

FORUM



CONSELHOS CIENTÍFICOS
DOS LABORATÓRIOS DO ESTADO

25

Outubro de 2021

Auditório do LNEC em Lisboa

SEMINÁRIO

A INVESTIGAÇÃO NOS
LABORATÓRIOS DO ESTADO
E A CONSTRUÇÃO DE UMA
SOCIEDADE SEGURA E
MAIS RESILIENTE

Segurança Estrutural no Projeto de
Infraestruturas e na Avaliação e Reforço do
Património Construído

José Manuel Catarino



REPÚBLICA
PORTUGUESA



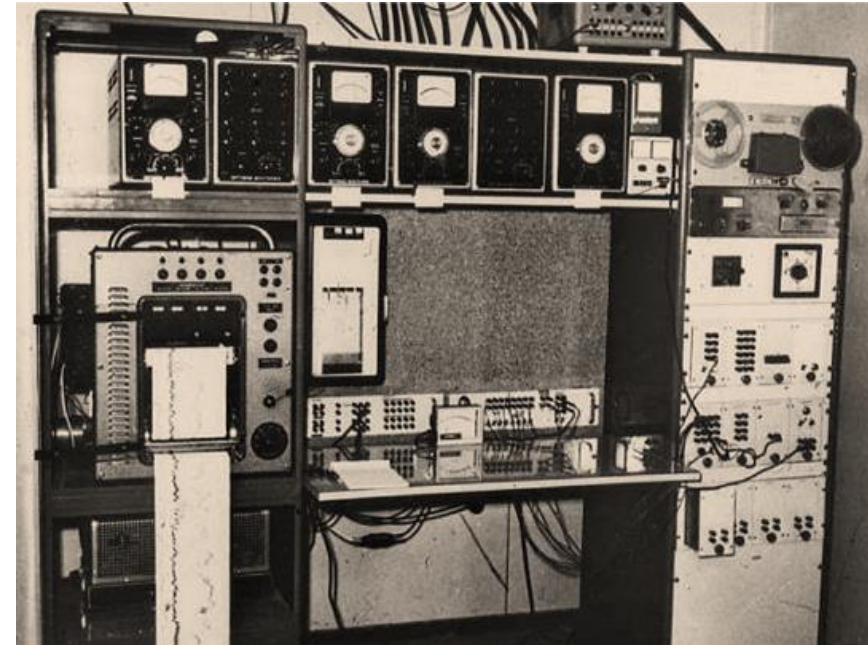
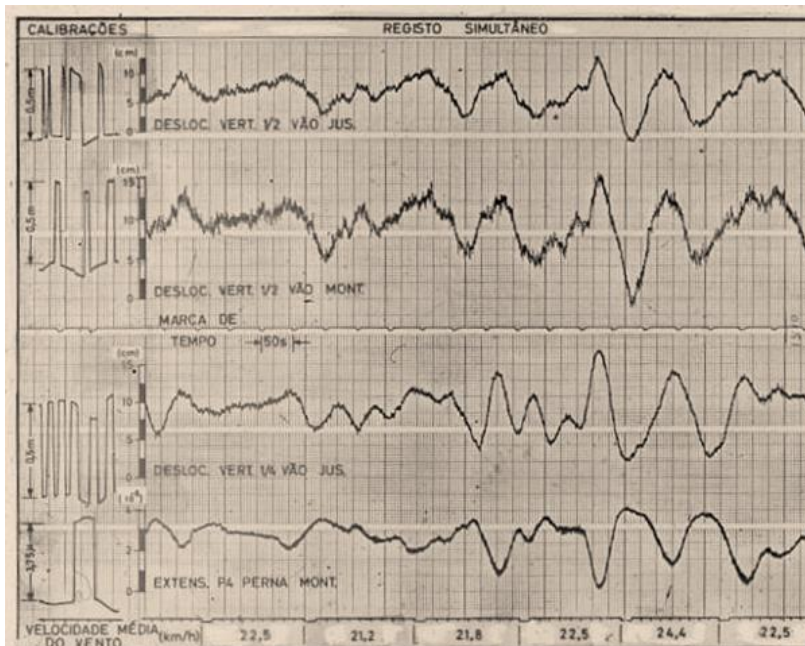
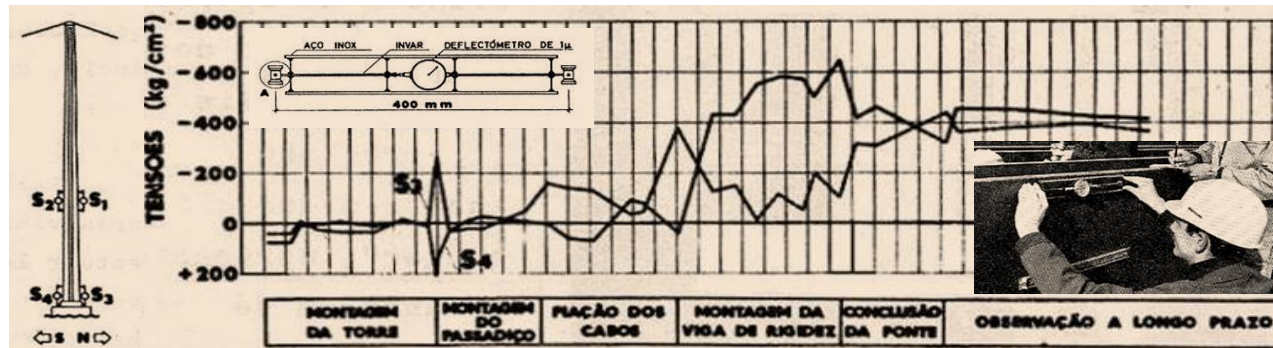
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

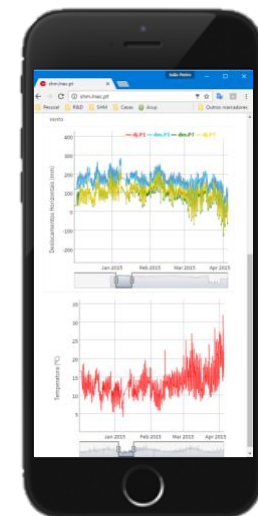
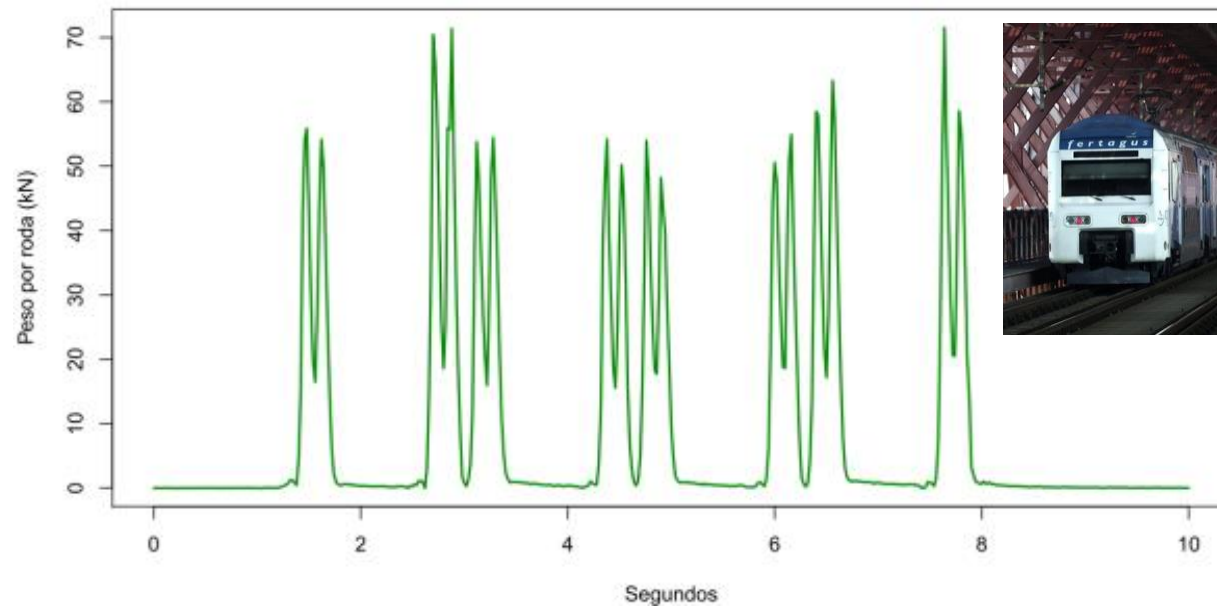
Monitorização de grandes obras pelo LNEC - Ponte 25 de Abril



