

## **Anomalias de natureza estrutural em edifícios novos. São defeitos “normais”?**



**Carlos Mesquita<sup>1</sup>**

### **RESUMO**

Pretende-se desmistificar a ideia segundo a qual a fissuração importante que surge, frequentemente, nos edifícios novos é uma inevitabilidade e demonstrar que ela resulta antes de se desrespeitar, por vezes grosseiramente, o preconizado na regulamentação. Estudos realizados provam que na maioria dos casos a fissuração importante está relacionado com a deformação excessiva das lajes, em particular, das lajes maciças fungiformes, que os elementos não estruturais não são capazes de acomodar. Descrevem-se algumas técnicas de diagnóstico, baseadas em ensaios não destrutivos, ou reduzidamente, intrusivos, para a identificação das causas e da sua importância, bem como os tipos de medidas correctivas que poderão ser adoptados.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Fissuração, deformação de lajes, diagnóstico, ensaios não destrutivos, reforço.

<sup>1</sup> Oz – Diagnóstico, levantamento e controlo de qualidade em estruturas e fundações, Lda, Direcção Técnica, 1050-170 Lisboa, Portugal, [cgmesquita@oz-diagnostico.pt](mailto:cgmesquita@oz-diagnostico.pt)

## **1. INTRODUÇÃO**

Da experiência recolhida de vários estudos da Oz, sobre anomalias e defeitos de construção em edifícios novos, é muito frequente a detecção de fissuras com orientação bem definida em paredes, tectos e pavimentos, cuja interpretação habitual, que nos é transmitida, incluindo os agentes ligados à construção, resume-se à inevitabilidade da ocorrência dessas anomalias. É muito frequente ouvir que é normal os edifícios “darem” de si nos primeiros tempos! Ora, esta interpretação, ligeira, está, na maioria dos casos, errada.

A regulamentação, em particular o REGEU<sup>1</sup> e o REBAP<sup>2</sup>, prescrevem exigências várias que têm de ser satisfeitas pelas construções. Dentre as quais se destacam a solidez e a resistência, o aspecto e a durabilidade.

A estrutura dum edifício não pode sofrer deformações exageradas que não sejam acomodadas pelos elementos não estruturais como, por exemplo, as paredes. No caso das flechas de pavimentos, o REBAP<sup>2</sup> estabelece os estados limites de deformação de vigas e lajes de pavimentos (artº. 72º.), em que o valor da flecha para combinações frequentes de acções não pode ser superior a 1,5 cm no caso de poderem ser afectadas paredes divisórias e em que não tenham sido adoptadas disposições construtivas que contrariem as flechas excessivas.

## **2. CAUSAS DAS FISSURAS**

As deformações importantes das estruturas de edifícios resultam, normalmente, de duas causas principais, nomeadamente, assentamentos diferenciais das fundações e/ou flechas excessivas de pavimentos, sendo, esta última, a mais frequente.

Nas últimas duas décadas, as estruturas de betão armado com pavimentos constituídos por lajes fungiformes maciças têm vindo a ser preferidas em detrimento das lajes vigadas, cuja rigidez de flexão é claramente superior. A maior susceptibilidade às deformações das lajes fungiformes maciças, aliada à menor experiência da sua aplicação, têm propiciado, com demasiada frequência, o surgimento de defeitos de construção, que não são devidamente corrigidos, porque, conforme referido, são, frequentemente, apelidados de normais.

Importa, ainda, referir, que muitas vezes, esses defeitos revelam outros, de consequências mais graves que comprometem os estados limites últimos, preconizados no REBAP<sup>2</sup>.

## **3. METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO**

Apresenta-se, a seguir, a metodologia de diagnóstico seguida na Oz, ilustrando-a através de casos de estudo.

### **3.1. Estudo preliminar**

Em geral, o estudo preliminar consiste na abordagem inicial da patologia das construções. Tem por suporte a documentação existente e a inspecção visual do edifício, permitindo validar a referida documentação e verificar as características aparentes das anomalias visíveis.

Os sintomas usuais, que traduzem deformação excessiva da estrutura, consistem na presença de fissuras com orientação bem definida e abertura, por vezes, expressiva, que afectam, por ordem decrescente de ocorrência, paredes, tectos e pavimentos e na presença de flechas excessivas das lajes (Figs 1 a 4).



Figura 1. Fissuras com orientação bem definida em paredes.

