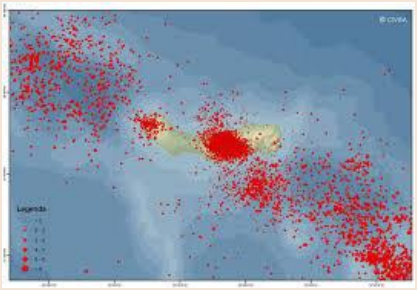


CONCURSO de CONSTRUÇÕES SISMO-RESISTENTES
Regulamento

Governo dos Açores

REC

SOCIEDADE PORTUGUESA DE ENGENHARIA SÍSMICA

SRPCBA Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores

drj Direção Regional da Juventude

OA SRS

sata The Atlantic and You

atlântico line

MONTE VERDE

Introdução

Integrado no programa do SÍSMICA 2016 - 10º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica", a realizar em Ponta Delgada em abril de 2016, pretende-se lançar durante o primeiro trimestre de 2016, um concurso de maquetas de edifícios sismo-resistentes dirigido à comunidade escolar. Através desta atividade, pretende-se promover um maior conhecimento sobre as características associadas aos perigos, vulnerabilidades e riscos associados a fenómenos sísmicos na Região Autónoma dos Açores. Esta iniciativa será promovida pelo Governo Regional dos Açores, através do seu Laboratório Regional de Engenharia Civil, e conta com a parceria da Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES), do Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores (SRPCBA), da Direção Regional da Juventude (DRJ), da Direção Regional da Educação (DRE), da Ordem dos Engenheiros (OE), da Ordem dos Engenheiros Técnicos (OET), da Ordem dos Arquitetos (AO).

A ideia original do concurso foi iniciada pelo *Earthquake Engineering Research Centre* da Universidade de Bristol, Reino Unido com informações detalhadas no seguinte endereço: http://www.ideers.bris.ac.uk/. Em 2005 realizou-se uma primeira edição em Portugal, promovida pelo Centro de Ciência Viva do Algarve e, mais recentemente em 2014, uma edição promovida pela Câmara Municipal de Lisboa no âmbito do programa *Lisboa Cidade + Resiliente + Segura*, de evocação aos 260 anos pós terramoto de 1755.

O desafio

Todos os anos ocorrem sismos em diversos locais do globo e que muitas vezes se associam a avultados danos humanos, materiais e ambientais. Prevenir e preparar este tipo de desastre, constitui nos dias de hoje, um grande desafio para cientistas, engenheiros, arquitetos, historiadores, agentes de proteção civil entre outros, trabalharem conjuntamente na adoção de comportamentos e medidas de proteção e mitigação antissísmicas.

O desafio que se propõe lançar à comunidade escolar, consiste na construção de uma maqueta de construção antissísmica que seja resistente a um cenário análogo ao do terramoto de 1 de Novembro de 1755, contrariando os efeitos sentidos na época, e que se mantêm na memória até aos nossos dias. De uma forma construtiva pretende-se ilustrar o impacto duma catástrofe de

origem natural sobre um edifício, e com implicações no quarteirão, bairro, a freguesia, a vivência da própria vila ou cidade.

Quem é capaz de construir a maqueta mais resistente à simulação de um grande sismo?

Quem pode concorrer?

- Haverá dois escalões que poderão concorrer a este concurso.
- No 1º Escalão podem concorrer equipas formadas por um professor e três alunos do Ensino Básico ou Secundário, com idade igual ou superior a 14 anos, dos estabelecimentos de ensino público, privado ou escolas profissionais de toda a Região Autónoma dos Açores.

  Este desafio é lançado a todas as áreas disciplinares, desde as Ciências Naturais, Biologia/Geologia, Física Química, Geografia, História, Desenho/Educação Visual, Matemática, assim como a ateliers e projetos que estejam a decorrer no próprio estabelecimento de ensino.
- No 2º Escalão podem concorrer equipas formadas por três alunos dos estabelecimentos de ensino universitário de toda a Região Autónoma dos Açores e um professor, nas áreas de Arquitetura e Engenharia.

