

Causas de anomalias em paredes de alvenaria de edifícios recentes

Adelaide Gonçalves¹

Direcção de Infra-estruturas da Força Aérea Portuguesa

Jorge de Brito², Fernando Branco³

Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

RESUMO

As paredes de alvenaria de edifícios são alvo de diversos fenómenos patológicos, o que coloca em causa o seu desempenho face às exigências que lhes são impostas. Na presente comunicação, pretende-se identificar e descrever as principais causas do processo de degradação de paredes de alvenaria revestidas, para que se possam adoptar as correctas medidas preventivas e correctivas.

1. INTRODUÇÃO

As alvenarias têm sido e são ainda a solução construtiva mais utilizada para a construção do elemento parede, cuja principal função é separar o espaço exterior do interior e ainda compartimentar e definir os espaços interiores (Sousa, 2002), desempenhando ainda um importante papel no desenho do espaço público. Além da importância funcional e estética, as paredes de alvenaria revestidas influenciam economicamente a construção, visto que os trabalhos de alvenaria, incluindo os revestimentos, correspondem a cerca de 13 a 17% do valor total da construção, valor que só é excedido pelas estruturas de betão (Sousa, 2002).

No entanto, as paredes de alvenaria de edifícios, em particular as que não apresentam função estrutural, são muitas vezes esquecidas na actividade de projecto e na fase de execução, o que tem contribuído para o aparecimento assíduo de diversos fenómenos patológicos. Também os revestimentos, que desempenham, cada vez mais, um papel complementar de relevo no desempenho global das paredes, são frequentemente tratados superficialmente.

Assim, é fundamental proceder ao estudo da patologia em paredes de alvenaria e nos seus revestimentos, nomeadamente nos mais usuais em Portugal (reboco com acabamento por pintura e ladrilhos cerâmicos ou placas de pedra aderentes). Este estudo passa pela identificação das anomalias em paredes de alvenaria revestidas e pela determinação e definição das suas causas prováveis.

¹ Eng.^a de Aeródromos

² Professor Associado com Agregação

³ Professor Catedrático

2. ANOMALIAS

O sistema classificativo das anomalias que podem ser detectadas em paredes de alvenaria e nos seus revestimentos, foi obtido tendo em conta todos os diversos fenómenos patológicos distintos e passíveis de serem identificados e diferenciados quer por observação, tacto ou sensação de desconforto. Estes, depois de identificados, foram distribuídos por três grupos que caracterizam as diversas camadas constituintes das paredes. Por sua vez, estes grupos foram ordenados em função da sua importância e contribuição para o correcto cumprimento das exigências impostas às paredes de alvenaria. Sentiu-se a necessidade de criar um grupo que englobasse a parede na sua totalidade (suporte e revestimento) já que as anomalias que ocorrem no suporte têm repercussões nos revestimentos e vice-versa.

No **Quadro 1**, é apresentada de forma resumida a classificação proposta das anomalias. Incluem-se nesta três grupos distintos. Dentro do primeiro, existem seis anomalias que podem afectar a parede na sua totalidade, no segundo são apresentadas cinco anomalias que podem atingir somente o sistema de revestimento (reboco e revestimento final) e, no terceiro, são identificadas nove anomalias passíveis de serem detectadas nos diversos tipos de revestimento final em análise (revestimento por pintura, cerâmico e placas de pedra natural aderentes). Existem, neste último grupo, duas anomalias que não se verificam em todos os tipos de revestimento, sendo identificadas de acordo com a legenda apresentada.

Quadro 1 - Classificação proposta das anomalias em paredes de alvenaria de edificios (Gonçalves, 2007)

A-A. COMPORTAMENTO GLOBAL DA PAREDE	
A-A.1 fissuração	A-A.5 desajustes face a exigências de conforto térmico
A-A.2 esmagamento	A-A.6 desajustes face a exigências de conforto acústico
A-A.3 abaulamento	
A-A.4 degradação das características mecânicas	
A-B. SISTEMA DE REVESTIMENTO	
A-B.1 fissuração	A-B.4 criptoflorescências
A-B.2 perda de coesão / desagregação	A-B.5 presença de microrganismos / organismos vivos
A-B.3 perda de aderência	
A-C. REVESTIMENTO FINAL CERÂMICO / PÉTREO / POR PINTURA	
A-C.1 fissuração	A-C.6 descasque / descamação **/**
A-C.2 perda de aderência / desprendimento	A-C.7 manchas
A-C.3 empolamento	A-C.8 deficiências de planeza **/**
A-C.4 eflorescências / criptoflorescências	A-C.9 presença de microrganismos / organismos vivos
A-C.5 pulverulência	

Legenda:

- * revestimento por pintura
- ** revestimento cerâmico aderente
- *** revestimento com placas de pedra natural

3. CAUSAS DAS ANOMALIAS

3.1. Classificação das causas

No sistema classificativo das causas prováveis de anomalias em paredes de alvenaria de edificios correntes apresentado no **Quadro 2**, propõe-se uma divisão em seis grupos, que indicam a natureza das causas. A organização das causas por grupos segue um critério cronológico. Assim, são primeiro apresentados os erros de projecto, seguindo-se os erros de execu-

ção, surgindo finalmente as acções exteriores (ambientais e de origem humana), a falta de manutenção durante a fase de exploração e a alteração das condições inicialmente previstas. Dentro de cada um destes grupos, as causas foram também ordenadas por ordem de acontecimento e, nos casos dos grupos C-C a C-F, por ordem de gravidade e probabilidade de ocorrência.

