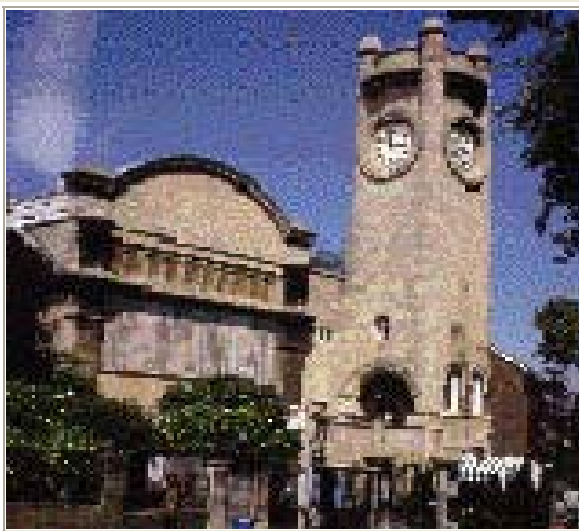


# *A Filosofia do Recalçamento*

*Clive Richardson (\*)*

*Tradução por António de Borja Araújo, Engenheiro Civil, I.S.T.*



*As tubagens de aquecimento Vitorianas, feitas com material cerâmico, existentes por baixo do Museu Horniman, secaram a argila do subsolo, provocando a sua contracção até uma profundidade de 5.5m.*

*A construção de uma nova cave eliminou o problema e acrescentou espaço ao Museu.*

De acordo com o Centro Meteorológico de Londres, o verão de 1996 registou 23% abaixo da pluviosidade média, 21% acima da luz solar média e 10% acima da temperatura média. Como muitos edifícios no Reino Unido estão construídos em cima de argilas, as quais contraem quando o seu teor em humidade é reduzido, estas condições climáticas quentes e secas conduziram a um aumento do movimento do edifício; foram registados muitos edifícios que apresentaram fendas e aumentaram os pedidos de indemnizações por subsidiência às seguradoras.

No entanto, o remédio usual, o recalçamento, está longe de ser uma panaceia universal. Não só é caro, como está largamente reconhecido que o recalçamento pode ser traumático quer para o edifício, quer para os seus ocupantes. Onde as fendas tenham sido causadas por subsidiência (nem todas o são), cautelosamente do que alguma vez o foi

o recalçamento deve ser especificado mais anteriormente.

Este artigo aborda a subsidiência em edifícios de baixo e de médio porte, que geralmente têm fundações pouco profundas ou caves até 3,00 m de profundidade. "Subsidiência" e "assentamento" são usados como termos equivalentes, significando o afundamento do terreno em que a estrutura está fundada. O terreno também pode elevar-se, caso em que o movimento se chama de "levantamento". Conforme a causa da subsidiência ou do levantamento, o movimento vertical pode ser acompanhado por uma extensão ou por uma contracção horizontal do solo.

Quando o movimento é, ou parece vir a ser, excessivo, de tal forma que a segurança do edifício fica comprometida, o recalçamento pode ser uma solução. Esta operação é normalmente executada pela escavação de poços profundos por baixo da estrutura, nos quais se despeja betão com a intenção de se aumentar o alcance das fundações para baixo, até um estrato mais estável. Outra forma de recalçamento inclui estacas (fundações com a forma de colunas).

Nalgumas circunstâncias, a injeccão à pressão (utilização de calda de cimento para consolidar o terreno, N.T. – “jet grouting”) de recalçamento.

## Tipos de Fundações

Enquanto que alguns edificios medievais primitivos, feitos em madeira, enterravam os seus postes no terreno, a maioria dos edificios que sobreviveram têm vigas de assentamento, em madeira, apoiadas sobre plintos baixos em alvenaria. Os edificios em alvenaria deste período tinham paredes que assentavam directamente no terreno, sem que se fizesse qualquer tentativa de espalhar a carga por uma fundação mais larga. Estes edificios tiveram geralmente bom desempenho porque os seus construtores seguiam técnicas de construção já experimentadas e ensaiadas, e porque podiam ser mais selectivos na escolha dos terrenos em que construíam.