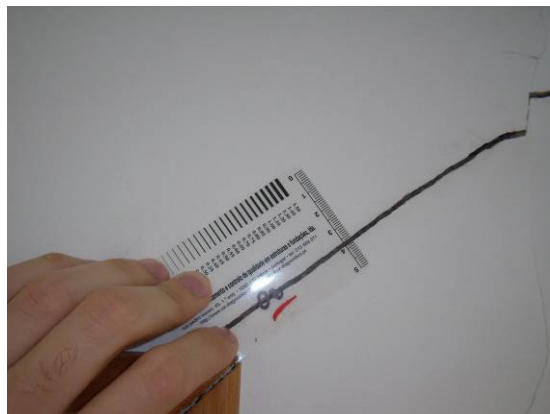


Figura 2. Pormenor da medição expedita da abertura duma fissura.

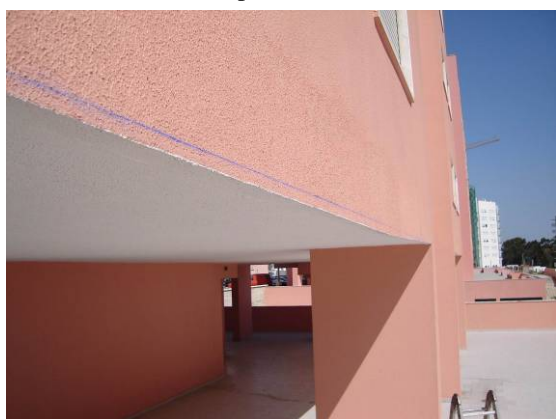


Figura 3. Flecha excessiva da laje de tecto dum piso vazio.



Figura 4. Pormenor da medição da flecha.

Menos frequentemente, também, associados à deformação excessiva das estruturas ocorrem, ainda, o empolamento/destacamento dos revestimentos, quer dos pavimentos, quer das paredes, que nos casos mais graves são acompanhados de rotura dos tijolos devido ao esmagamento dos panos de alvenaria (Figs 5 e 6). Outros sintomas associados surgem nos vãos, com o empenamento das portas ou das suas molduras.

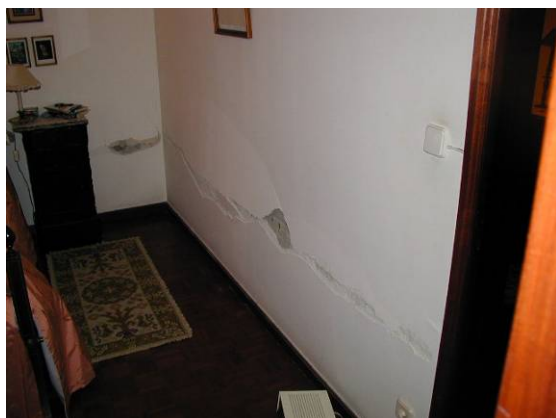


Figura 5. Destacamento do revestimento de parede divisória, devido a esmagamento da alvenaria.



Figura 6. Empolamento do revestimento do pavimento, também, associado a deformação excessiva da laje.

No levantamento da fissuração importa registar a localização e a orientação das fissuras, medir a sua abertura utilizando uma simples régua de fissuras (Fig 2), ou um medidor óptico graduado, com

resolução de centésimas de milímetro, ou ainda, registar em suporte fotográfico, permitindo o posterior acompanhamento da evolução através da realização duma monitorização.

Com base na informação recolhida e devidamente analisada é elaborado um relatório apresentando as conclusões e, se necessário, incluir a definição do aprofundamento do diagnóstico através da realização de inspecção mais detalhada e de ensaios não destrutivos ou reduzidamente intrusivos.

### **3.2. Aprofundamento do diagnóstico e definição da estratégia de intervenção**

O aprofundamento do diagnóstico da fissuração passa, normalmente, pela verificação da segurança estrutural às cargas verticais, quanto aos estados limites de deformação e aos estados limites últimos, tendo por suporte o projecto de estabilidade existente, devidamente validado. As conclusões sobre a segurança estrutural permitirão definir as medidas correctivas a implementar, que nos casos mais graves consiste no reforço da estrutura.

Caso não exista projecto de estabilidade o aprofundamento do diagnóstico fica muito condicionado, obrigando à realização de maiores quantidades de ensaios para a caracterização o mais fiável possível da estrutura.

Descrevem-se a seguir as tarefas de diagnóstico a levar a cabo no caso em que o projecto de estabilidade se encontra disponível.