Quadro 2 - Classificação proposta das causas de anomalias (Gonçalves, 2007)

C-A ERROS DE PROJECTO	
C-A1 deformabilidade excessiva da estrutura / má concepção do projecto de estabilidade	C-A8 incumprimento das regras de concepção dos revestimentos
C-A2 falta de coordenação entre os projectos de arquitectura e das especialidades	C-A9 inexistente / insuficiente isolamento térmico
C-A3 inadequação / incompatibilidade / má qualidade dos materiais prescritos	C-A10 inexistente / insuficiente ventilação
C-A4 insuficiente estabilidade / resistência da parede	C-A11 deficiente isolamento acústico da parede
C-A5 humidade do terreno	C-A12 má concepção / pormenorização das redes de distribuição e drenagem de águas
C-A6 humidade de precipitação	C-A13 caderno de encargos deficiente
C-A7 má concepção de ligações das paredes a outros elementos	C-A14 pormenorização incompleta, com utilização excessiva de desenhos tipo desadequados à obra
C-B ERROS DE EXECUÇÃO	
C-B1 incumprimento dos projectos	C-B11 má execução da verga
C-B2 pessoal inexperiente	C-B12 incorrecta execução dos revestimentos
C-B3 compactação / estabilização deficiente do solo	C-B13 insuficiente regularização das superfícies acabadas
C-B4 descofragem precoce / inadequada	C-B14 má execução da cobertura, respectivos remates e platibandas
C-B5 armazenagem deficiente dos materiais	C-B15 inexistência de pingadeiras nas zonas inferiores de elementos horizontais
C-B6 indevidas condições de aplicação	C-B16 má execução dos sistemas de distribuição de água e drenagem de águas residuais / pluviais
C-B7 instalação incorrecta de barreiras de impermeabilização e drenagem de paredes enterradas	
C-B8 má execução dos panos de alvenaria e de remates	
C-B9 má execução da caixa-de-ar de paredes duplas	
C-B10 incorrecta ligação entre paredes e à estrutura	
C-C ACÇÕES AMBIENTAIS	
C-C1 variações térmicas	C-C5 exposição solar
C-C2 chuva	C-C6 poluição atmosférica
C-C3 variações de humidade	C-C7 acção biológica
C-C4 vento	C-C8 gelo (ciclos gelo / degelo)
C-D ACÇÕES ACIDENTAIS DE ORIGEM HUMANA	
C-D1 vandalismo / <i>graffiti</i>	C-D2 impactos fortuitos / acidente de tráfego
C-E FALHAS NA MANUTENÇÃO	
C-E1 corrosão em elementos metálicos	C-E6 inexistência de limpeza / manutenção em revestimentos
C-E2 anomalias em canalizações	C-E7 falta manutenção em elementos secundários
C-E3 juntas de dilatação com funcionamento deficiente	C-E8 envelhecimento natural
C-E4 ventilação insuficiente em interiores	C-E9 presença de vegetação / ninhos de animais
C-E5 temperatura interior baixa	
C-F ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIALMENTE PREVISTAS	
C-F1 escavações na vizinhança do edifício	C-F4 alteração das condições de utilização
C-F2 concentração de cargas e de esforços	C-F5 alteração dos parâmetros de conforto
C-F3 aumento do nível do solo adjacente à parede	C-F6 economia de energia

3.2. Caracterização das causas

3.2.1. *Erros de projecto*

Pinto (2003) refere que as falhas de concepção e do projecto são devidas à falta de conhecimento dos projectistas, à repetição dos mesmos erros e à falta de informação disponível e de comunicação, contribuindo para uma acelerada degradação com altos custos de manutenção. A economia e rapidez pretendida na elaboração de projectos de estabilidade, o aparecimento de novos materiais, as soluções arquitectónicas arrojadas, a errada avaliação da resistência do solo de fundação, a incorrecta utilização de programas de cálculo automático e o desrespeito pelas possíveis deformações da solução construtiva adoptada conduzem a deformações induzidas pelo edifício e a maiores tensões na alvenaria, problemas esses também referidos por Sabattini (1998). Das situações de deformações impostas às paredes de alvenaria, destacam-se os casos mais frequentes que se referem a assentamentos diferenciais da fundação e à deformação por flexão excessiva de pavimentos e vigas. De acordo com a Apicer (2000), os assentamentos diferenciais são tanto mais graves quanto maior for a distorção angular que provocam na estrutura. Distorções da ordem de 1/300 podem provocar fissuras diagonais graves nas alvenarias correntes. As estruturas reticuladas sofrem danos consideráveis para distorções de 1/150, salvo se tiverem sido criadas juntas para o efeito. Segundo Ribeiro & Silva (2003), um estudo recente efectuado no Norte do País, sobre a qualidade dos projectos de estruturas de betão de edifícios, revelou que 64% dos projectos obtiveram nota “insuficiente”, enquanto que apenas 2% obtiveram nota “bom”.