a monitorização é um requisito para a gestão
e garantia da segurança de infraestruturas

Monitorização de grandes obras pelo LNEC - Ponte 25 de Abril

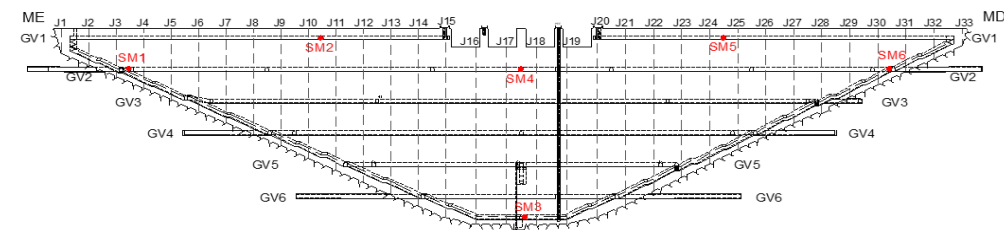




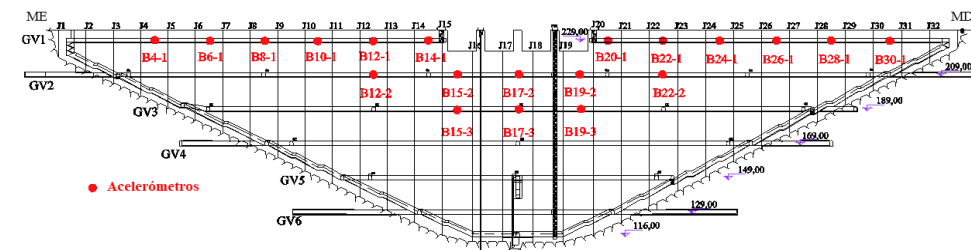
Monitorização de grandes barragens pelo LNEC – Baixo Sabor



sistema de observação sísmica



sistema de monitorização dinâmica

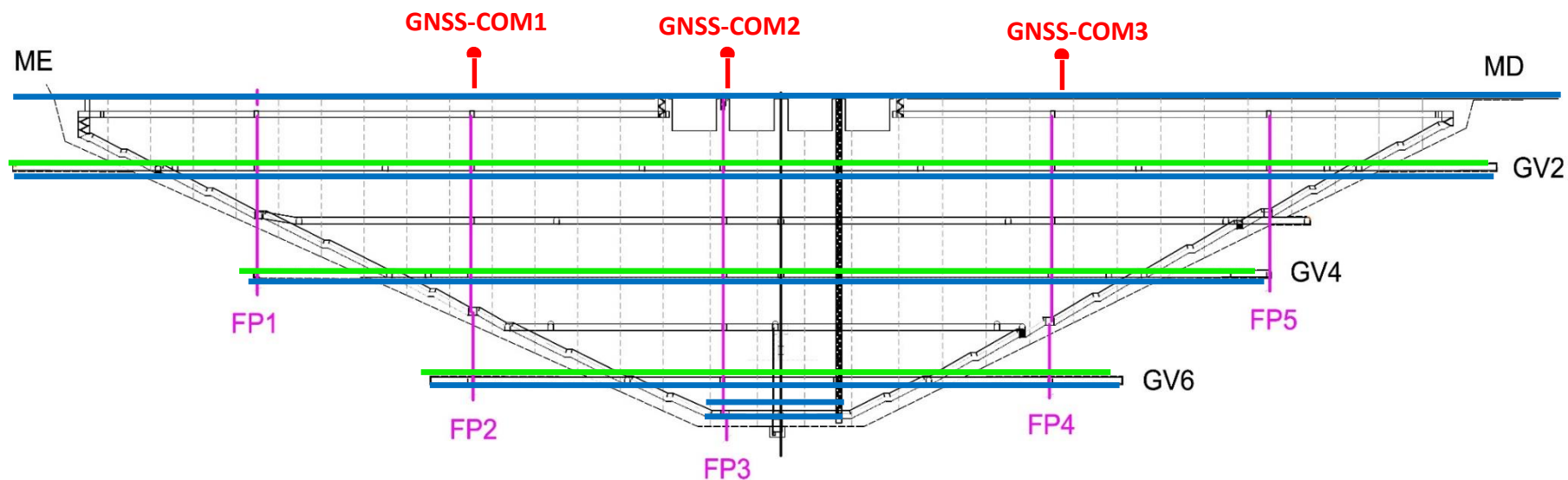


Monitorização de grandes barragens pelo LNEC – Baixo Sabor

monitorização de deslocamentos na superestrutura:
fios de prumo, poligonais, linhas de nivelamento e antenas GNSS