A inscrição terá que ser feita **até dia 18 de março de 2016,** mediante o preenchimento de uma ficha que se encontra disponível para preenchimento exclusivo online no site do LREC em www.lrec.azores.gov.pt. Qualquer dúvida ou esclarecimento deverá ser efetuada por telefone, por email ou correio para:

Concurso - Construções Sismo-Resistentes
LREC – Laboratório Regional de Engenharia Civil
Rua de São Gonçalo s/n
9500-343 Ponta Delgada
Telefone: 296 301 500
Correio eletrónico: Eventos.lrec@azores.gov.pt

Poderá ainda entrar em contacto com o LREC utilizando o formulário de contacto existente na página do concurso, acessível através do site do LREC.

A entrega das maquetas será feita nas instalações do Laboratório Regional de Engenharia Civil, até às **17:00H do dia 8 de abril de 2016**, com indicação do nome da escola, ano, turma e disciplina em que foi realizada. O transporte das maquetas até às instalações do LREC será da responsabilidade das equipas participantes.

A participação será limitada às primeiras trinta inscrições.

A competição final

A fase final deste concurso consiste numa demonstração da resistência das maquetes, a realizar - no dia **19 de abril de 2016**, nas instalações do Laboratório Regional de Engenharia Civil. As maquetas serão fixadas sobre uma mesa sísmica de 61x46 cm^2 (a Shake Table II, http://quanser.com/products/shake_table_II) que irá oscilar, na horizontal, primeiro com uma frequência crescente, entre 1 Hz e 20 Hz e depois com uma frequência variável, simulando a ação de um sismo. A aceleração que a maqueta vai suportar depende da amplitude do movimento e da frequência elevada ao quadrado e poderá atingir valores superiores ao valor da aceleração da gravidade, quando oscilar a 20 Hz.

As maquetas vencedoras serão as que tiverem melhor pontuação nos critérios:

1) O tempo suportado na mesa sísmica sem sofrerem danos estruturais (75%).
2) A originalidade, a estética e o engenho demonstrados na maqueta (25%)

Caso hajam maquetas que resistam ao ensaio dinâmico, será então efetuado para desempate um ensaio estático em que o último piso da maqueta com carga será puxado transversalmente até se observarem danos estruturais.

Será penalizada a falta de cumprimento do regulamento.

O júri que apreciará as provas e os danos sofridos pelas maquetas será composto por um Engenheiro Civil, um Engenheiro Civil Técnico, um Sismólogo, um Arquiteto e um representante do SRPCBA, a designar.

Para as equipes não residentes em S. Miguel será assegurada a estadia e comparticipação das despesas de deslocação.

Os Prémios

As três equipas que, em cada escalão, projetarem e construírem as três maquetas mais resistentes receberão os prémios:

1º Prémio – Cartão Inter Jovem + Bilhete ida e volta inter-ilhas + Bilhete para Festival Monte Verde 2016

2º Prémio – Cartão Inter Jovem + Bilhete ida e volta inter-ilhas

3º Prémio – Cartão Inter Jovem

Estão previstos prémios de participação a todas as equipas participantes.

Divulgação

A divulgação do concurso fica a cargo da entidade promotora, Laboratório Regional de Engenharia Civil, assim como das entidades parceiras no evento, DRJ, DRE, SRPCBA, OE, OET e AO, bem como das entidades patrocinadoras do evento, SATA, Atlanticoline e Monte Verde festival.

Os locais preferenciais para divulgação do evento são as páginas de internet e as redes sociais oficiais das entidades já citadas. Serão igualmente utilizadas as listas de distribuição para envio de correio eletrónico para todos os parceiros com quem as entidades trabalham regularmente.

O LREC irá disponibilizar no seu *site* uma página de internet dedicada ao concurso, na qual se fará a divulgação do evento e se poderão esclarecer todas as dúvidas sobre a realização das maquetas e regulamento.