Vicente & Silva (2003), referem que o aumento das exigências presentes na regulamentação (RCCTE), nomeadamente ao nível de conforto térmico, foi acompanhado de alguns novos defeitos, associados sobretudo a uma inadequada correcção exterior das pontes térmicas. A falta de experiência e conhecimento dos projectistas e construtores tem conduzido à adopção de soluções não ponderadas e pouco estudadas a nível das suas repercussões patológicas, representadas pela falta de estabilidade, fissuração e humidade.

A especificação em caderno de encargos dos pontos singulares (tais como: cunhais, ombreiras, vergas, platibandas ou guardas de terraços, correcções de pontes térmicas, roços, ligações entre panos de paredes e das paredes à estrutura) contribui para o correcto comportamento mecânico e estabilidade das alvenarias não estruturais. Devendo ser apresentados pormenores e disposições construtivas destas diversas zonas, já que a patologia das paredes de alvenaria tem, preferencialmente, origem e manifestação em pontos singulares das paredes e não em superfície corrente (Silva, 2002).

A grande maioria das anomalias que se detectam nas paredes é decorrente da presença de água. Assim, um dos objectivos centrais do projecto e execução de alvenarias deve passar pelo controlo da entrada de água, mediante uma correcta impermeabilização, drenagem e adequação dos materiais. Medeiros (1998) refere mesmo que a qualidade do projecto é o principal factor para tornar uma parede resistente à acção da água.

A manifestação da água pode apresentar várias origens e determinar o aparecimento de algumas anomalias (fissuras, proliferação de microorganismos, manchas, deterioração dos revestimentos, eflorescências, criptoflorescências, aumento da condutibilidade térmica e ocorrência de condensações superficiais). De acordo com Medeiros (1998), uma das principais causas do aparecimento de humidade de condensação tem a ver com as falhas de projecto que dificultam a ventilação. Para que se garanta a qualidade do ar interior, devem ser praticadas aberturas permanentes ou controláveis de admissão de ar nas fachadas de acordo com o disposto na norma NP 1037-1, que permitam taxas de renovação médias do ar interior equivalen-

tes às referidas no art. 29º do RSECE⁴.

Os cadernos de encargos apresentam muitas vezes disposições contraditórias e são quase sempre de natureza muito genérica. A acrescentar a esta lacuna, surge a deficiente pormenorização do projecto, a utilização de peças desenhadas tipo e a incorrecta escolha de materiais, quer pela sua má qualidade, inadequação às acções a que está sujeito ou incompatibilidade com outros materiais. Estes problemas de carácter normativo e prescritivo advêm da adopção e do uso de novas tecnologias e materiais que fez esquecer a maior parte das características positivas usadas na construção tradicional, tais como a experiência e o tempo, o respeito pela localização, a geografia e o clima e o uso de materiais locais (Pinto, 2003).

Quanto aos revestimentos, o reboco, segundo Veiga (2004), constitui uma grande parte dos revestimentos exteriores dos edifícios em Portugal e a fissuração é um dos tipos de anomalias com maior influência no seu comportamento, já que afecta a sua capacidade de impermeabilização, permite a fixação de microorganismos e reduz a durabilidade da parede. O melhoramento do comportamento à fissuração dos rebocos é possível, na fase de concepção e projecto, sem que haja um acréscimo de custos significativo, através de uma escolha criteriosa dos seus constituintes (argamassas menos rígidas, menos geradoras e tensões), respectivas dosagens e de disposições construtivas e de aplicação adequadas (Veiga, 2004).

A origem de algumas manifestações patológicas em revestimentos de placas de pedra, encontram-se indicadas no **Quadro 3**.

Quadro 3 - Causas de anomalias em placas de pedra (Sousa et al (2003) e Paiva et al (2006))

Causas devidas à má concepção de revestimentos em placas de pedra natural
1. inadequação do tipo de pedra ao ambiente a que vai estar sujeita (descuro na sua caracterização nomeadamente no que diz respeito às suas características físico-mecânicas mais importantes: valor médio da rotura por flexão, massa volúmica aparente e coeficiente de dilatação térmica)
2. incorrecta escolha da geometria da pedra (espessura e dimensões) face a resistência final às acções solicitantes
3 inadequada escolha do sistema de fixação em relação à sua posição (vertical), dimensões e características do suporte
4. negligente ou deficiente pormenorização / descrição do sistema de fixação (ex: desrespeito pela largura das juntas entre placas ou juntas de fraccionamento, escolha de colas inadequada, insuficiente resistência do sistema de fixação mecânico, desrespeito pela lâmina de ar mínima, entre outros.)

No que respeita aos revestimentos cerâmicos, as causas de anomalias encontram-se expressas no **Quadro 4**.

Quadro 4 - Causas de anomalias em revestimentos cerâmicos (Apicer (2003) e Silvestre (2005))

Causas devidas à má concepção de revestimentos cerâmicos
1. negligência na aplicação de normas ou recomendações
2. selecção inadequada ou incompatível de materiais face ao suporte, utilização e acções solicitantes
3. incorrecta especificação dos materiais de colagem, do seu tipo (colagem simples / dupla) e espessura
4. falha na definição de juntas de assentamento (largura e espaçamento incompatíveis) e fraccionamento
5. deficiente cuidado na pormenorização de zonas singulares (zonas de remates)
6. deficiente prescrição das disposições construtivas e das regras de execução aplicáveis

Quanto aos revestimentos por pintura as causas responsáveis, na fase de projecto, pelo aparecimento de anomalias, encontram-se listadas no

Quadro 5.

