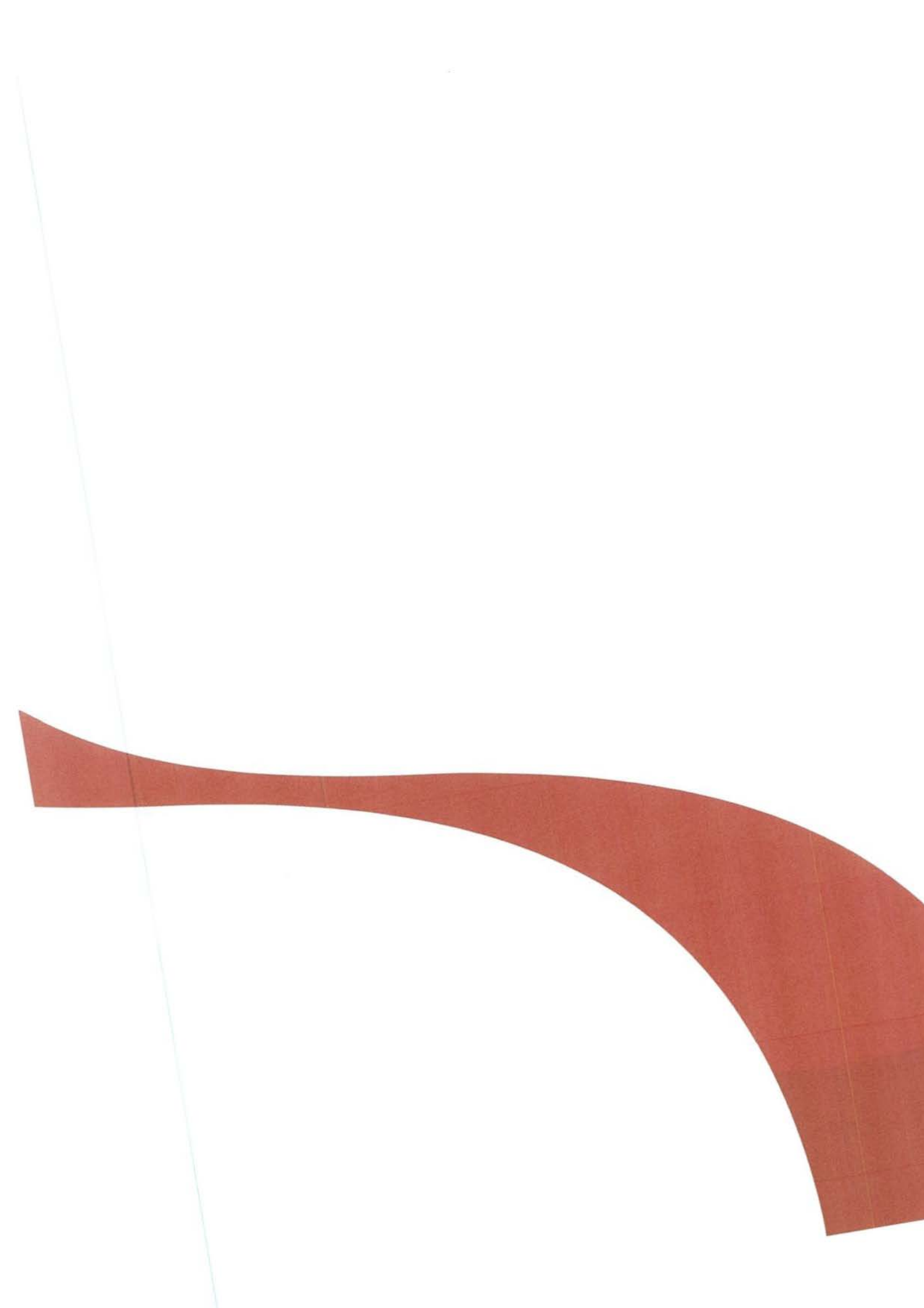


Re.Sist



RESILIÊNCIA SÍSMICA

RELATÓRIO
DE AVALIAÇÃO DE
VULNERABILIDADE SÍSMICA



FICHA TÉCNICA

Programa ReSist

Vetor – Regulamentação e Fiscalização

Ação RF10 – Relatório de Avaliação de Vulnerabilidade Sísmica

Coordenadora da Equipa de Projeto ReSist	Cláudia Pinto
Equipa de Projeto <i>ReSist</i> (EPR)	Carla Pousada Carlos Sousa Ferreira Maria Antónia Santos Maria Margarida Felgueiras Mónica Amaral Ferreira Paula Pacheco
Equipa de Projeto para a Inovação Organizacional do Urbanismo (EPIOU)	Graciete Nunes Glória do Espírito Santo
Direção Municipal de Urbanismo (DMU/DAGU/DF)	Hugo Deodato Maria João Pinto Miriam Ferreira
Direção Municipal de Habitação e Desenvolvimento Local (DMHDL/DPGH/DIMH)	Luísa Ribeiro Carlos Sousa Oliveira
Instituto Superior Técnico (IST)	Mário Lopes Rita Bento Rui Carrilho Gomes
Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)	António Araújo Correia Filipe Ribeiro
NCREP	Alexandre Costa
Ordem dos Engenheiros (OE)	Humberto Varum Eduardo Cansado Carvalho
Ordem dos Engenheiros Técnicos (OET)	Carlos Rente
Nova School of Science and Technology – FCT Nova	Fernando Pinho
Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES)	João Azevedo
Sociedade Portuguesa de Geotecnia (SPG)	Alexandre Pinto

Lisboa, janeiro 2023

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA

ÍNDICE

FICHA TÉCNICA	3
ÍNDICE.....	4
PREÂMBULO	5
ENQUADRAMENTO	5
FASE DE ENTREGA DO RAVS.....	7
ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA	8
▪ INTRODUÇÃO.....	8
▪ PARTE I – CARACTERIZAÇÃO, INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DA CONSTRUÇÃO EXISTENTE	8
I.1. Levantamento e análise da informação existente	8
I.2. Caracterização geométrica da estrutura.....	8
I.3. Caracterização mecânica dos materiais e dos elementos estruturais	8
I.4. Caracterização das anomalias estruturais.....	9
I.5. Tipo de terreno.....	9
▪ PARTE II – AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO	9
II.1. Avaliação da vulnerabilidade sísmica – NP EN 1998-3:2017.....	10
II.1.1. Definições de base para a avaliação.....	10
II.1.2. Avaliação da segurança estrutural	10
