



LISBOA RESILIENTE AOS SISMOS

## CICLO DE CAPACITAÇÃO



**Conhecer e reduzir o risco sísmico  
Comportamentos de autoproteção  
para empresas**

20 outubro '22

## Elementos não-estruturais

- Mesmo um sismo moderado pode causar a **queda** ...
  - Estantes e armários
  - Luzes suspensas e tetos falsos
  - Paredes divisórias ou elementos decorativos
  - Chaminés...
  
- Estes danos podem causar **ferimentos e vítimas!**



Sismo de L'Aquila, Itália, 2009  
Imagem: Mónica Amaral Ferreira

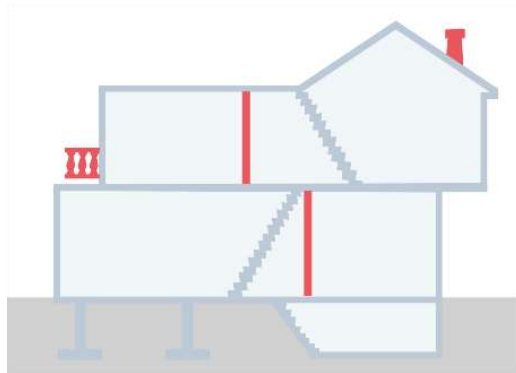
Exemplos:

[https://www.youtube.com/watch?v=jlqa\\_Bj1mZU](https://www.youtube.com/watch?v=jlqa_Bj1mZU)

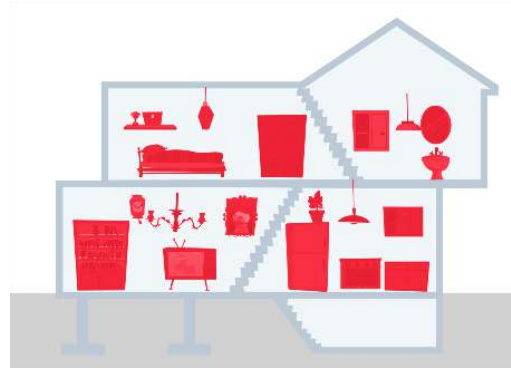
# Elementos não-estruturais

## O que são?

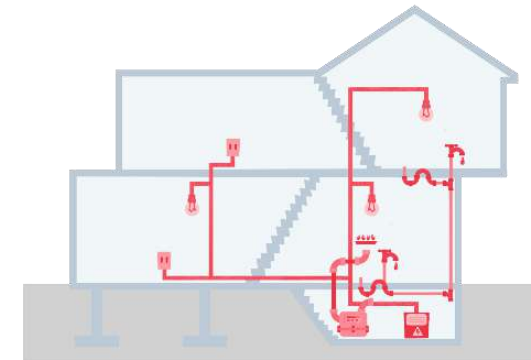
- ❑ Todas as partes de um edifício que são essenciais para o seu funcionamento, mas não estão lá para sustentar o edifício; tais como tetos, divisórias, sistemas AVAC, sistemas eléctricos, canalizações e drenagem, etc.



Elementos arquitectónicos



Conteúdos e elementos decorativos

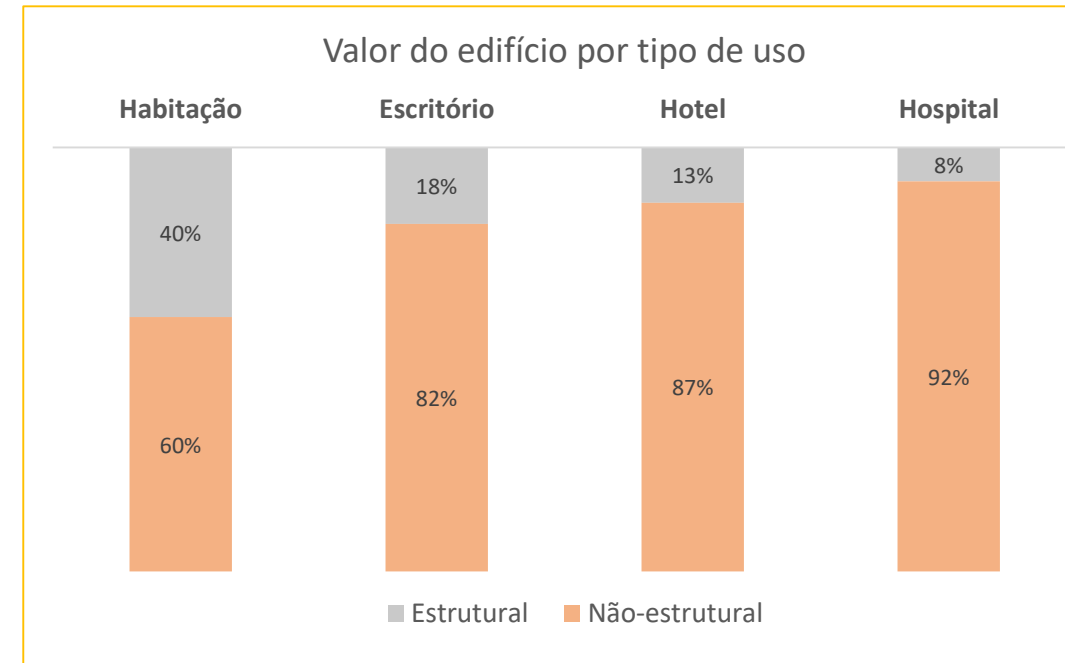


Sistemas mecânicos, eléctricos e condutas

# Elementos não-estruturais

## Por que nos devemos preocupar com os elementos não-estruturais?

- ❑ Representam uma elevada percentagem do valor do edifício.
- ❑ A falha dos elementos não-estruturais podem afetar o nível de desempenho e a funcionalidade do edifício após um sismo.
- ❑ Entre 60%-70% dos ferimentos e internamentos, após um sismo, devem-se à queda de elementos não-estruturais.
- ❑ Não são contempladas medidas de mitigação na fase de projeto.



# Elementos não-estruturais

## Contexto regulamentar

### Coeficiente de comportamento, $q_a$

Type of non-structural element	$q_a$
<ul style="list-style-type: none"><li>• Overhanging balustrades or decorative elements</li><li>• Signs and advertising hoardings</li><li>• Chimneys, masts and storage tanks on support that act as non-trussed cantilever beams over a length of more half than their overall height</li></ul>	1.0
<ul style="list-style-type: none"><li>• External and internal walls</li><li>• Partition walls and facade components</li><li>• Chimneys, masts and storage tanks on support that act as non-trussed cantilever beams over a length of more half than their overall height or that are stiffened or guyed against the supporting framework, and that is to say at the height of or above the centre of mass</li><li>• Anchorages for permanently available cupboards and piles of books on the floor</li><li>• Anchorages for suspended ceilings and light fittings</li></ul>	2.0

EN 1998-1:2004

# Elementos não-estruturais

## Contexto regulamentar

EN 1998-1:2004 requires that the seismic coefficient  $S_a$  be determined on a location-specific basis as follows. It is determined from the seismic hazard and the amplification factor (see below).

$$S_a = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \left[ 3 \cdot \frac{(1 + z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot A$$

$S_a$	seismic coefficient of the non-structural element	[-]
$a_g$	design ground acceleration for type A ground	[m/s <sup>2</sup> ]
$S$	soil factor	[-]
$z$	height of the non-structural element (from the building foundation level)	[m]
$H$	height of the building (from the building foundation level)	[m]
$T_a$	fundamental vibration period of the non-structural element	[s]
$T_1$	fundamental vibration period of the building (in the direction concerned)	[s]
$A$	amplification factor	[-]

EN 1998-1:2004

Próxima versão dos Eurocódigos irá contemplar separadamente tudo o que diz respeito a elementos não-estruturais

## Elementos não-estruturais



**Mau estado de conservação => Queda de elementos não-estruturais mesmo sem sismo**

## Efeitos dos sismos: Danos não estruturais



Norcia, IT, 30 Outubro 2016  
TV



**Efeitos dos sismos:**  
Danos não estruturais



Norcia, Itália, 30 Outubro 2016  
(MAF)

**Efeitos dos sismos:**  
Danos não estruturais

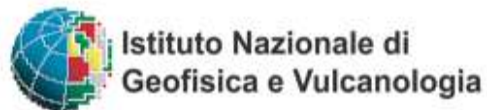


Norcia, Itália, 30 Outubro 2016  
(MAF)



**CONHEÇA E REDUZA O RISCO SÍSMICO**

[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)





## PRODUTOS PARA DOWNLOAD E INFORMAÇÃO AO CIDADÃO

[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)

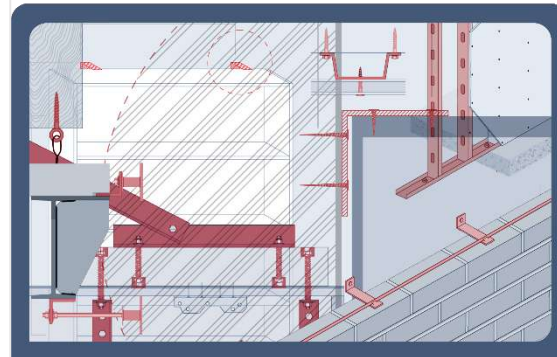


Guia Prático

## Reduction of Seismic Risk Through Non-Structural Elements



Copyright © 2017



Portfolio de soluções



Campanha Mover, Proteger e Fixar

# Medidas de proteção: antes e depois



# Medidas de proteção: antes e depois

www.knowriskproject.com



SOLUÇÃO:

Monitor fixado  
Anti-derrapante aquário,  
Reorganização (caixas e taça)