Regras a cumprir na construção!

A maqueta que vais construir necessita de representar a estrutura principal de um edifício, não precisa ter escadas ou paredes exteriores. Pode ter qualquer forma mas, como sucede com os edifícios reais, deve obedecer a regras (uma certa área de implantação, um pé direito mínimo, portas e janelas) que lhe permitam desempenhar a sua função.

Figura 1- Maqueta de um edifício

Antes de iniciares a construção da maqueta lê com atenção o regulamento. Cumpre-o cuidadosamente de modo a que a tua maqueta possa ser aceite no concurso. Podes também aproveitar algumas das "dicas" que te damos.

No final deste regulamento descreve-se, de um modo breve, **a Estrutura de um Edifício**. Lê com atenção essa parte porque te permitirá perceber melhor algumas das regras deste concurso.

1. Que materiais posso usar?

Tiras de MDF de espessura não superior a 6mm x 4mm (podem, por exemplo, ser utilizadas para construir a estrutura, o "esqueleto", da tua maqueta).

Papel ou cartão (pode ser utilizado para tornar o chão mais rígido ou para forrar as paredes)

Cordel (pode, por exemplo, ser utilizado um conjunto de vários fios torcidos)

Cola de pvc para colagem a quente, cola de bastão

Uma base de MDF constituída por **um único quadrado** com uma espessura mínima de 0,5 cm e 46 cm de lado. A base, que deve ser uma só peça, pode ter até 16 furos para fixação do resto da maqueta; o diâmetro destes furos não deve ultrapassar 8mm.

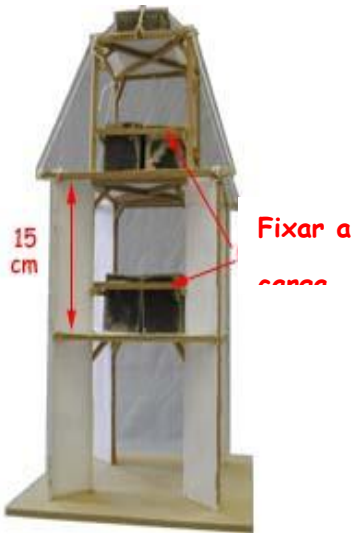


Figura 2 – Maqueta com 4 pisos com um pé direito de 15 cm.

Massas de chumbo de 1 kg e de 130 g

Plasticina

Neste concurso não serão admitidos mecanismos de isolamento sísmico da base, por exemplo, assentes em esferas ou colunas de borracha.

2. Que regras gerais devo seguir na construção?

2.1 -O modelo, para além do rés-do-chão, tem que ter pelo menos 3 pisos representados por superfícies de papel suportadas como quiseres. Um telhado horizontal será considerado um piso se suportar uma carga (fig. 2); não será considerado um piso se não suportar carga (fig.6).

2.2 - Não contando com o rés-do-chão, a **área total dos restantes pisos deve ser, no mínimo, de 750 cm**^{2}. **A área máxima de cada piso é de 320 cm**^{2}. A área de um piso inclui também o espaço ocupado pelos pilares.

2.3 -**A altura de cada andar**, o seu pé direito (distância entre o chão e teto) deve ser no **mínimo de 15 cm**. O sistema para fixar a carga extra não conta como parte de cada piso (fig. 2).

Figura 3-Fixação da maqueta ao tapete sísmico

2.4 - Todos os pisos, exceto o rés-do-chão, têm que permitir fixar uma carga extra. Lê o ponto 3 do regulamento.

2.5 - A base deve ter um espaço livre de 50mm em torno do rebordo externo de modo a poder ser fixada ao tapete sísmico onde será testado (fig.3). É permitido, no entanto, atar fios aos cantos da base.

2.6 - Num edifício real todos os pisos têm janelas. Para simular esta situação neste modelo, em cada piso, metade da área exterior deve estar totalmente livre (de cima a baixo) de qualquer material.