⁴ RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Quadro 5 - Causas de anomalias em revestimentos por pintura (Rodrigues & Eusébio (2003) e Paiva et al (2006))

Causas devidas à má concepção de revestimentos por pintura
1. má qualidade da tinta / produto / esquema de pintura
2. inadequação do esquema de pintura face às condições de exposição
3. incompatibilidade de produtos no esquema de pintura proposto
4. incompatibilidade do produto / tinta com a base a pintar (produto incompatível com o tipo de superfície a pintar, utilização de tinta inadequada ao tipo de suporte)

O aumento da importância das diversas instalações tem vindo a obrigar à embebição nos elementos construtivos de um sem número de infraestruturas (Apicer, 2000). Os roços em paredes constituem um duplo problema: a sua abertura enfraquece a rigidez da parede (em particular, os horizontais). Por outro lado, ao criar grandes espaços necessitando de ser preenchidos com argamassa, gera zonas com transições bruscas de secção (situação que provoca fissuração nos revestimentos). A fim de minimizar esta situação, é necessário prever em projecto o melhor traçado para as tubagens e canalizações das diversas especialidades, incluindo os atravessamentos e cruzamentos e, em função dos seus diâmetros, definir com a arquitectura a espessura mínima das paredes.

3.2.2. Erros de execução

As falhas que podem ocorrer durante a fase de execução são vastas e de natureza diversa, podendo ir desde uma deficiente compreensão do projecto, no que respeita aos pormenores construtivos e às características a exigir aos materiais, até às deficiências no planeamento, utilização de tecnologia desadequada e mão-de-obra não qualificada (Gonçalves, 2007).

As paredes de alvenaria podem ser afectadas por um comportamento negligente perante outros elementos construtivos ou outras etapas da edificação, como por exemplo: a deficiente compactação e a presença de heterogeneidades no solo, não contrariadas por procedimentos construtivos adequados, e que podem originar graves casos de fissuração nas paredes (Silva, 2002); a descofragem precoce, não respeitando os valores indicados em regulamentação própria, pode provocar deformações da estrutura que induzem cargas importantes nas paredes, mobilizando a resistência à flexão e efeitos de arcos nas paredes (Apicer, 2000). O efeito de arco é, especialmente notório, em paredes com boa resistência à tracção e ao corte, onde o painel de alvenaria pode permanecer apoiado nas extremidades da viga, resultando um destacamento entre a base da parede e a viga de suporte (Pereira, 2005).

O desrespeito pelas condições de aplicação constituem a origem de inúmeros casos de anomalias que podem ocorrer no suporte, rebocos e revestimentos finais. Com o tempo seco, é preferível a aplicação da argamassa tijolo a tijolo a fim de evitar a sua secagem precoce e diminuição da trabalhabilidade. A retracção da argamassa das juntas de assentamento, causa da manifestação de fissuração que acompanha o contorno das juntas entre blocos (Apicer, 2000), é uma preocupação cujo controlo reside na fase de execução (sobretudo na aplicação e cura).

O uso de dois panos de alvenaria na execução de paredes exteriores de edificios corresponde a uma tecnologia já com décadas de aplicação. Contudo, tem-se verificado que são relativamente frequentes os casos de insucesso na sua execução, sob a forma sobretudo de infiltrações de água da chuva (com conseqüente proliferação de bolores e aumento da condutibilidade térmica). São frequentes os casos onde ocorrem as seguintes situações (Henriques, 2001): inexistência de caixa-de-ar (ou caixa-de-ar com espessura insuficiente); ausência de

caleira de recolha das águas na caixa-de-ar (ou caleira obstruída / sem pendente); ausência / incorrecta colocação (cota mínima da caleira) de tubos que conduzam as águas para o exterior e de tubos de ventilação (ou tubos obstruídos); existência de desperdícios de argamassa ou estribos com pendente incorrecta criando ligações entre os dois panos; colocação de placas de isolante térmico sem qualquer fixação; inexistência de pingadeiras nas zonas inferiores dos elementos horizontais ou colocação de tijolos com furos voltados para o exterior (Apicer, 2000).

Existem ainda outros erros que são recorrentes e que podem também resultar em anomalias, tais como (Apicer, 2000 e Sousa, 2002): pontos singulares de paredes resolvidos com excessiva improvisação (como, por exemplo, ligações parapeitos - fachada); incorrecta ligação das alvenarias às estruturas de betão armado, provocando por vezes fenómenos de fissuração na ligação dos dois materiais; aplicação de elementos metálicos sem protecção contra a corrosão (tais como: grampos, cantoneiras em aço para apoio de paredes de fachada insuficientemente apoiadas na laje, armaduras das juntas horizontais, cantoneiras de reforço de arestas salientes e armaduras em redes metálicas para rebocos), cuja produção do óxido de ferro acompanhada por expansão é suficiente para fissurar e provocar o destacamento de material da alvenaria e dos revestimentos.