Video: Mónica A. Ferreira

# Medidas de proteção: antes e depois

www.knowriskproject.com



**SOLUÇÃO:**

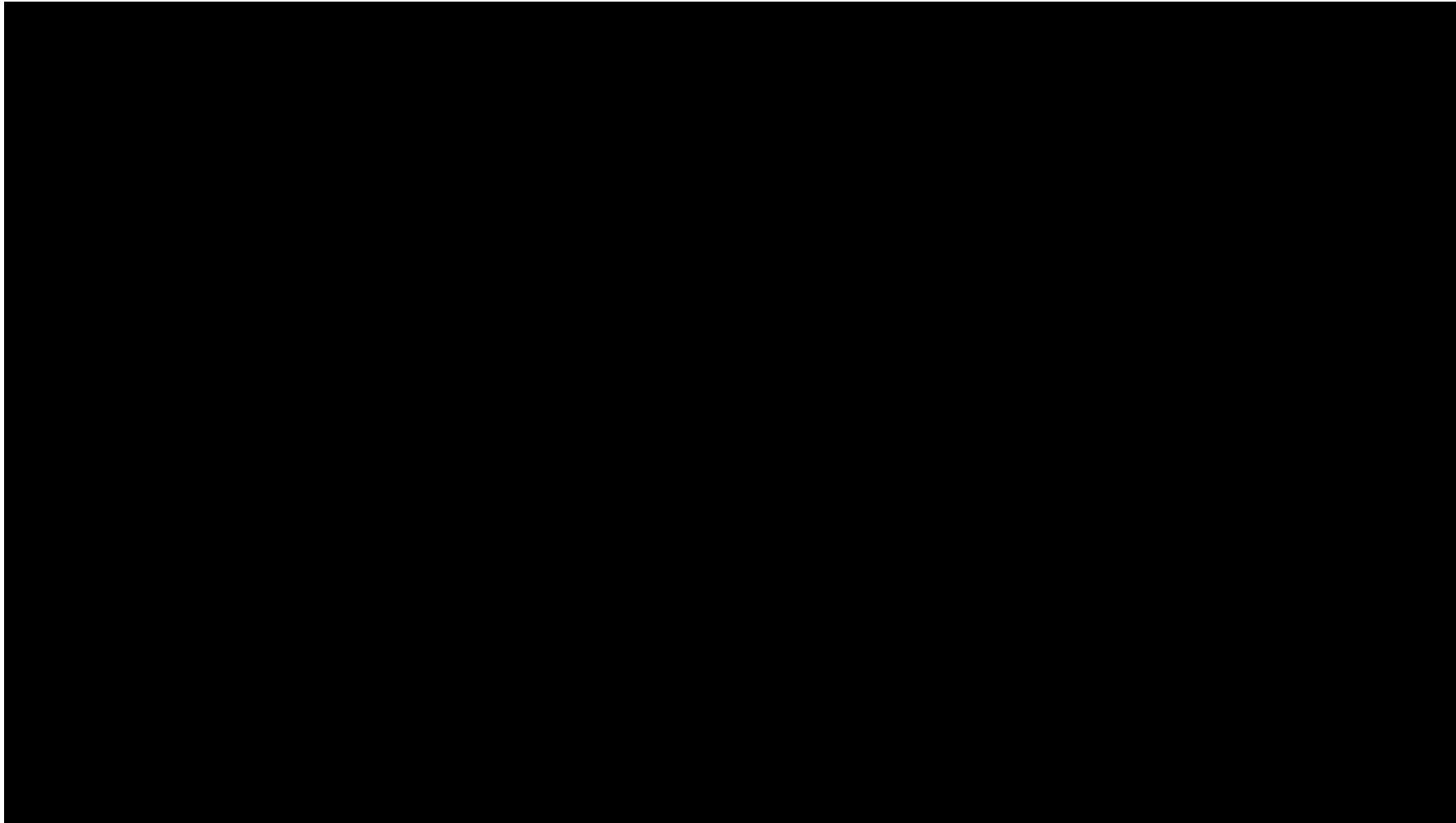
Aquário com fita adesiva dupla face

Anti-derrapante no avião

1ª gaveta com fecho de segurança

Video: Mónica A. Ferreira

# Campanha “Mover, Proteger e Fixar”



Ensaio na mesa sísmica do LNEC. Projeto KnowRISK



[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)

[www.youtube.com/channel/UCQng71zMIJE0PeVHP9ktWlQ](https://www.youtube.com/channel/UCQng71zMIJE0PeVHP9ktWlQ)

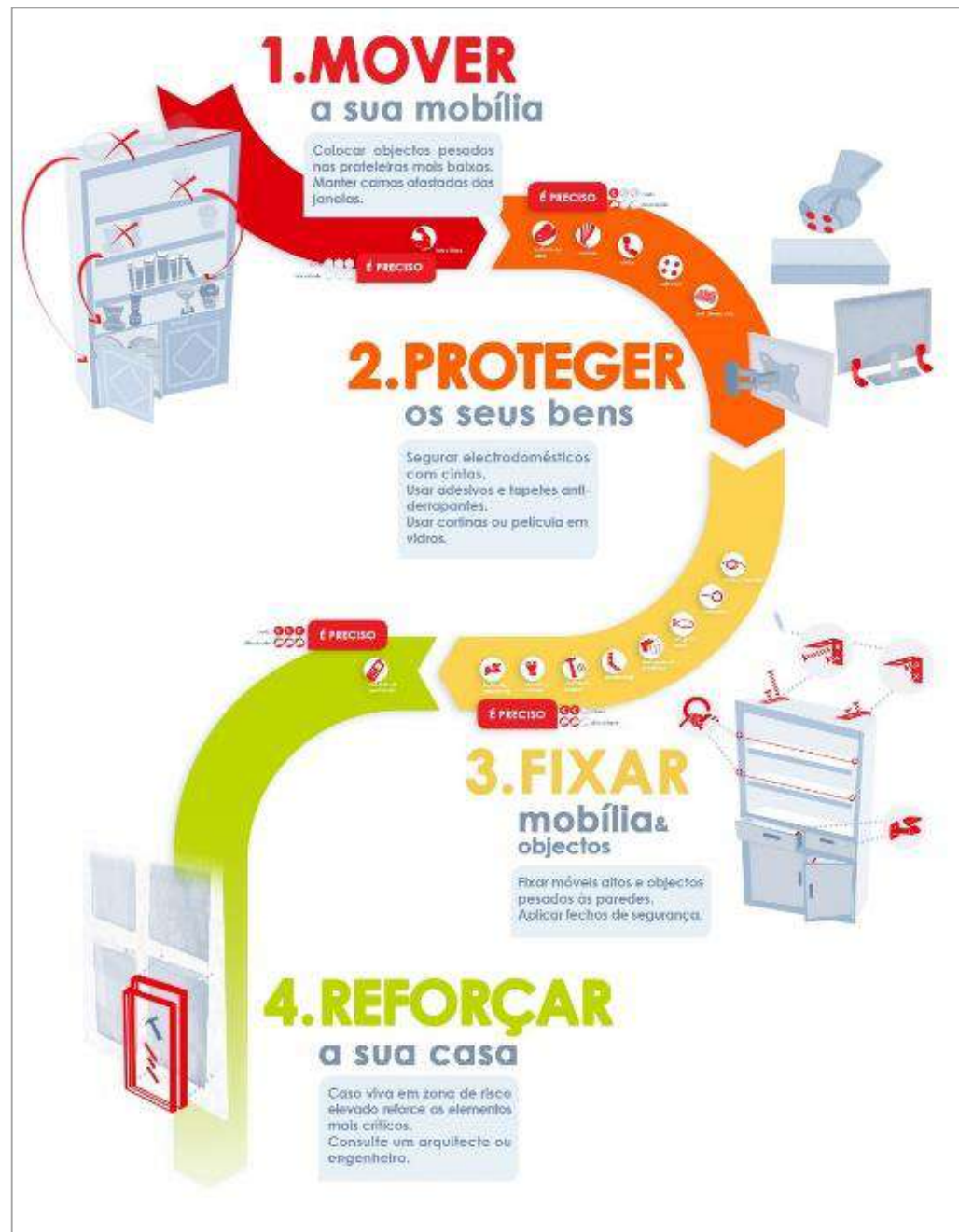


# Medidas de proteção

Edifícios Residenciais

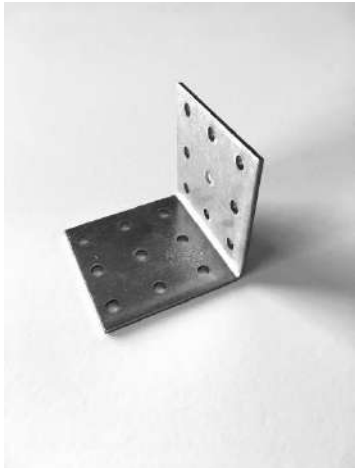
Edifícios Comerciais

Hospitais/C. Saúde

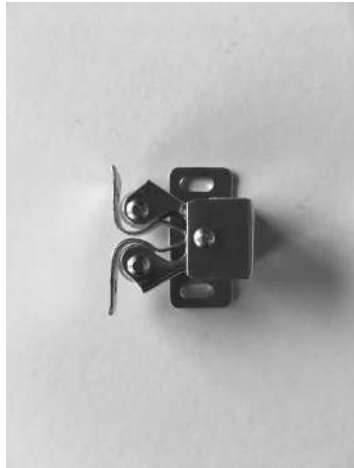


# Dispositivos de proteção

Dispositivos para aplicação de diversas medidas de proteção não-estrutural



Perfil metálico



Fecho de pressão



Gancho para quadros



Fita adesiva dupla-face



Fecho de segurança

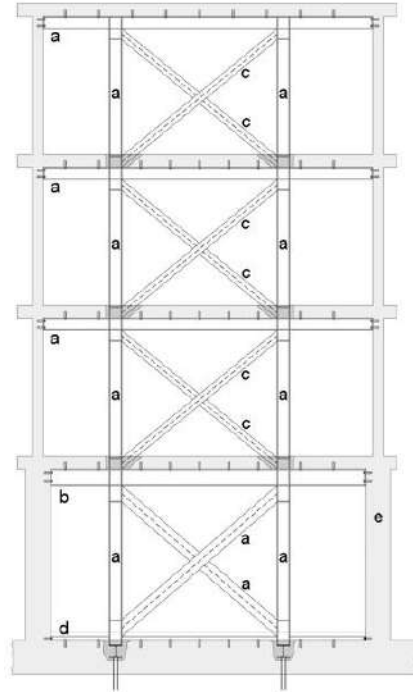
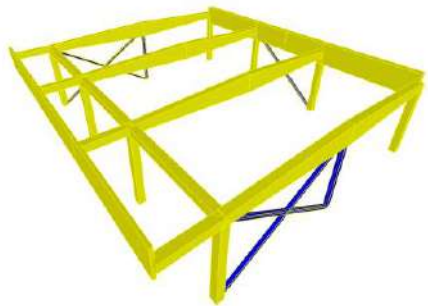
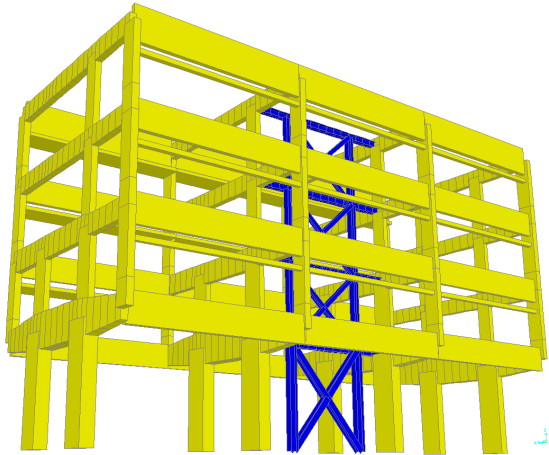


Tapete antiderrapante

# Escolas

## Sistemas estruturais resistentes para forças horizontais

Estrutura triangulada (EES Padre António Vieira, Lisboa)

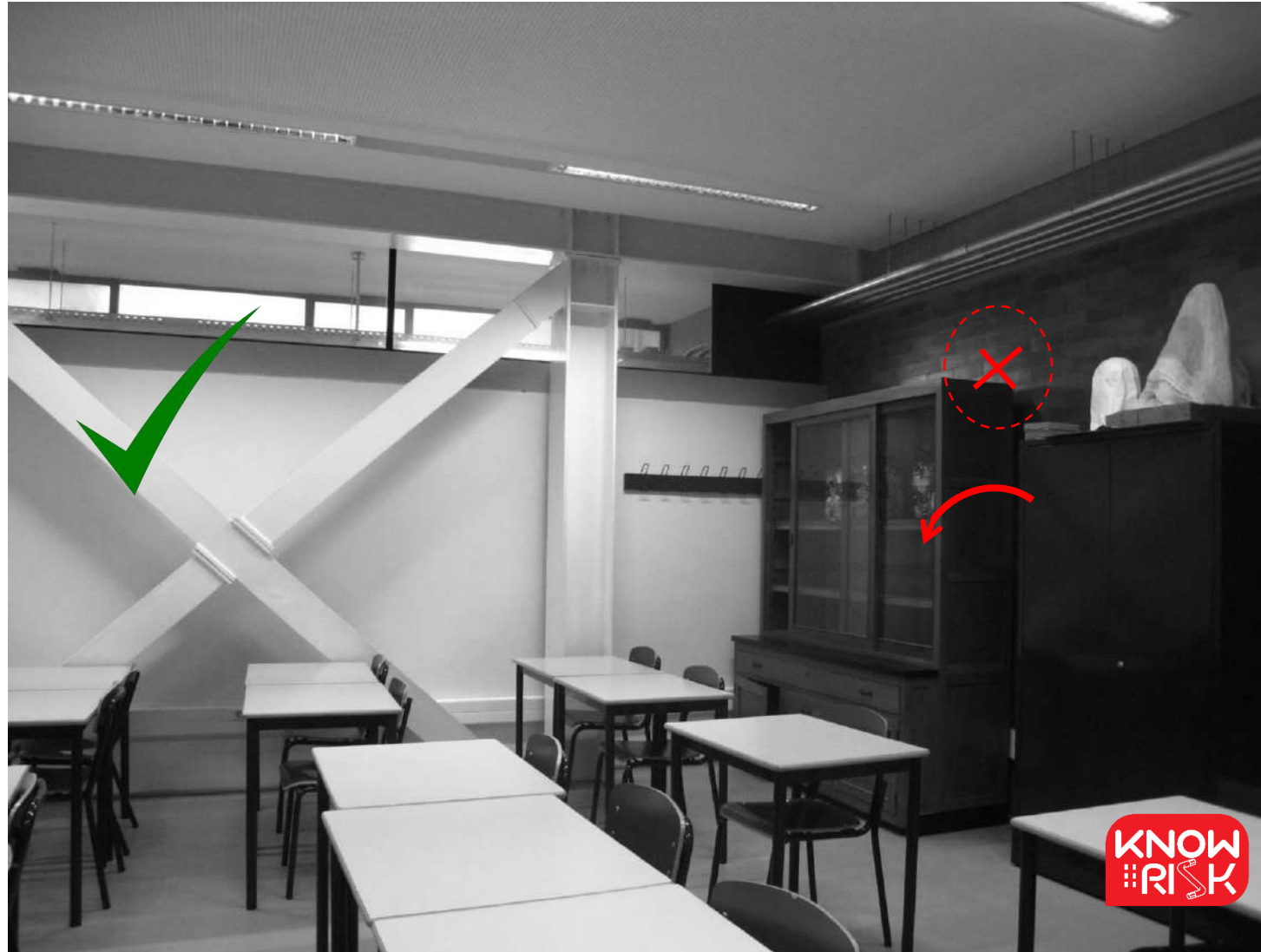


- a - HEB300
- b - HEB400
- c - HEB200
- d - UNP300
- e - estrutura existente  
existing structure