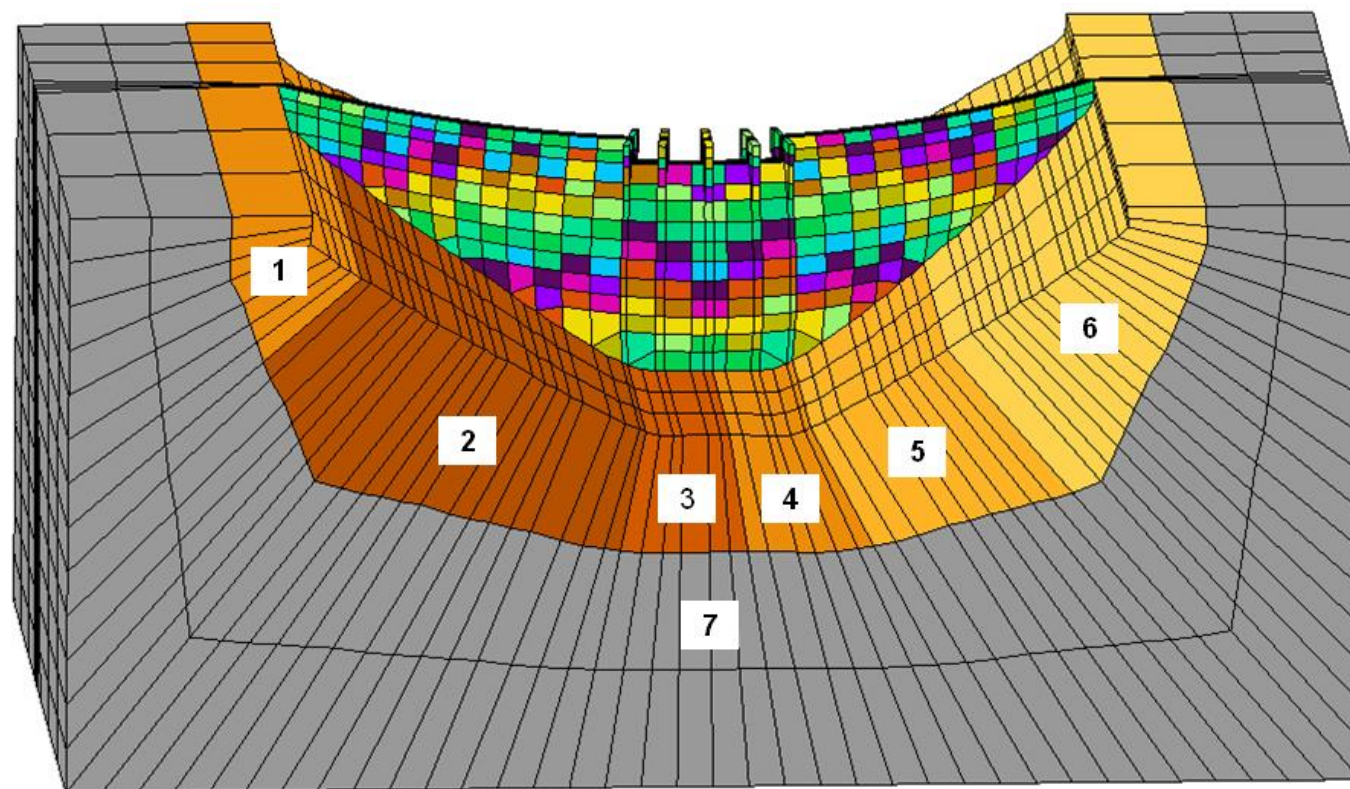


-  3 antenas GNSS
-  3 poligonais
-  6 linhas de nivelamento
-  5 fios de prumo



Monitorização de grandes barragens pelo LNEC – Baixo Sabor

malha de elementos finitos (barragem e maciço rochoso de fundação)



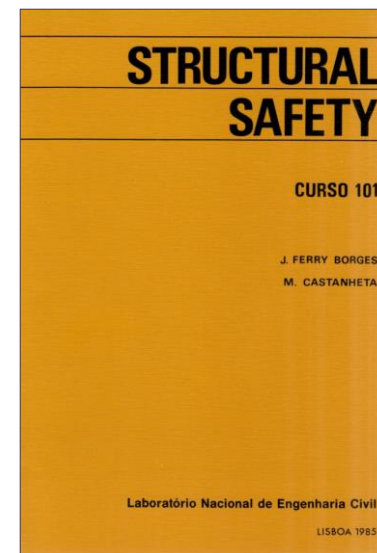
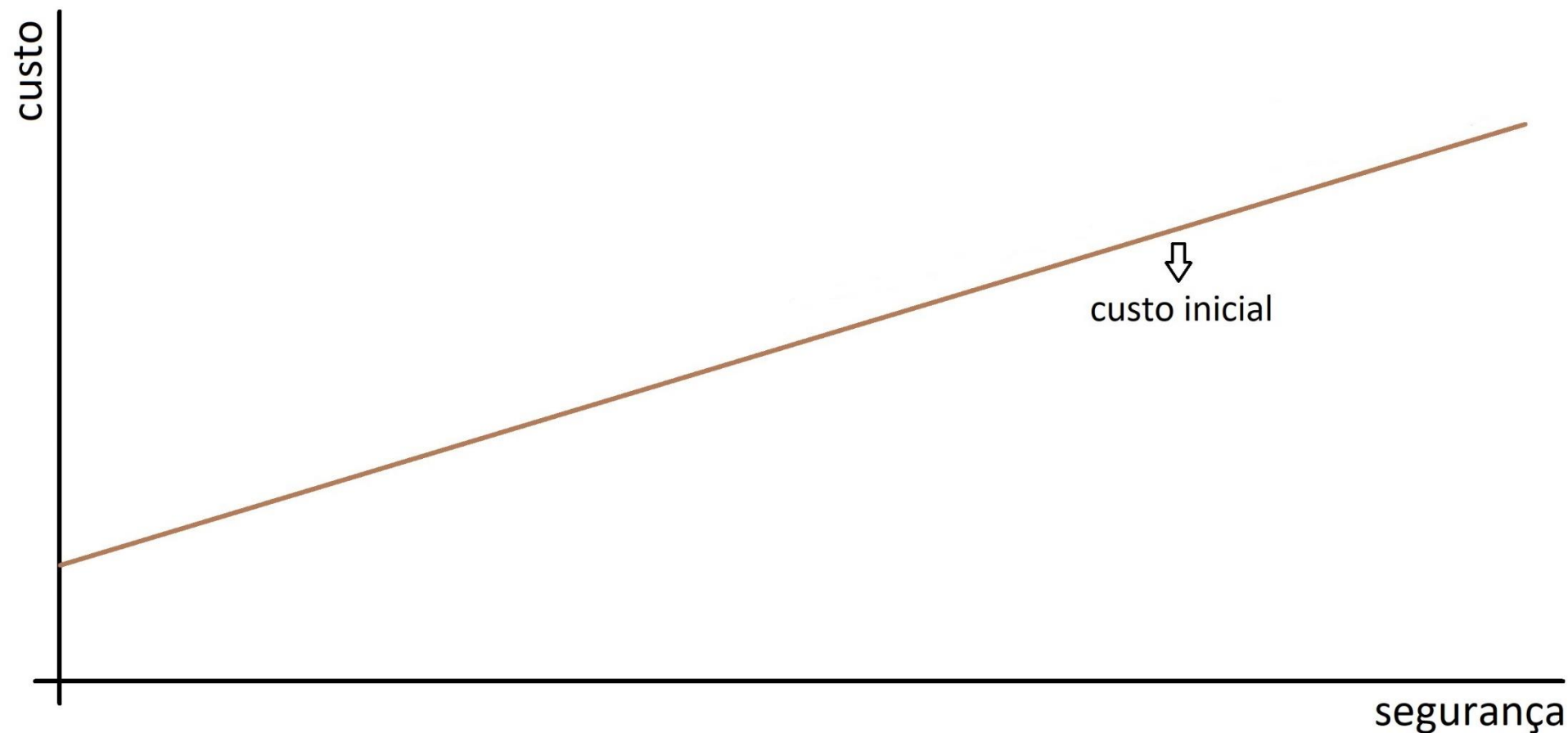
Betão da barragem (mês da colocação)

01-2012	01-2013
02-2012	02-2013
03-2012	03-2013
04-2012	04-2013
05-2011	05-2012
05-2012	05-2013
06-2011	06-2012
06-2012	06-2013
07-2011	07-2012
07-2012	07-2013
08-2011	08-2012
08-2012	08-2013
09-2011	09-2012
09-2012	09-2013
10-2011	10-2012
10-2012	10-2013
11-2011	11-2012
12-2011	12-2012

Deformabilidade da fundação (prospecção geomecânica e tomografia sísmica)