No que diz respeito aos revestimentos, as causas do aparecimento de anomalias em rebocos passam por (Gonçalves, 2007): excesso de água de amassadura, aumentando a retracção; tempo de mistura insuficiente o que aumenta o módulo de elasticidade devido a um menor teor de ar incorporado; humedificação insuficiente do suporte, provocando a dessecação do reboco; variações de espessura ao longo da superfície; inadequação ao suporte; incompatibilidade de camadas de revestimento; alisamento demasiado prolongado e apertado, o que traz à superfície a leitada do cimento; revestimento contínuo sobre suportes de natureza distinta sem qualquer cuidado adicional; e desrespeito pelos tempos de secagem.

As causas respeitantes à fase de execução de revestimentos descontínuos aderentes encontram-se identificadas no **Quadro 6**.

Quadro 6 - Causas de anomalias devidas à má execução de revestimentos descontínuos aderentes (Sousa et al (2002), Apicer (2003), Silvestre (2005), Paiva et al (2006))

Causas devidas à má execução de revestimentos descontínuos aderentes	
Placas de pedra	Ladrilhos cerâmicos
1. falta de inspecção do estado das pedras (existência de fracturas pode comprometer a sua resistência)	1. desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução
2. deficiente preparação das superfícies do suporte (suporte húmido, sujo, não regular)	
	3. desrespeito pelo tempo do adesivo
4. colagem deficiente (contacto incompleta entre o elemento e o material de assentamento; inadequada espessura da cola utilizada; colagem simples em vez de dupla; utilização de material de elevada retracção)	
5. deficiente execução de juntas (largura, profundidade desadequada, preenchimento incompleto)	
6. encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas	
7. incorrecta regularização das superfícies (presença de arestas vivas, aplicação irregular)	

Nos revestimentos por pintura, as causas mais comuns são: a inadequada preparação das superfícies; a incompatibilidade físico-química e mecânica do produto de pintura com a base de aplicação; a utilização de um método de aplicação inadequado (desrespeito pelos tempos de secagem entre demãos ou a excessiva ou insuficiente espessura da camada de produto).

3.2.3. Acções ambientais

É no exterior que estas acções se fazem sentir, afectando os materiais que com elas se encontram em contacto. O seu nível de gravidade depende da intensidade com que actuam e do grau de exposição da parede. As acções ambientais têm um papel preponderante na escolha dos materiais, métodos e técnicas construtivas e nas suas condições de aplicação. Se estas acções não forem consideradas nestas fases, são vários os processos patológicos que podem ocorrer.

Silva (2002) diz que as variações de temperatura provocam a dilatação e contracção das paredes, dos elementos confinantes e dos diversos materiais que os compõem, gerando tensões significativas não só no seu seio como nas ligações a outros elementos. A magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto e das propriedades elásticas do material. Segundo a Apicer (2000), as paredes exteriores estão mais sujeitas a este fenómeno (sobretudo as orientadas a Sul e Poente), por existir um maior gradiente térmico. A ligação entre as juntas e os tijolos fica assim sujeita a elevados esforços de corte face à restrição mútua de movimentos. Do mesmo modo, a movimentação térmica da estrutura de betão pode causar destacamentos entre esta e as alvenarias ou a ocorrência de fissuras de corte que podem afectar só o revestimento ou, nos casos mais graves, o próprio suporte. Por outro lado, se a cobertura for desprovida de uma adequada protecção que minimize os movimentos de origem térmica, as alvenarias do último andar serão as mais afectadas. Pereira (2005) indica que a dilatação plana das lajes e a encurvadura provocada pelo gradiente da temperatura introduzem tensões de tracção e de corte nas paredes das edificações.

No **Quadro 7**, apresentam-se os coeficientes de dilatação térmica lineares de diversos materiais constituintes das paredes de alvenaria.

Quadro 7 - Características do material devido a fenómenos de carácter térmico (Apicer, 2003 e Silvestre, 2005)

Características do material	Suportes		Constituintes		
	Betão	Alvenaria de tijolo	Argamassa de assentamento de base cimentícia	Ladrilhos cerâmicos	Placas de xisto
Coefficientes de dilatação térmica linear ($\text{mm/mm}/^{\circ}\text{C}^{-1}$)	10 a 13×10^{-6}	5 a 8×10^{-6}	10 a 13×10^{-6}	4 a 8×10^{-6}	8×10^{-6}

Para a Apicer (2003) os paramentos exteriores devem apresentar valores de coeficiente de absorção da radiação solar (α_s) menores do que 0,7 (onde não se enquadram as seguintes cores: castanho, verde escuro, azul vivo, azul escuro, castanho escuro e preto), em particular para orientações com maior solicitação (entre Sudoeste e Oeste).

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais (expansão e contracção) nos materiais porosos. Enquanto que o betão e as argamassas de base cimentícia apresentam retracções da ordem dos 0,6 e 1,0 mm/m, respectivamente, a alvenaria e os ladrilhos cerâmicos apresentam expansões máximas irreversíveis no valor de 0,6-1,0 e 0,6 mm/m, respectivamente. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações, poderão ocorrer elevadas concentrações de tensões, levando à fissuração.

A expansão das alvenarias devida a fenómenos de higroscopicidade ocorre preferencial nos seguintes locais: cantos desabrigados, platibandas e na base das paredes de pisos térreos (Pereira, 2005) e as fissuras tomam sobretudo a direcção vertical ou pouco inclinada. A expansão dos tijolos pode provocar tensões de tracção no reboco, que podem gerar fenómenos de fissuração semelhantes aos provocados pela retracção do reboco, diferindo na localização (paredes menos expostas ao sol).