Novas estruturas metálicas de travamento (trianguladas)

# Escolas | Identificar riscos



Escola Secundária Padre António Vieira, Lisboa

MAF

# Escolas | Identificar riscos



# Escolas | Identificar riscos



Foto: MAF

# Escolas | Medidas mitigação

## WHAT YOU NEED



steel brackets



screws



power drill



cost

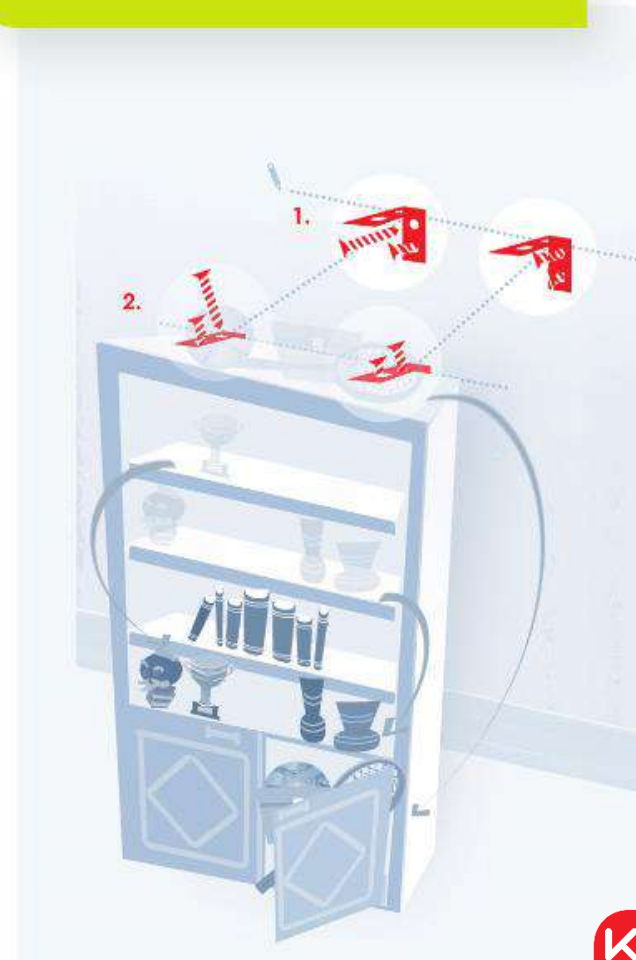


expertise

Arrumar objectos pesados ou frágeis nas prateleiras mais baixas, ou colocá-los dentro de compartimentos fechados.

Fixar móveis altos e objectos pesados às paredes.  
Aplicar fechos de segurança.

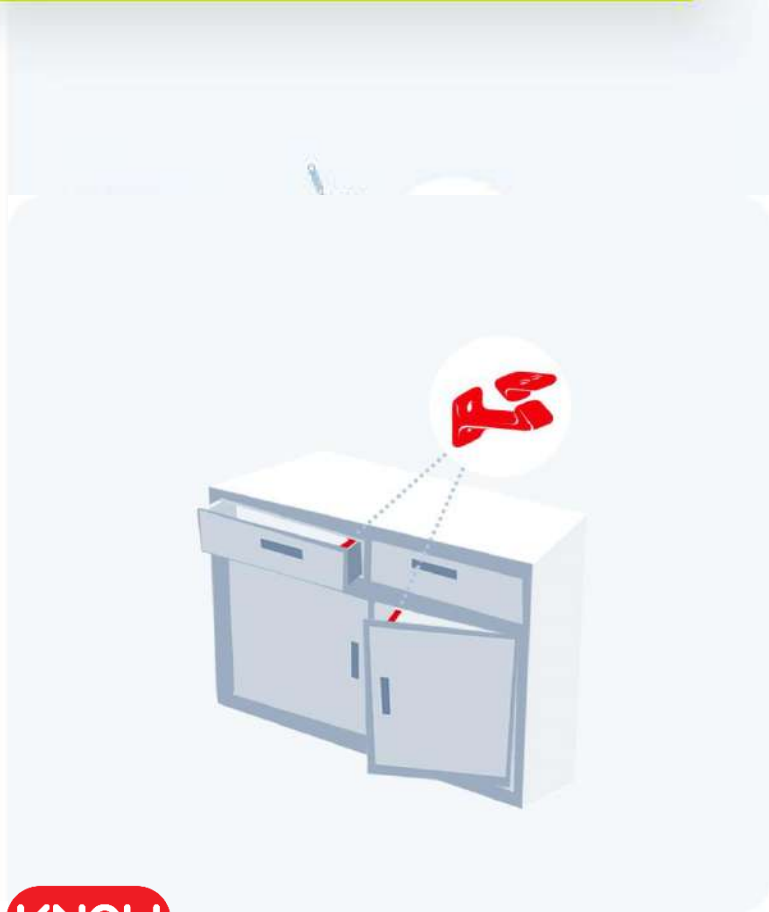
## HOW TO DO IT



# Escolas | Identificar os riscos e medidas mitigação



## HOW TO DO IT





# Escolas | Identificar os riscos e medidas mitigação



Fixar armários e cacifos

# Escolas | Identificar os riscos e medidas mitigação



Tetos falsos => Sistema forte de suspensão para resistir às forças laterais



Fixar armários



Travar rodas

# Escolas | Identificar os riscos e medidas mitigação



Não obstruir  
saídas/passagens.  
Relocalizar.



Fixar equipamentos/  
máquinas de vending ao  
chão.



# Escolas | Identificar os riscos e medidas mitigação



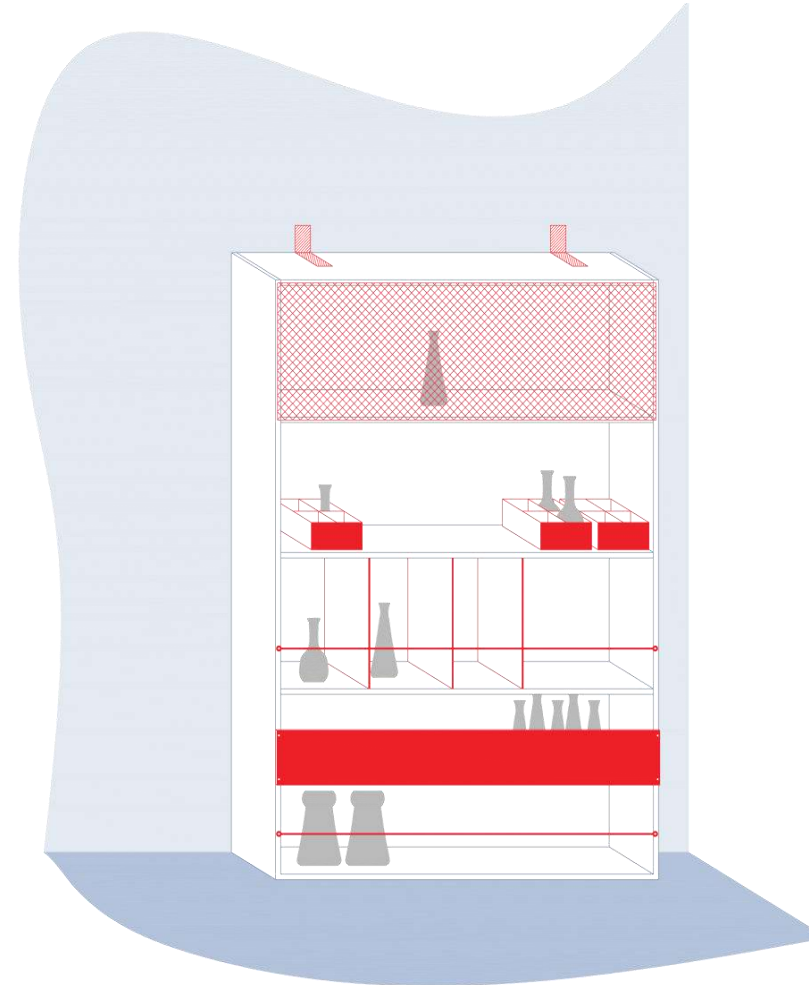
Tetos falsos => Sistema forte de suspensão para resistir às forças laterais



Colocar objetos pesados nas prateleiras mais baixas



# Escolas | Medidas para reduzir o risco não-estrutural

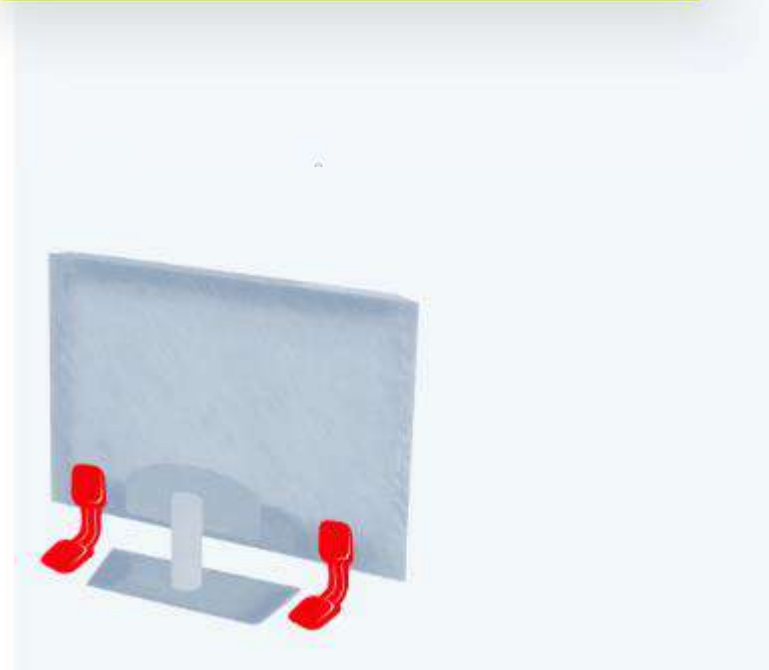


Adaptado por M. Vicente ([www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com))

# Escolas | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



## HOW TO DO IT



Norcia,  
Itália 2016  
(MAF)

# SEGURANÇA SÍSMICA NAS ESCOLAS

Medidas que podem fazer toda a diferença

## ELEMENTOS NÃO-ESTRUTURAIS

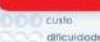
### 1. MOVER

mobiliário



Colocar objectos pesados nas prateleiras mais baixas. Manter as carteiras afastadas das janelas.