#### **3.2.1. Levantamento das anomalias visíveis**

Fundamental para o aprofundamento do diagnóstico e para avaliação da extensão e importância das anomalias existentes no edifício. Consiste na inspecção, por amostragem, do exterior e do interior, através de exame visual, visando a caracterização e identificação das anomalias tipo de natureza estrutural, nomeadamente a fissuração, a sua disposição e extensão através de referenciação em desenhos, com os cuidados referidos no ponto 3.1 (Figs 1 a 6).

Para melhor caracterização das flechas dos pavimentos pode ter interesse realizar medições directas simples (Figs 3 e 4) ou medições mais completas e rigorosas através de nivelamento topográfico, permitindo detectar e quantificar as deformações existentes. A representação do nivelamento topográfico dos pavimentos/tectos é, normalmente, feita sobre as plantas de arquitectura dos pisos através de curvas de nível equidistantes.

A evidenciação das anomalias e de outros aspectos considerados relevantes para o estudo é, também, feita através de registo fotográfico.

#### **3.2.2. Levantamento estrutural**

##### **3.2.2.1. Verificação da geometria da estrutura**

Consiste na verificação/levantamento, por amostragem, da implantação dos elementos estruturais portantes, nomeadamente, pilares e núcleos de caixas de escadas e de elevadores e da disposição dos elementos estruturais horizontais e, também, da geometria aparente da secção resistente desses elementos e doutros elementos construtivos, que se afigurarem necessários, através de medições com distanciómetro laser e fita métrica.

No caso dos elementos estruturais que se encontram ocultos ou parcialmente ocultos nas paredes exteriores como, por exemplo, pilares e vigas de bordadura, utiliza-se o pacómetro (detector de armaduras), descrito no ponto seguinte com maior detalhe (Fig 7).

A aferição da espessura das lajes reveste-se de grande importância, dada a relação directa com a deformabilidade dos pavimentos. Podem-se utilizar 2 técnicas de ensaios não destrutivos, nomeadamente, a técnica de impacto-eco (Fig 8) e a técnica de georadar (Fig 9).



Figura 7. Detecção de armaduras com o pacómetro.

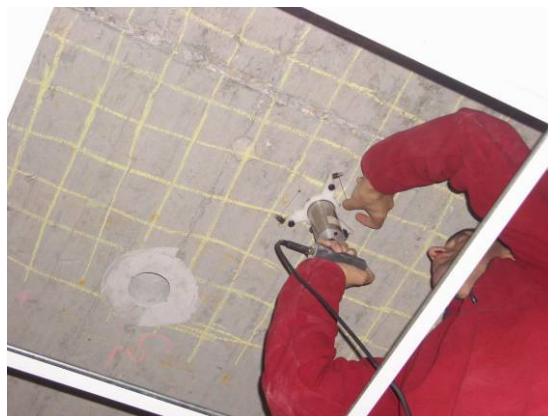


Figura 8. Medição indirecta da espessura da laje através da técnica do impacto-eco.



Figura 9. Detecção de armaduras e medição da espessura do pavimento através da técnica de georadar.

A técnica de impacto-eco consiste, resumidamente, na introdução de um impacto mecânico na superfície do elemento, em estudo, causando a propagação de ondas Rayleigh (ondas R, de superfície), ondas de compressão (ondas P) e ondas de corte (ondas S), que são reflectidas nas descontinuidades existentes. Um transdutor receptor de deslocamento, que se vai colocando sobre sucessivos pontos da superfície do elemento, monitoriza os deslocamentos da superfície provocados pela chegada das ondas reflectidas, em particular, as ondas P. A frequência da chegada das ondas P, captadas pelo transdutor, é determinada transformando o registo no tempo das ondas de deslocamento em frequências (espectros de amplitude e fase), usando a transformação rápida de Fourier. Conhecendo a velocidade de propagação,  $C_p$ , da onda P pode-se determinar a profundidade,  $T$ , onde se situa a interface reflectora, onde,  $f_p$ , é a frequência dominante da onda P na interface:

$$T = \frac{C_p}{2 \times f_p}$$

A técnica de prospecção por georadar faz uso da propagação de ondas de rádio, com frequências normalmente compreendidas entre os 10 MHz e os 2 GHz, utilizando uma antena emissora e uma antena receptora. O sinal electromagnético emitido “viaja” pelo meio estando sujeito a vários processos de difracção, reflexão e dispersão/atenuação, consoante as propriedades dieléctricas do meio.