Saliente-se que os movimentos com origem na variação de humidade são mais lentos do que os que resultam da variação da temperatura, pelo que, perante uma mudança simultânea, mas em sentido oposto, da humidade e da temperatura, não é de esperar a compensação das duas.

As paredes de alvenaria de edifícios estão sujeitas a diversos agentes externos entre os quais a acção da chuva incidente batida pelo vento. A acção local destes dois agentes sobre a fachada de um edifício é mais intensa nas zonas dos seus bordos laterais e superior e sobretudo nos cantos superiores. (Dias, 2003) refere que as fachadas viradas a Poente são as mais expostas à chuva incidente acompanhada de vento, o que se conjuga negativamente com o facto de a fissuração resultante dos efeitos da temperatura ser mais expressiva precisamente na zona Poente do edifício, em especial junto à cobertura. A ocorrência de infiltrações de água implica o aparecimento de outras anomalias, nomeadamente: a degradação dos materiais, criptoflorescências, eflorescências, descolamento de ladrilhos cerâmicos e placas de pedra (por degradação da camada de assentamento), diminuição das condições de salubridade e conforto.

Com origem variada (solo, ar, acção do vento, insectos e aves), os agentes biológicos depositam-se nas superfícies dos revestimentos ou nas suas juntas e multiplicam-se consoante as condições climáticas. Numa primeira fase, podem comprometer a qualidade estética, podendo posteriormente alterar as propriedades dos materiais. Com os mesmos dois níveis de gravidade, a poluição atmosférica pode, conjuntamente com a acção da água, provocar a degradação dos revestimentos (Magalhães, 2005).

3.2.4. *Acções acidentais de origem humana*

O vandalismo é uma acção que é realizada propositadamente com o objectivo de provocar determinada reacção / destruição. Dois exemplos bastante usuais são: danificação dos sistemas de drenagem de águas pluviais, o que faz com que a água da chuva seja drenada de forma deficiente, escorrendo pelas paredes ou mesmo para o interior do edifício; e as pinturas de *graffiti* em paredes, problema que afecta principalmente as paredes em meio urbano.

As cargas fortuitas, assim designadas devido ao seu carácter aleatório e de difícil previsão, podem provocar anomalias, especialmente em paredes exteriores. Os cantos salientes e as zonas próximas da base são as áreas mais susceptíveis a este tipo de acção. Constitui exemplo o choque de corpos contra as paredes.

3.2.5. *Falhas na manutenção e alteração das condições inicialmente previstas*

As acções de conservação / manutenção correspondem a uma série de medidas, preventivas ou outras, aplicadas à construção de forma a permitir que esta desempenhe as suas funções de forma satisfatória durante o seu período de vida (Apicer, 2003). A implementação de planos de manutenção permite detectar atempadamente as anomalias, impedindo o seu agravamento e evolução com repercussões ao nível das condições de habitabilidade e com o aumento dos custos de reparação associados, ou, ainda, evitar o seu aparecimento.

A alteração das condições inicialmente previstas implica uma modificação na envolvente, no elemento, no seu uso ou nas exigências dos utilizadores, perante o previsto em projecto e na fase de execução. Constituem exemplos: o descuido nas medidas preventivas aquando da construção de um edifício adjacente a outro já existente (assentamentos diferenciais); a aplicação de cargas concentradas nas paredes sem reforço prévio da zona; a alteração do uso dado ao edifício onde os revestimentos não são os mais adequados e podem sofrer

degradações precoces; a evolução das condições de uso ou dos padrões de qualidade (nomeadamente a nível de conforto térmico, acústico e exigências de economia).

3.3. Matriz de correlação anomalias - causas prováveis

Após a identificação das anomalias e das causas, é possível elaborar a matriz de correlação, na qual é possível avaliar a contribuição de cada grupo de causas para o desenvolvimento dos diversos processos de degradação. As causas prováveis são divididas em causas (directas) e primeiras (indirectas). As causas directas são as que determinam, de uma forma imediata, o aparecimento das anomalias (constituem um exemplo as acções de origem humana). As causas indirectas (que precedem as anteriores) necessitam de uma causa directa para que se inicie o processo patológico (como, por exemplo, os erros inerentes à fase de execução).

O preenchimento da matriz (Quadro 8) consiste no estabelecimento de uma relação entre cada anomalia (representada nas colunas) e as causas prováveis (representada nas linhas) que lhe estão subjacentes, de acordo com o grau de correlação correspondente (Gonçalves, 2007):

- 0 - sem relação: não existe qualquer relação (directa ou indirecta) entre a causa e anomalia;
- 1 - pequena relação: causa indirecta (primeira) da anomalia, relacionada com o despoletar do processo de degradação; causa não necessária para o desenvolvimento do processo, embora o catalize;
- 2 - grande relação: causa directa (próxima) da anomalia, associada à fase final do processo de degradação; quando a causa ocorre, constitui uma das razões principais do processo de degradação e é indispensável ao seu desenvolvimento.