Nos edificios posteriores, as paredes de alvenaria eram, por vezes suportadas, por uma ou duas fiadas mais largas, formando uma série de degraus, que proporcionavam uma melhor distribuição da carga no terreno. Onde o terreno era fiável, esta prática continuou até à primeira Guerra Mundial, por vezes sobre uma viga de betão pouco profunda, executada numa vala a cerca de 500 mm abaixo do nível desse terreno. Em terreno fraco, eram cravadas estacas curtas de madeira antes de se iniciar a alvenaria, ou eram construídas caves até se encontrarem terrenos estáveis abaixo da superfície.

Com o advento do aço macio moderno e do betão armado, pelo virar do século XIX, o projecto das fundações tornou-se mais sofisticado. Estas e as formas que podem ser vistas hoje cabem em três largas categorias (e muitas híbridas) :

- **Sapatas largas e pouco profundas:** onde os terrenos superficiais têm suficiente capacidade de carga e estabilidade, sapatas, vigas ou grelhas de betão, são usadas para se distribuírem as forças provenientes de superestrutura no solo, a uma profundidade suficiente para se evitar o solo superficial instável, a penetração do gelo e as variações sazonais de humidade.
- **Estacas:** onde os solos superficiais são tão fracos que mesmo uma grelha de fundação sob a totalidade da base do edificio é insuficiente, são usadas estacas para se alcançarem estratos mais profundos e fortes.
- **Caves / caixas de fundação:** como alternativa às estacas, pode ser construída uma caixa de cave em betão que, com efeito, flutua no terreno. O peso do terreno removido compensa o peso do novo edificio. Até um certo ponto, as antigas adegas em tijolo, abóbadas e criptas comportavam-se da mesma forma.

## Movimento durante a construção

Durante a construção, os edificios assentam conforme o terreno se ajusta ao novo peso imposto por cima de si. Quando são construídos sobre rochas, cascalho ou areias, o assentamento construtivo está substancialmente completo no final da construção. Nas argilas, siltes e turfa, no entanto, os assentamentos demoram vários anos. Uma vez que o assentamento construtivo fique completo, ele nunca mais volta a ocorrer, a menos que o *status quo* se altere. O assentamento construtivo normalmente não é prejudicial desde que a estrutura assente uniformemente e seja suficientemente robusta para acomodar assentamentos diferenciais.

Um solo muito variável produz assentamentos diferenciais excessivos. Por exemplo, quando parte do aterro de uma casa se sobrepõe ao leito de um antigo rio, é natural que essa parte assente numa quantidade diferente do que o resto do aterro.

O assentamento construtivo também pode ocorrer quando as estruturas existentes são substancialmente ampliadas ou recalçadas, porque as tensões no terreno são aumentadas até uma profundidade maior do que anteriormente.

De forma semelhante, existe risco de ocorrer um assentamento diferencial entre um edifício que foi perturbado e partes vizinhas que não o foram, tais como edifícios vizinhos que concluíram os seus assentamentos construtivos há anos atrás. O assentamento pode ser difícil de controlar por causa das ligações existentes entre o conjunto. Se ocorrer um dano estrutural, este deve ser monitorizado e reparado no final do período de assentamento. Deve ser sempre feita uma previsão, no orçamento do projecto, para se pagar a monitorização e reparação de qualquer avaria que possa suceder.

O assentamento construtivo nem sempre se detém. Alguns edifícios antigos com fundações sobrecarregadas assentes em argilas moles, incluindo algumas casas Georgianas e Vitorianas, nunca atingiram bem o equilíbrio e ainda hoje estão a afundar-se ligeiramente, em consequência da natureza da argila.