É PRECISO



força física

### 2. PROTEGER

equipamentos



Segurar equipamentos com cintas. Usar adesivos e tapetes anti-derrapantes. Usar estores ou película em vidros.

É PRECISO



adesivos

colinas

cintas

película de vidro

anti-derrapante

### 3. FIXAR

mobiliário & objetos



Fixar armários altos e objetos pesados às paredes. Aplicar fechos de segurança.

É PRECISO



fecho de segurança

suporte p/ quadros

martelo & pregos

cantoneiras

berbequim & parafusos

aro para vasos

camarões

cabo / esticador

Disponível em:

[www.treme-treme.pt/Recursos-Pedagógicos/](http://www.treme-treme.pt/Recursos-Pedagógicos/)

<https://editorial.us.es/es/detalle-libro/720208/guia-pratico-escola-resiliente-aos-sismos>

<https://sway.office.com/UZLStBm6DvZfNlt3?ref=Link>



Arte gráfica: Hugo O'Neill

Mónica Amaral Ferreira | Conhecer e reduzir o risco sísmico. Comportamentos de autoproteção para empresas

# Escolas | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



Disponível em:

[www.treme-treme.pt/Recursos-Pedagógicos/](http://www.treme-treme.pt/Recursos-Pedagógicos/)

<https://editorial.us.es/es/detalle-libro/720208/guia-pratico-escola-resiliente-aos-sismos>

<https://sway.office.com/UZLStBm6DvZfNlt3?ref=Link>



Arte gráfica: Hugo O'Neill



[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)



Como implementar?

**Orçamento Participativo das Escolas**

**Orçamento Participativo de Lisboa**



# Biblioteca | Identificar os riscos e medidas mitigação

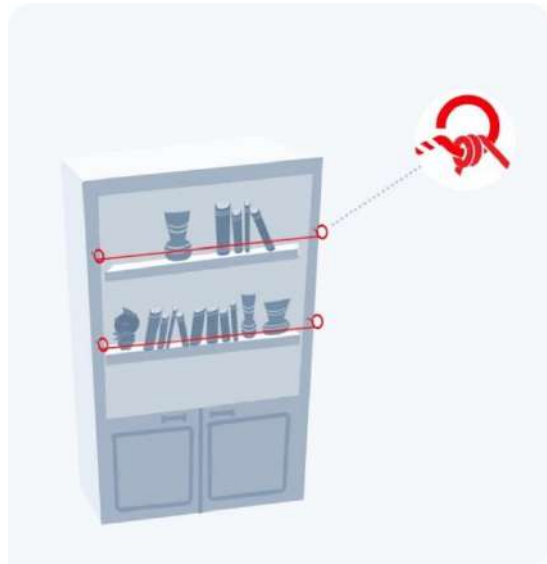


# Escritórios | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



Foto: EDP, KnowRISK

# Comércio | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



<http://www.fornodoro.pt/#galeria>

# Comércio | Medidas para reduzir o risco não-estrutural

HOW TO DO IT

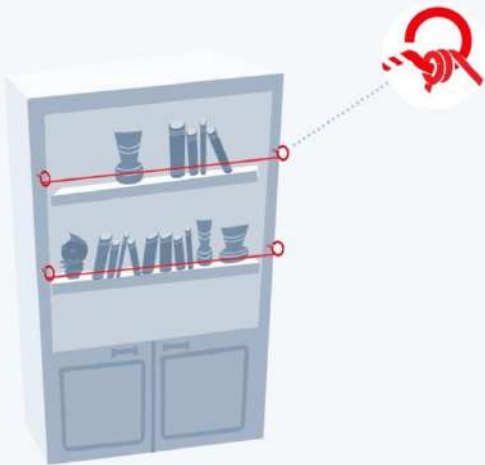


Foto: Carlos Sousa Oliveira

# Habitação | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



# Tetos suspensos



Campo de Badminton. Taiwan.  
Sismo M6.9 | 18 Set 2022

# Tetos suspensos



Acústico

(Perrone et al., 2019)



Metálico

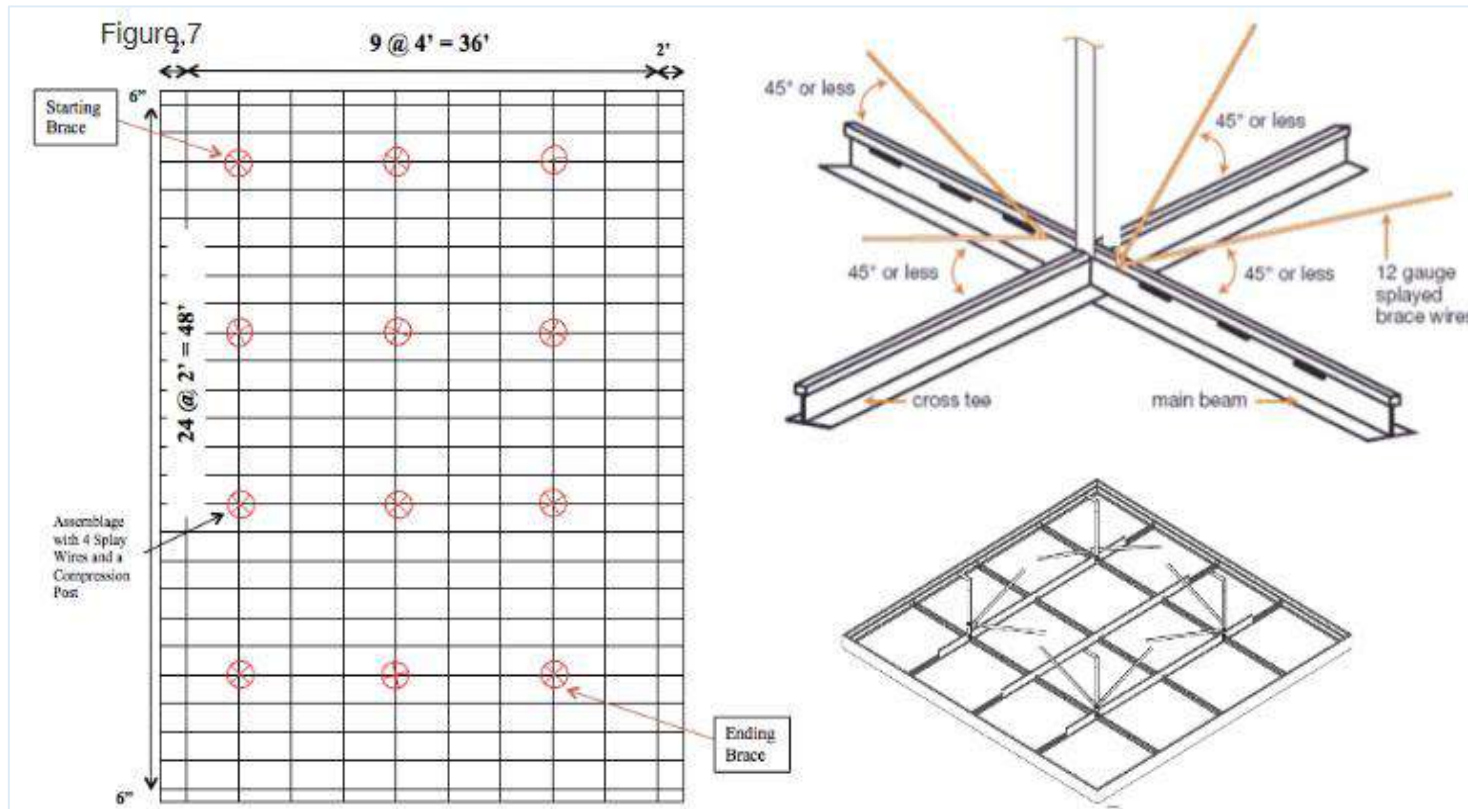


(L'Aquila, MAF)

# Tetos suspensos | Medidas para reduzir o risco não-estrutural

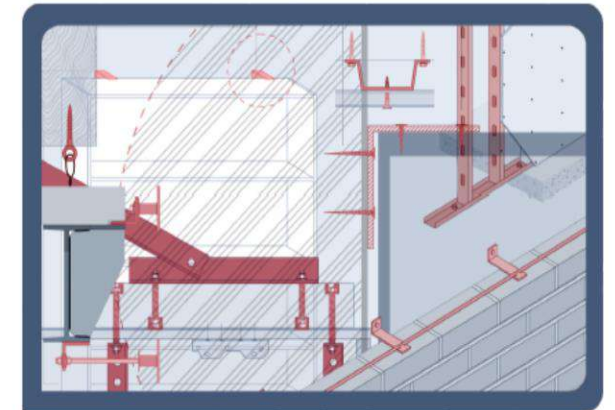
## 11. Suspended ceiling

Stakeholder	Life safety	Property loss	Functional loss
			
Solution/ Expertise	Repair time	Costs of strengthen	
			



## Reduction of Seismic Risk Through Non-Structural Elements

KnowRISK Portfolio of solutions



Co-financed by European Commission's Humanitarian Aid and Civil Protection Grant agreement ECHO/SUB/2015/718655/PREV2B





# Sistemas condutas | Medidas para reduzir o risco não-estrutural

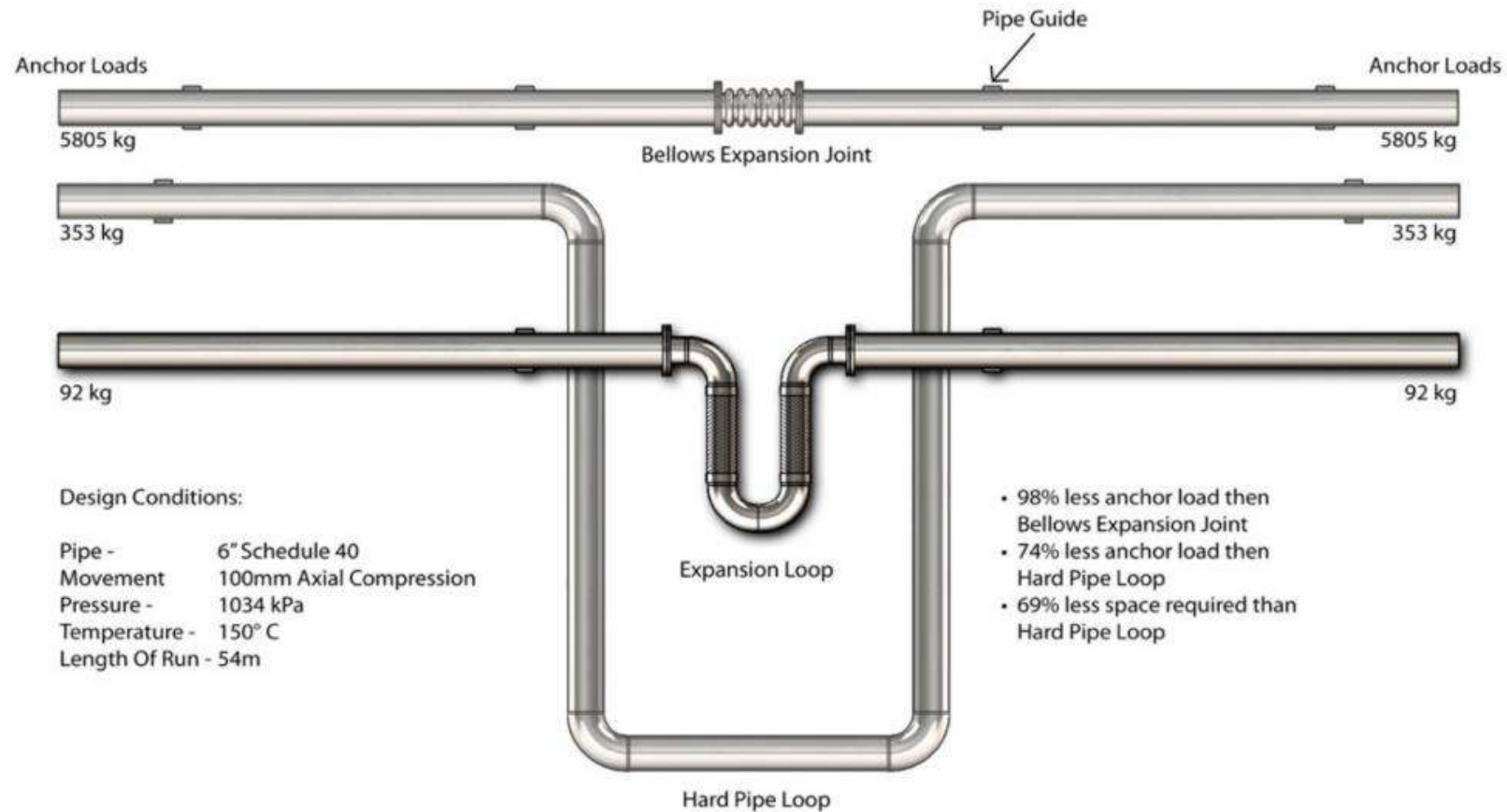


In many jurisdictions across Canada local building codes now include provisions that require seismic restraint of mechanical, electrical, and safety system non-structural building components. It is generally accepted these seismic restraint requirements can, in certain cases, apply to almost any building regardless of occupancy type, particularly buildings relied on to provide essential services in the event of a disaster. ([www.constructioncanada.net](http://www.constructioncanada.net))