II.2. Avaliação da vulnerabilidade sísmica – Métodos de Análise Expedita	11
II.2.1. Aplicabilidade dos métodos expeditos	11
II.2.2. Avaliação da segurança estrutural	11
▪ PARTE III – CONCLUSÕES	12
FLUXO PROCEDIMENTAL	13

PREÂMBULO

O presente documento foi desenvolvido no âmbito do Programa **ReSist** – *Programa municipal de promoção da resiliência sísmica do parque edificado, privado e municipal e infraestruturas urbanas municipais*, designadamente no vetor Regulamentação e Fiscalização, ação RF10. Esta ação tem como objetivo a definição da estrutura e fase de entrega do Relatório de Avaliação de Vulnerabilidade Sísmica, doravante designado por RAVS, proposto na Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro.

Para o efeito foi constituído um grupo de trabalho coordenado pela Equipa de Projeto *ReSist* da Câmara Municipal de Lisboa e composto pelas entidades constantes da Ficha Técnica, que integram o Conselho Técnico-Científico.

Para a elaboração do presente documento foram realizadas reuniões de trabalho nas instalações da Câmara Municipal de Lisboa, nas quais foram discutidos os conteúdos e estrutura do RAVS, que de seguida se apresentam, designadamente:

- 24 de maio de 2022 – estabelecimento da estrutura base do relatório;
- 22 de julho de 2022 – discussão dos vários contributos propostos pelos membros do grupo de trabalho e apresentação de uma proposta para o fluxograma;
- 22 de setembro de 2022 – finalização da redação final da estrutura do relatório e do fluxograma do RAVS.

ENQUADRAMENTO

A elaboração do RAVS tem por base o enquadramento regulamentar em vigor:

- **Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho** – Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas
- **Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro** – Define os termos em que as obras estão sujeitas à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica e as situações em que é exigível a elaboração de projeto de reforço sísmico
- **NP EN 1998-3: 2017** – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 3: Avaliação e reabilitação de edifícios, ou, se aplicáveis, os métodos de avaliação e análise expedita publicados pelo LNEC.

Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro

De acordo com o artigo 1.º da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, o RAVS deve ser realizado em todas as obras de ampliação, alteração ou reconstrução de edifícios, sempre que se aplique uma das seguintes condições:

- a) *Existência de sinais evidentes de degradação da estrutura do edifício;*
- b) *Procedam ou tenham por efeito uma alteração do comportamento estrutural do edifício;*
- c) *Cuja área intervencionada, incluindo demolições e ampliações, exceda os 25 % da área bruta de construção do edifício;*
- d) *Cujo custo de construção exceda em pelo menos 25 % do custo de construção nova de edifício equivalente.”*

O RAVS é ainda obrigatório no caso de edifícios das classes de importância III ou IV, sempre que se verifique algumas das situações previstas nas alíneas anteriores, com redução para 15% dos limites estabelecidos nas alíneas c) e d).

De acordo com o ponto 3 do art.º 1.º da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, quando o RAVS concluir que o edifício não satisfaz as exigências de segurança relativas a 90% da ação sísmica definida na NP EN 1998-3:2017 é obrigatória a elaboração de projeto de reforço sísmico, ao abrigo da mesma norma.

Classes de importância dos edifícios

O critério da classe de importância categoriza os edifícios de acordo com a sua relevância tendo em conta as consequências do colapso em termos de vidas humanas, da importância para a segurança pública e para a proteção civil em situações de socorro e emergência após um sismo.

Quadro 1 – Classes de importância dos edifícios (NP EN 1998-1:2010)

Classe de importância	Edifícios
I	Edifícios de importância menor para a segurança pública, como por exemplo edifícios agrícolas, etc.
II	Edifícios correntes não pertencentes às restantes categorias
III	Edifícios cuja resistência sísmica é importante atendendo às potenciais consequências associadas ao seu colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais, etc.
IV	Edifícios cuja integridade em caso de sismo é de importância vital para a proteção civil, como por exemplo hospitais, quartéis de bombeiros, centrais elétricas, etc.

A NP EN 1998-3:2017 propõe avaliações por metodologias mais sofisticadas, variando a sua complexidade em função dessa relevância. Os métodos mais sofisticados podem também ser realizados para avaliar edifícios de classes de importância inferiores caso se pretenda uma avaliação mais precisa e detalhada.

Os métodos de avaliação e análise expedita da vulnerabilidade sísmica dos edifícios, função da sua classe de importância, são definidos pelo LNEC, conforme ponto 4 do artigo 1.º da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro.

No link abaixo encontram-se disponíveis os documentos elaborados pelo LNEC para este efeito:

<http://www.lnec.pt/pt/servicos/ferramentas/avaliacao-da-vulnerabilidade-br-de-estruturas/>

FASE DE ENTREGA DO RAVS

O RAVS é entregue com o Projeto de Arquitetura, de forma a garantir que as condições de segurança estrutural são acauteladas na fase inicial de uma operação urbanística (enquadrada no âmbito da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro).

O RAVS tem de ser subscrito por técnico com habilitação legal para assinatura de Projeto de Estabilidade.

Apresenta-se de seguida a estrutura do RAVS, proposta no âmbito deste grupo de trabalho, e o fluxo procedimental deste processo.

ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE SÍSMICA

▪ INTRODUÇÃO

O RAVS deve ser organizado de forma a apresentar a caracterização estrutural do edifício, documentar a avaliação de segurança estrutural realizada e concluir, nos termos da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, quanto à verificação ou não da capacidade resistente sísmica do edifício.

Nos pontos seguintes define-se, em termos gerais, o conteúdo recomendado para as várias partes que constituem um Relatório de Avaliação de Vulnerabilidade Sísmica.

▪ PARTE I – CARACTERIZAÇÃO, INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DA CONSTRUÇÃO EXISTENTE

NOTA: Para a caracterização da estrutura do edifício existente recomenda-se a consulta da NP EN 1998-3:2017: secção 3 (Quadro 3.1), e a informação complementar fornecida no Anexo A (Estruturas de Betão Armado), Anexo B (Estruturas Metálicas e Mistas), Anexo C (Estruturas de Alvenaria) e no Anexo Nacional.