2.7 - Num edifício real as pessoas têm que ter acesso a todas as divisões de cada andar. Para simular esta situação neste modelo, se criares divisões num andar, assegura-te que existe entre elas uma porta – espaço de acesso totalmente livre, com as dimensões mínimas de 10 cm de altura por 4 cm de largura (fig.4).

Figura 4 -Divisões interiores.

3. Como calcular a carga extra e colocá-la no modelo?

A relação entre o peso dos materiais de construção usados na maqueta e os utilizados num edifício verdadeiro (cimento, tijolo, aço, …) é muito desequilibrada. A tua maqueta é muito mais leve do que um modelo, numa escala de 1/20, de um edifício real. Para compensar esta diferença, a maqueta deve suportar uma carga extra que obedece ao seguinte conjunto de regras:

3.1 - Cada andar deve suportar uma carga extra de 4g por cm^2 de área. Se o rés-do-chão do teu modelo coincidir com a base, que irá ser fixada ao tapete, não será colocada nenhuma carga nesse piso.

3.2 - O modelo deve suportar toda a carga exigida nos diferentes andares ao mesmo tempo.

3.2 - Durante a competição final, no tapete sísmico, usar-se-ão os blocos de chumbo de1 kg e 130 g para criar a carga extra. A massa de 1 kg é normalmente utilizada nos cintos de mergulho e a massa de 130 g é normalmente utilizada como chumbada na pesca.

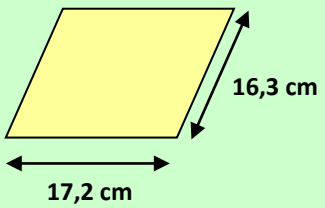
Colocar-se-á em cada andar o nº mínimo de blocos necessário para perfazer a carga exigida. Estes blocos fixar-se-ão firmemente, nos locais respetivos, à maqueta.

3.3 – A maqueta e as cargas extra não podem ultrapassar os 5.0 kg de massa.

Algumas "dicas" sobre a carga extra

1 - Como calcular a massa a colocar em cada piso para criar a carga extra requerida?

A massa a colocar é dada pelo produto da área total do piso expressa em cm^2 pelo valor estipulado de 4 g/cm^2.



Se um dos pisos tiver 17,2 cm x 16,3 cm, a sua área será de 280,4 cm^2.

A massa necessária neste piso seria de: $m = 280{,}4 \times 4 \cong 1121.4$ g

Como a carga será feita utilizando blocos de chumbo com a massa de 1 kg e de 130 g deverás calcular quantos blocos serão necessários para perfazer o valor que obtiveste. Este cálculo deve ser sempre feito por excesso.

Nº de blocos de 1 kg = 1 blocos Nº de blocos de 130 g = $\frac{112.4}{130} = 0.93 \rightarrow 1$

2 - Como se comporta o teu modelo, ao ser sujeito à carga extra?

Testa o teu modelo antes de construir o sistema de fixação das cargas extra:

1. Coloca as massas de chumbo necessárias, em cada um dos pisos, para criar a carga extra.
2. Verifica se todos os pisos estão carregados apropriadamente. Não é necessário carregar o piso de baixo se este coincidir com a base de MDF.
3. Deixa a maqueta carregada durante, pelo menos, 15 minutos para teres a certeza que não cede sob o peso da carga.

3 - Como fixar os blocos de carga extra?

Prevê, com rigor, os locais para colocação das cargas extra.

Faz maquetas simples, em papel ou plasticina, aproximadamente com a forma e o volume das cargas extra.

Constrói um suporte para as cargas em cada piso. Prevê um espaço ligeiramente maior que o ocupado pelas cargas extra (cerca de 2mm) para garantir que, de facto, encaixam nos locais previstos.

Atenção - **Só devem ser adicionadas as peças de fixação das cargas extra após ter sido feito o ensaio do modelo em carga.**

4. Algumas técnicas de construção

A resistência do teu modelo depende também do modo como o construíres. De seguida apresentam-se algumas sugestões para aumentar a resistência da maqueta.