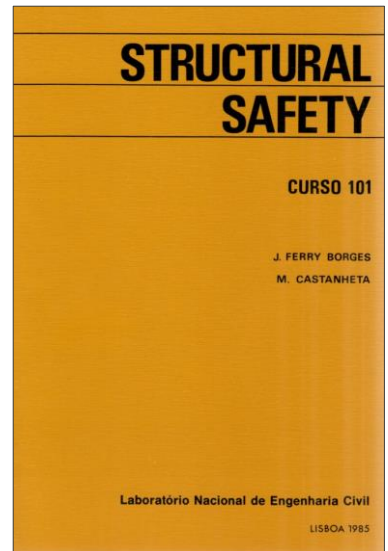
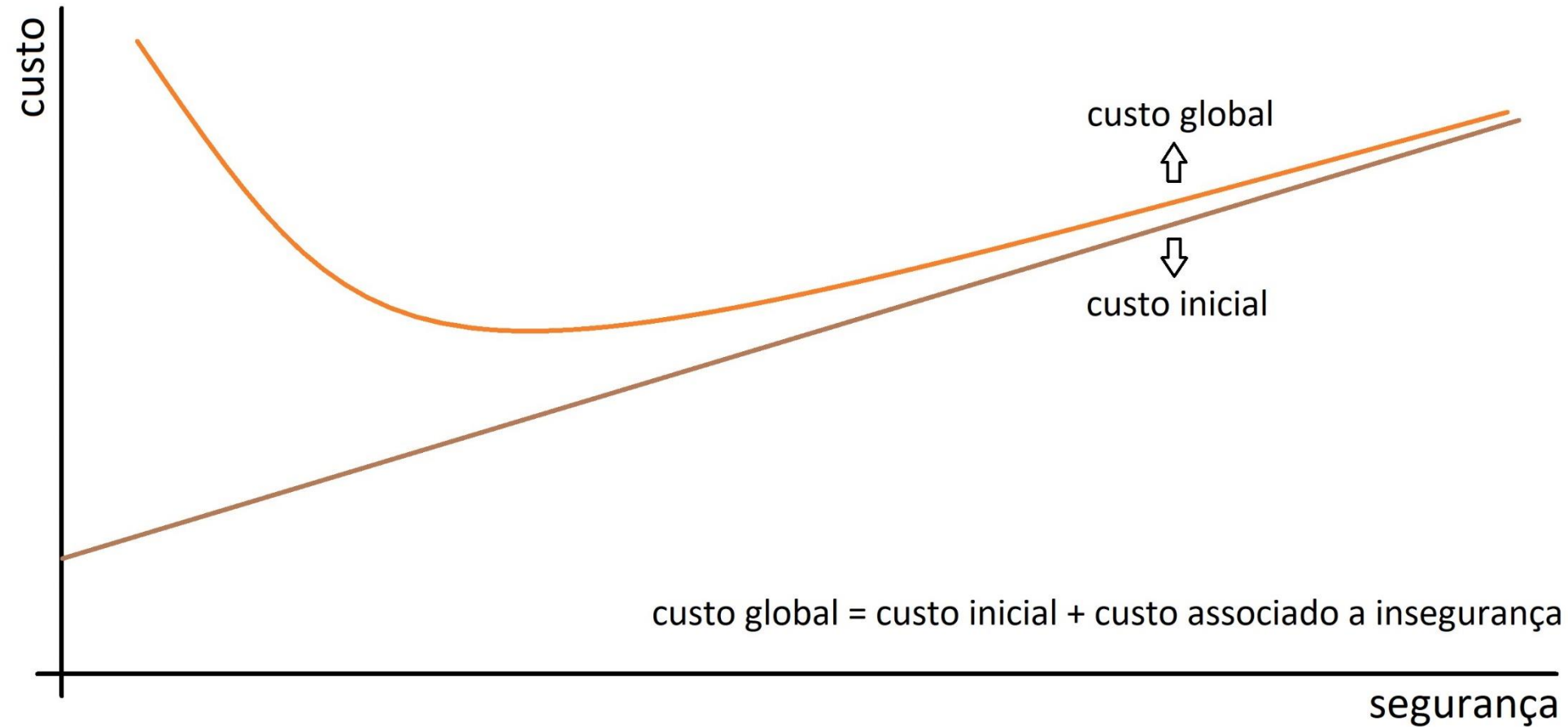
$E_{f1} = 20 \text{ GPa}$	$E_{f5} = 15 \text{ GPa}$
$E_{f2} = 30 \text{ GPa}$	$E_{f6} = 10 \text{ GPa}$
$E_{f3} = 25 \text{ GPa}$	$E_{f7} = 40 \text{ GPa}$
$E_{f4} = 20 \text{ GPa}$	

Segurança estrutural - Ferry Borges

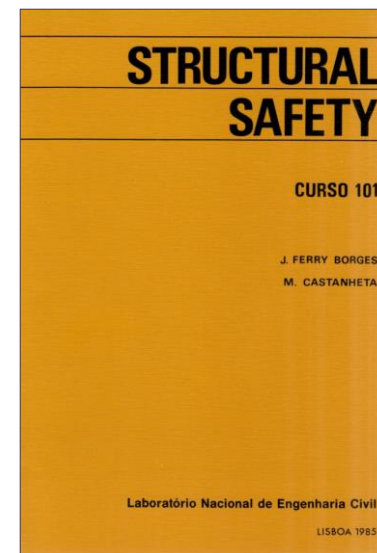
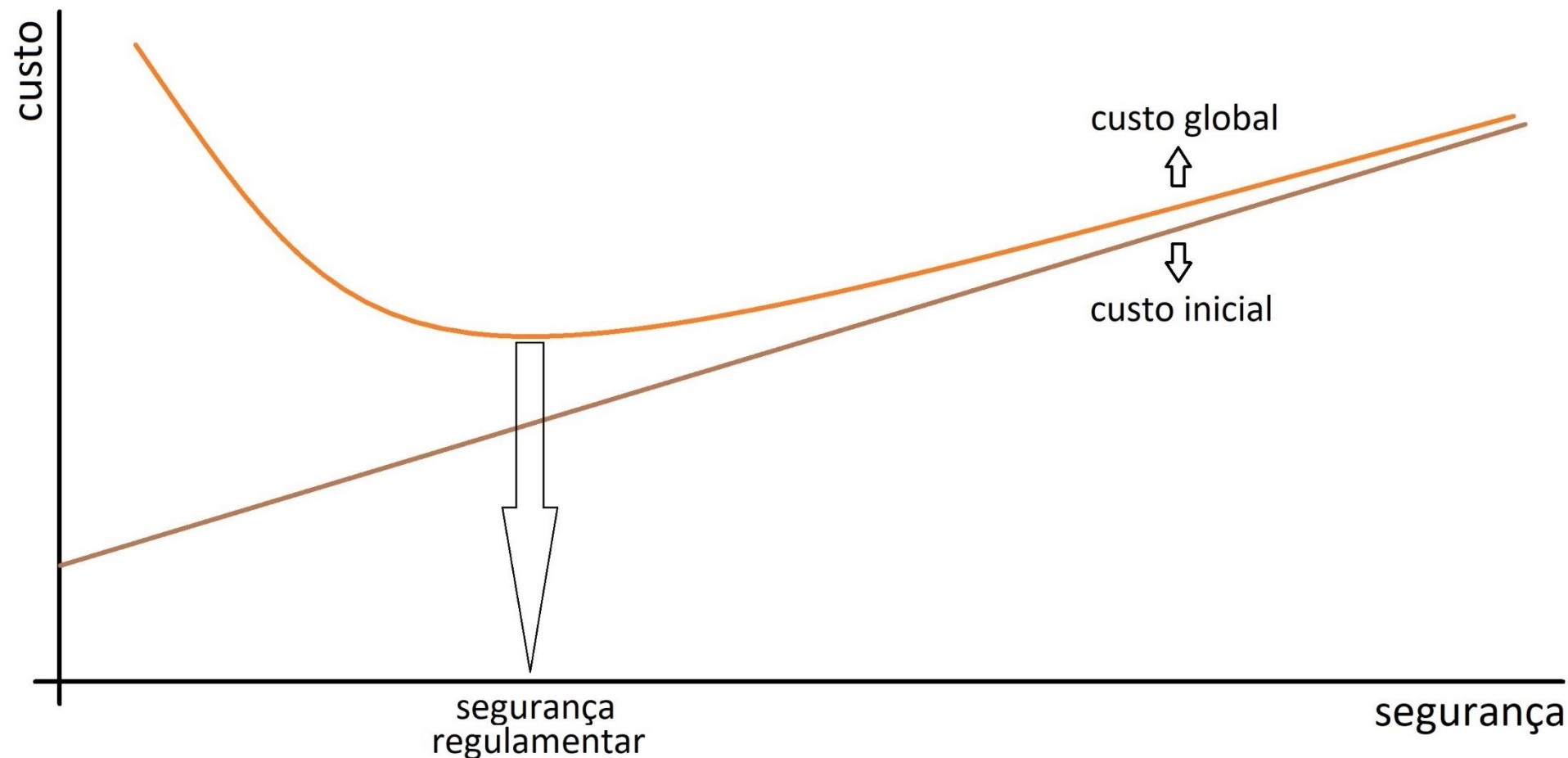