I.1. Levantamento e análise da informação existente

Análise do projeto original e de todas as intervenções estruturais realizadas ao longo da vida do edifício, com descrição dos materiais com função estrutural utilizados. Identificação de situações externas que possam ter penalizado o desempenho estrutural do edifício. A não disponibilidade/existência desta informação implica uma maior ênfase na caracterização da geometria, disposições construtivas e materiais e, no caso de ser necessário o reforço, uma maior prudência na consideração da estrutura existente na conceção da solução de reforço.

I.2. Caracterização geométrica da estrutura

Análise do edifício existente com a identificação de irregularidades em planta, em altura e da possível interação com edifícios adjacentes. Deve ser realizada a caracterização do edifício existente (geometria e funcionamento do sistema estrutural) com avaliações in situ. A informação poderá ser complementada com imagens atualizadas do edifício.

I.3. Caracterização mecânica dos materiais e dos elementos estruturais

Recolha e apresentação dos resultados de estudos e ensaios de caracterização dos materiais, dos elementos estruturais e do sistema estrutural, incluindo elementos de fundação,

considerados necessários e suficientes para suportar as opções da avaliação da vulnerabilidade sísmica. Inspeção e caracterização das disposições construtivas, nomeadamente das zonas críticas.

Nota: A identificação das propriedades dinâmicas do edifício é um método útil e não intrusivo de caracterização mecânica da estrutura, nomeadamente da sua rigidez, tendo particular relevância para os edifícios de alvenaria

1.4. Caracterização das anomalias estruturais

Descrição e interpretação de todas as patologias existentes relevantes para o comportamento sísmico.

Nesta interpretação poderão/deverão ser tidas em conta eventuais situações externas ao edifício que o possam ter afetado negativamente (como por exemplo roturas de condutas enterradas, escavações vizinhas, intervenções no subsolo, na via pública, entre outras).

1.5. Tipo de terreno

Recolha de informação, incluindo eventual realização de ensaios, conducente à definição do tipo de terreno, conforme a NP EN 1998-1:2010, tendo em vista a definição da ação sísmica.

▪ PARTE II – AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO

A avaliação incide sobre a estrutura existente, mas incluindo eventuais alterações previstas no projeto de arquitetura.

Se, à partida, for estabelecida pelo projetista de Estabilidade a necessidade de reforço sísmico, o RAVS deve incluir explicitamente essa indicação nesta parte do documento. Nesse caso, embora não incluindo a avaliação de segurança sísmica, deve aqui incluir os pressupostos-base do projeto de reforço sísmico (quantificação da ação, classe de importância, nível de conhecimento, etc.).

Os passos a apresentar no relatório para a avaliação da vulnerabilidade sísmica são definidos no ponto II.1 segundo a NP EN 1998-3:2017 e em II.2 segundo os métodos de avaliação e análise expedita desenvolvidos pelo LNEC, e disponíveis no link indicado anteriormente, incluindo:

- Avaliação da segurança sísmica de edifícios existentes em betão armado – Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas (RPEE) Série III, nº10, julho de 2019, pp. 115-128;

- Métodos expeditos para avaliação sísmica de edifícios de alvenaria com pavimentos rígidos – RPEE Série III, nº14, novembro de 2020, pp. 111-128;
- Métodos expeditos para avaliação sísmica de edifícios de alvenaria com pavimentos flexíveis – RPEE Série III, nº16, julho de 2021, pp. 99-112.

II.1. Avaliação da vulnerabilidade sísmica – NP EN 1998-3:2017

II.1.1. Definições de base para a avaliação

Deve ser descrita a:

- Quantificação das ações permanentes e variáveis (gravíticas, sísmicas);
- Identificação da classe de importância e estados limite considerados na avaliação do comportamento sísmico;
- Características dos materiais e dos elementos estruturais adotados na avaliação;
- Identificação do nível de conhecimento considerado para a estrutura do edifício, com base nos conceitos da NP EN 1998-3:2017.