4.1 - Faz as ligações entre os diferentes materiais corretamente (fig.5).

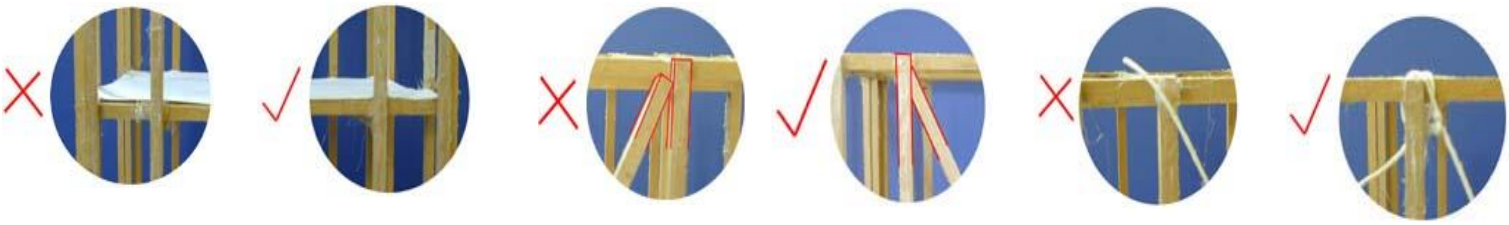


Figura 5-Ligações entre os diferentes elementos

4.2 - Se possível constrói um modelo simétrico e planeia locais para a colocação das cargas extra distribuídos também simetricamente. Um modelo equilibrado resistirá melhor às forças deformadoras a que será sujeito durante a competição final.

4.3 - Verifica se a base do teu modelo está horizontal.

4.4 - Sempre que possível usa uma única peça de MDF para simular um pilar. Evita cortá-lo em cada um dos andares - isso iria fragilizar o modelo (fig.6)

4.5 - Verifica se os fios utilizados para contraventar a estrutura estão em tensão.

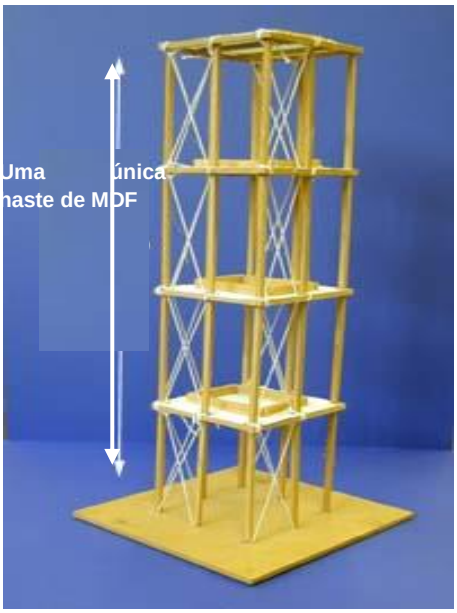


Figura 6- Um pilar - uma haste de MDF: Nota que o último piso não vai suportar carga. Temos apenas 3 pisos com carga

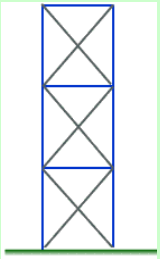
Algumas "dicas" para aumentar a resistência do modelo

Para aumentar a resistência de uma estrutura podem, por exemplo, utilizar-se os seguintes elementos adicionais:

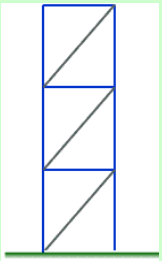
*- **Paredes resistentes** – paredes verticais que aumentam a rigidez e resistência da estrutura, minimizando as deformações laterais. São normalmente em betão armado e o seu efeito é mais eficaz se não existirem aberturas (janelas ou portas). Na construção de modelo podes usar papel para simular este tipo de elemento estrutural.*