Uma análise estatística dos valores de correlação inseridos permitiu obter os **Gráficos 1 e 2**, onde se verifica que as causas de anomalias directas e indirectas são, em termos de percentagens, muito semelhantes. O **Gráfico 3** mostra que efectivamente os erros de execução e de projecto são a principal origem das anomalias (embora os dados assim obtidos sejam subjectivos uma vez que dependem da listagem das anomalias, das causas prováveis considerada e dos valores atribuídos na matriz de correlação). Os dados obtidos intersectam a informação referida pelo CIB (1993), para o qual a origem dos principais defeitos verificados nos edifícios reside em erros de projecto (cerca de 43%, a média obtida de todos os países considerados no estudo) e de construção (39%). Ribeiro & Silva (2003), afirmam que, na sequência de diversas inspecções realizadas a edifícios, as anomalias devidas a uma manutenção insuficiente ou inadequada ocorrem, com maior incidência em edifícios antigos, enquanto que as anomalias devidas a erros ou omissões no projecto e devidas a falhas na fase de construção ocorrem, sobretudo, em obras mais recentes. Tal facto é também aqui constatado, já que as causas devido a falhas na manutenção apresentam valores percentuais que são cerca de metade dos obtidos para os erros de execução ou de projecto. Inclusivamente, as acções ambientais tomam um papel mais preponderante no aparecimento de fenómenos patológicos do que a falta de manutenção.

Quadro 8 - Matriz de correlação anomalias - causas prováveis (Gonçalves, 2007)

C/A	A-A.1	A-A.2	A-A.3	A-A.4	A-A.5	A-A.6	A-B.1	A-B.2	A-B.3	A-B.4	A-B.5	A-C.1	A-C.2	A-C.3	A-C.4	A-C.5	A-C.6	A-C.7	A-C.8	A-C.9
C-A1	2	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C-A2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C-A3	1	0	1	1	0	0	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1
C-A4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A5	1	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	1	1	2	2	0	0	2	0	2
C-A6	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	1	0	2
C-A7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
C-A8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	2	2	1	2	2	1	2	0
C-A9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
C-A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
C-A11	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A12	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
C-A13	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
C-A14	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
C-B1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
C-B2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
C-B3	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
C-B6	1	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	2	2	2	2	2	0	2	0	1
C-B7	0	0	0	2	2	0	0	2	1	2	2	1	1	1	2	1	0	2	0	2
C-B8	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C-B9	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C-B10	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B11	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B12	0	0	0	1	0	0	2	1	2	1	0	2	2	2	0	2	1	1	2	1
C-B13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
C-B14	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
C-B15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	2
C-B16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
C-C1	2	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	1	2	2	0	1	1	0	1	0
C-C2	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	2	0	1
C-C3	2	0	2	1	0	0	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0
C-C4	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	1
C-C5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
C-C6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	2
C-C7	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2	1	0	0	1	1	0	2	0	2
C-C8	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C-D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	1
C-D2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	0
C-E1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0
C-E2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	1	0	2	0	2
C-E3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
C-E4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	2
C-E5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	1
C-E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	1	2	0	1
C-E7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1
C-E8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0
C-E9	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2
C-F1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-F2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
C-F3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
C-F4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0	1	0	2	0	2
C-F5	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-F6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

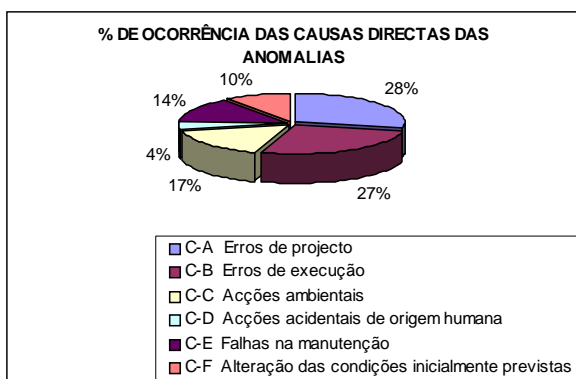


Gráfico 1 - Percentagem de causas directas de anomalias (Gonçalves, 2007)

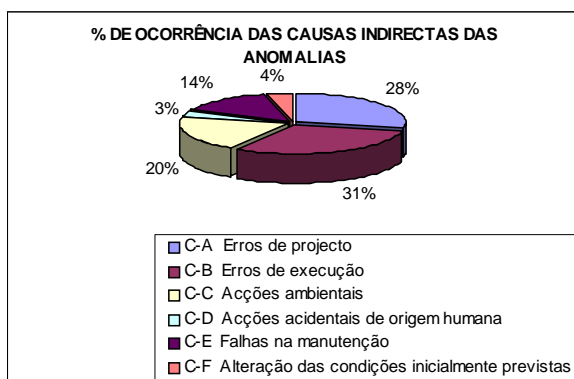


Gráfico 2 - Percentagem de causas indirectas de anomalias (Gonçalves, 2007)

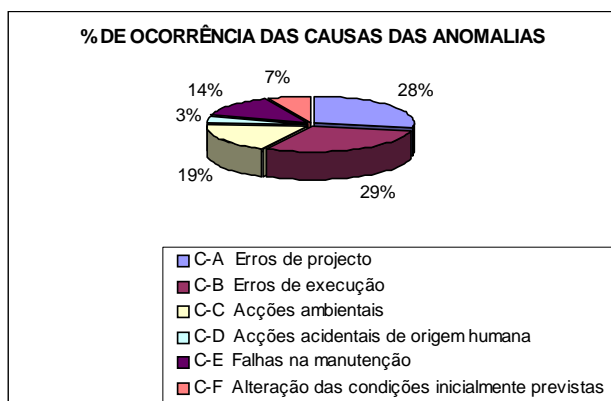


Gráfico 3 - Percentagem de causas de anomalias por grupo (Gonçalves, 2007)

4. CONCLUSÃO

Quer a importância económico-social das paredes de alvenaria, quer a crescente aposta na área da reabilitação em Portugal, motivam o estudo dos defeitos das paredes de alvenaria revestidas e das causas prováveis que estão na sua origem.