II.1.2. Avaliação da segurança estrutural

Deve ser apresentada a avaliação da segurança estrutural realizada, de acordo com o preconizado na NP EN 1998-3:2017, incluindo nomeadamente:

- Definição dos modelos de cálculo e verificações realizadas segundo a NP EN 1998-3:2017;
- Realização da análise: pode ser realizada uma análise não linear ou, quando aplicável segundo a NP EN 1998-3:2017, uma análise linear ou uma abordagem por coeficiente de comportamento;
- No caso de edifícios de alvenaria, os métodos utilizados devem ser adequados às particularidades deste tipo de construção, recomendando-se a consulta do artigo Aspectos gerais da aplicação em Portugal do Eurocódigo 8 – Parte 3 – Anexo C (Informativo) – Edifícios de alvenaria – RPEE Série III, nº12, março de 2020, pp. 99-120, bem como do correspondente relatório LNEC;

- Resultados, de acordo com o previsto na NP EN 1998-3:2017 e tendo em conta a análise realizada;
- Verificações de segurança: neste contexto e no que se refere a edifícios de alvenaria, recomenda-se também a consulta do artigo acima indicado. Adicionalmente deverá assegurar-se que as ligações entre paredes perpendiculares e entre paredes e pisos e a cobertura são adequadas.

II.2. Avaliação da vulnerabilidade sísmica – Métodos de Análise Expedita

II.2.1. Aplicabilidade dos métodos expeditos

Deve ser fornecida informação em relação a:

- Classe de importância;
- Número de pisos;
- Regularidade estrutural;
- Interação com edifícios adjacentes;
- Condições geotécnicas locais,

que permita demonstrar que as condições de aplicabilidade dos Métodos de Análise Expedita são integralmente satisfeitas.

II.2.2. Avaliação da segurança estrutural

Método I – Para edifícios de betão armado porticados, e para cada piso, comparar a percentagem de área dos pilares existentes relativamente à área do piso com a percentagem de área de pilares exigida (definida na nota técnica da RPEE). Para edifícios de alvenaria (com e sem pisos rígidos), para cada piso e para cada uma das duas direções principais do edifício, comparar o quociente entre a área de paredes na direção da ação sísmica e a área do piso com as exigências definidas nas notas técnicas da RPEE.

Método II – Para cada piso e em cada uma das duas direções principais do edifício comparar a capacidade resistente do edifício estimada em termos do coeficiente sísmico com o coeficiente

sísmico exigido (definido nas notas técnicas da RPEE para edifícios de betão armado porticados, e para edifícios de alvenaria com e sem pisos rígidos).