- a experiência da monitorização constitui conhecimento muito relevante para a regulamentação
- Júlio Ferry Borges foi pioneiro na definição do quadro regulamentar de segurança estrutural

Segurança estrutural - Ferry Borges



Segurança estrutural - Ferry Borges



a definição da segurança regulamentar procura a minimização do custo global no ciclo de vida

Verificação da segurança estrutural – obras novas e existentes

a garantia da segurança estrutural consegue-se através de:

- definição de ações, sua majoração e critérios de combinação
- definição de resistências dos materiais e sua minoração
- definição de estados limites últimos e de utilização
- requisitos para os estados limites considerados
- métodos da sua verificação
- comparação dos efeitos das combinações de ações com as resistências correspondentes:

$$E_{d,a} \leq R_{d,a}$$

$E_{d,a}$ - efeito de ações

$R_{d,a}$ - resistência correspondente

design value ($_d$) – para estruturas / elementos novos

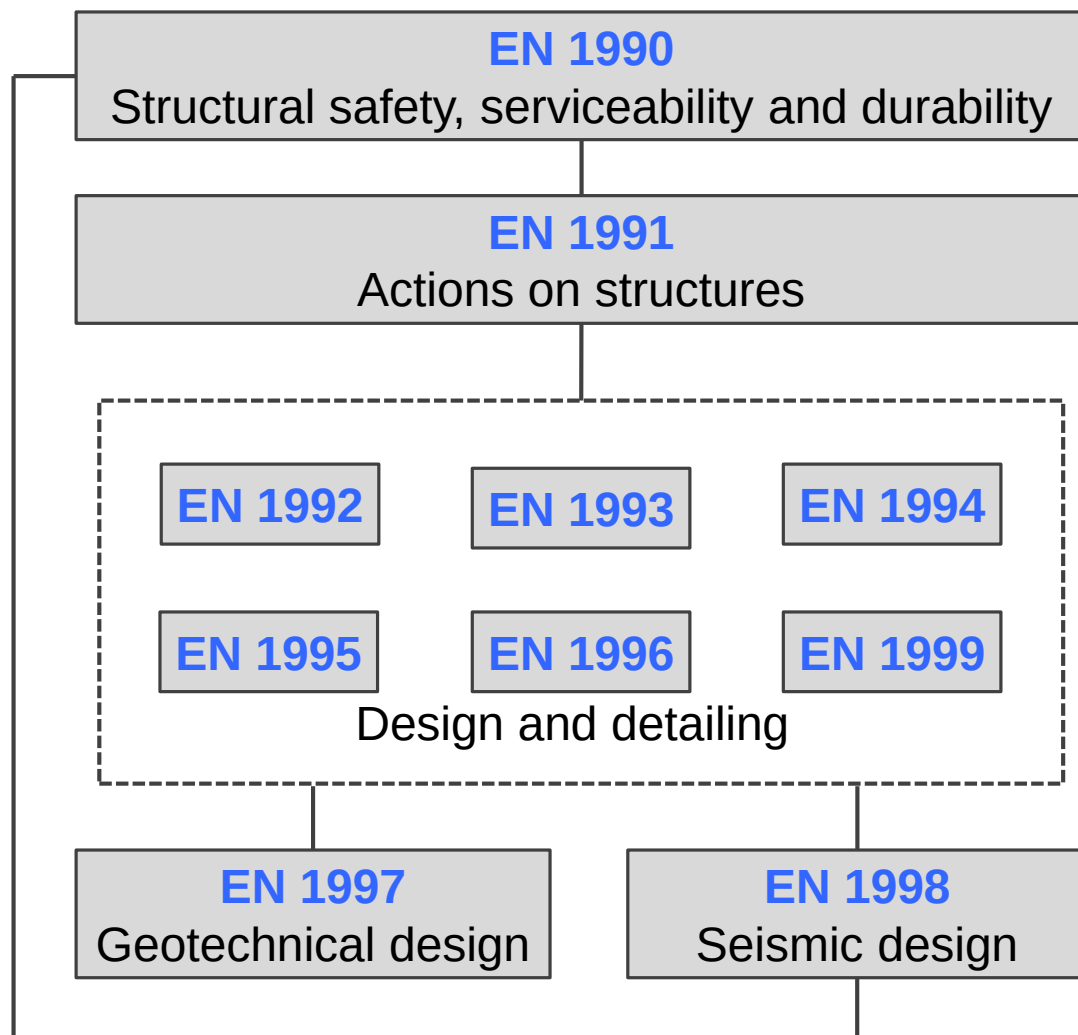
assessment value ($_a$) – para estruturas existentes

Regulamentação e Normalização



o LNEC é organismo de normalização setorial para os eurocódigos estruturais

Eurocódigos estruturais



Norma Portuguesa

NP
EN 1990
2009

Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas

Eurocodes structuraux – Eurocodes – Bases de calcul des structures

Eurocode – Basis of structural design

ICS
91.010.30; 93.010

DESCRIPTORES
Estruturas; materiais de construção; cálculos matemáticos;
eurocódigo; segurança; controlo da vibração; estabilidade;
capacidade de carga; resistência dos materiais; fiabilidade;
ensaios de resistência ao fogo; estruturas resistentes aos sismos;
trabalhos de engenharia civil

CORRESPONDÊNCIA
Versão portuguesa da EN 1990:2002 + AC:2008

HOMOLOGAÇÃO
Termo de Homologação n.º 516/2009, 2009-12-29
A presente Norma resultou da revisão da NP ENV 1991-1:1999
(Ed. 1)

ELABORAÇÃO
CT 115 (LNEC)