- ***Contraventamentos*** *– ligações entre colunas e vigas que permitem rigidificar a estrutura e reduzir as deformações laterais. São normalmente usados em estruturas de madeira ou metálicas. Na construção do modelo podes usar MDF ou fio para simular este tipo de elemento. Estes elementos são mais eficazes se forem realizados de um modo simétrico. Se um dos lados do modelo é mais rígido que outro, quando sujeito a grandes movimentos da base, provavelmente irá fletir e rodar sobre o lado mais flexível, torcendo a estrutura.*

1*. Vê alguns exemplos de contraventamento:*



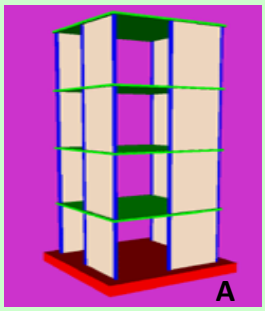
Contraventamento com fio

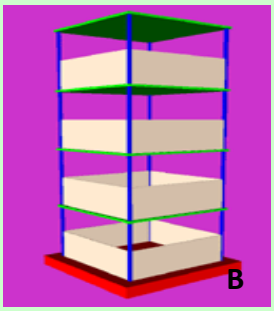


Contraventamento com barras de MDF

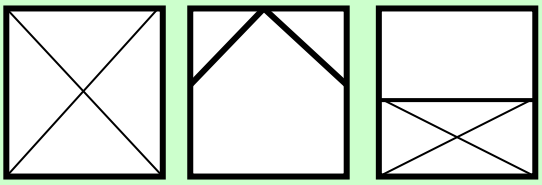
Se utilizares contraventamentos de fio estes devem ser cruzados. Se utilizares barras de MDF basta contraventar a estrutura numa das direções.

2.*Observa os modelos em que se utilizou papel como elemento estrutural. No modelo A metade da área exterior está totalmente livre, de cima a baixo. No modelo B metade da área exterior está totalmente livre, mas não de cima a baixo.*

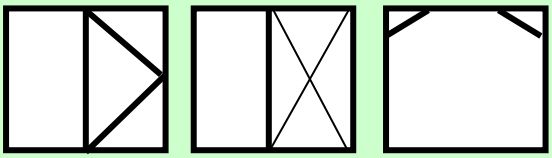




3.*Observa os esquemas em que se utiliza barras de MDF ou fio como elemento estrutural.*

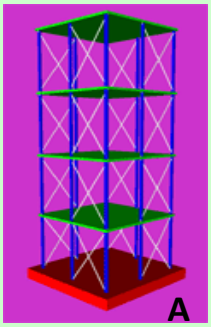


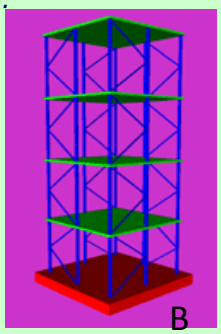
Nestes modelos não se deixou totalmente livre metade da área exterior, de cima a baixo.

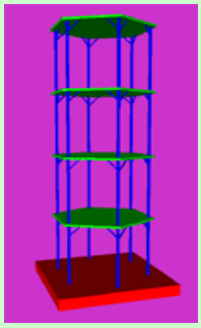


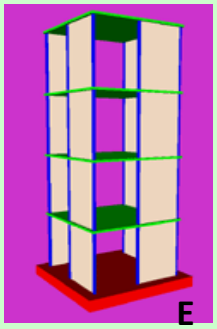
Nestes modelos metade da área exterior foi deixada totalmente livre, de cima a baixo.