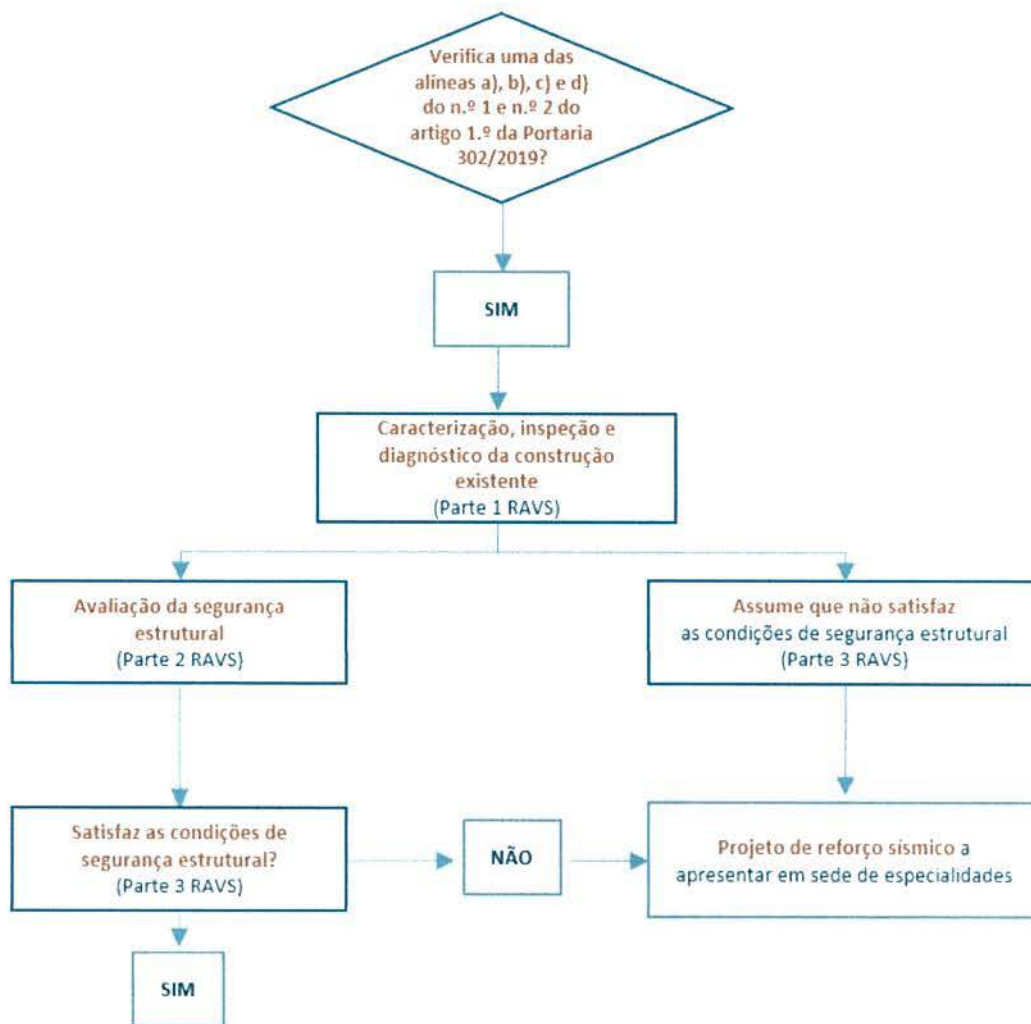
▪ PARTE III – CONCLUSÕES

Na sequência da avaliação da vulnerabilidade sísmica do edifício, o RAVS, em conclusão, deve:

- Indicar de forma explícita se o edifício satisfaz ou não o critério de verificação de segurança sísmica estabelecido no ponto 3 do art.º 1º da Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro.
- No caso de não satisfação, deverão ser indicadas as vulnerabilidades identificadas na avaliação e incluídas recomendações gerais e eventuais ensaios complementares a realizar para o desenvolvimento do projeto de reforço sísmico, a apresentar em sede de especialidades.
- O Projeto de Reforço Sísmico pode constituir um projeto autónomo ou estar integrado no Projeto de Estabilidade. A opção será do projetista; contudo, caso opte pela integração do projeto de reforço sísmico no projeto de estabilidade, deverá identificar as medidas de reforço sísmico num capítulo próprio da Memória Descritiva.

FLUXO PROCEDIMENTAL

Relatório de Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica
(entrega em fase de arquitetura)



Lisboa, janeiro 2023

CML

Cláudia F.C. Nuno Pinto

(Cláudia Pinto)

Carla Pousada

(Carla Pousada)

Carlos Sousa Ferreira

(Carlos Sousa Ferreira)

Maria Antónia Santos

(Maria Antónia Santos)

Margarida Felgueiras

(Margarida Felgueiras)

Mónica Amarel Ferreira

(Mónica Amaral Ferreira)

IST

Carlos Sousa Oliveira

(Carlos Sousa Oliveira)

M. Lopes

(Mário Lopes)

Rita Bento

(Rita Bento)

Rui Carrilho Gomes

(Rui Carrilho Gomes)

LNEC

António Araújo Correia

(António Araújo Correia)



(Paula Pacheco)



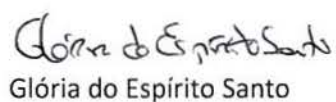
(Filipe Ribeiro)



Graciete Nunes

NCREP – Consultoria em reabilitação

do edificado e património



Glória do Espírito Santo

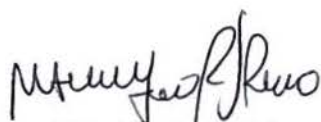


(Alexandre Costa)



Hugo Deodato

Ordem dos Engenheiros



(Maria João Pinto)



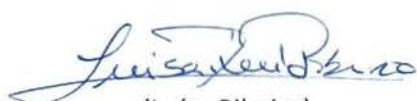
(Humberto Varum)