EDIÇÃO
Dezembro de 2009

CÓDIGO DE PREÇO
XEC022

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da **Qualidade**

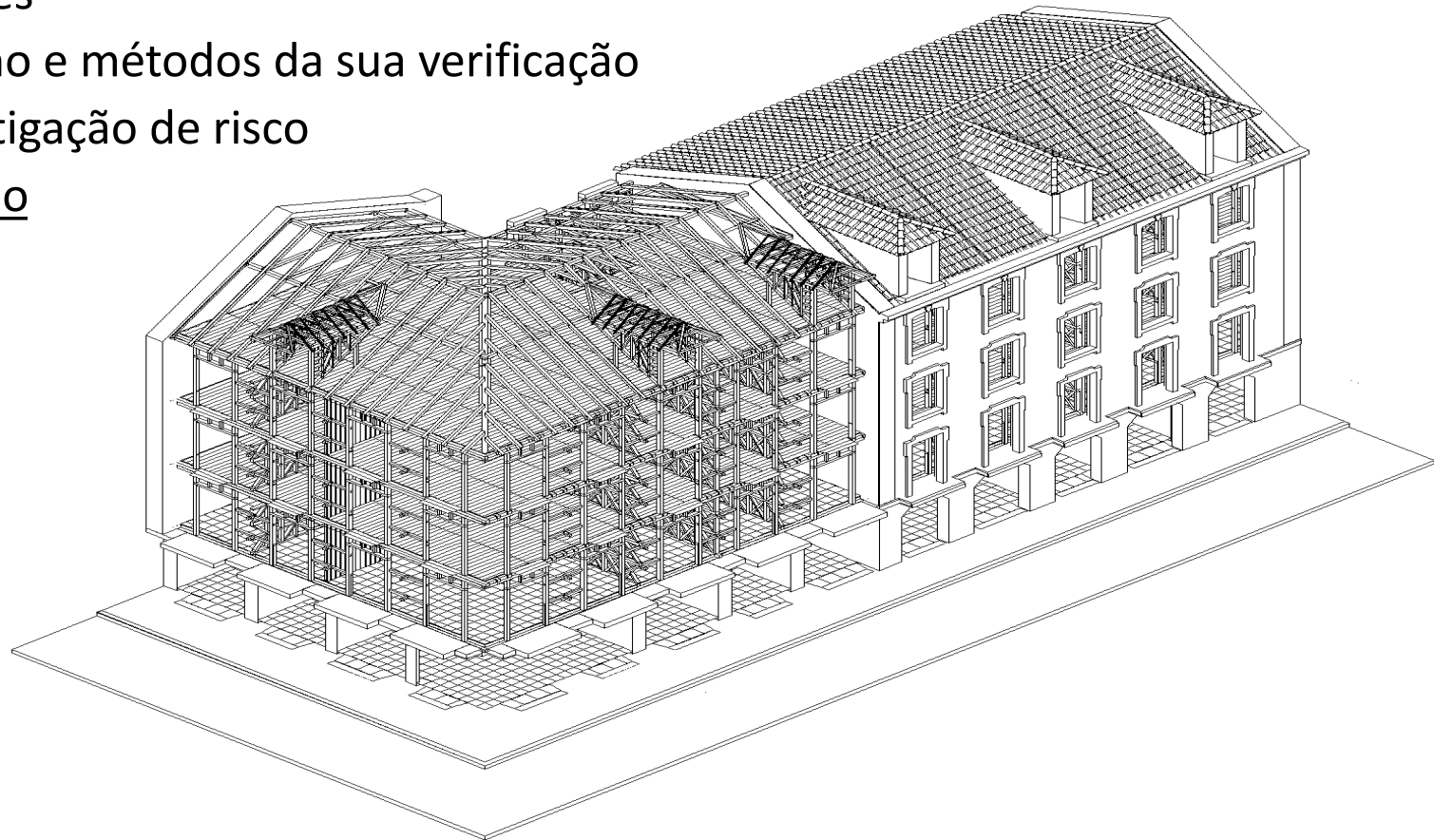
Rua António Gálvez, 2
2820-513 CAPARICA PORTUGAL
Tel. + 351-212 948 100 Fax + 351-212 948 101
E-mail: ipq@ipq.pt Internet: www.ipq.pt

Avaliação da segurança e intervenções no património cultural

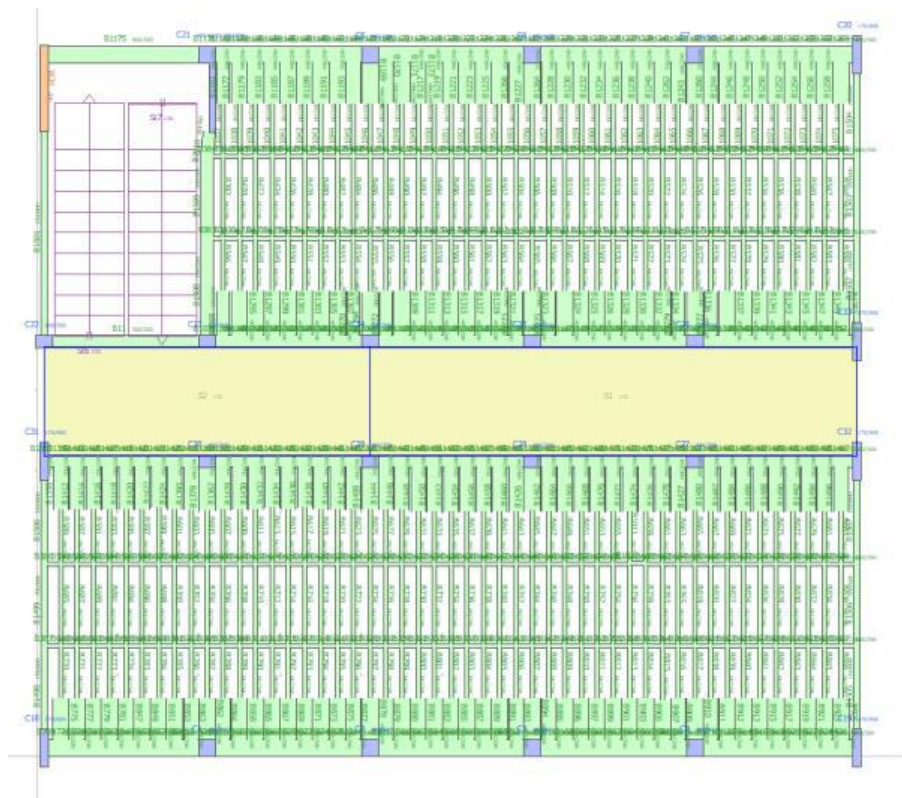
as intervenções de reabilitação requerem compromissos:

- no plano de amostragem para a caracterização do existente
- na quantificação de ações e sua combinação
- na definição de estados limites
- nos requisitos de desempenho e métodos da sua verificação
- na adoção de medidas de mitigação de risco