***4**. Nos exemplos seguintes (A, B, C e D) utilizaram-se diferentes materiais (fios, barras ou papel) para aumentar a resistência do modelo. Os elementos estão distribuídos de modo simétrico e existem em todos os andares. Nos exemplos aplica-se também a regra – metade da área disponível está totalmente livre, de cima a baixo, de elementos estruturais.*

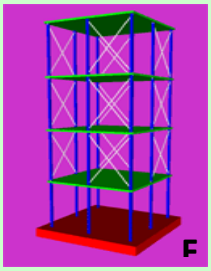


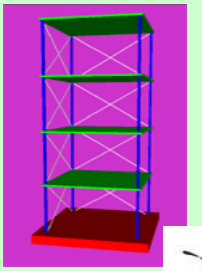






5. *Nos exemplos seguintes (E e F) o contraventamento não foi realizado de um modo correto. No modelo E 1º piso não tem qualquer contraventamento. No modelo (F) o contraventamento não foi realizado de um modo simétrico.*





Atenção: A tua maqueta deve estar contraventada de r e a estrutura suporte deformações laterais **em qualquer dos andares** e em **qu eção**.

A estrutura de um edifício

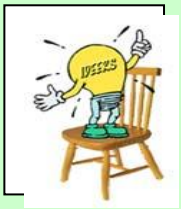
A estrutura de um edifício tem uma função semelhante à do esqueleto de um animal. Na sua construção podem ser utilizados materiais como a madeira, o aço ou o betão armado, que é mais comum em Portugal. Suporta todo o peso do edifício e deve ser construída de modo a resistir, por exemplo, a fortes ventos ou a um sismo.

A estrutura é constituída por diferentes elementos: lajes, vigas, pilares e paredes resistentes.

As lajes correspondem aos pisos dos edifícios e seu peso é suportado pelas vigas ou indiretamente pelos pilares e paredes resistentes. As vigas e as lajes sofrem principalmente deformações de flexão.

Os pilares têm uma função semelhante às das pernas de uma cadeira – transferem o peso dos materiais que suportam para o chão. As pernas de uma cadeira onde se encontra alguém sentado, tal como os pilares de um edifício, estão sujeitas a uma compressão vertical.

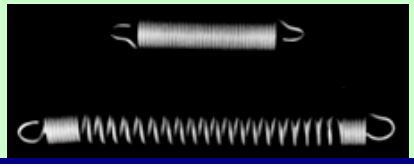
Deformação de flexão



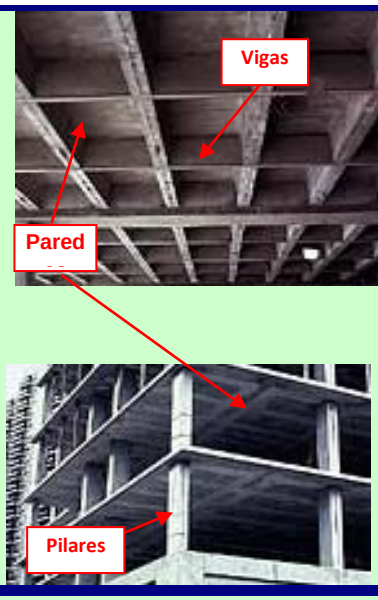
Compressão vertical

Durante um sismo, um edifício oscila lateralmente de um lado para o outro. Estas oscilações deformam os pilares e as paredes resistentes, que passam a estar sujeitos a compressão e flexão.

Um edifício deve proteger a vida das pessoas, mesmo quando sujeitos a um sismo. No entanto, os custos das estruturas dos edifícios são elevados, por isso os regulamentos técnicos permitem que as construções sofram ligeiros danos desde que garantam a segurança das pessoas. Não é aceitável que morram pessoas ou que fiquem gravemente feridas.