(Miriam Ferreira)



(Eduardo Cansado Carvalho)



(Luísa Ribeiro)

**Nova School of Science and
Technology – FCT Nova**



(Fernando Pinho)

Ordem dos Engenheiros Técnicos



Carlos Rente

**Sociedade Portuguesa de Geotecnia
(SPG)**

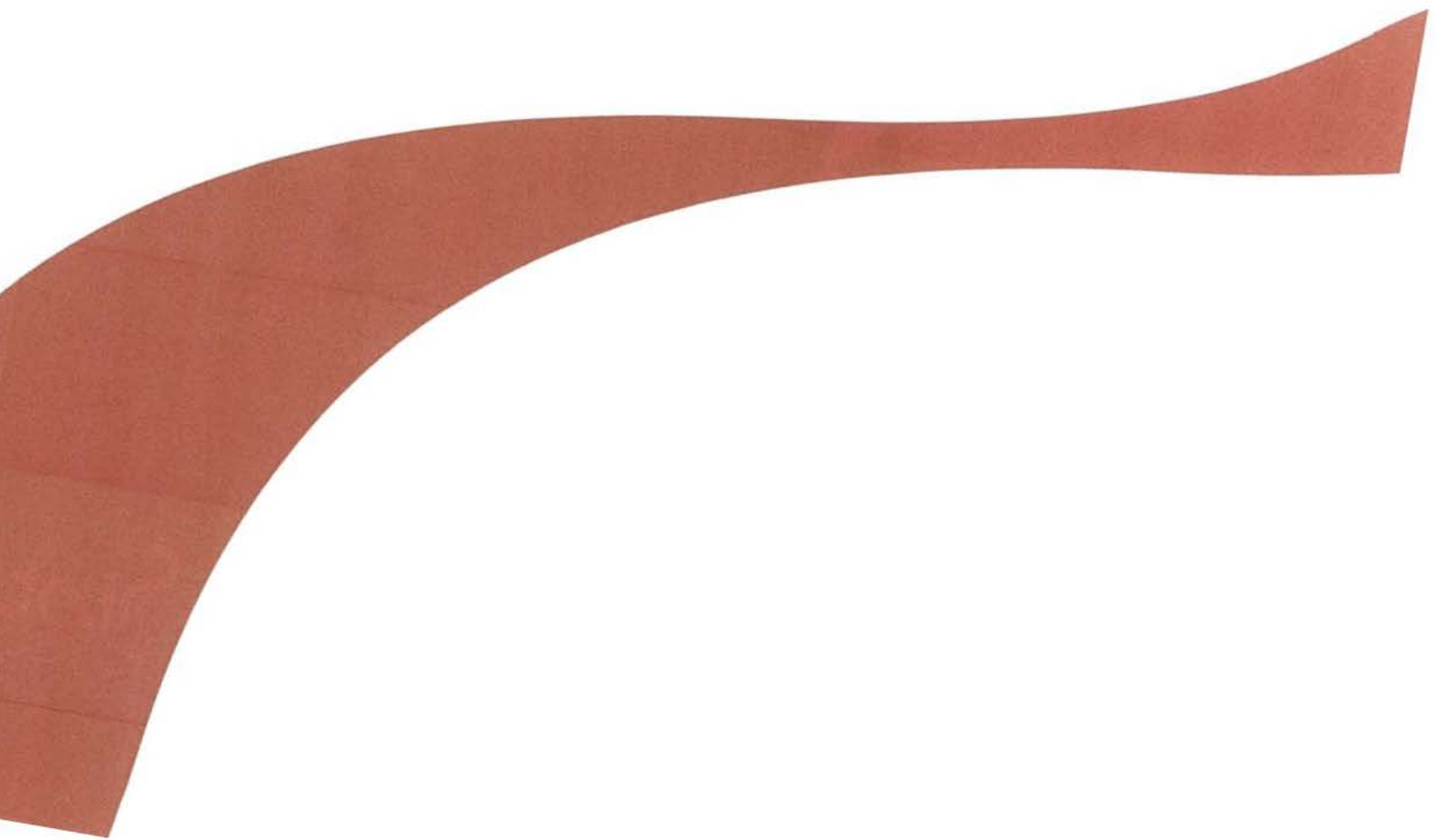


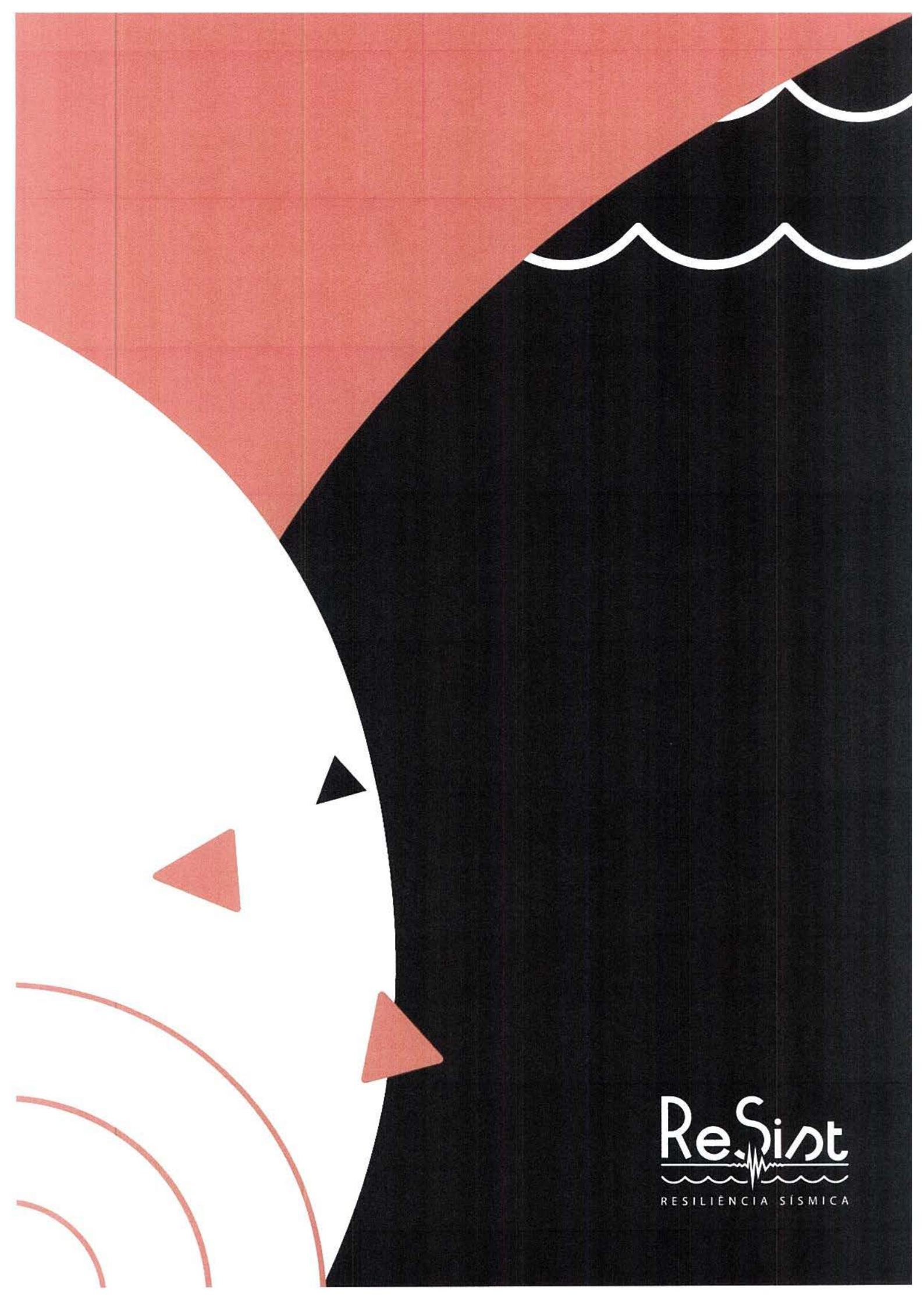
(Alexandre Pinto)

**Sociedade Portuguesa de Engenharia
Sísmica (SPES)**



(João Azevedo)





ReSist
RESILIENCIA SÍSMICA