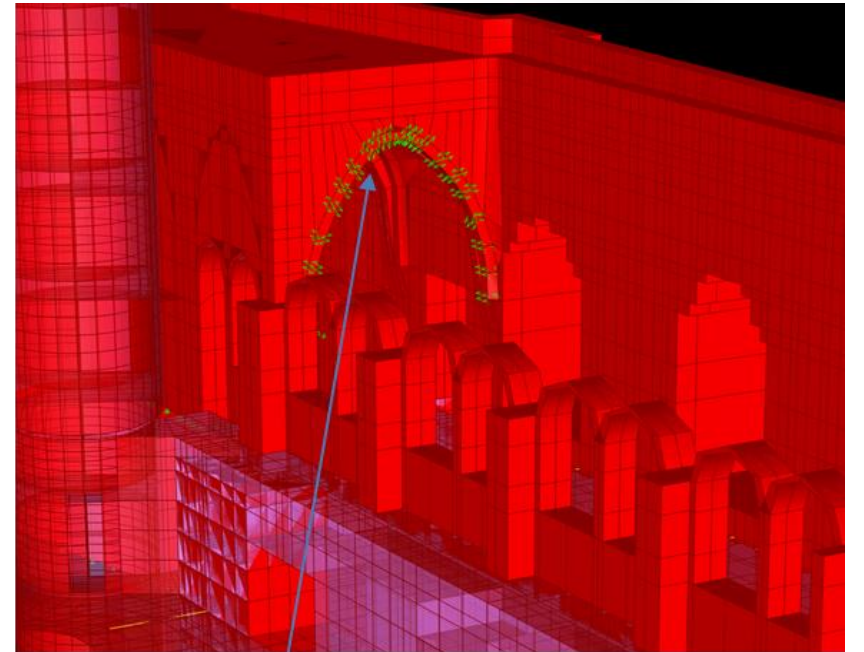
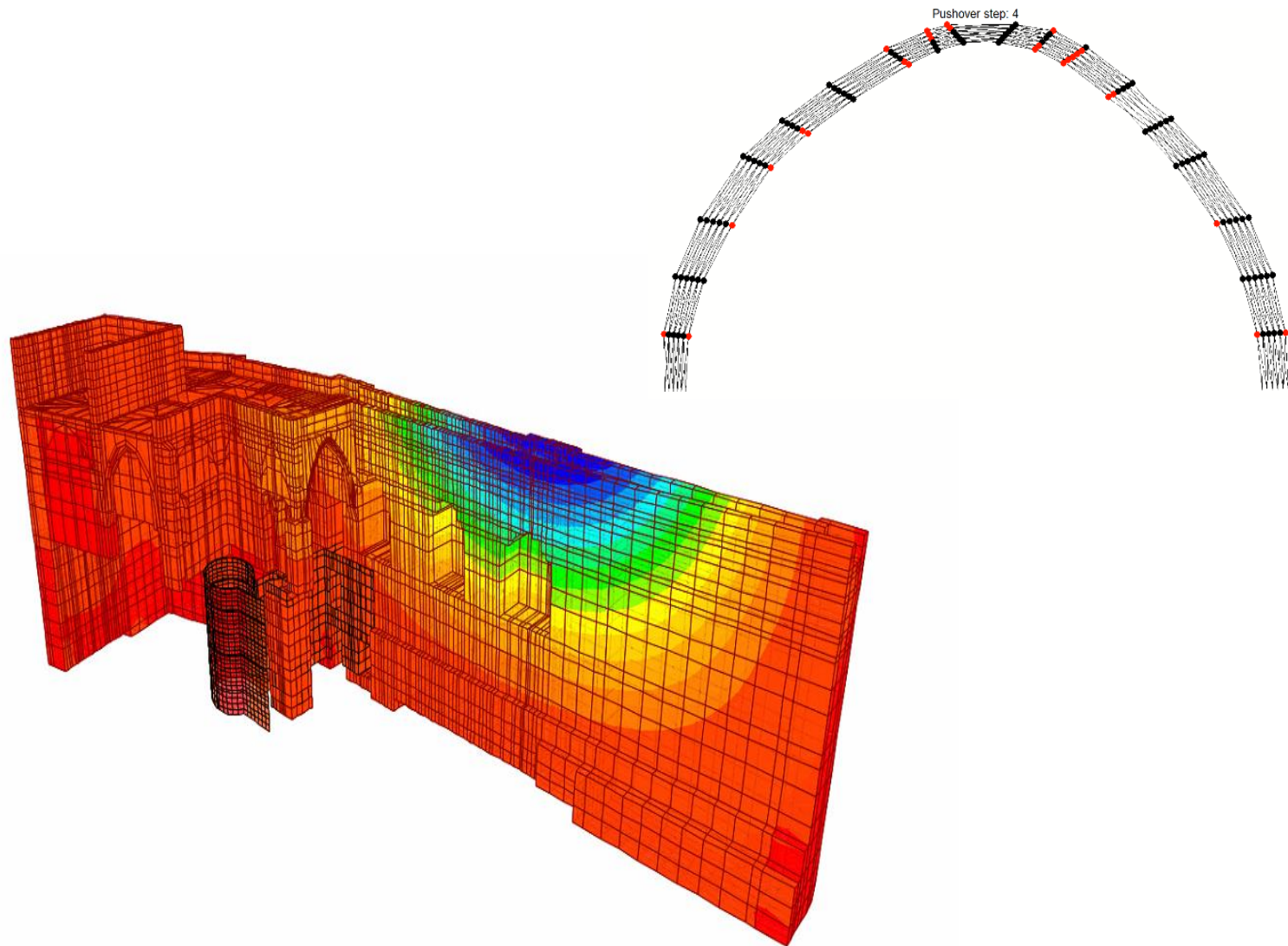
para a preservação do património



Análise da vulnerabilidade do património construído



Análise da vulnerabilidade do património construído



Molas sem resistência à tração
a unir os elementos do arco

Níveis de desempenho estrutural e das ações - VISION 2000 (SEAOC, 1995)

Intervalo de danos
e Índice de danos

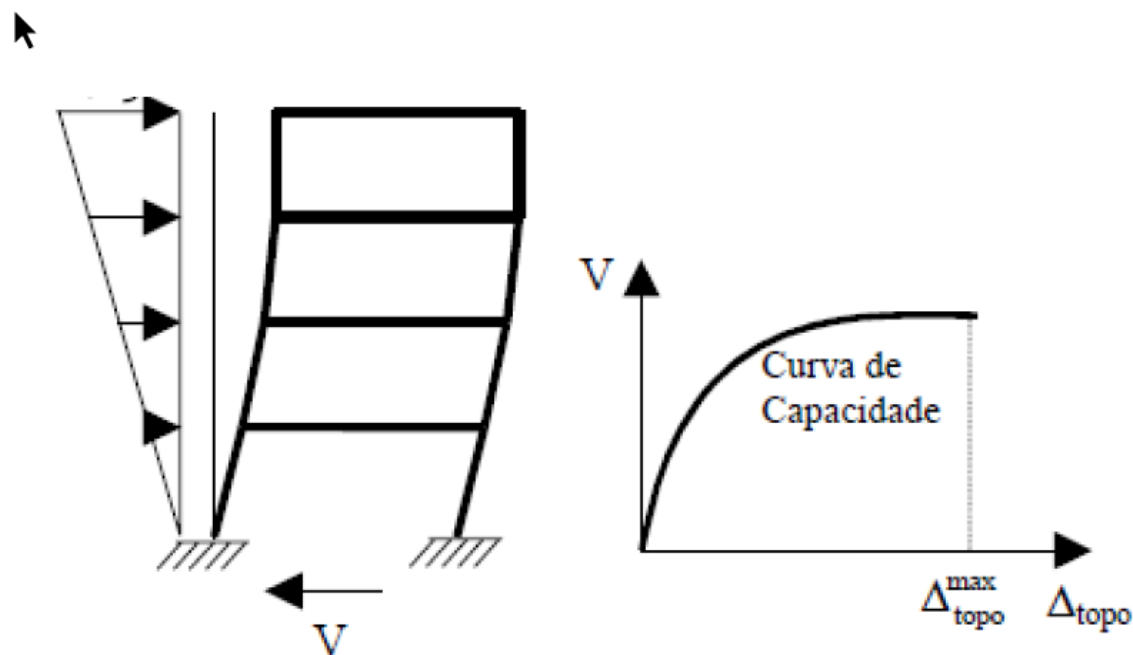
Estado de danos e limites do nível de desempenho