### **Movimento após a construção**

Qualquer coisa que perturbe substancialmente o equilíbrio entre o terreno e a estrutura pode promover um novo assentamento. Abertura de túneis, explorações mineiras e escavações profundas, ou alterações de cargas – pela construção sobre fundações antigas, por exemplo – podem promover novos movimentos em qualquer tipo de terrenos. Algumas causas específicas relativas aos terrenos são o levantamento por congelamento, vibrações no terreno, alterações no nível freático, esgotos rotos, secas e árvores (ver tabela de Causas dos Movimentos do Terreno, a seguir).

### **Resposta ao movimento do terreno**

A resposta que um edifício dá ao movimento do terreno depende da continuidade, da ductilidade e da rigidez da sua estrutura.

Uma boa continuidade estrutural (ou “ligação tensa”) pode ser proporcionada pela madeira, pelo aço e por vigas de betão armado que permitam aos edifícios flectirem, sem se separarem pelas juntas. No entanto, a falta de continuidade estrutural ou “solidariedade” da maioria das edificações de alvenaria sem estrutura, anteriores a 1970, permitem que se abram juntas e fendas, e que a instabilidade ocorra mais prontamente. Depois de 1970, os Regulamentos da Construção e as normas British Standard foram aperfeiçoados para proporcionarem continuidade, no rescaldo do colapso progressivo ocorrido em Ronan Point em 1968.

Os materiais de construção dúcteis, tais como o aço e o betão, adequadamente pormenorizados podem acomodar grandes deformações sem rotura. Em contraste, um material frágil, tal como a alvenaria não armada assente com argamassa de cimento, só se pode deformar dentro do seu limite elástico. As construções históricas não estruturadas podem acomodar grandes distorções sem fedilharem, graças à “fluência” das argamassas de cal, se o movimento não for

demasiadamente rápido. (Fluência é a deformação contínua de um dado material sob esforço constante). As argamassas de cimento moderno não fluem.

Se a estrutura for suficientemente rígida, pode conseguir ultrapassar o movimento do terreno, movendo-se ou inclinando-se como um todo, e os vigamentos pesadamente travados bem como as estruturas que tenham paredes transversais compactas, apenas com pequenas aberturas, podem ter rigidez suficiente para dispersarem movimentos localizados do terreno.

Se o movimento do terreno for previsto, digamos causado pela abertura de um túnel, os danos estruturais podem ser mitigados pela instalação de tirantes temporários e pelo escoramento dos vãos das portas e das janelas.

### Vigilância e Avaliação

Nem todas as distorções e fendas dos edifícios são necessariamente consequentes de movimentos dos terrenos. Os sintomas de perturbações também podem ser causados por inadequadas resistências dos materiais, inadequada solidariedade estrutural, degradação dos materiais, instabilidade dimensional (provocada pelos movimentos térmicos e higroscópicos), instabilidade global, alterações, más utilizações e cargas acidentais (ver *The Building Conservatory Directory*, 1996, pp.33).

Não existem regras a toda a prova para se distinguir entre as causas dos movimentos dos edifícios, e uma avaliação correcta só pode ser feita baseada na experiência e pelo emprego de uma boa prática de observação. É essencial ser-se minucioso; examinar todas as partes da estrutura e todas as possíveis causas de ruína; consultar cartas geológicas; anotar cada sintoma individual; e manter um espírito aberto. As causas mais prováveis podem ser determinadas por um processo de eliminação. Se os sintomas forem consistentes, quer com o movimento do terreno quer com outras causas, devem ser levadas a cabo mais investigações para as individualizar, incluindo-se poços de observação, sondagens de prospecção, ensaios às redes de drenagem e monitorização desses movimentos.

### Filosofia das Reparações

O recalçamento é uma operação trabalhosa, barulhenta e traumática para os edifícios e também para os seus ocupantes. A menos que sejam incluídos sistemas de elevação sofisticados e dispendiosos, o recalçamento vai inevitavelmente promover mais subsidiência adicional conforme os trabalhos assentem. Se a estrutura for parcialmente recalçada, por exemplo uma casa sobre um aterro, então podem ocorrer danos futuros conforme o resto da estrutura não recalçada for continuando a assentar. Por estas razões, o recalçamento deve ser evitado sempre que possível.