Suporte trapézio. Hilti

# Sistemas condutas | Medidas para reduzir o risco não-estrutural



# Medidas para reduzir o risco não-estrutural



Fixar condutas em intervalos regulares e nas três direções: transversal, longitudinal e vertical

Fire Sprinkler Hanging & Bracing Products  
[www.nvent.com](http://www.nvent.com)

# IMPACTO DOS SISMOS NA SAÚDE

## IMPACTOS DIRECTOS

Os impactos diretos incluem alta mortalidade, especialmente por trauma, mas também por asfixia, inalação de poeira e hipotermia.

Necessidades médicas elevadas nas 1<sup>as</sup> semanas pós-sismo e variam de cortes, contusões e fraturas simples a fraturas múltiplas graves, lesões internas e síndrome de esmagamento que requerem cirurgia e cuidados intensivos.

## IMPACTOS INDIRETOS

Danos nas unidades de saúde e nos serviços básicos, como sistemas de água e esgoto, energia, estradas, sistemas de telecomunicações e aeroportos => interrupções dos serviços básicos de saúde

## O que se espera dos serviços de saúde no pós-sismo

Devem ser capazes de responder nas primeiras 48 horas após um sismo, pois 95% das pessoas resgatadas de prédios colapsados são salvas nesse período, se tiverem apoio médico. A resiliência das instalações de saúde, e particularmente dos hospitais, durante e após os sismos, é uma componente crítica para salvar vidas e reduzir doenças na população afetada.



Missão pós-sismo do IST ao Haiti, 2010  
Acampamento AMI

# Sismo de L'Aquila, Itália, 2009



Itália, 2009 (MAF)

Magnitude: **6.3**

Vítimas: **309** (22 crianças entre os 4 meses e 14 anos)

Feridos: **1500** (10% ferimentos graves)

*Comuni* afectadas: **49** (37 da Província de L'Aquila, 5 de Teramo e 7 de Pescara)

Desalojados: **62.200** => Realojamento de:  
24.300 em hotéis Costa Adriática;  
9.400 em casas de amigos ou familiares;  
28.500 em acampamentos (~ 5600 tendas).

## População afectada:

L'Aquila cidade: 72.946 hab

*Comuni* afectadas: 133.831 hab

(10% pop região)

Fonte: CRESA, 2009

# SAÚDE - IMPACTO

## Hospital San Salvatore di Coppito, L'Áquila

- Hospital constituído por 15 edifícios -> inoperacional 90% (apenas 2 salas de operação a uso)
- Evacuação de doentes para a rua
- Feridos graves -> evacuados para outros hospitais da região



Fonte: La Repubblica

## Hospital San Salvatore di Coppito, L'Áquila



L'Áquila 2009 (MAF)

- Hospital de campanha
- Serviços: Pneumologia, Bloco operatório, Ortopedia, Sala de gessos, Cardiologia, Laboratório de análises, Psiquiatria, etc.



## Danos estruturais e não-estruturais

Hospital San Salvatore di Coppito, L'Áquila



Entrada para as urgências com danos estruturais na entrada.  
Problemas nas juntas e fenómenos de “martelamento” local entre corpos -> concentração de danos

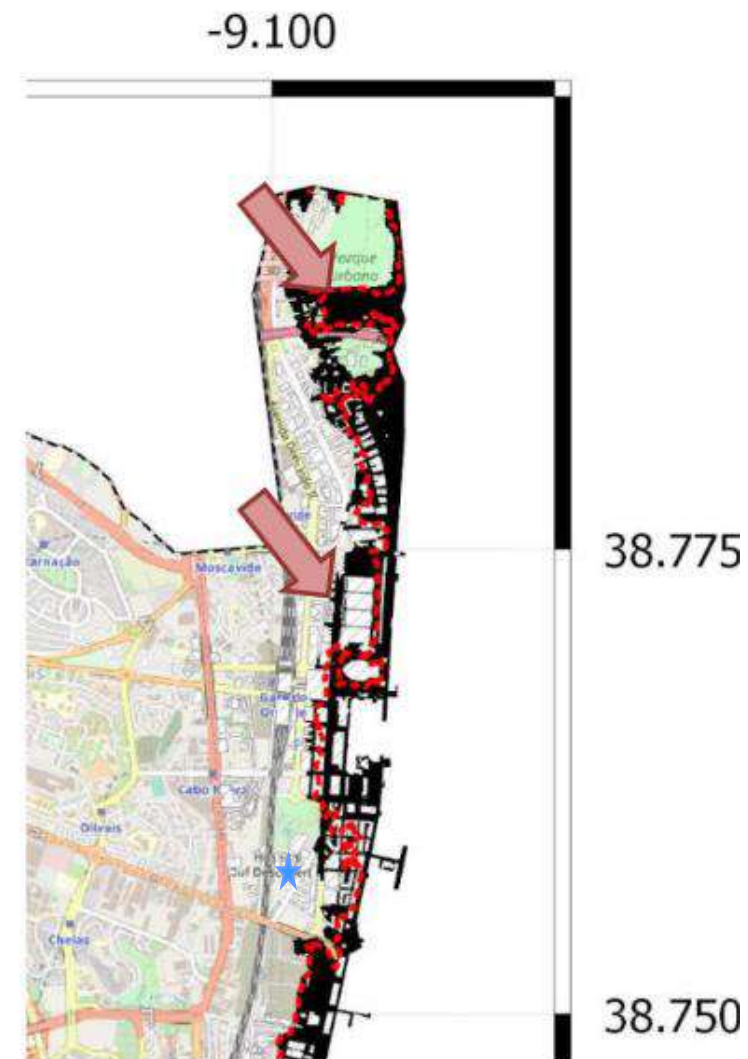
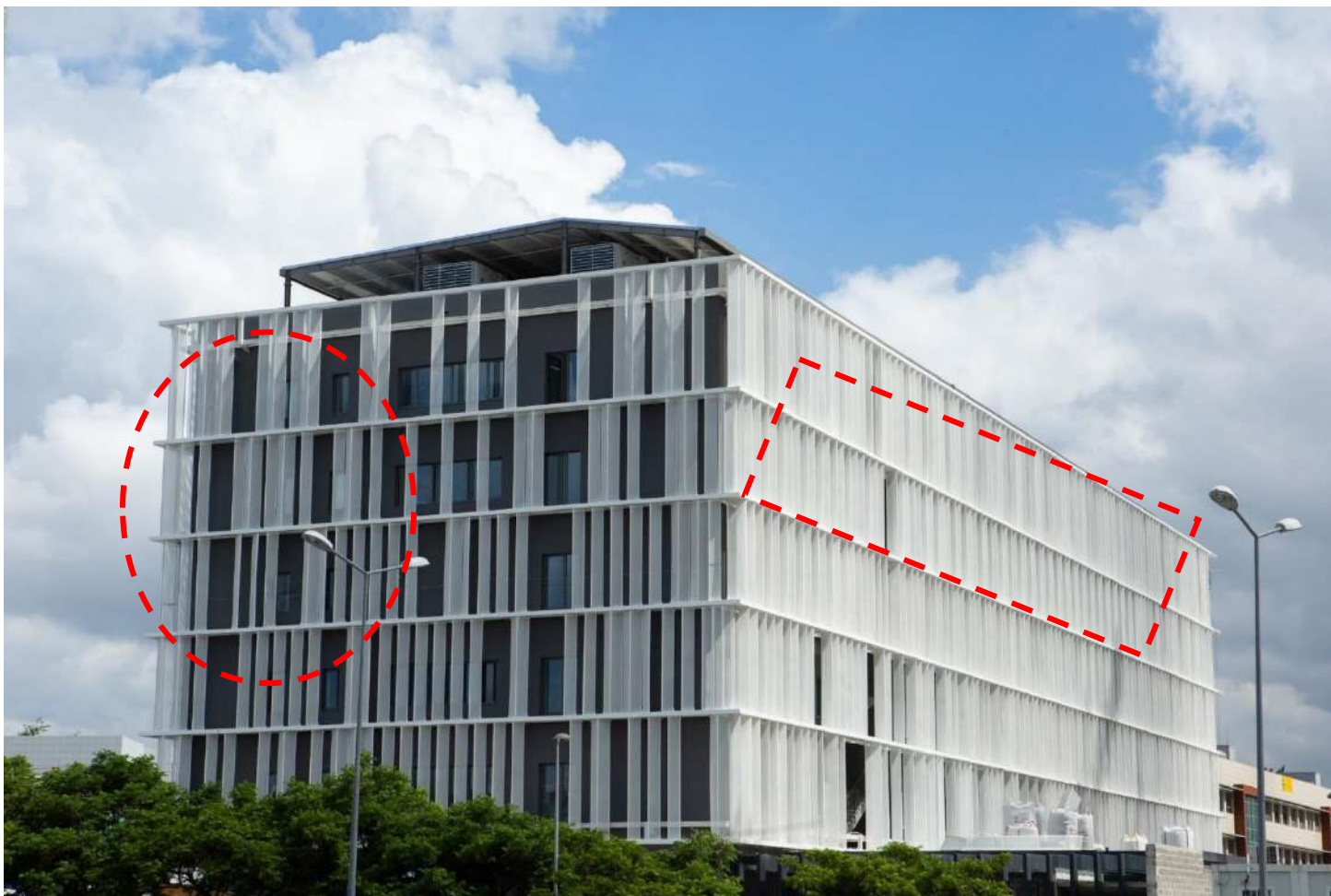


- Ausência de elementos de ligação com a estrutura, levou ao seu destacamento e queda, pondo em risco a passagem dos peões.
- Queda de tetos falsos



L'Aquila 2009 (MAF)





Simulação matemática da inundação por tsunamis de origem sísmica na cidade de Lisboa  
M 8,9 – Ano 2100, cenário de preia-mar com sobre-elevação meteorológica

Rui M.L. Ferreira e Daniel Conde, IST

# Pedrouços - Belém - Alcântara



Falta de acessibilidades em caso de tsunami

Extensão da inundação

Simulação matemática da inundação por tsunami de origem sísmica na cidade de Lisboa  
M 8,9 – Ano 2100, cenário de preia-mar com sobre-elevação meteorológica

Rui M.L. Ferreira e Daniel Conde, IST



[www.cuf.pt/sites/portalcuf/files/visita-virtual-hospital-cuf-tejo](http://www.cuf.pt/sites/portalcuf/files/visita-virtual-hospital-cuf-tejo)

