-Venda numa Empresa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2013.
- Henriques, F. *Humidade em paredes*. Lisboa: LNEC, Coleção Edifícios, 1994.
- <http://patorreb.com/pt/default.asp?op=201&ficha=019#>. Abril de 2016.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Teton_Dam. Março de 2016.
- <https://www.google.com/imghp?hl=pt-PT>. Abril de 2016.
- Josephson, P., Hammarlund, Y. *The causes and costs of defects in construction - A study of seven building project*. Elsevier Science, 1998.
- Kangari, R., Farid, F. *Analysis of Recent U.S. Structural and construction failures*. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Estados Unidos da América, 1993.
- Lopes, J. *Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço*. Lisboa: LNEC, Informação Técnica Edifícios, ITE 33: 2011.
- Lopes, J. *Revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço*. Lisboa: LNEC, Informação Técnica Edifícios, ITE 34: 2010.
- Lopes, T. *Fenómenos de Pré-Patologia em Manutenção de Edifícios – Aplicação ao revestimento ETICS*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- Medeiros, R., *Reparação de Anomalias*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- Oliveira, A. *Avaliação da qualidade térmica de edifícios. Proposta de indicadores para o projeto*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.
- Padrão, J., *Técnicas de Inspeção e Diagnóstico e Estruturas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2004.
- Pereira, A. *Sistema de inspeção e diagnóstico de estuques correntes em paramentos interiores*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2008.
- Pereira, M. *Anomalias em Paredes de Alvenaria sem Função Estrutural*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Faculdade do Minho, 2005.
- Pinto, A. *O Desenho das Envolventes Exteriores Verticais dos Edifícios e a Existência de Falhas, num Processo de Degradação. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (Tema III)*. LNEC, Lisboa, 2003.
- Póvoas, J., Gomes, F., *Análise de incompatibilidades de projeto na execução de obra de edificação: estudo de caso*. IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Contruído, Universidade Federal de Viçosa, Agosto 2015.

- Ribeiro, T., Córias, V. “*Construdoctor*”: *Um Serviço de Pré- Diagnóstico via internet. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (Tema III: Parque Edificado Recente)*. LNEC, Lisboa, 2003: 1037 – 1046.
- Rodrigues, F., Varum, H., Velosa, A., Vicente, R. *Revestimentos pétreos em fachadas - Caso de Estudo. Actas do 2º Encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios*. PATORREB, 2006: 487– 496.
- Roseiro, J. *CAUSAS, ANOMALIAS E SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS ANTIGO*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- Sales, P., *A casa dos repuxos de Conimbriga. Evolução das soluções de Reabilitação, Conservação e Restauro*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- Santos, A. *Sistema de inspeção e diagnóstico de caixilharias*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2012.
- Silva, J. *Cadernos de apoio ao ensino da tecnologia da construção e da reabilitação de anomalias não estruturais em edifícios - Humidade na construção síntese das causas e estratégias de reabilitação*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 2009.
- Silvestre, J. *Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2005.
- Sousa, H., *Capítulo 4 - processo construtivo*. Separatas de Gestão de Obra, FEUP, 2001.
- Sousa, M., *Patologia da construção - elaboração de um catálogo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- Sousa, M., *Patologia da Construção – Elaboração de um catálogo*. Dissertação de Mestrado,
- Sousa, R. *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2008.
- Torres, J. *Manutenção Técnica de edifícios. Vãos Exteriores: Portas e Janelas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- Valério, B., *Modelo de gestão de prevenção de acidentes para a fase de concepção - VOLUME I*. Dissertação de Doutoramento, FEUP, 2013.
- Vicente, M. *Tecnologia e Reabilitação de Caixilharias*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2012.
- Ziad, A., Bilal M. *ANALYSIS OF RECENT U.S. STRUCTURAL AND CONSTRUCTION FAILURES. JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES*, ASCE, Estados Unidos da América, 1991.