Nos radargramas obtidos (imagens 2D), analisam-se os vários eventos detectados de difracção, permitindo avaliar a profundidade do objecto alvo (cabo, vazio, etc.) e estimar a dimensão do mesmo.

Outra tarefa, incluída na verificação da geometria da estrutura, consiste na caracterização das cargas correspondentes aos materiais de revestimento, quer em termos da sua constituição, quer em termos da espessura das camadas.

A verificação da conformidade da geometria aparente da estrutura é evidenciada sobre desenhos esquemáticos, em suporte CAD.

### **3.2.3. Verificação da pormenorização das armaduras**

A verificação da pormenorização das armaduras da secção dos elementos estruturais é feita, normalmente, com o pacómetro (detector de armaduras) que dispõe de sensores electromagnéticos que permitem detectar a posição dos alinhamentos dos varões e aferir indirectamente a espessura de recobrimento e, dentro de certas condições, o diâmetro dos varões (Fig 7).

A técnica de georadar, para além da aferição da espessura da secção de elementos laminares, pode, também, ser usada na verificação da pormenorização das armaduras, sendo, actualmente, mais fácil de ser utilizada devido ao processamento automático dos registos obtidos, dispensando a análise por técnicos especialistas.

Atendendo-se à necessidade de confirmação dos diâmetros dos varões das armaduras levantadas, são, frequentemente, executados roços de sondagem pontuais para exposição dos varões, procurando-se que a extensão e a profundidade atingidas sejam as mínimas possíveis, de forma a não fragilizar os elementos sondados. Concluídos os ensaios, os roços de sondagem devem ser obturados com argamassa de reparação estrutural.

As malhas de armaduras levantadas são representadas sobre desenhos, em suporte CAD, evidenciando-se a secção provável dos elementos sondados com a pormenorização das armaduras (Fig 10).

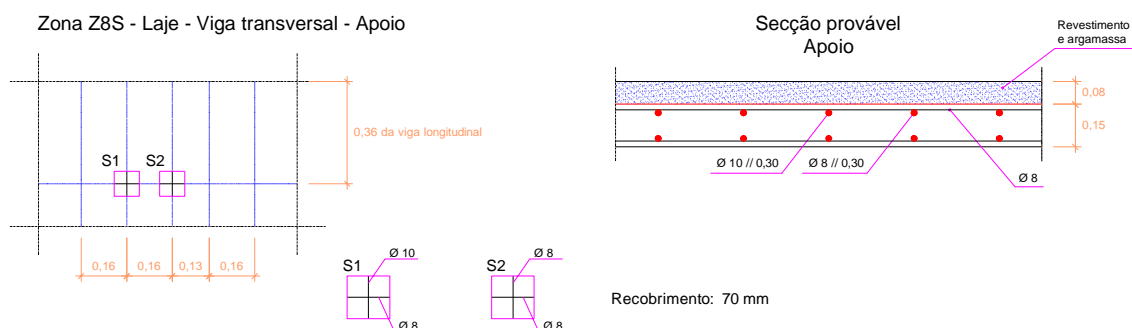


Figura 10. Disposição da malha de armaduras levantada com o pacómetro e secção provável da laje sondada.



### 3.2.4. Caracterização das propriedades mecânicas dos materiais estruturais

A caracterização das propriedades mecânicas incide, normalmente, sobre o betão e aço das armaduras, sendo levada a cabo através de ensaios laboratoriais, por ser o método mais fiável.

A avaliação da resistência actual dos betões da estrutura é feita através de ensaios à compressão uniaxial sobre provetes cilíndricos, com diâmetro até 100 mm, que são obtidos de carotes extraídas dos diferentes tipos de elementos estruturais (Fig 11).



Figura 10. Extracção de carotes para avaliação da resistência actual dos betões.

Os locais de extracção das carotes devem ser previamente sondados, com o pacómetro, a fim de se tentar causar o mínimo de danos possível no elemento sondado. É feita a caracterização visual das carotes extraídas, incidindo-se, nomeadamente, sobre as suas dimensões, a eventual presença de varões e a sua posição na carote, o aspecto dos betões e a eventual presença de descontinuidades visíveis importantes.

Os ensaios laboratoriais são executados de acordo com a norma NP EN 12504-1: 2003<sup>3</sup>, podendo os resultados obtidos serem processados segundo a publicação da “Concrete Society”<sup>4</sup>, tendo em vista a obtenção da resistência real em obra do betão e da resistência de referência do betão. Esta publicação considera vários factores que têm em conta:

- A direcção da carotagem;
- A relação altura/diâmetro do provete;
- A presença de armaduras;
- A relação entre a resistência “in-situ” e em cubos.