**Queda de vidros:** podem causar cortes; os vidros no chão nas portas de saída podem dificultar a evacuação



Danos em vidro não temperado.  
Sismo 1994 Northridge

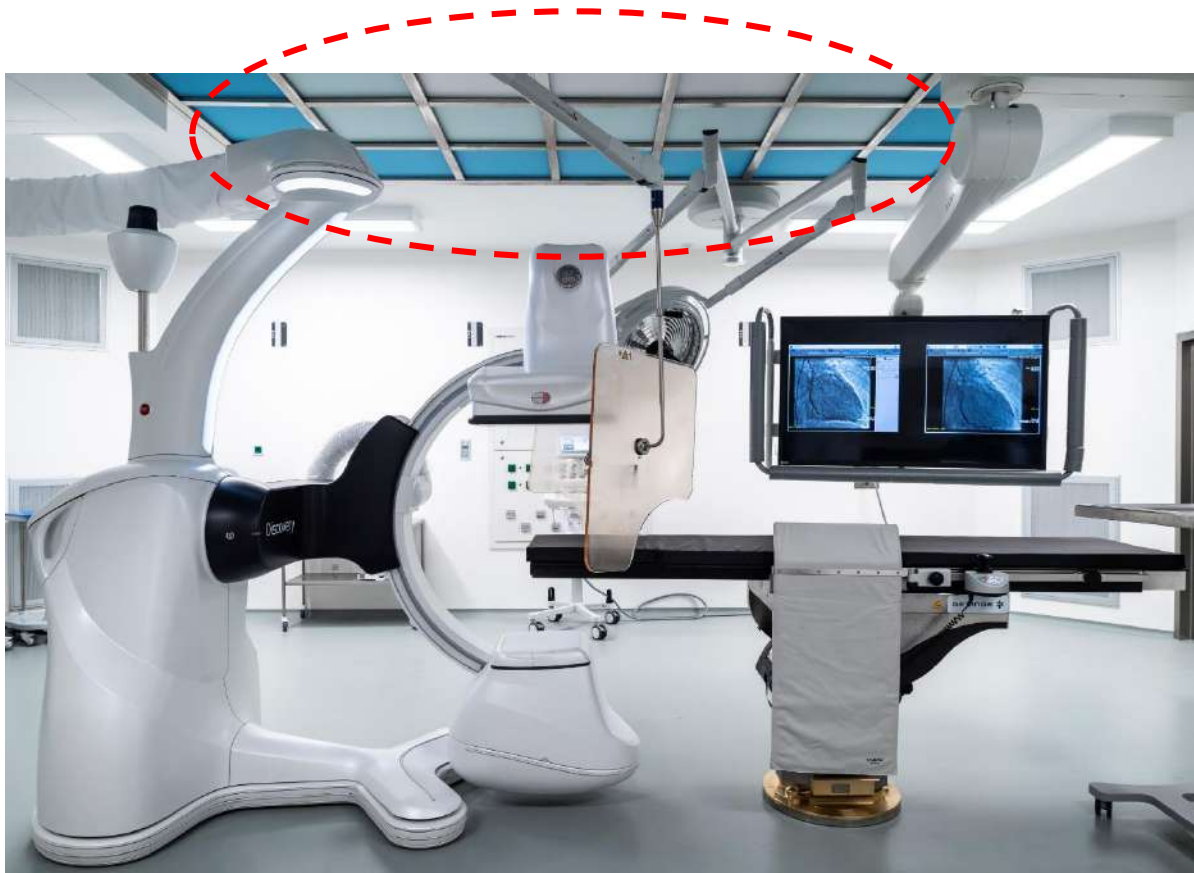


Danos em vidro temperado.  
Sismo 2010 Chile

Fachadas envidraçadas:

- i) falta de espaço para acomodar as distorções dos caixilhos;
- ii) sistemas de fixação pontual pouco adequados à acção sísmica.
- iii) verificar se o contacto directo entre dois painéis de vidro é feito através de juntas de silicone

**É necessário estudar o comportamento desses sistemas aos sismos e, assim, projetá-los com critérios adequados, que garantam sua funcionalidade e segurança.**



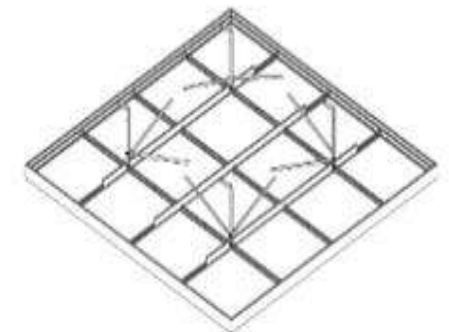
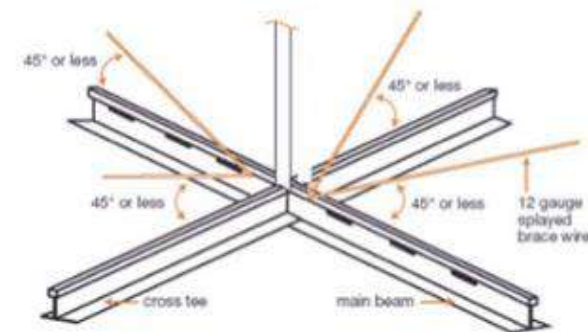
CUF Tejo. Sala híbrida, Piso 1

Ancorar a grade suspensa ao teto/laje.  
Sistema forte de suspensão para resistir  
às forças laterais

## Danos em tetos falsos



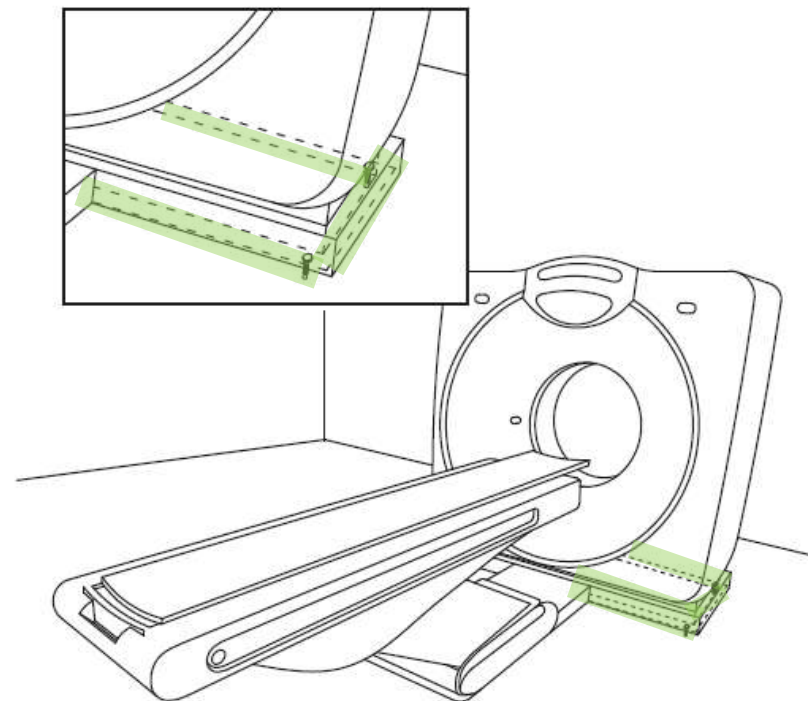
## AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



## Equipamentos



## AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



CUF Tejo. Ressonância magnética, Piso 0

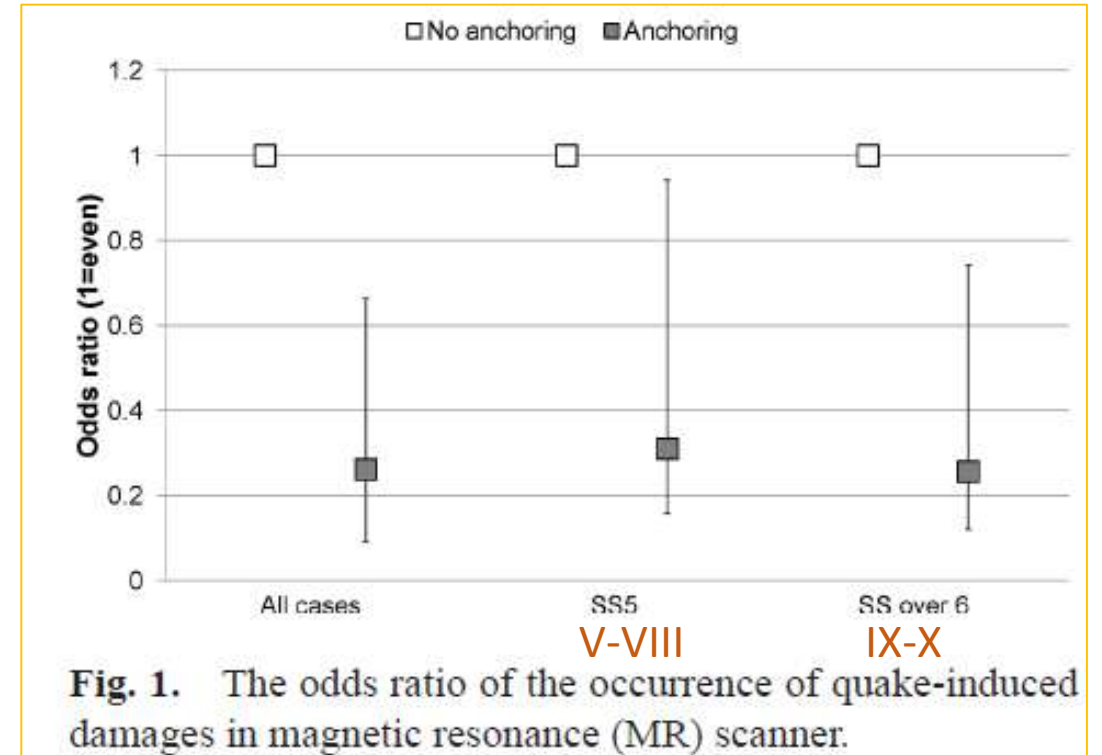
Reducing Earthquake Risk in Hospitals from Equipment, Contents, Architectural Elements and Building Utility Systems, GeoHazards International