O recalçamento, sob um ponto de vista puramente de engenharia, não é necessário nas seguintes condições :

- Quando a causa do movimento do terreno tiver cessado e seja improvável que volte a ocorrer, pode ser suficiente a reparação dos danos produzidos.
- Quando a taxa e a magnitude total previsível do movimento do terreno não tenham grande probabilidade de afectarem a robustez estrutural, a estabilidade ou a integridade do edifício durante a duração da sua vida previsível, podem ser suficientes algumas

reparações e pinturas periódicas. Portas e janelas podem ter que ser afinadas de tempos a tempos ou trocadas por outros tipos que sejam mais tolerantes para com a distorção da sua moldura.

Quando se prevê que o movimento do terreno vá danificar a estrutura, pode ser possível reduzir-se suficientemente esse movimento para se evitar o recalçamento, fazendo-se por exemplo :

- Poda e corte de raízes das árvores
- Reparações de esgotos rotos
- Modificando a superestrutura
- Injectando-se o terreno à pressão (N. T. - "jet grouting").

Em certos casos, tais como quando um edifício vai ser vendido, um proprietário pode ser compelido a recalçá-lo, por forma a atrair os compradores, mesmo que isso não seja necessário em termos de engenharia.

**Tabela 1 Causas e efeitos típicos**

<b>ALTERAÇÃO DAS CARGAS</b>	-Alterações estruturais -Ampliações na cobertura -Novas estruturas adjacentes -Trabalhos de demolição adjacentes
<b>REDUÇÃO DO SUPORTE</b>	-Escavações e cortes -Cedência de paredes de contenção -Abertura de túneis e de minas -Assentamento de terrenos fracos
<b>VIBRAÇÕES NO SOLO</b>	-Sismos -Explosões -Cravação de estacas -Vibrações de maquinaria pesada
<b>REMOÇÃO DE ÁGUA</b>	-Bombagem de água do solo -Drenagem do terreno -Secas -Crescimento de árvores
<b>INUNDAÇÕES</b>	-Remoção de árvores -Esgotos rotos -Levantamento por congelamento (provocado pela expansão da água quando congela) -Redução na bombagem de água

## Questões de Segurança

A maioria dos tipos de recalçamentos envolve a abertura de poços sob os edifícios, em espaços confinados. Espera-se que a estrutura existente desafie a gravidade e que se comporte temporariamente em arco sobre a escavação. Podem ocorrer colapsos. Os riscos devem ser identificados e geridos conforme a legislação CDM.

- Investigar a existência de redes técnicas antes da escavação;
- Verificar se os poços do recalçamento não poderão ficar inundados ou cheios com gás;
- Reforçar a superestrutura antes da escavação;
- Verificar se as paredes por cima são suficientemente fortes para se auto suportarem sobre os poços;
- Entivar os taludes da escavação;
- Verificar se os trabalhadores podem fugir dos poços com facilidade;
- Usar extensores metálicos em vez de prumos de madeira para a ligação das vigas de suporte entre as secções de betão maciço poucas profundas dos recalçamentos;
- Assegurar um acesso seguro e uma boa ventilação aos poços;
- Usar um Gestor de controlo da segurança.

## Bibliografia

- Richardson, C, *The AJ Guide to Structural Surveys*. The Architect's Journal, 1985.
- *Guide to Subsidence of Low Rise Buildings*. The Institution of Structural Engineers, 1994.
- *Desiccation in Clay Soils*. BRE Digest 412, Feb.1996.

## AUTOR

**CLIVE RICHARDSON** BSc, CEng, FICE, FStructE, ACI Arb é um Engenheiro Diplomado, é Director Associado da Deão e do Capítulo da Abadia de Westminster, e Leitor Visitante sobre conservação de edifícios na Architectural Association School of Architecture de Londres.