A tipificação das anomalias e das suas causas facilita o diagnóstico em obra, contribuindo para tal a consulta da matriz de correlação anomalias - causas prováveis onde é possível analisar para uma dada anomalia qual (quais) a(s) causa(s) que estão inerentes ao seu aparecimento. É, no entanto, essencial que sejam realizados estudos mais aprofundados caso a caso, a fim de se definir para aquela situação, a origem do fenómeno.

Da análise da matriz de correlação, foi possível concluir que: os erros de projecto (28%) e de execução (29%) são os principais responsáveis pelo aparecimento das manifestações patológicas em paredes de alvenaria; seguindo-se as acções ambientais (19%) e as falhas na manutenção (14%); as alterações das condições inicialmente previstas ocupam o quinto lugar com 7% e, por fim, as acções acidentais de origem humana com 3%. Ressalva-se que estes dados são função quer do sistema classificativo das anomalias e das causas quer da atribuição dos graus de correlação aquando do preenchimento da matriz. Considerando que estes dados se encontram próximos da realidade, conclui-se que é de todo o interesse proceder à sistematização e implementação de medidas preventivas, nas diversas fases de concepção de um edifício. Constituem exemplo: uma correcta escolha dos elementos, argamassas e acabamentos a usar na execução das alvenarias face às acções solicitantes; uma adequada elaboração dos projec-

tos (cumprindo os regulamentos) e cadernos de encargos (incluindo regras da “arte de bem construir” e especificações para as condições de aplicação), convenientemente detalhados e, sempre que possível, simples para que sejam menos susceptíveis à qualidade da mão-de-obra.

5. BIBLIOGRAFIA

Apicer. *Manual de Alvenaria de Tijolo*. Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, 2000.

Apicer. *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*. Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, 2003.

CIB Working Commission W86. *Building Pathology. A State of the Art Report*. Rotterdam: CIB, 1993.

Dias, António. *Construção em Tijolo Cerâmico: das Exigências Normativas do Produto à Prática de Aplicação*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Porto, 2002. pp. 41-64.

Gonçalves, Adelaide. *Reabilitação de Paredes de Alvenaria*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007.

Henriques, Fernando M. A. *Paredes Duplas. Conceção e Critérios de Estanquidade*. Congresso Nacional da Construção. IST, Lisboa, 2001. 9 p.

Magalhães, Ana. *Revestimentos de Paredes em Edifícios Antigos*. Patologia de Reboços Antigos, LNEC, Lisboa, 2005, pp. 69-85.

Medeiros, Jonas. *O Desempenho das Vedações Face à Ação da Água. Seminário de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais*. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 1998. pp. 125-168.

Paiva, José; Aguiar, José; Pinho, Ana. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional (Volume II)*. 1.ª ed. INH e LNEC, Lisboa, 2006.

Pereira, Manuel. *Anomalias em Paredes de Alvenaria sem Função Estrutural*. Universidade do Minho, Braga, 2005. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.

Pinto, Alberto. *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. pp. 1209-1217.

Ribeiro, Tiago; Silva, V. Córias e. “*ConstruDoctor*”: *Um serviço de Pré-diagnóstico via Internet de Anomalias em Edifícios*. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (Tema III). LNEC, Lisboa, 2003. pp. 1037-1046.

Rodrigues, Paula; Eusébio, Isabel. *Anomalias em Revestimentos por Pintura. Análise de Casos*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: 2003a. pp. 417-426.

Sabbatini, Fernando. *As Fissuras com Origem na Interação Vedação – Estrutura*. Seminário de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 1998. pp. 169-186.

Silva, J. Mendes da. *Alvenarias Não Estruturais. Patologias e Estratégias de Reabilitação*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Porto, 2002. pp. 187-206.

Silvestre, José Dinis. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005.

Sousa, Hipólito de. *Alvenarias em Portugal. Situação Actual e Perspectivas Futuras*.

Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Porto, 2002, pp. 17-40.

Sousa, Hipólito de; Faria, J. Amorim; Sousa, Rui. *Anomalias Associadas ao Revestimento Exterior de Fachadas com Placas de Pedra Natural. Alguns Casos de Estudo*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: 2003. pp. 391-400.

Veiga, M. Rosário. *Comportamento à Fendilhação de Reboco: Avaliação e Melhoria. Revestimentos em Edifícios Recentes*. 1.ª ed. LNEC, Lisboa, 2004. pp. 7-27.

Vicente, Romeu; Silva, J. Mendes da. *Estudo do Comportamento Mecânico das Paredes de Fachada com Correção Exterior das Pontes Térmicas*. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios (Tema III). LNEC, Lisboa, 2003. pp. 1235-1244.