## Estudo demonstra que as práticas de fixação dos elementos não-estruturais contribuem para a redução de danos

i) Equipamento de ressonância magnética ancorado e não ancorado (amostra: 602 MR scanners de 456 unidades de saúde);

ii) Estrutura do edifício: sem e com isolamento de base

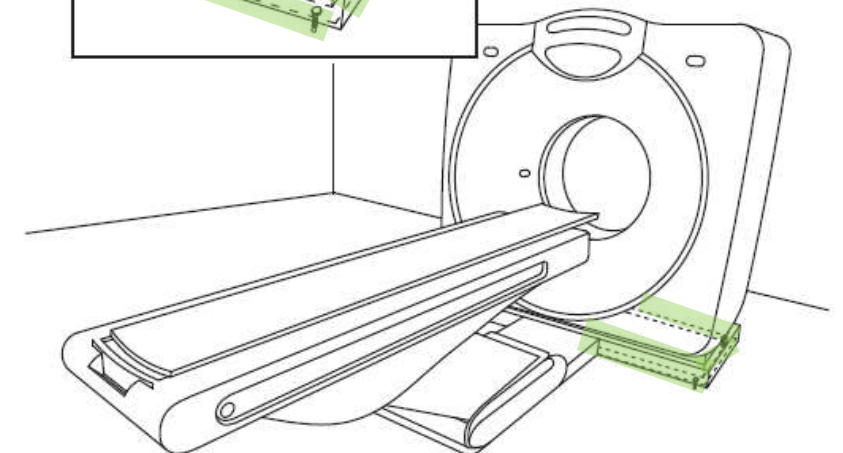
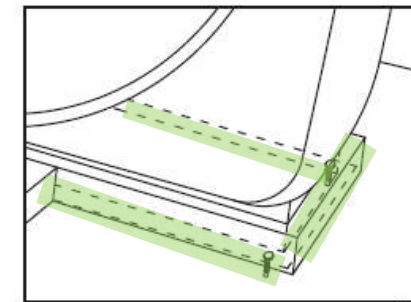
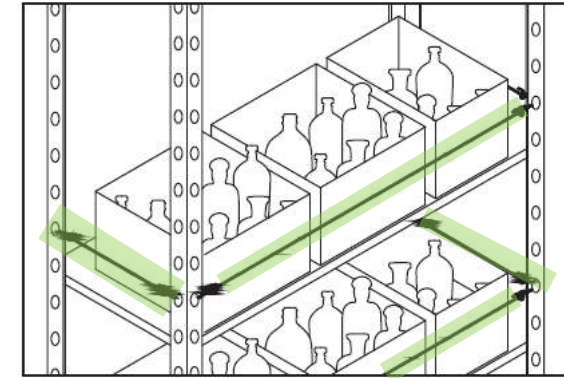
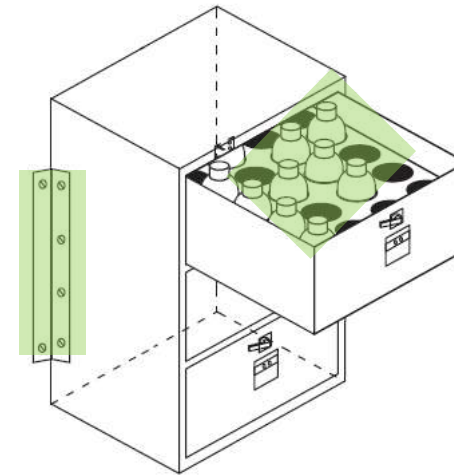
Verifica-se uma redução significativa de danos por o equipamento estar ancorado/fixo e ter um sistema de proteção sísmica, como o isolamento de base.



Yamaguchi-Skino et al., (2015). Effectiveness of Disaster-prevention Technologies against Quake-induced Damage of MR Scanners during the Great East Japan Earthquake.

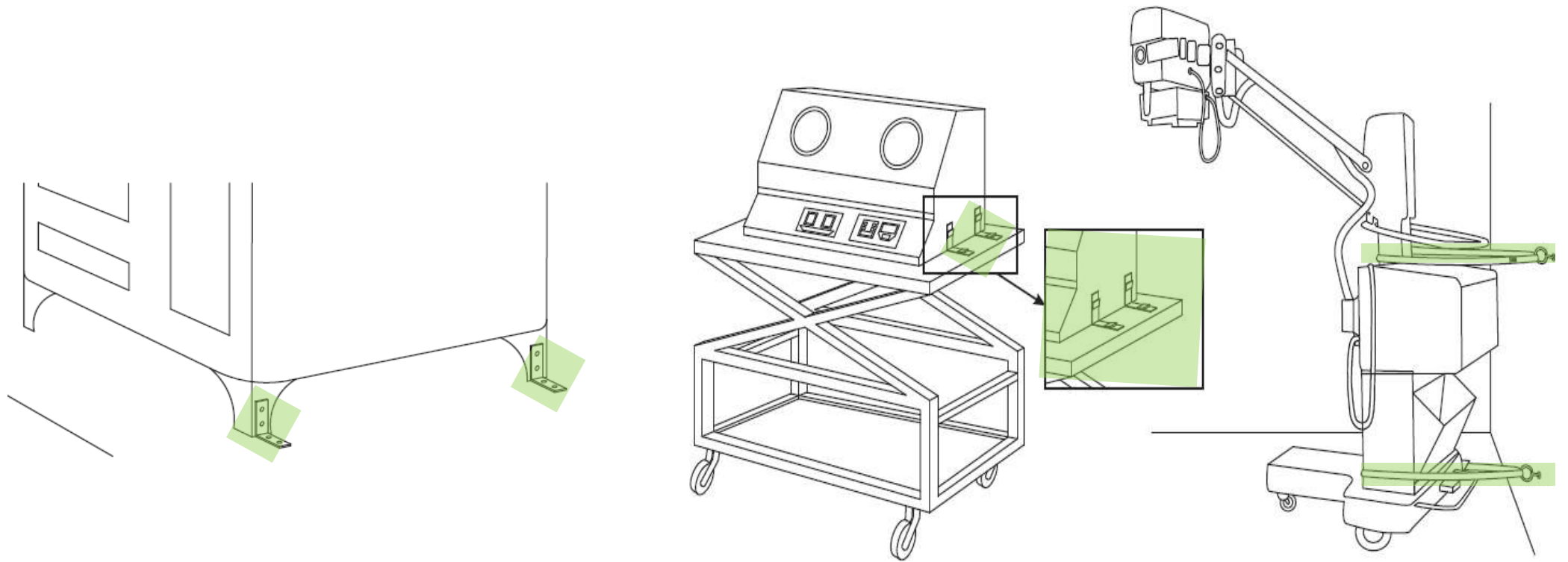


# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



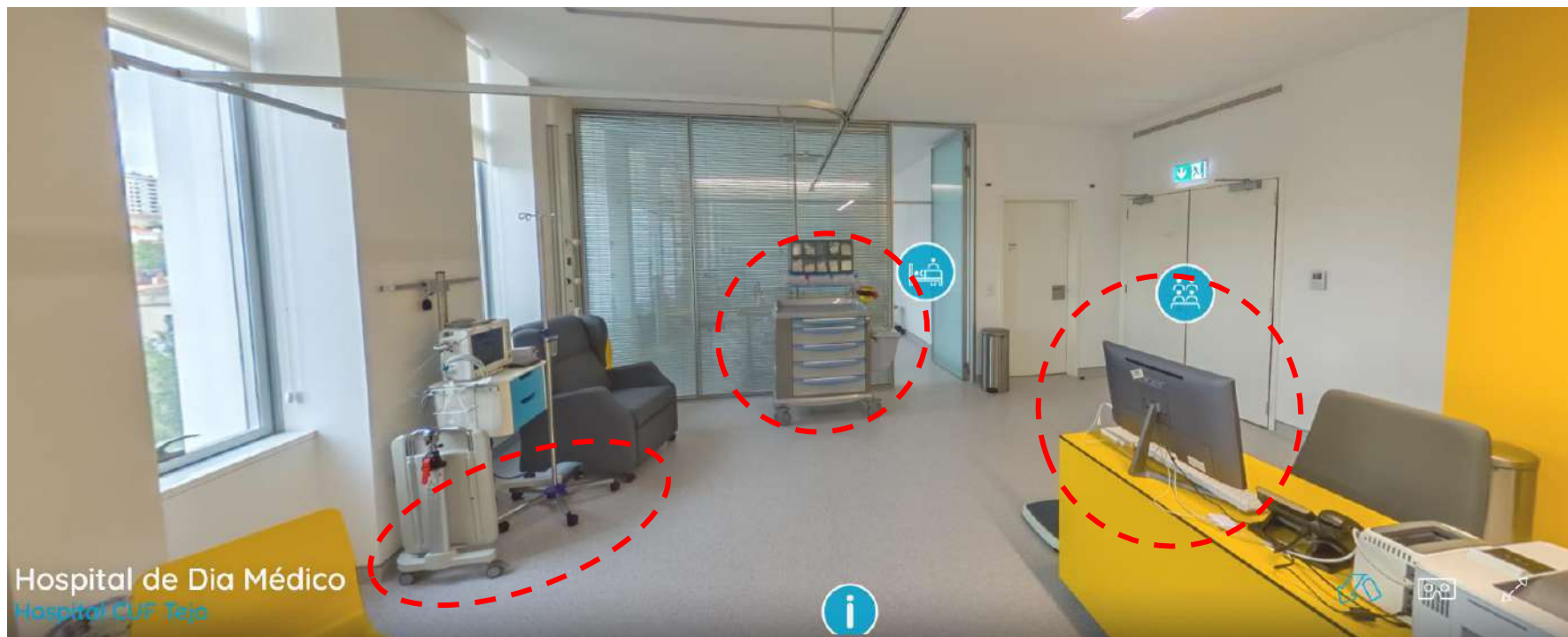
Reducing Earthquake Risk in Hospitals from Equipment, Contents, Architectural Elements and Building Utility Systems, GeoHazards International

# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS

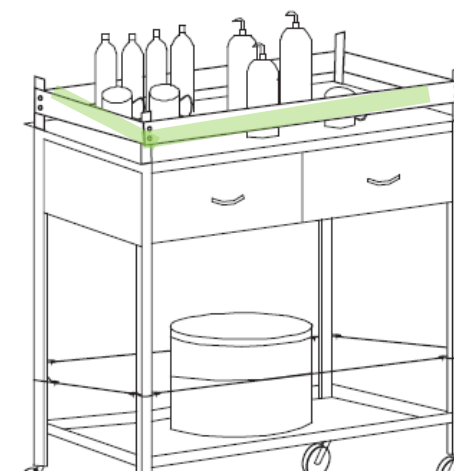
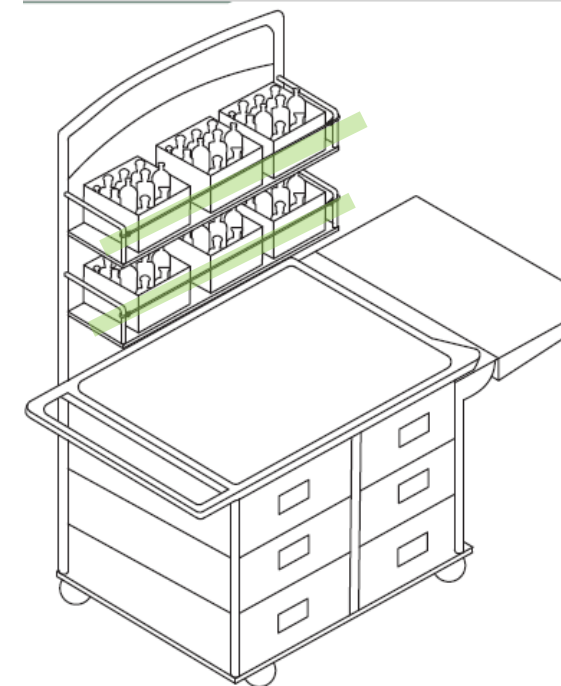


Reducing Earthquake Risk in Hospitals from Equipment, Contents, Architectural Elements and Building Utility Systems, GeoHazards International

# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



- Travar rodas dos carrinhos;
- Colocar itens em caixas para evitar que caiam;
- Colocar cintas em equipamentos mais altos;
- Fixar monitores