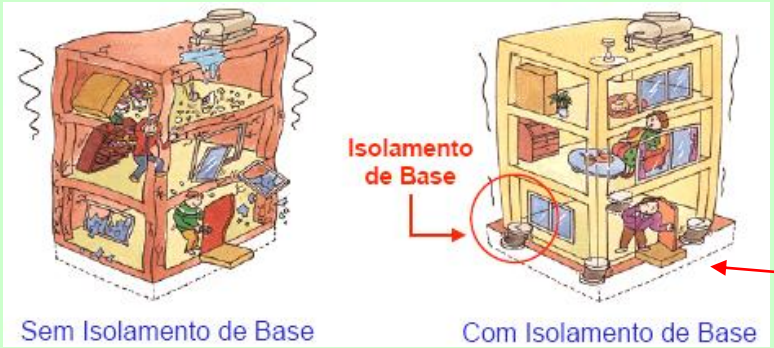


Os topos e as bases dos pilares funcionam como molas: quando esticadas ligeiramente, a deformação é totalmente recuperada ao deixarmos de exercer a força (deformação elástica); quando muito esticadas ficarão permanentemente alongadas (deformação plástica), como se pode observar na figura.

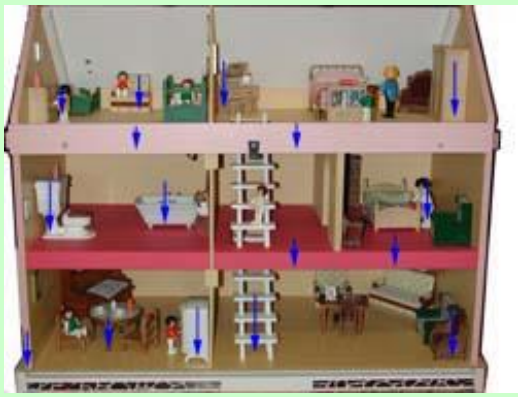


Nos edifícios mais altos, os pilares podem não ser suficientes para garantir a segurança face à ocorrência de sismos. Nesses casos, recorre-se a paredes resistentes em betão armado, ou a dispositivos especiais de proteção. As paredes resistentes têm uma importante função estrutural, ao contrário das vulgares paredes de alvenaria de tijolo furado.

Edifícios muito importantes, por exemplo hospitais, que devem estar operacionais logo após o sismo, não podem apresentar danos pelo que podem ser construídos "desligados" do solo. Esta técnica de construção, que praticamente não é utilizada em Portugal, é designada por isolamento de base. Associados a estes dispositivos podem existir amortecedores que funcionam como os de um carro, reduzindo as vibrações que são transmitidas pelo terreno, quando ocorre um sismo.



Os edifícios reais têm uma massa muito elevada devido aos materiais com que foram construídos (aço, betão, tijolos, …), às pessoas que os usam e aos materiais com que foram decorados. O peso de todos estes elementos, resulta em forças verticais, de cima para baixo. Os engenheiros civis chamam à ação destas forças carga gravítica ou carga vertical.



Quando se constrói o modelo de um edifício com os materiais que te propomos, as dimensões ficam reduzidas segundo uma dada escala mas o peso não obedece corretamente à redução, pelo que o resultado é mais leve do que deveria. Para compensar é necessário colocar carga extra na maqueta para que ela se comporte de modo equivalente ao de um edifício real.

A resistência de um edifício pode ser aumentada se forem introduzidas na sua estrutura elementos diagonais de travamento da estrutura (contraventamentos) ou então paredes resistentes. Estas ligações melhoram a transferência das forças entre vigas e pilares e minimizam as deformações laterais de um edifício sujeito, por exemplo, a fortes ventos ou a um sismo. Estas ligações suportam forças de tração e de compressão.

As vibrações a que um edifício é sujeito durante um sismo têm um efeito semelhante ao de um conjunto de forças horizontais, daí a importância de introdução dos contraventamentos.

Deformações laterais num modelo:

Na figura da esquerda, o modelo encontra-se sobre um tapete sísmico em funcionamento.

Na figura da direita, o modelo foi deformado por aplicação de uma força horizontal.

Agradecimentos

A organização agradece a colaboração de todas as entidades envolvidas na organização deste concurso, sem os quais esta iniciativa não seria possível.

Agradece-se ainda a colaboração da Engineering Research Centre da Universidade de Bristol, na cedência de informação relativa á sua experiência na organização de eventos similares e que autorizou a tradução e adaptação do presente regulamento.