Para a caracterização do aço das armaduras são, igualmente, recolhidas amostras de varões de elementos estruturais tipo, através de extracção por corte com rebarbadora eléctrica, destinadas, também, a ensaios laboratoriais, segundo a norma NP EN 10002-1: 2001<sup>5</sup>. Os parâmetros registados são, entre outros, os valores da tensão de cedência, da tensão de rotura, da extensão após rotura e do módulo de elasticidade, com diagramas força-deslocamento e tensão-extensão.

### **3.2.5. Verificação da segurança estrutural**

Depois de validado o projecto de estabilidade e atendendo-se às reais propriedades mecânicas dos materiais estruturais e às cargas quase permanentes existentes, procede-se à verificação analítica, por amostragem, da segurança estrutural do edifício, às cargas verticais, de acordo com a regulamentação actual, RSA<sup>6</sup> e REBAP<sup>2</sup>. Incide-se, normalmente, sobre os elementos estruturais representativos ou com função importante na estrutura, utilizando-se, preferencialmente, modelos simplificados.

A filosofia de segurança adoptada pode ser menos conservadora do que a prevista no RSA<sup>6</sup>, desde que devidamente fundamentada.

### **3.2.6. Definição de medidas correctivas possíveis**

Confirmada a susceptibilidade das lajes à flexão excessiva como a causa principal da fissuração das paredes e de outras anomalias relacionadas afigura-se necessário a adopção de medidas correctivas visando a redução da sua esbelteza. Para o aumento da rigidez de flexão das lajes podem-se optar diferentes soluções, das quais se destacam, a redução dos vãos com a introdução de apoios adicionais (pilares ou vigas metálicas), ou o aumento da espessura da secção, por exemplo, através de betão projectado, desde que o aumento de inércia compense o acréscimo de peso e que não se agrave a segurança sísmica.

Uma solução interessante consiste na introdução de vigas metálicas colaborantes na face inferior das lajes, fixando-as com conectores, também, metálicos, a fim de funcionarem em conjunto (Fig 12). Inclusive, as vigas poderão ser colocadas de forma a constituírem reforços activos e não apenas passivos, em que os perfis só serão mobilizados a quando do aumento da flexão das lajes.

As soluções de reforço deverão ser objecto dum projecto suficientemente aprofundado, a elaborar por entidade familiarizada com a reabilitação estrutural de edifícios, que deverá ser suportado por cálculos, adequadamente pormenorizados. A decisão quanto às soluções definitivas e aos materiais a seleccionar terá de ser tomada em fase de elaboração do projecto de execução.

Executado o reforço pode ter interesse verificar a eficácia do reforço, o que pode ser feito através dum ensaio de carga estática e distribuída (Fig 13).



Figura 12. Reforço de laje através da introdução de perfis metálicos.



Figura 13. Ensaio de carga para verificação da eficácia do reforço.

## **4. CONCLUSÕES**

A correcção das anomalias em edifícios causadas pela deformação excessiva das lajes passa por um diagnóstico fiável e conclusivo, com base em ensaios não destrutivos ou reduzidamente intrusivos. Não basta selar as fissuras e pintar, é necessário intervir sobre o desempenho estrutural através da introdução de reforços passivos ou activos, visando a redução da esbelteza das lajes.



Como recomendação final, deve-se procurar promover mais a formação dos técnicos, quer dos de gabinete, quer dos de obra, sobre as estruturas com lajes fungiformes. Por fim, é boa prática rever o projecto, permitindo detectar precocemente potenciais anomalias ou defeitos, que não chegam à fase de obra.

## **REFERÊNCIAS**

- 
- [1] Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei nº. 38382/51 de 7 de Agosto de 1951
  - [2] Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), Decreto-Lei nº. 349-C/83 de 30 de Julho de 1983
  - [3] NP EN 12504-1 - Ensaio do betão nas estruturas. Parte 1: Carotes. Ensaio à compressão, 2003
  - [4] Concrete Society Technical Report No. 11, “Concrete core testing for strength”, 1976.
  - [5] NP EN 10002-1: 2001, “Materiais metálicos. Ensaios de tracção. Parte 1: Método de ensaio”, 1990.
  - [6] Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes (RSA), 1983.