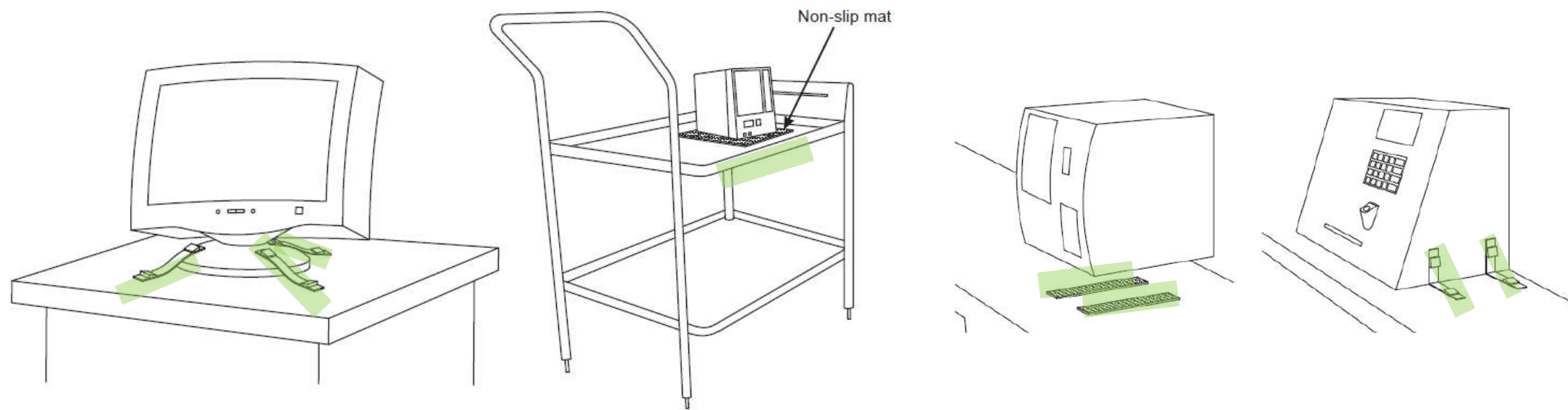


# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



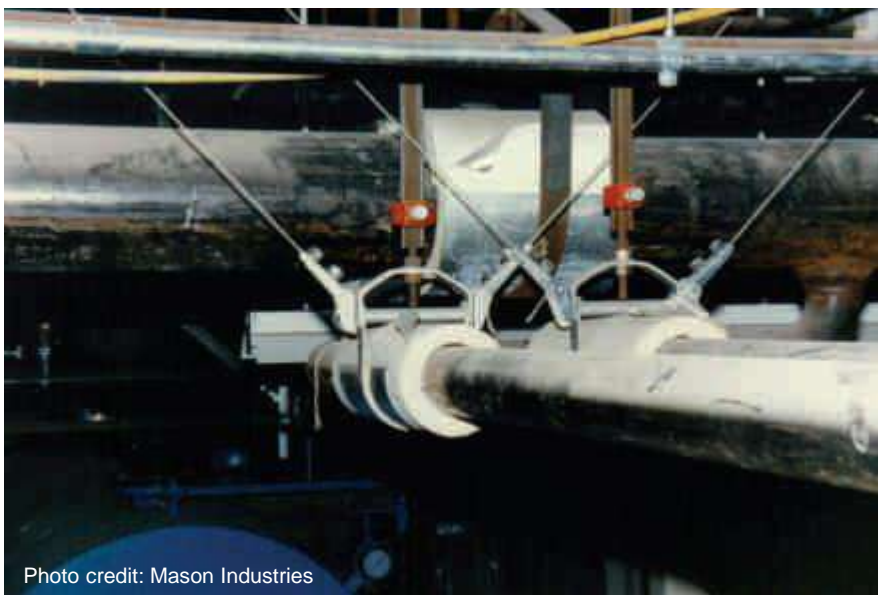
Unidade Cuidados Intensivos Polivalente  
Hospital CUF Tejo

# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS

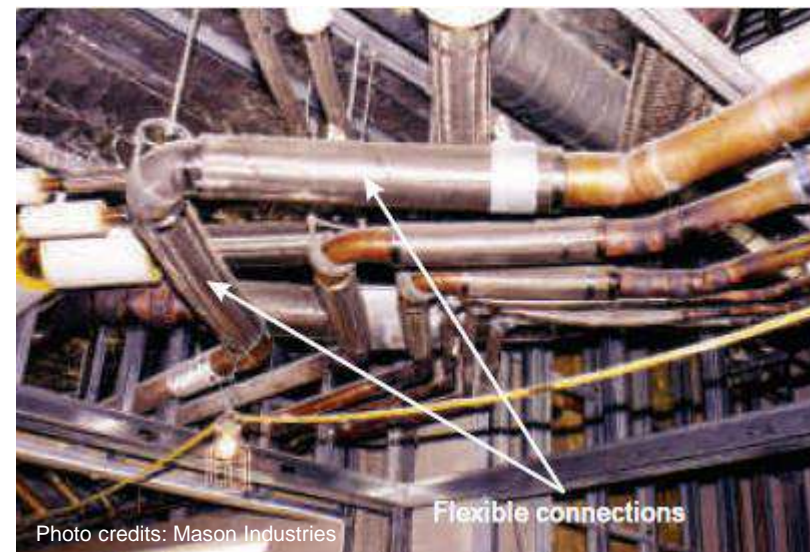


Reducing Earthquake Risk in Hospitals from Equipment, Contents, Architectural Elements and Building Utility Systems, GeoHazards International

# AÇÕES PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO DOS DANOS NÃO-ESTRUTURAIS



Fixar condutas em intervalos regulares e nas três direções: transversal, longitudinal e vertical



Os sistemas de distribuição são necessários para que o hospital funcione normalmente. Priorize a instalação de ligações flexíveis para as áreas mais importantes de abastecimento, por ex.

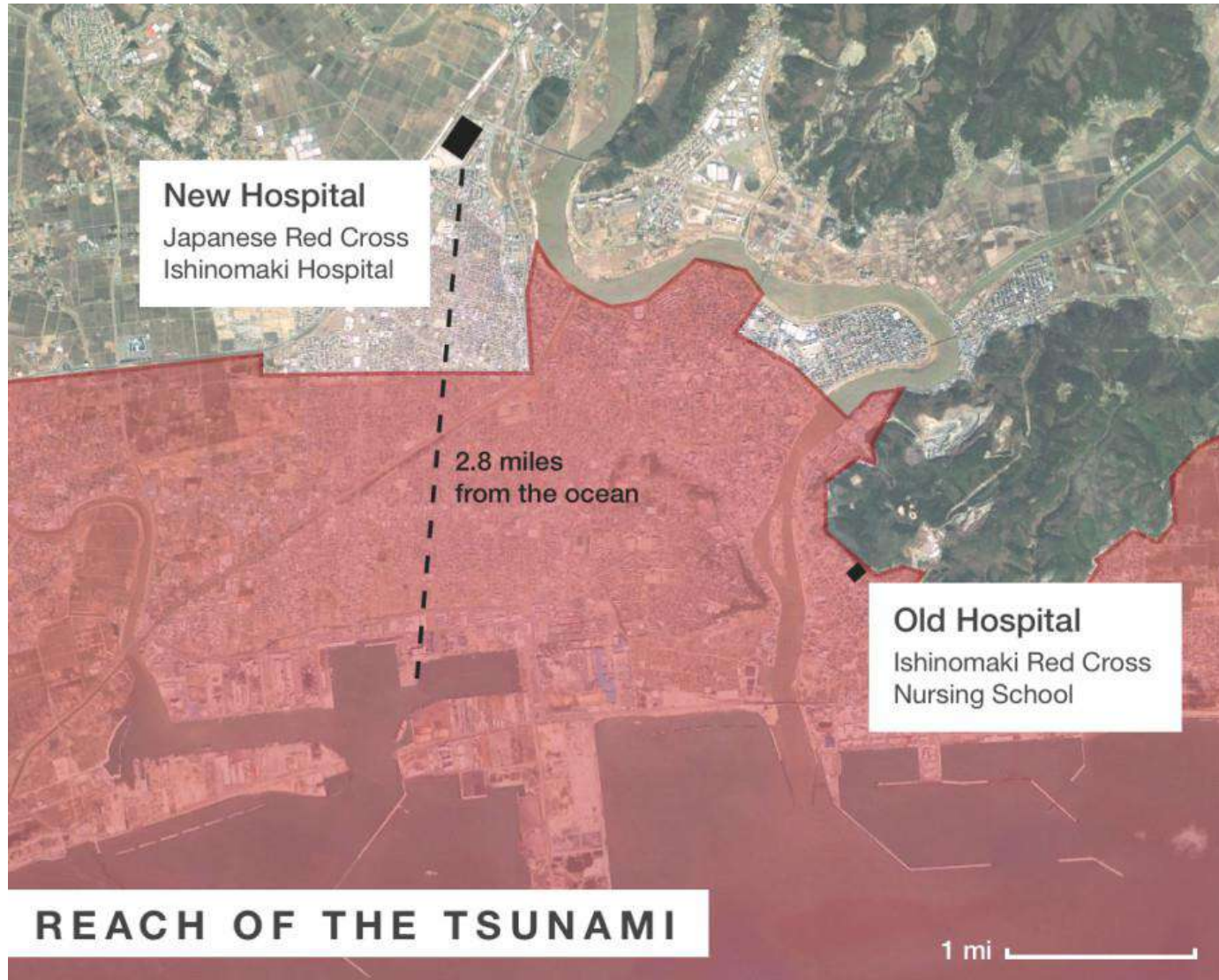
Reducing Earthquake Risk in Hospitals from Equipment, Contents, Architectural Elements and Building Utility Systems, GeoHazards International

**“Estima-se que a inclusão de medidas de mitigação no projeto e construção de um novo hospital represente menos de 4% do investimento inicial total.**

Investir no reforço dos conteúdos e elementos não-estruturais de um hospital protege até 90% do valor de um hospital.” (2008)

O preço que pagamos pela perda dos hospitais quando ocorrem desastres é muito elevada. Em comparação, o custo de tornar os hospitais seguros é mínimo”, Salvano Briceño, UN ISDSR (2008).

**“O hospital mais caro é aquele que falha.”**



## Japão, sismo e tsunami 2011

O tsunami destruiu quase 46% da cidade de Ishinomaki, e cerca de 3000 pessoas morreram nessa área.

O antigo hospital, convertido em escola de enfermagem, foi inundado até o teto do primeiro andar.



Ishinomaki Red Cross Hospital,  
Japão, 11 Março 2011  
Magnitue 9



“Not a single window broke in the Ishinomaki Red Cross Hospital during Japan's Magnitude 9 earthquake on March 11, 2011.”

*Jay Wilson*



# Medidas de auto-protecção em caso de sismo



## O que fazer antes de um tsunami

Possuem um protocolo para evacuação de todo o edifício em caso de tsunami?

Os exercícios/simulacros contemplam o tsunami?

Conhecem as rotas de evacuação que devem seguir?

Essas rotas são seguras, claras e fáceis de seguir? Existem rotas alternativas disponíveis, caso as rotas principais sejam bloqueadas por danos causados por sismos?

# Bibliografia

- Ferreira, M.A. Oliveira, C.S., Mota de Sá, F.; Lopes, M.; Pais, I.(2018). KnowRISK Portfolio of solutions: for the reduction of seismic risk through non-structural elements ([online](#))
- Ferreira, M.A.; Oliveira, C.S.; Lopes, M.; . Musacchio, G.; Rupakhety, R.; Reitano, D.; Pais, I. (2020). Using non-structural mitigation measures to maintain business continuity: a multi-stakeholder engagement strategy. Annals of Geophysics, Vol. 63.
- Ferreira, M.A.; Meroni, F.; Azzaro, R.; Musacchio, G.; Rupakhety, R.; Bessason, B.; Thorvaldsdottir, S.; Lopes, L.; Oliveira, C.S; Solarino, S. (2021). What scientific information on the seismic risk to non-structural elements do people need to know? Part 1: Compiling an inventory on damage to non-structural elements. Annals of Geophysics, 64, 3, SE321, 2021; doi:10.4401/ag-8412
- Ferreira, M.A.; Zapico Blanco, B.; Oliveira, C.S.; Estêvão, J.; Morales-Esteban, A.M.; Romero, E.; Reque-na, M.V.; de Miguel, J.; Sá, L. (2020). “Guia prático escola resiliente aos sismos”. Ferreira, M.A.; Zapico Blanco, B. (coords.), Sevilla, Editorial Universidad de Sevilla. ([online](#))
- Hilti - Earthquake resistant design of installations. MQS Seismic System – v1.1. 2014. ([online](#))
- Perrone, D.; Calvi, P.M.; Nascimbene, R.; Fischer, E.C.; Magli, G. (2019). Seismic performance of non-structural elements during the 2016 Central Italy earthquake. Bull Earthquake Eng (2019) 17:5655–5677. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0361-5>
- <https://www.nvent.com/sites/default/files/acquiadam/assets/B1230B-USEN.pdf>



LISBOA RESILIENTE AOS SISMOS

**CICLO DE CAPACITAÇÃO** } }

Obrigada