10	Negligenciável	Completamente operacional	Sem danos, sem interrupção de serviço. Serviço sem interrupção, a instalação mantém-se em funcionamento após o sismo. Danos estruturais e não estruturais negligenciáveis.
9			
8	Ligeiro	Operacional	A maioria das operações e funções podem ser reparadas imediatamente. São necessárias reparações para restaurar serviços não essenciais. Danos ligeiros. A estrutura é segura para ocupação imediata após o sismo. As operações essenciais estão protegidas, as não essenciais são interrompidas.
7			
6	Moderado	Salvaguarda de vidas	Danos moderados. Componentes não estruturais podem não estar operacionais porém encontram-se seguros. A segurança dos ocupantes está de um modo geral protegida. As estruturas encontram-se danificadas mas permanecem estáveis. Não existe perigo da estrutura ruir.
5			
4	Severo	Próximo do colapso	Não há colapso estrutural. Os elementos não estruturais podem ruir. Danos severos nos elementos estruturais sem terem colapsado. Os elementos não estruturais caem.
3			
2	Completo	Colapso	Sistema estrutural primário colapsa. Colapso estrutural completo.
1			

Intensidade da ação sísmica	Período de retorno	Probabilidade de excedência
Frequente	43 anos	50% em 30 anos
Ocasional	72 anos	50% em 50 anos
Raro	475 anos	10% em 50 anos ¹
Muito raro	975 anos ^{1,2}	5% em 50 anos ²
Máxima considerada	2475 anos	2% em 50 anos

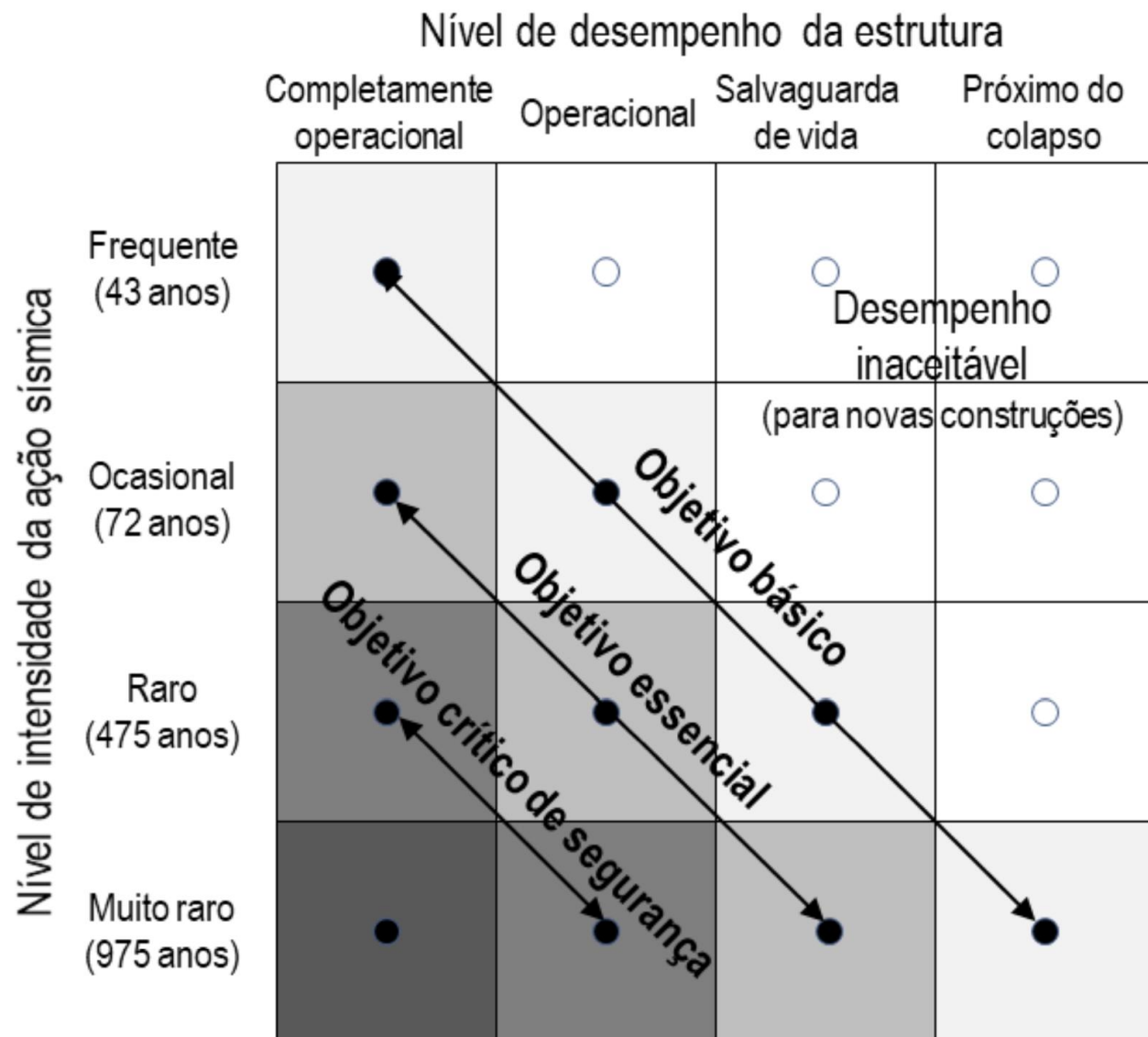
SEAOC, 1995 - Performance based seismic engineering of buildings - Structural Engineers Association of California, Vision 2000 Committee

Curva de capacidade de uma estrutura - *análise pushover*



- Considera o comportamento não-linear da estrutura;
- Permite a avaliação do desempenho sísmico para diferentes estados limites;
- Permite identificar sequencialmente os danos até ao colapso dos elementos, assim como a capacidade global da estrutura;
- Relaciona a resposta global da estrutura com uma estrutura equivalente de 1 grau de liberdade

Matriz de desempenho





Principais contributos do LNEC para a segurança estrutural

- investigação aplicada e formação
- regulamentação e normalização para estruturas novas e existentes
- monitorização de estruturas
- avaliação da vulnerabilidade de estruturas existentes
- apoio à decisão na gestão de estruturas / infraestruturas sobre o tipo e planeamento das intervenções de reabilitação para:
 - autoridades / entidades públicas e concessionárias
 - administração local
 - entidades privadas
 - cooperação com os PALOP

FORUM



CONSELHOS CIENTÍFICOS
DOS LABORATÓRIOS DO ESTADO

25

Outubro de 2021

Auditório do LNEC em Lisboa

SEMINÁRIO

A INVESTIGAÇÃO NOS
LABORATÓRIOS DO ESTADO
E A CONSTRUÇÃO DE UMA
SOCIEDADE SEGURA E
MAIS RESILIENTE

Obrigado!

José Manuel Catarino

jmcatarino@lnec.pt



REPÚBLICA
PORTUGUESA



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL