



TÉCNICO
LISBOA

Avaliação Generalizada e Hierarquização do Risco Sísmico Estrutural de Hospitais em Portugal Continental

Gonçalo Melo Azevedo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Prof. Jorge Miguel Silveira Filipe Mascarenhas Proença

Júri

Presidente: Prof. Orlando José Barreiros D'Almeida Pereira

Orientador: Prof. Jorge Miguel Silveira Filipe Mascarenhas Proença

Vogal: Prof. Luís Manuel Coelho Guerreiro

Outubro 2021

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 12 de novembro de 2021

Gonçalo Azevedo

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de deixar o meu agradecimento ao Professor Jorge Proença, não só pela oportunidade de desenvolver este projeto, mas principalmente por toda a sua disponibilidade, dedicação e conhecimento que me transmitiu no decorrer deste trabalho.

Deixo também um agradecimento à ACSS, na pessoa do Eng. Nuno Corte, pelo trabalho que desenvolveu com o objetivo de nos fornecer a informação necessária ao desenvolvimento do projeto, e à Dra. Susana Vilanova pelo auxílio prestado.

Agradeço igualmente a todos os colegas com quem tive o prazer de partilhar o meu percurso no IST, assim como a todos os colegas e funcionários com quem trabalhei ao longo dos três mandatos que executei na AEIST, algo que marcou profundamente o meu percurso académico e pessoal.

Deixo um agradecimento muito especial à minha família, que sempre me motivou e facultou condições para prosseguir a minha formação académica, principalmente aos meus pais por garantirem que nada pudesse ser uma limitação ao meu desenvolvimento e ao meu irmão por ser sempre um exemplo para mim.

Por último, deixo o meu profundo agradecimento à Beatriz por ser sempre a companhia e a motivação que precisei em qualquer situação.

Resumo

A presente dissertação enquadra-se num estudo solicitado pela Administração Central do Sistema de Saúde com o objetivo de efetuar a hierarquização do risco sísmico do parque hospitalar público de Portugal continental. Para tal, utilizou-se a metodologia de análise de risco generalizada *HAZUS*, aplicada a cada um dos 97 estabelecimentos hospitalares compostos por 602 edifícios, que constituem o universo pretendido.

Procedeu-se inicialmente à caracterização do edificado do parque hospitalar, o que foi realizado mediante um inquérito dirigido a cada um dos estabelecimentos que, juntamente com parâmetros publicados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, permitiu determinar a vulnerabilidade sísmica de cada um dos edifícios.

Por aplicação de uma metodologia de classificação generalizada de terreno e recorrendo às disposições da Norma Portuguesa EN 1998-1, assim como a localização de cada estabelecimento, caracterizou-se a ação sísmica para cada um dos edifícios.

Calculada a ação sísmica e a vulnerabilidade para cada edifício, efetuou-se o cálculo do ponto de desempenho que, por interação com as curvas de fragilidade propostas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, permitiu determinar a probabilidade de ocorrência de diferentes estados de dano. Essa probabilidade de ocorrência foi depois considerada no cálculo de um único índice de risco por edifício. Para cada um dos estabelecimentos efetuaram-se duas formas de ponderação do índice de risco dos edifícios que o compõem: por média aritmética e por ponderação da área útil.

O resultado do presente trabalho divide-se em três listas hierarquizadas: lista da totalidade dos edifícios; lista por estabelecimentos; lista por estabelecimentos considerando apenas os edifícios que albergam serviço de urgências.

Palavras-chave: Risco Sísmico; Análise Generalizada; Parque Hospitalar Público; Vulnerabilidade Sísmica; *HAZUS*

Abstract

The current work was requested by the ACSS, Administração Central do Sistema de Saúde, with the main purpose of assessing the seismic risk hierarchy of the public hospital building stock in Portugal's mainland. The HAZUS generalised risk assessment methodology was utilised for this purpose, applied to each of the 97 hospitals composed by a total of 602 buildings.

The characterisation of the building stock was carried out through an online survey directed to each of the establishments, which together with specific parameters published by Laboratório Nacional de Engenharia Civil, allowed to determine the seismic vulnerability of each building.

By applying a generalised ground type classification methodology and providing this to the Portuguese Standard EN 1998-1 equations, as well as the location of each establishment, the seismic action for each building was characterised.

After obtaining the seismic action and the vulnerability for each building, the performance point was calculated, which by interacting with the fragility curves proposed by LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, allowed for the computation of the probability of occurrence of different damage states. These probabilities of occurrence were then considered when calculating a single risk index per building. For each one of the establishments, the risk index of the buildings was weighted: i) by arithmetic average, and ii) by weighting of the net area.

The result of this work is divided into three hierarchical lists: list of all buildings; list by establishment; list by establishment considering only the buildings that house emergency services.

Keywords: Seismic Risk; Generalized Assessment; Public Hospital Building Stock; Seismic Vulnerability; HAZUS

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	xi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Organização	2
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 Metodologias de Avaliação Generalizada de Risco Sísmico	5
2.1.1 ICIST/ACSS	5
2.1.2 LNEC/SPES	7
2.1.3 HAZUS	9
2.2 HAZUS - Definição da Vulnerabilidade Sísmica	10
2.2.1 Espectro de Capacidade	10
2.2.2 Curvas de Fragilidade - Estados de Dano	11
2.3 Definição da Vulnerabilidade pelos Parâmetros do LNEC	13
2.4 Definição da Perigosidade Sísmica	14
2.4.1 Caracterização do Tipo de Terreno	18
2.5 Método do Espectro de Capacidade	20
3 Caracterização do Parque Hospitalar e Metodologia de Avaliação do Risco Sísmico	27
3.1 Parque Hospitalar Público de Portugal Continental	28
3.1.1 Recolha da Base de Dados	28
3.1.2 Classificação da Informação	31
3.2 Definição do Espectro de Resposta	35
3.2.1 Classificação do Terreno de Fundação	35
3.2.2 Definição do Espectro de Resposta	38
3.3 Definição do Espectro de Capacidade	41

3.4	Cálculo do Ponto de Desempenho	43
3.5	Determinação dos Estados de Dano	47
4	Apresentação de Resultados e Análise	53
4.1	Resultados por Edifícios	55
4.2	Resultados por Estabelecimentos	60
4.3	Resultados por Estabelecimentos de Urgência	64
5	Conclusões	71
5.1	Conclusões	71
5.2	Perspectivas Futuras	72
	Bibliografia	75
	Anexo I	77
	Anexo II	91
	Anexo III	93

Lista de Tabelas

Tabela 2.1:	Categorização do edificado em tipologia e época construtiva.	13
Tabela 2.2:	Categorias do edificado em pisos acima do solo.	13
Tabela 2.3:	Parâmetros caracterizadores do espectro de resposta para ação sísmica do Tipo 1 [12].	16
Tabela 2.4:	Parâmetros caracterizadores do espectro de resposta para ação sísmica do Tipo 2 [12].	17
Tabela 2.5:	Aceleração máxima de referência por zona [12].	17
Tabela 2.6:	Coeficiente de Importância [12].	17
Tabela 2.7:	Classificação do tipo de terreno conforme o EC8 [11].	18
Tabela 2.8:	Classificação do tipo de terreno conforme [13].	19
Tabela 2.9:	Fator de correlação do ciclo de histerese [14].	24
Tabela 3.1:	Categorias do edificado.	32
Tabela 3.2:	Correspondência dos tipos de terreno.	36
Tabela 3.3:	Distribuição por classificação de terreno por origem da classificação.	38
Tabela 3.4:	Classificação do terreno dos estabelecimentos de exemplo.	38
Tabela 3.5:	Características da ação sísmica.	38
Tabela 3.6:	Valor de cálculo da aceleração à superfície.	39
Tabela 3.7:	Caracterização dos espectros de capacidade.	42
Tabela 3.8:	Amortecimento Viscoso Efetivo (Tipo 1).	43
Tabela 3.9:	Amortecimento Viscoso Efetivo (Tipo 2).	44
Tabela 3.10:	Processo iterativo para o E48.	44
Tabela 3.11:	Processo iterativo para o E47.	45
Tabela 3.12:	Processo iterativo para o E43.	45
Tabela 3.13:	Valor mediano das curvas de fragilidade.	48
Tabela 3.14:	Probabilidade de ocorrência por estado de dano.	49
Tabela 3.15:	Índice de Risco.	51
Tabela 4.1:	Distribuição de edifícios por Índice de Risco e Tipologia Construtiva.	56
Tabela 4.2:	Distribuição de estabelecimentos por Índice de Risco e ARS.	60
Tabela 4.3:	Resultados por Estabelecimento (1/2).	62

Tabela 4.4:	Resultados por Estabelecimento (2/2).	63
Tabela 4.5:	Distribuição de estabelecimentos de urgência por Índice de Risco e ARS.	64
Tabela 4.6:	Resultados por Estabelecimento de Urgência (1/2).	67
Tabela 4.7:	Resultados por Estabelecimento de Urgência (2/2).	68
Tabela 4.8:	Resultados por Estabelecimento de Urgência SUP.	69
Tabela 1:	Resultados por Edifício (1/12).	78
Tabela 2:	Resultados por Edifício (2/12).	79
Tabela 3:	Resultados por Edifício (3/12).	80
Tabela 4:	Resultados por Edifício (4/12).	81
Tabela 5:	Resultados por Edifício (5/12).	82
Tabela 6:	Resultados por Edifício (6/12).	83
Tabela 7:	Resultados por Edifício (7/12).	84
Tabela 8:	Resultados por Edifício (8/12).	85
Tabela 9:	Resultados por Edifício (9/12).	86
Tabela 10:	Resultados por Edifício (10/12).	87
Tabela 11:	Resultados por Edifício (11/12).	88
Tabela 12:	Resultados por Edifício (12/12).	89
Tabela 13:	Parâmetros Publicados pelo LNEC.	92
Tabela 14:	Classificação do Tipo de Terreno (1/3).	94
Tabela 15:	Classificação do Tipo de Terreno (2/3).	95
Tabela 16:	Classificação do Tipo de Terreno (3/3).	96

Lista de Figuras

Figura 2.1:	Procedimento de aplicação [4].	7
Figura 2.2:	Informação necessária à aplicação da metodologia [5].	8
Figura 2.3:	Exemplo de espectro de capacidade [7].	11
Figura 2.4:	Exemplo de curvas de fragilidade.	12
Figura 2.5:	Exemplo dos espectros de capacidade e curvas de fragilidade [8].	14
Figura 2.6:	Exemplo de espectro de resposta elástico.	15
Figura 2.7:	Exemplo de espectro de resposta elástico (aceleração-deslocamento).	16
Figura 2.8:	Distribuição de valores medianos de $V_{s,30}$ para Portugal continental [13].	20
Figura 2.9:	Determinação do ponto de teste inicial.	22
Figura 2.10:	Bilinearização do espectro de capacidade.	22
Figura 2.11:	Representação ciclo de histerese.	23
Figura 2.12:	Representação bilinear do espectro de capacidade.	23
Figura 2.13:	Representação do espectro de capacidade, de resposta e de solicitação.	25
Figura 3.1:	Sequência de implementação.	28
Figura 3.2:	Conteúdo dos questionários.	31
Figura 3.3:	Distribuição por tipologia construtiva.	32
Figura 3.4:	Distribuição por número de pisos acima do solo.	33
Figura 3.5:	Distribuição de edifícios por tipologia construtiva por ARS.	33
Figura 3.6:	Distribuição por Época de Construção.	34
Figura 3.7:	Distribuição Global dos Edifícios por Categoria.	35
Figura 3.8:	Diferenças entre a classificação pela metodologia e pelo questionário.	36
Figura 3.9:	Distribuição por classificação do tipo de terreno.	37
Figura 3.10:	Espectro de resposta elástico do E48 (formato ADRS).	39
Figura 3.11:	Espectro de resposta elástico do E47 (formato ADRS).	40
Figura 3.12:	Espectro de resposta elástico do E43 (formato ADRS).	40
Figura 3.13:	Espectros de capacidade.	42
Figura 3.14:	Pontos de desempenho do E48.	46
Figura 3.15:	Pontos de Desempenho do E47.	46
Figura 3.16:	Pontos de Desempenho do E43.	47
Figura 3.17:	Probabilidade acumulada por estado de dano do E48.	50

Figura 3.18: Probabilidade acumulada por estado de dano do E47.	50
Figura 3.19: Probabilidade acumulada por estado de dano do E43.	51
Figura 4.1: Distribuição percentual global de edifícios por Índice de Risco.	55
Figura 4.2: Distribuição global de edifícios por Índice de Risco por Tipologia Construtiva. . .	56
Figura 4.3: Distribuição de intervalo de Índice de Risco por Tipologia Construtiva (1/2). . . .	57
Figura 4.4: Distribuição de intervalo de Índice de Risco por Tipologia Construtiva (2/2). . . .	57
Figura 4.5: Distribuição de Classe de Pisos por intervalo de Índice de Risco.	58
Figura 4.6: Distribuição de edifícios por intervalo de Índice de Risco por ARS.	59
Figura 4.7: Distribuição percentual de estabelecimentos por Índice de Risco.	60
Figura 4.8: Distribuição percentual de estabelecimentos de urgência por Índice de Risco. . .	65

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O presente trabalho insere-se numa série de três estudos solicitados pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS), entidade responsável por assegurar a gestão dos recursos financeiros e humanos do Ministério da Saúde e do Serviço Nacional de Saúde, ao Instituto Superior Técnico, em que o objetivo é a caracterização e hierarquização do risco sísmico do parque hospitalar público de Portugal continental. A ACSS faz parte da Direção Geral de Saúde (DGS), organismo responsável pela gestão do sistema de saúde em Portugal. Na impossibilidade de realizar uma campanha de estudos sísmicos individuais a cada um dos edifícios, constitui intenção da ACSS obter uma lista hierarquizada do risco sísmico, de forma a desenvolver, posteriormente, uma análise mais específica ao grupo de edifícios de maior risco.

Para além da importância deste grupo de edifícios na assistência quotidiana à sociedade, a relevância deste estudo é ainda potenciada por outros fatores, nomeadamente:

- A maioria das lesões registadas pós-sismo são do tipo traumático [1], que normalmente requerem equipamento e espaços especializados ao tratamento que apenas podem ser encontrados nos estabelecimentos hospitalares, fazendo destes uma infraestrutura essencial para a concretização dos planos de emergência pós sismo;
- O parque hospitalar público é um ativo de muito elevado valor económico do estado e, como tal, deve ser assegurado tendo em conta o seu grande custo de reposição;
- Os estabelecimentos hospitalares são locais onde há uma grande densidade de pessoas, quer profissionais ou utentes, pelo que o risco de colapso de um destes edifícios representa um risco para um grande número de pessoas;
- É comum aproveitar-se edifícios pré-existent de grandes dimensões para aí instalar-se alguns estabelecimentos hospitalares, principalmente fora dos grandes centros urbanos e, por esse facto, parte dos estabelecimentos estão instalados em edifícios antigos que não beneficiaram de análises sísmicas aquando do seu projeto e construção.

O facto de Portugal continental ser um território em que os eventos sísmicos de grande magnitude são, por norma, espaçados no tempo, contribui para que o risco sísmico não seja uma constante no centro da discussão em volta da gestão e intervenção do edificado público. Os estabelecimentos hospitalares mais antigos não são exceção a esta realidade e a população em geral não está tão alerta para o perigo como em outros países, o que provoca uma lacuna na estratégia preventiva de mitigar o impacto de eventos sísmicos deste tipo. O custo económico associado a estratégias preventivas muitas vezes afasta os decisores dessas opções, sem consideração dos custos de reposição ou reparação do edificado, além do custo imensurável de vidas humanas.

1.2 Objetivos

O objetivo essencial deste estudo é determinar uma lista hierarquizada do risco sísmico de cada um dos edifícios que constituem o parque hospitalar público em Portugal continental, que conta com 97 estabelecimentos, divididos por 5 Administrações Regionais de Saúde (ARS). Cada um destes estabelecimentos está dividido em vários edifícios, quer sejam contíguos ou não, com serviços e valências distintas. Os elementos finais consistem numa lista que considera isoladamente cada um dos edifícios analisados e outras duas em que são considerados os estabelecimentos hospitalares, ponderando o risco de todos os edifícios que os constituem, e outra ponderando apenas os edifícios que compreendem serviço de urgência.

Foram considerados dois fatores na classificação do risco sísmico: ação sísmica e vulnerabilidade. A interação destes dois fatores atribui a classificação que resulta na hierarquização final, do caso com maior risco para o menor.

Em última análise, este estudo tem o objetivo de apoiar os decisores públicos sobre a manutenção e intervenção destes equipamentos, no sentido de priorizar a sua ação, ou seja, direcionar estudos mais específicos e fidedignos aos casos de maior risco.

1.3 Organização

No presente capítulo, é apresentado a motivação e enquadramento deste trabalho.

No capítulo 2 são apresentados as metodologias que foram consideradas, nomeadamente no que concerne à análise do risco sísmico em edifícios, tanto a nível da ação sísmica, através das disposições do Eurocódigo 8, como da vulnerabilidade, através dos parâmetros definidores dos espectros de capacidade e curvas de fragilidade dispostos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Seguidamente, é explorada a metodologia que permite o cálculo de desempenho do edifício através do espectro de capacidade e de solicitação. Por último, é explorada a metodologia aplicada na obtenção da classificação do tipo de solo de cada um dos estabelecimentos hospitalares, parâmetro essencial na definição do espectro de resposta de cada local.

No capítulo 3, segue-se a sequência de cálculo que permite a obtenção do resultado final para cada um dos edifícios. Essa sequência de cálculo é acompanhada por três exemplos, de forma a

ilustrar de forma detalhada cada passo de aplicação da metodologia. Em primeiro lugar, é abordada a forma como se efetuou a recolha de informação necessária à aplicação da metodologia e a forma como esta foi tratada e categorizada. Seguidamente, expõe-se a caracterização da ação sísmica, que pressupõe a determinação do terreno de fundação e, consecutivamente, do espectro de resposta. Em terceiro lugar, segundo a caracterização efetuada no tratamento da informação, é calculado o espectro de capacidade de cada edifício. Seguidamente, aborda-se o processo iterativo que envolve tanto o espectro de resposta como o de capacidade. Através do processo é calculado o amortecimento viscoso efetivo que irá determinar o espectro de solicitação e, no final, o ponto de desempenho do edifício. Por último, é demonstrado o cálculo da probabilidade de ocorrência de cada estado de dano, que resulta num único índice de risco comparável entre todos os edifícios.

No capítulo 4 são apresentadas duas listas de resultados: a primeira efetua uma hierarquização de todos os estabelecimentos, enquanto a segunda cinge-se aos edifícios e, por conseguinte, estabelecimentos que compreendem serviço de urgência. Expõe-se ainda a forma como foi executada a ponderação dos edifícios de forma a calcular um único índice de risco para cada estabelecimento. Paralelamente à apresentação das listas de resultados é efetuada a análise das mesmas, procurando relacionar fatores como a tipologia construtiva dos edifícios, número de pisos e local de implantação com os índices de risco calculados.

No capítulo 5 são apresentadas considerações gerais à metodologia aplicada e à qualidade dos resultados, assim como condicionalismos que se verificaram no processo. São ainda sugeridas perspectivas de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Metodologias de Avaliação Generalizada de Risco Sísmico

Entre várias metodologias de análise sísmica de edifícios, destacam-se no âmbito deste trabalho algumas mais generalistas, que permitem efetuar uma análise global do objeto em estudo, requerendo menos informação para tal. Estas metodologias normalmente são desenhadas para obter resultados aproximados quando o objeto em estudo é muito disperso ou de tal dimensão que uma análise específica e detalhada é impraticável. Ao longo dos anos estas metodologias foram ganhando protagonismo na obtenção de estimativas de custos de reposição, custos de reparação e perda de vidas humanas, sobretudo pela sua rapidez e capacidade de adaptação a diversas regiões ou países. De acordo com estes princípios, são exploradas no presente subcapítulo a metodologia ICIST/ACSS, LNEC/SPES e a *Hazus*.

2.1.1 ICIST/ACSS

A metodologia ICIST/ACSS foi desenvolvida com base numa metodologia assente nos mesmos objetivos, da autoria da *Japan Building Disaster Prevention Association*, país em que, fruto da sua atividade sísmica regular, foi possível recolher informação suficientemente vasta para aperfeiçoar a mesma, [3]. Esta metodologia foi desenvolvida com base em extensos relatórios de danos pós sismo em edifícios, relacionando esses danos com a ação sísmica local. O cerne da sua aplicação consiste na comparação entre a força de corte atuante e resistente dos elementos verticais de um edifício, calculada para cada um dos pisos e em ambas as direções horizontais. Há ainda uma ramificação da metodologia em três níveis de detalhe em que a base de cálculo é idêntica, o que os difere é o nível de informação requerida para efetuar o cálculo. Isto também significa dizer que, com o nível mais baixo e, logo, menor necessidade de informação, os resultados são mais conservativos. Por outro lado, o nível mais alto fornece resultados mais fiáveis, mas a sua aplicação requer um melhor conhecimento da estrutura e dos materiais que a compõem.

Com base nesta metodologia, foi desenvolvida uma nova em Portugal com o objetivo de a aplicar a edifícios hospitalares, denominada Metodologia ICIST/ACSS, [4]. Como o nome indica, esta meto-

dologia foi desenvolvida pelo Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção (ICIST) do Instituto Superior Técnico para a ACSS. A metodologia assume as seguintes condições de aplicabilidade:

- Edifícios até 9 pisos acima do solo;
- Estrutura em malha ortogonal;
- Comportamento indeformável no plano;
- Estrutura em betão armado.

Esta metodologia requer algum conhecimento sobre a estrutura em causa, nomeadamente, o tipo e dimensão dos elementos estruturais verticais, assim como o seu estado de conservação. A análise é efetuada em cada um dos pisos, em ambas as direções horizontais, e atribuiu a cada piso um Índice de Desempenho Sísmico (I_S). A solicitação sísmica é descrita através do Índice de Solicitação Sísmica (I_{S0}). Geralmente, a altura dos pisos é tomada como constante, assim como a sua massa. Assume-se também uma variação linear da aceleração em altura. A vulnerabilidade do edifício faz-se por comparação de ambos os índices em cada um dos pisos, como se ilustra nas equações de (2.1) a (2.3).

$$I_{Sn} \geq I_{S0} \quad (2.1)$$

$$I_{Sn} = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (2.2)$$

E_0 - sub-índice de desempenho sísmico de referência

S_D - sub-índice de irregularidade estrutural

T - sub-índice de deterioração temporal

n - piso

O sub-índice de desempenho sísmico de referência quantifica a soma da resistência ao corte dos elementos estruturais verticais, tendo em conta a sua dimensão e tipo, sejam colunas, paredes estruturais ou colunas curtas de betão armado ou paredes de alvenaria. O sub-índice de irregularidade estrutural reduz o desempenho sísmico na presença de características que prejudiquem o comportamento sísmico do edifício, como irregularidades na distribuição de massa ou na solução estrutural. O sub-índice de deterioração temporal trata de ponderar efeitos que afetem a estrutura no que concerne a deformações excessivas, fendilhação e envelhecimento. A sequência de aplicação da metodologia é ilustrada na figura 2.1, conforme consultado em [4].

$$I_{S0} = \frac{S_d(T_1) \cdot \lambda_{x1} \cdot \chi}{g} \quad (2.3)$$

$S_d(T_1)$ - espectro de cálculo para a análise elástica

$\lambda_{x,1}$ - percentagem de massa mobilizada no primeiro modo de vibração

χ - coeficiente de modificação caso o período de vida útil a considerar seja diferente de 50 anos

g - aceleração gravítica

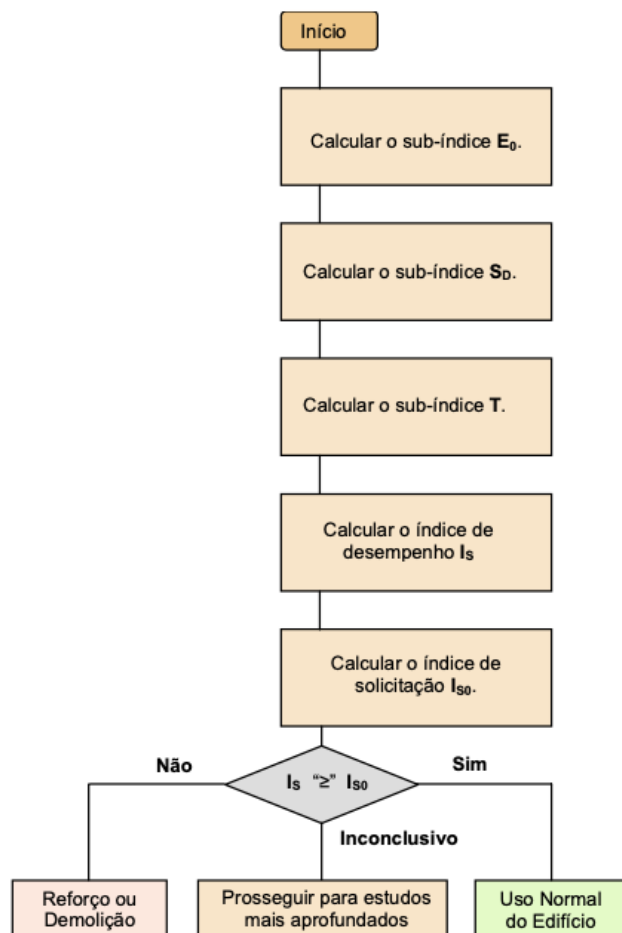


Figura 2.1: Procedimento de aplicação [4].

Apesar de esta ser uma metodologia já aplicada em vários trabalhos e por eles comprovada, a forma de obter a informação necessária à caracterização dos edifícios mostrou-se difícil. A impossibilidade de aceder a muitos dos projetos dos edifícios do parque hospitalar, a incapacidade de analisar toda essa informação para todos os edifícios existentes e a falta de conhecimento técnico por parte dos gabinetes responsáveis para prestarem essas informações fez com que esta metodologia não se adaptasse à realidade do projeto em causa. No entanto, alguns dos trabalhos que aplicaram esta metodologia a certos edifícios hospitalares foram utilizados como forma de comparação aos resultados do presente trabalho.

2.1.2 LNEC/SPES

Foi também considerada a utilização da metodologia LNEC/SPES, elaborada pelo LNEC e pela Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES), em 2019, [5].

Nesta metodologia são especificados 4 níveis de detalhe, a aplicar em diferentes casos, dependendo de:

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

Na figura 2.2 está resumida a informação necessária para a aplicação de cada um dos níveis de detalhe da metodologia. Os 4 níveis de detalhe foram determinados de forma a que o III se assemelhe à metodologia estabelecida na NP EN 1998-3, [6], enquanto a I e II resultam numa análise mais conservativa, fruto também da menor informação que se dispõe. O nível IV não é ilustrado na figura devido à sua alta complexidade de análise. Acrescenta-se ainda que a aplicação desta metodologia é limitada a edifícios com até 4 pisos.

	Conhecimento necessário	Parâmetros de avaliação	Modelo estrutural
Método III	- Geometria do edifício - Geometria dos elementos estruturais - Propriedades dos materiais - Disposição das armaduras	- Rotação da corda e resistência ao corte de todos os elementos estruturais	- Preferencialmente modelo não-linear
Método II	- Geometria do edifício - Secção transversal dos pilares - Quantidade e resistência das armaduras longitudinais e transversais	- Coeficiente sísmico	-
Método I	- Geometria do edifício - Secção transversal dos pilares	- Percentagem da área de pilares relativamente à área dos pisos	-

Figura 2.2: Informação necessária à aplicação da metodologia [5].

A aplicação do método II apresenta algumas semelhanças com a metodologia ICIST/ACSS. A avaliação é feita com base no coeficiente sísmico, como se mostra na fórmula (2.4). Os valores do coeficiente sísmico exigido são apontados pela metodologia consoante as características do edifício. O coeficiente sísmico de cada piso é calculado pela fórmula (2.5). A resistência às forças horizontais de cada piso pondera, para cada pilar: a dimensão, taxa e tensão de cedência das armaduras longitudinais, altura livre, área da secção, tensão transversal de corte, taxa e tensão de cedência das armaduras transversais.

$$CS_{C,j} \geq CS_{E,j} \quad (2.4)$$

$CS_{C,j}$ - coeficiente sísmico no piso j

$CS_{E,j}$ - coeficiente sísmico exigido para o piso j

$$CS_{C,j} = \frac{V_{H,j}}{W_E} = \frac{\sum_{i=1}^n \min(V_{F,i}, V_{C,i})}{W_E} \quad (2.5)$$

$V_{H,j}$ - resistência às forças horizontais no piso j

$V_{F,i}$ - resistência à flexão do pilar i no piso j

$V_{C,i}$ - resistência ao corte do pilar i no piso j

n - número de pilares

W_E - peso total do edifício (combinação sísmica de ações)

No método I, a segurança é verificada por relação da área dos pilares com a área do piso, ou seja, o edifício considera-se seguro se a percentagem de área de pilares existentes relativamente à área do piso em questão for igual ou superior à percentagem de referência para um dado edifício de características específicas, como se descreve na fórmula (2.6). A metodologia aponta os valores exigidos de percentagem de área consoante as características do edifício.

$$A_{PC,j} \geq A_{PE,j} \quad (2.6)$$

$A_{PC,j}$ - percentagem de área de pilares existentes no piso j

$A_{PE,j}$ - percentagem de área de pilares exigida para o piso j

À semelhança do método ICIST/ACSS, considerou-se que a informação necessária à aplicação desta metodologia seria difícil de obter, principalmente a informação específica da armadura dos pilares. Adicionalmente, esta metodologia foi determinada para edifícios de betão armado, o que não permite analisar a totalidade da amostra de edifícios.

2.1.3 HAZUS

Em 1999, foi apresentada uma metodologia de avaliação de risco devido a eventos de origem natural, da autoria do *National Institute of Building Sciences, Federal Emergency Management Agency*, [7]. De entre os diversos eventos adversos naturais que a metodologia considera, destaca-se no âmbito do presente estudo a ação sísmica direta em edifícios. Esta metodologia subdivide os edifícios em várias categorias: edifícios públicos e de habitação, edifícios de socorro à população, infraestruturas de comunicação e de abastecimento.

A metodologia relaciona a ação sísmica com a resposta de cada edifício, resultando num estado de dano provável. De forma a generalizar a metodologia para possibilitar a sua aplicação a amostras de grandes dimensões, onde não se dispõe das características estruturais exatas de todo o edificado, é aplicada uma divisão de categorias que classificam cada edifício. Essa divisão é efetuada através dos seguintes parâmetros:

- Regulamento sísmico aplicado na execução do projeto;
- Número de pisos acima do solo;
- Tipologia da estrutura.

Com base nesta informação é possível caracterizar o comportamento sísmico e o seu estado de dano provável para uma dada ação sísmica. Pela simplicidade da informação necessária à aplicação da metodologia, achou-se adequado utilizá-la neste estudo, tendo em conta que esta caracterização do edificado poderia ser facilmente verificada e remetida pelos gabinetes responsáveis de cada estabelecimento hospitalar.

2.2 HAZUS - Definição da Vulnerabilidade Sísmica

2.2.1 Espectro de Capacidade

O espectro de capacidade representa o comportamento de um edifício em termos de aceleração-deslocamento. Este espectro resulta de uma análise *push over* em que se expressa o comportamento do edifício em função da força lateral aplicada e o deslocamento verificado no seu ponto mais alto (força-deslocamento). O resultado dessa análise é depois transformado em aceleração-deslocamento, de forma a relacionar o espectro de capacidade e de resposta. É relevante perceber que esta metodologia utiliza um grau de liberdade e que esse fator é considerado no cálculo dos fatores utilizados. O *HAZUS* fornece os parâmetros que caracterizam o espectro de capacidade para cada categoria de edifícios, nomeadamente:

A_y - aceleração espectral do ponto de cedência [m/s^2]

D_y - deslocamento espectral do ponto de cedência [m]

A_u - aceleração espectral do ponto último [m/s^2]

D_u - deslocamento espectral do ponto último [m]

C_s - coeficiente sísmico de cálculo

T_e - período fundamental do edifício [s]

α_1 - coeficiente de massa efetiva

α_2 - coeficiente de altura

γ - fator de sobrerresistência que relaciona a capacidade de cedência com a de cálculo

λ - fator de sobrerresistência que relaciona a capacidade última com a de cedência

μ - fator de ductilidade que relaciona o deslocamento último com o deslocamento de cedência, multiplicado por [λ]

O cálculo da aceleração e deslocamento dos pontos de cedência e último do espectro de capacidade é efetuado através das fórmulas (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), respetivamente. Na figura 2.3 exemplifica-se um espectro de capacidade, com a indicação dos respetivos pontos de cedência e último.

$$A_y = \frac{C_s \cdot \gamma}{\alpha_1} \quad (2.7)$$

$$D_y = \left(\frac{T_e}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot A_y \quad (2.8)$$

$$A_u = \lambda \cdot A_y \quad (2.9)$$

$$D_u = \lambda \cdot \mu \cdot D_y \quad (2.10)$$

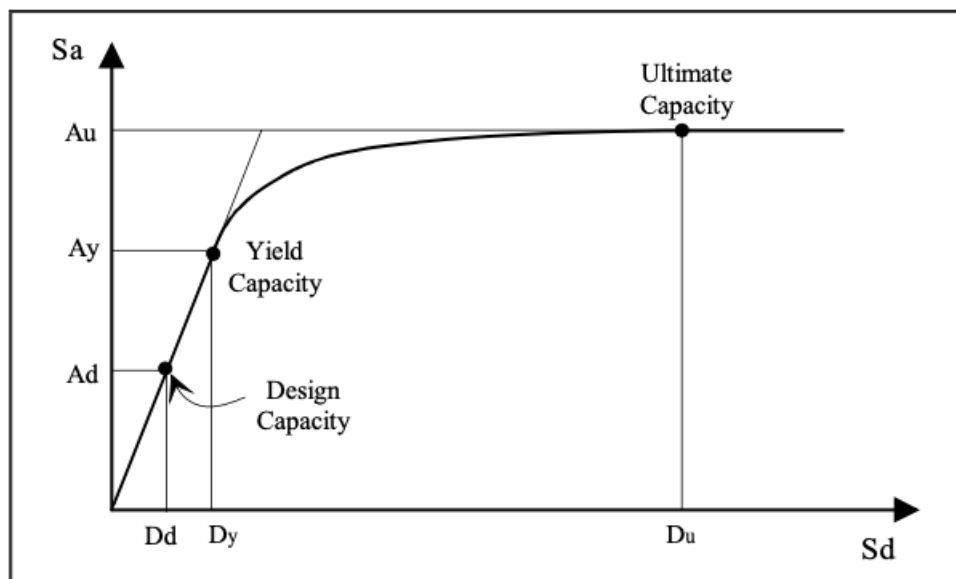


Figura 2.3: Exemplo de espectro de capacidade [7].

A interceção entre o espectro de capacidade e o espectro de resposta do edifício permite calcular o seu ponto de desempenho, para uma dada ação sísmica. O ponto de desempenho é definido pela aceleração espectral (S_a) e deslocamento espectral (S_d), que farão a correspondência às curvas de fragilidade e, consecutivamente, ao estado de dano provável. O cálculo do ponto de desempenho será abordado no sub-capítulo 2.5.

2.2.2 Curvas de Fragilidade - Estados de Dano

À semelhança dos espectros de capacidade, também as curvas de fragilidade são descritas para cada categoria de edifícios com base nos mesmos parâmetros anteriormente enunciados. Cada uma das curvas de fragilidade é uma função lognormal que traduz a probabilidade de um certo estado

de dano ocorrer ou ser superado. Para cada categoria são definidas 4 curvas de fragilidade para os respectivos estados de dano, como se exemplifica na 2.4.

O HAZUS define 4 estados de dano:

- **Danos Ligeiros (ED1)** - aparecimento de fendas nos elementos de alvenaria e/ou na ligação entre elementos estruturais e não estruturais;
- **Danos Moderados (ED2)** - aparecimento de fendas consideráveis nos elementos de alvenaria e menos evidentes em elementos de betão armado, assim como ocorrência de alguns destacamentos ocasionais;
- **Danos Extensos (ED3)** - colapso de alguns elementos não estruturais ou mesmo estruturais que não implicam o colapso total da estrutura;
- **Colapso (ED4)** - colapso ou iminência de colapso de uma área considerável do edifício.

Para cada tipologia de edifícios são caracterizados de uma forma específica os 4 estados de dano, a descrição aqui apresentada procura generalizar os estados de dano para todas as categorias.

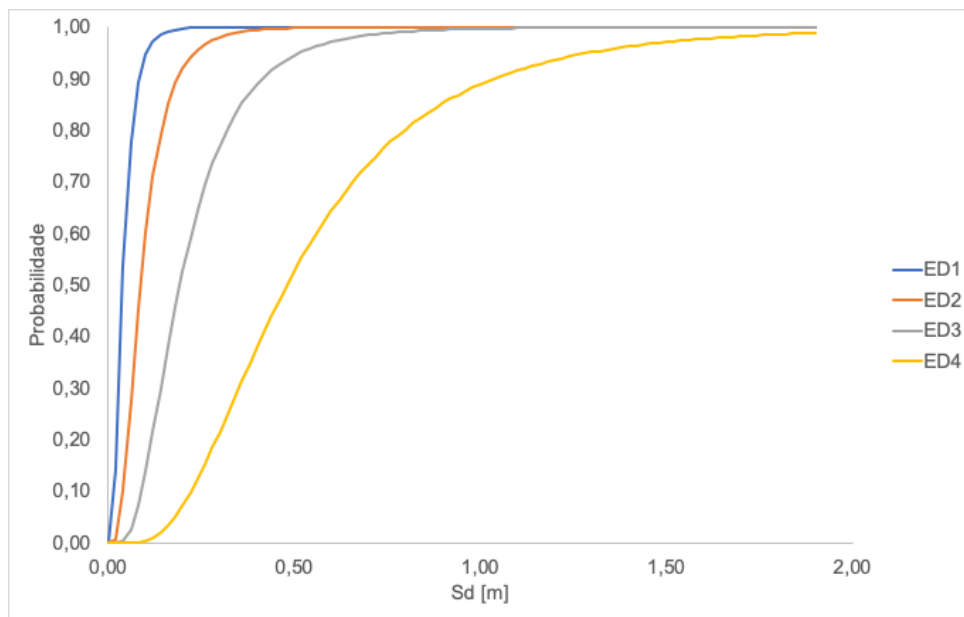


Figura 2.4: Exemplo de curvas de fragilidade.

Para cada um dos estados de dano é indicado o valor da mediana do deslocamento espectral (Sd_{ED}), assim como o desvio padrão (β_{ED}). A probabilidade do estado de dano estrutural (ed) ser igual ou superior a um determinado estado de dano (ED) obtém-se através da equação (2.11).

$$P(ed \geq EDi) = \Phi\left(\frac{\ln(Sd) - \ln(Sd_{EDi})}{\beta_{EDi}}\right) \quad (2.11)$$

ed - estado de dano estimado

EDi - estado de dano i

Sd - deslocamento espectral calculado

Sd_{EDi} - deslocamento espectral mediano do estado de dano i

β_{EDi} - desvio padrão do estado de dano i

Φ - distribuição normal cumulativa

2.3 Definição da Vulnerabilidade pelos Parâmetros do LNEC

Em 2005, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) elaborou um relatório sobre a vulnerabilidade sísmica do edificado em Lisboa, no âmbito de um projeto europeu denominado *LESSLOSS*, [8]. No relatório é feito um inventário da tipologia construtiva e época de construção dos diferentes edifícios presentes na Área Metropolitana de Lisboa. Para tal, foi aplicada uma divisão em diferentes categorias de edificado, à semelhança da divisão feita no *HAZUS*. Após se considerar a divisão feita nos Censos 2001, comparando com as categorias definidas no *HAZUS*, o LNEC definiu as seguintes categorias de edificado, indicadas na tabela 2.1. A divisão dos edifícios em altura foi efetuada de acordo com a tabela 2.2.

Tabela 2.1: Categorização do edificado em tipologia e época construtiva.

Adobe / Taipa / Alvenaria de Pedra	Qualquer época		
Alvenaria	Anterior a 1961	Entre 1961 e 1985	Posterior a 1985
Betão Armado	Anterior a 1961	Entre 1961 e 1985	Posterior a 1985

Tabela 2.2: Categorias do edificado em pisos acima do solo.

Categoria	Número de Pisos
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5 a 7
6	8 a 15
7	Mais de 15

Estas categorias foram definidas com base no comportamento sísmico das diferentes tipologias estruturais, assim como nos anos de introdução da regulamentação de projeto, nomeadamente a entrada em vigor do "Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos" [9], em 1958, e do "Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes" [10], em 1983/1985.

Para cada uma das categorias o relatório fornece os parâmetros que definem o espectro de capacidade e as curvas de fragilidade, ajustados à realidade do edificado de Lisboa, como se exemplifica na figura 2.5. Apesar da amostra deste estudo ser o edificado específico da Área Metropolitana de

Lisboa, acredita-se que possa ser uma base de informação mais fidedigna à realidade portuguesa que os parâmetros do HAZUS.

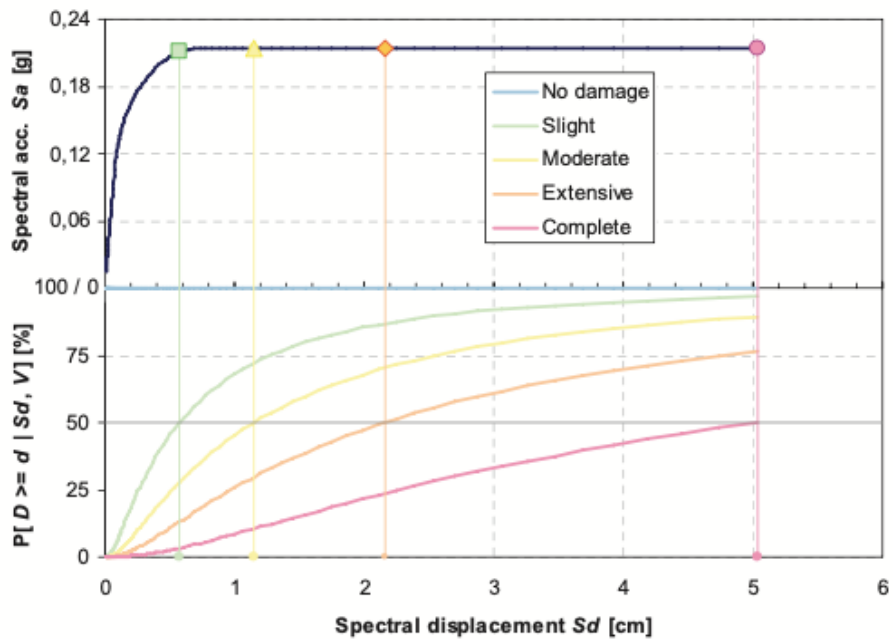


Figura 2.5: Exemplo dos espectros de capacidade e curvas de fragilidade [8].

2.4 Definição da Perigosidade Sísmica

A ação sísmica pode ser definida conforme as disposições do Eurocódigo 8 - Parte 1 (EC8), [11]. O espectro de resposta elástico horizontal é definido pelas equações (2.12).

$$0 \leq T \leq T_b : S_e(T) = a_g \cdot g \cdot \left(1 + \frac{T}{T_b} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1)\right) \quad (2.12a)$$

$$T_b \leq T \leq T_c : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (2.12b)$$

$$T_c \leq T \leq T_d : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right) \quad (2.12c)$$

$$T_d \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_d}{T^2}\right) \quad (2.12d)$$

$S_e(T)$ - espectro de resposta elástico

T - período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade

a_g - valor de cálculo da aceleração à superfície para um terreno do tipo A

T_b - limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante

T_c - limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante

T_d - valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante

S - coeficiente de solo

η - coeficiente de correção do amortecimento

O valor de referência do coeficiente de correção de amortecimento é tomado como 1, para um amortecimento viscoso de 5%. O valor de cálculo da aceleração à superfície calcula-se através do coeficiente de importância, através da equação (2.13), enquanto o coeficiente de solo calcula-se através das equações (2.14). Os valores de referência são indicados pela Norma Portuguesa EN 1998-1, [12].

$$a_g = a_{gr} \cdot \gamma_I \quad (2.13)$$

$$a_g \leq 1m/s^2 : \quad S = S_{max} \quad (2.14a)$$

$$1m/s^2 < a_g < 4m/s^2 : \quad S = S_{max} - \frac{S_{max} - 1}{3} \cdot (a_g - 1) \quad (2.14b)$$

$$a_g \geq 4m/s^2 : \quad S = 1 \quad (2.14c)$$

Considerando as equações anteriormente mencionadas, o espectro de resposta adquire a forma exemplificada na figura 2.6. De forma a representar a resposta em deslocamento-aceleração, o que será relevante no cálculo do ponto de desempenho, o EC8 indica a equação (2.15). Esta transformação no eixo das abcissas dá origem ao espectro de resposta exemplificado na figura 2.7.

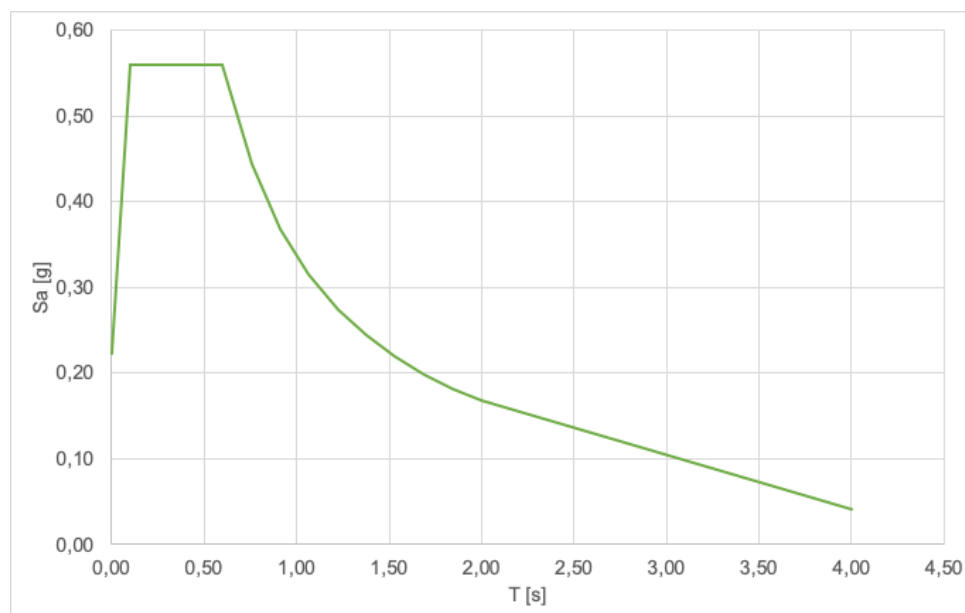


Figura 2.6: Exemplo de espectro de resposta elástico.

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad (2.15)$$

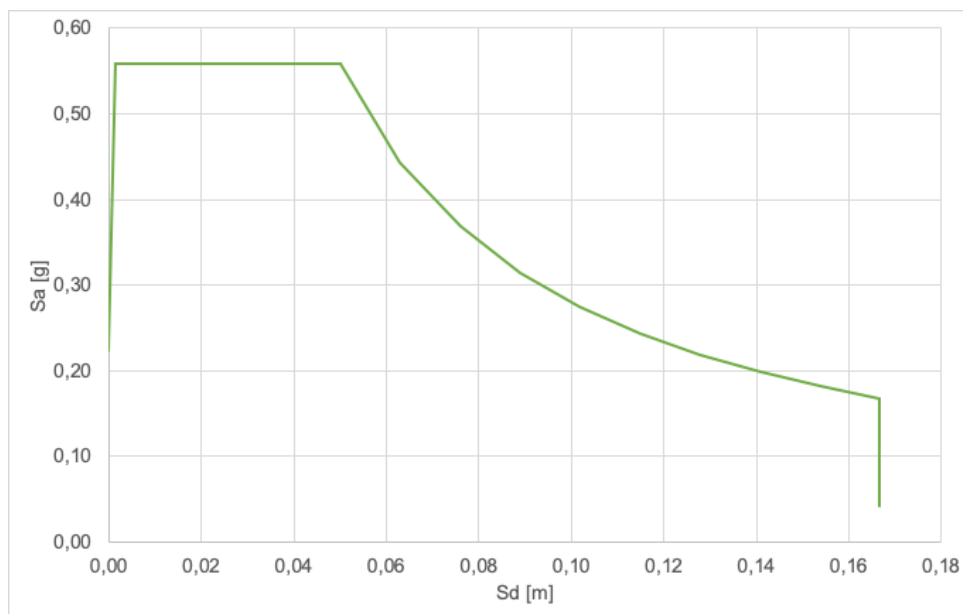


Figura 2.7: Exemplo de espectro de resposta elástico (aceleração-deslocamento).

Esta forma de representar o espectro de resposta é vulgarmente denominada de *Acceleration-Displacement Response Spectrum (ADRS)*. Pela relação anteriormente enunciada, neste formato o período passa a ser representado por uma reta que passa na origem, cujo declive diminui com o aumento do período.

Salienta-se ainda a distinção entre dois tipos de sismicidade: Tipo 1 e Tipo 2. Enquanto a sismicidade Tipo 1 é caracterizada por uma grande magnitude com epicentro na região atlântica, designado como sismo "afastado", a sismicidade Tipo 2 é caracterizada por magnitude moderada com epicentro no território continental ou na região dos Açores, designado como sismo "próximo". Cada um dos tipos de ação sísmica irá interagir com o edifício de forma distinta, pelo que é necessário, em Portugal continental, analisar ambos os espectros de resposta. A NP EN 1998-1 estabelece valores característicos para cada um dos tipos de sismicidade consoante a zona sísmica e tipo de terreno, como se ilustra nas tabelas 2.3 a 2.5.

Tabela 2.3: Parâmetros caracterizadores do espectro de resposta para ação sísmica do Tipo 1 [12].

Tipo de Terreno	S_{max}	$T_b[s]$	$T_c[s]$	$T_d[s]$
A	1,00	0,1	0,6	2,0
B	1,35	0,1	0,6	2,0
C	1,60	0,1	0,6	2,0
D	2,00	0,1	0,8	2,0
E	1,80	0,1	0,6	2,0

Tabela 2.4: Parâmetros caracterizadores do espectro de resposta para ação sísmica do Tipo 2 [12].

Tipo de Terreno	S_{max}	$T_b[s]$	$T_c[s]$	$T_d[s]$
A	1,00	0,1	0,25	2,0
B	1,35	0,1	0,25	2,0
C	1,60	0,1	0,25	2,0
D	2,00	0,1	0,30	2,0
E	1,80	0,1	0,25	2,0

Verifica-se que o período limite de cada um dos ramos do espectro de resposta para cada um dos tipos de sismicidade é idêntico, excetuando para o tipo de terreno D. A maior influência do tipo de terreno está justamente no coeficiente de solo máximo.

Tabela 2.5: Aceleração máxima de referência por zona [12].

Ação Sísmica Tipo 1		Ação Sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	$a_{gR}[m/s^2]$	Zona Sísmica	$a_{gR}[m/s^2]$
1.1	2,50	2.1	2,50
1.2	2,00	2.2	2,00
1.3	1,50	2.3	1,70
1.4	1,00	2.4	1,10
1.5	0,60	2.5	0,80
1.6	0,35	-	-

Para cada localização no território português faz-se corresponder uma das zonas sísmicas identificadas. Essa correspondência está disposta na NP EN 1998-1 para a ação sísmica do Tipo 1 e Tipo 2. É ainda referido na NP EN 1998-1 o valor do coeficiente de importância a considerar consoante a classe de importância do edifício e o tipo de sismo, como se ilustra na tabela 2.6, neste caso para Portugal continental.

Tabela 2.6: Coeficiente de Importância [12].

Classe de Importância	Tipo 1	Tipo 2
I	0,65	0,75
II	1,00	1,00
III	1,45	1,25
IV	1,95	1,50

O coeficiente de importância determina-se pela classe de importância do edifício em causa, influenciando a ação de referência. O significado deste coeficiente está relacionado com o período de retorno considerado, sendo que quanto mais alto for maior é o período de retorno. A ação de referência é calculada para um período de retorno de 475 anos.

2.4.1 Caracterização do Tipo de Terreno

O tipo de terreno de fundação de um edifício é um parâmetro imprescindível no cálculo da ação sísmica. O EC8 define os tipos de terreno de fundação através de vários parâmetros, sendo que um deles é o $V_{s,30}$, que por definição descreve o valor médio da velocidade de propagação de ondas S nos 30 metros superiores do perfil do solo para deformações por corte iguais ou inferiores a 10^{-5} . No EC8 são estabelecidos intervalos para a velocidade de propagação para cada tipo de terreno, como se ilustra na tabela 2.7. Para além das categorias de terreno de A a D, o EC8 ainda estabelece as categorias E, S1 e S2, mas pela especificidade dos mesmos não se considerou relevante ao presente trabalho.

Tabela 2.7: Classificação do tipo de terreno conforme o EC8 [11].

Tipo de Terreno	Descrição do Perfil	$V_{s,30}[m/s]$
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	≥ 800
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rijas, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360-800
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180-360
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	<180

De forma a classificar o tipo de terreno em todas as localizações dos estabelecimento hospitalares, procurou-se uma metodologia generalista que conseguisse indicar um tipo de terreno aproximado, visto que não se dispunha de informação verificada ou especializada. Em 2018, foi publicado um procedimento de determinação do $V_{s,30}$ para Portugal continental, [13]. Esta metodologia desenvolveu-se à volta de uma amostra de pontos conhecidos por intermédio de ensaios, e abordou duas teorias distintas:

- Relação entre a velocidade de propagação e a topografia local - apesar de não haver uma relação física direta a teoria assenta no pressuposto de que materiais mais resistentes e com maior velo-

cidade de propagação serão capazes de sustentar declives topográficos maiores, ao contrário de materiais pouco resistentes/coesos;

- Relação entre a velocidade de propagação e os tipos de formações geológicas - baseada nas características físicas dos diferentes tipos de formações geológicas, que influenciam a velocidade de propagação.

A classificação das formações geológicas foi maioritariamente feita nas cartas geológicas à escala 1:50 000 disponibilizadas pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Em alguns casos onde não estão publicadas cartas geológicas à escala 1:50 000 utilizaram-se cartas de menor escala.

Apesar de os autores explorarem as duas teorias, chegou-se à conclusão que a relação topográfica era fraca, apesar de ser possível retirar correlações para certos tipos de solo. Na classificação em relação às formações geológicas, o estudo diferencia 6 classificações de terreno que, posteriormente, por análises estatísticas de significância, reduz para 3 classificações, como se ilustra na tabela 2.8. Os valores da velocidade de propagação tratam-se dos valores medianos da distribuição.

Tabela 2.8: Classificação do tipo de terreno conforme [13].

Tipo de Terreno	Formação Geológica	$V_{s,30}[m/s]$
F1	Formações Ígneas, Metamórficas e Sedimentares antigas	829
F2	Formações do Neogénico e Plistocénico	470
F3	Formações do Holocénico	237

Desta forma, o resultado para a distribuição de valores de velocidade de propagação em Portugal continental é o ilustrado na figura 2.8. Os valores de velocidade de propagação obtidos pela metodologia proposta, correspondidos aos intervalos dispostos no EC8, permitem efetuar a classificação do tipo de terreno para todos os estabelecimento hospitalares que, posteriormente, permite calcular o espectro de resposta.

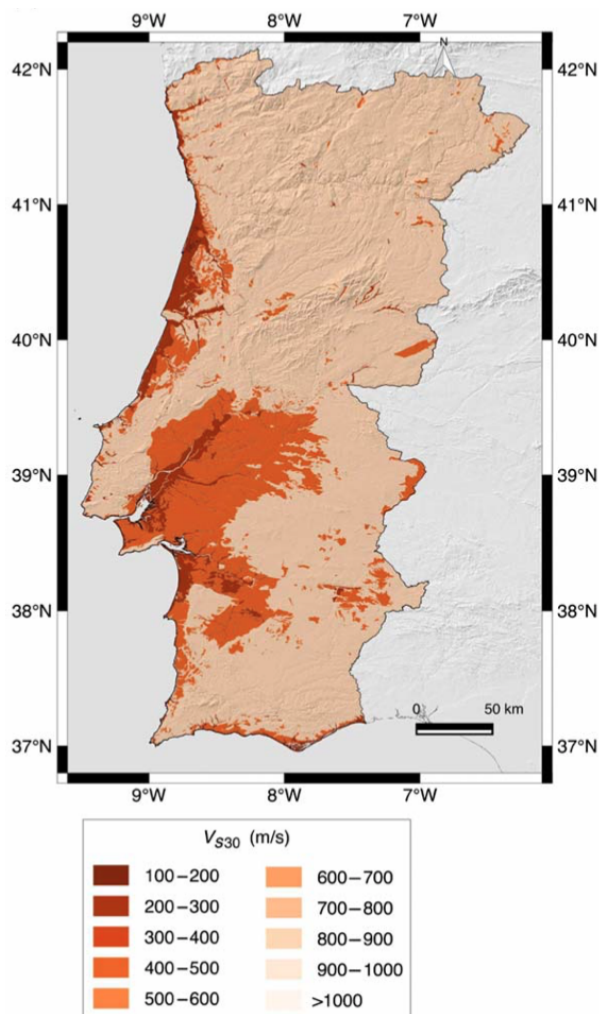


Figura 2.8: Distribuição de valores medianos de $V_{s,30}$ para Portugal continental [13].

2.5 Método do Espectro de Capacidade

Após a obtenção do espectro de capacidade e de resposta associado à localização e ao próprio edifício em causa, é necessário descobrir o ponto de desempenho. Este ponto resulta da interseção de ambos os espectros, capacidade e resposta, e estima o deslocamento e aceleração espectral a que o edifício estará sujeito.

De entre as várias metodologias existentes para determinar o ponto de desempenho, destaca-se a desenvolvida pela ATC em 1996, denominada de *Capacity Spectrum Method*, [14]. Esta metodologia iterativa tem como vantagem a sua fácil aplicação a folhas de cálculo automático, assim como a facilidade e rapidez de aplicação, fatores importantes a considerar na análise de uma amostra de grandes dimensões.

Esta metodologia de análise não linear simplificada assenta sobre o pressuposto de considerar o amortecimento viscoso na redução do espectro de resposta, por oposição à consideração exclusiva do amortecimento elástico. Outro fator que distingue esta de outras metodologias prende-se com o facto de considerar o amortecimento efetivo após cada iteração, em vez de considerar um dado amortecimento

efetivo estimado como valor final. São disponibilizados três procedimentos de cálculo do ponto de desempenho:

- **Procedimento A** - processo iterativo, facilmente aplicável a folhas de cálculo e com uma abordagem gráfica, apesar de ser baseada em fórmulas numéricas;
- **Procedimento B** - mais expedito que o procedimento A em que é introduzida a simplificação de considerar apenas dois ramos lineares do espectro de capacidade, com a dificuldade acrescida de identificar em que casos esta é uma simplificação aceitável;
- **Procedimento C** - processo gráfico indicado para cálculo manual (simplificado).

O procedimento C foi facilmente deixado de parte dada a dimensão da amostra em estudo. Pelo mesmo argumento, entre os procedimentos A e B adotou-se o primeiro, devido à dificuldade de identificar em que casos a simplificação proposta no procedimento B seria aceitável ou, por outro lado, grosseira, o que levaria à aplicação do procedimento A para parte da amostra. Desta forma, aplicou-se o procedimento A à totalidade da amostra. Em seguida descreve-se os passos que levam ao desenvolvimento do procedimento A:

1. Cálculo do espectro de resposta elástico em aceleração-deslocamento para um coeficiente de amortecimento de 5%;
2. Cálculo do espectro de capacidade em aceleração-deslocamento;
3. Obtenção de um ponto de teste para iniciar o processo iterativo, que pode ser calculado pelo deslocamento característico lido no espectro de resposta elástico para o período elástico do edifício;
4. Desenvolvimento da representação do espectro de capacidade bilinear;
5. Determinação do fator de redução do espectro de resposta e cálculo do espectro de solicitação;
6. Determinação do ponto de interseção entre o espectro de solicitação e de capacidade;
7. Verificação da margem aceitável entre o ponto de teste e o ponto determinado no passo anterior;
8. Caso o ponto determinado anteriormente não esteja dentro da margem aceitável, efetuar nova iteração, voltando ao passo 4, em que o ponto determinado no passo 6 passa a ser o novo ponto de teste.

O ponto de teste inicial pode ser determinado pela abcissa do espectro de resposta em que o período coincide com o período elástico do edifício, como se demonstra na figura 2.9.

Determinado o ponto de teste, é necessário efetuar a bilinearização do espectro de capacidade. O princípio base desta transformação é que a integração do espectro de capacidade como da respetiva bilinearização, entre a origem e o ponto de teste, seja de igual valor. Sabendo que o declive inicial será igual ao período elástico do edifício, resta variar o declive da segunda função até que a condição anterior seja cumprida, como se ilustra na figura 2.10.

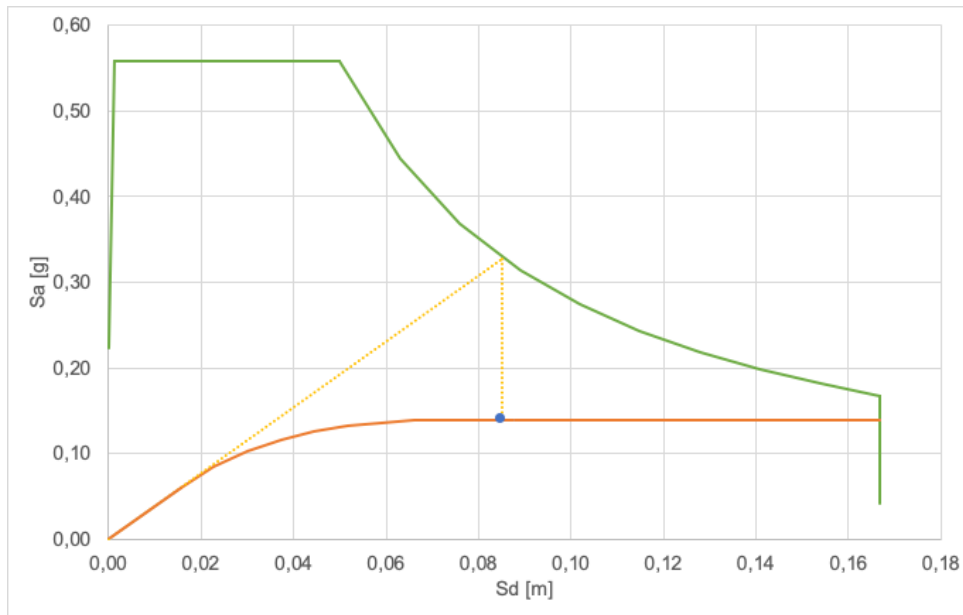


Figura 2.9: Determinação do ponto de teste inicial.

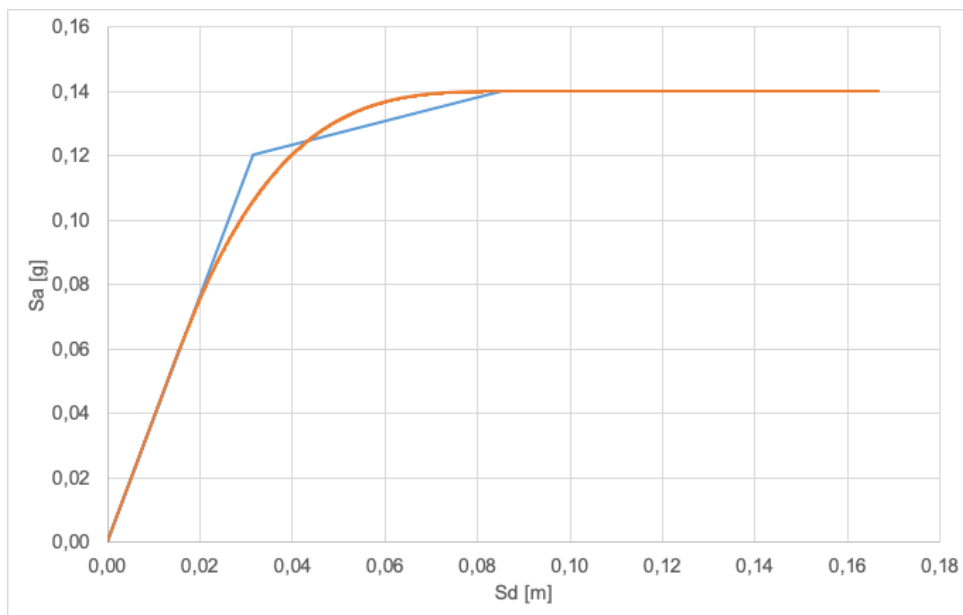


Figura 2.10: Bilinearização do espectro de capacidade.

O amortecimento histerético é um efeito do comportamento não linear da estrutura quando solicitada além do seu comportamento elástico linear. A dissipação de energia ao longo dessa deformação plástica da estrutura, que se pode quantificar pela área compreendida pelo ciclo histerético descrito na figura 2.11, amortece adicionalmente os efeitos da ação sísmica.

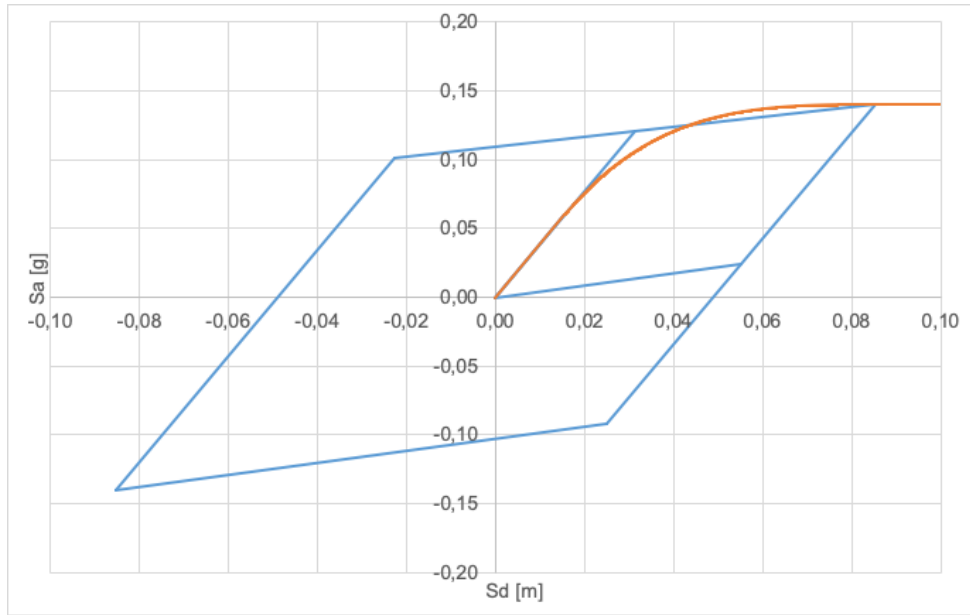


Figura 2.11: Representação ciclo de histerese.

Determinados o ponto de teste (api, dpi) e o ponto que limita ambos os troços lineares (ai, di), como se ilustra na figura 2.12, procede-se ao cálculo do amortecimento viscoso histerético.

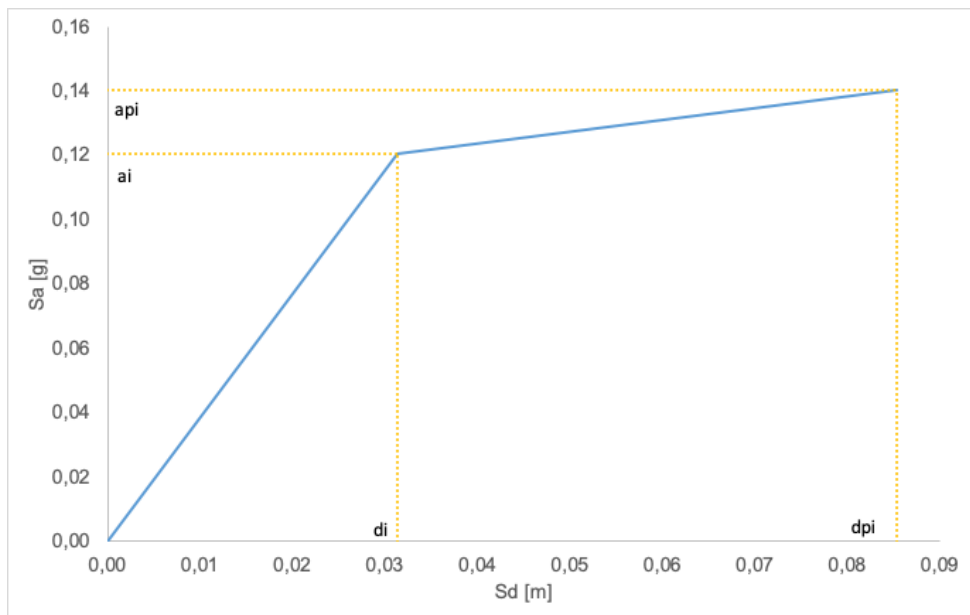


Figura 2.12: Representação bilinear do espectro de capacidade.

O amortecimento histerético pode ser tido em conta como amortecimento viscoso equivalente, de acordo com as equações (2.16) a (2.19, [14]).

$$E_D = 4 \cdot (ai \cdot dpi - di \cdot api) \quad (2.16)$$

$$E_{So} = \frac{a_{pi} \cdot d_{pi}}{2} \quad (2.17)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{E_D}{E_{So}} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{a_i \cdot d_{pi} - d_i \cdot a_{pi}}{a_{pi} \cdot d_{pi}} \quad (2.18)$$

$$\beta_{eff} = \kappa\beta_0 + 5 \quad (2.19)$$

E_D - energia dissipada por amortecimento

E_{So} - energia associada ao pico da deformação

β_0 - coeficiente de amortecimento histerético

β_{eff} - coeficiente de amortecimento viscoso equivalente

κ - fator de correlação do ciclo de histerese idealizado

O fator de correlação considerado é dividido em três classes, de A a C, onde a classe A é a que se considera que o ciclo de histerese real do edifício se aproxima melhor ao ciclo idealizado, ao contrário da classe C em que se considera o ciclo de histerese real menos suavizado. O fato de correlação diminui de A para C, sendo que também é prevista uma redução a partir de certos valores do coeficiente de amortecimento, como se ilustra na tabela 2.9.

Tabela 2.9: Fator de correlação do ciclo de histerese [14].

Classe	β_0 [%]	κ
A	$\leq 16,25$	1,0
	$> 16,25$	$1,130 - \frac{0,51 \cdot (a_i \cdot d_{pi} - d_i \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$
B	$\leq 25,00$	0,67
	$> 25,00$	$0,845 - \frac{0,446 \cdot (a_i \cdot d_{pi} - d_i \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$
C	Qualquer Valor	0,33

O cálculo do amortecimento viscoso equivalente permite calcular o espectro de solicitação, que resulta da redução do espectro de resposta. Ao sobrepor o espectro de solicitação e o de capacidade, é possível determinar o ponto de interseção, como se exemplifica na figura 2.13.

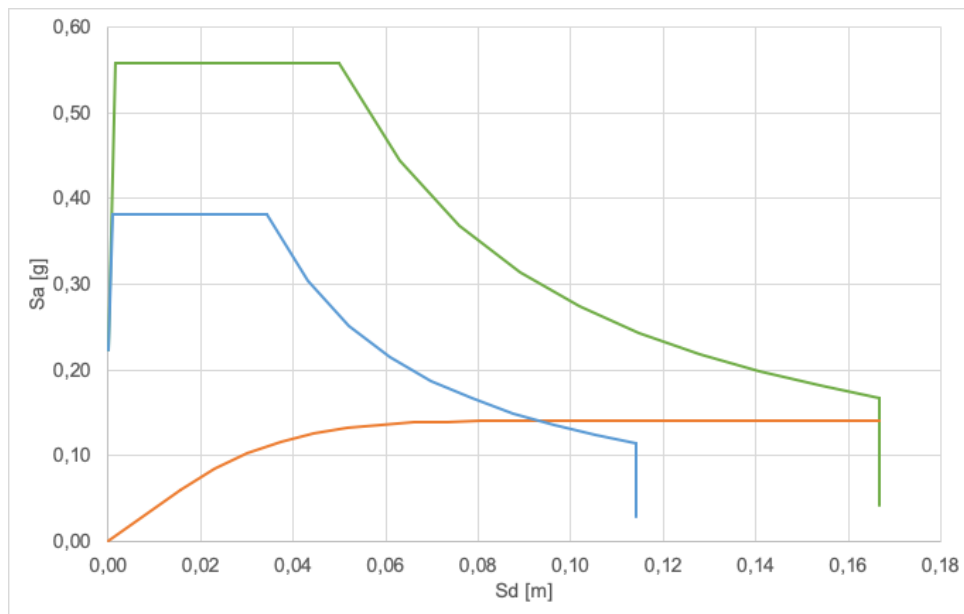


Figura 2.13: Representação do espectro de capacidade, de resposta e de solicitação.

Caso a diferença entre o ponto de teste e o ponto de interseção seja superior a 5%, o ponto de interseção passa a ser considerado o novo ponto de teste e recomeça-se uma nova iteração, até que esta condição seja cumprida. O ponto final a ser considerado representa a estimativa do comportamento do edifício para as condições idealizadas.

Capítulo 3

Caracterização do Parque Hospitalar e Metodologia de Avaliação do Risco Sísmico

A sequência de implementação explicitada no presente capítulo é ilustrada na figura 3.1. Começa-se por abordar a recolha de informação relativa aos edifícios que, juntamente com os parâmetros do LNEC, dão origem à avaliação de vulnerabilidade. Paralelamente, a classificação do tipo de terreno dos estabelecimentos aplicada às disposições da NP EN 1998-1 dão origem à ação sísmica de cada estabelecimento. Após a caracterização da vulnerabilidade e ação sísmica de cada edifício, é aplicada a metodologia do ATC-40 de forma a calcular o ponto de desempenho. A interação entre o ponto de desempenho e as curvas de fragilidade traduz-se na probabilidade de ocorrência dos diferentes estados de dano que, por intermédio de um único índice de risco, culmina na lista hierarquizada de risco sísmico.

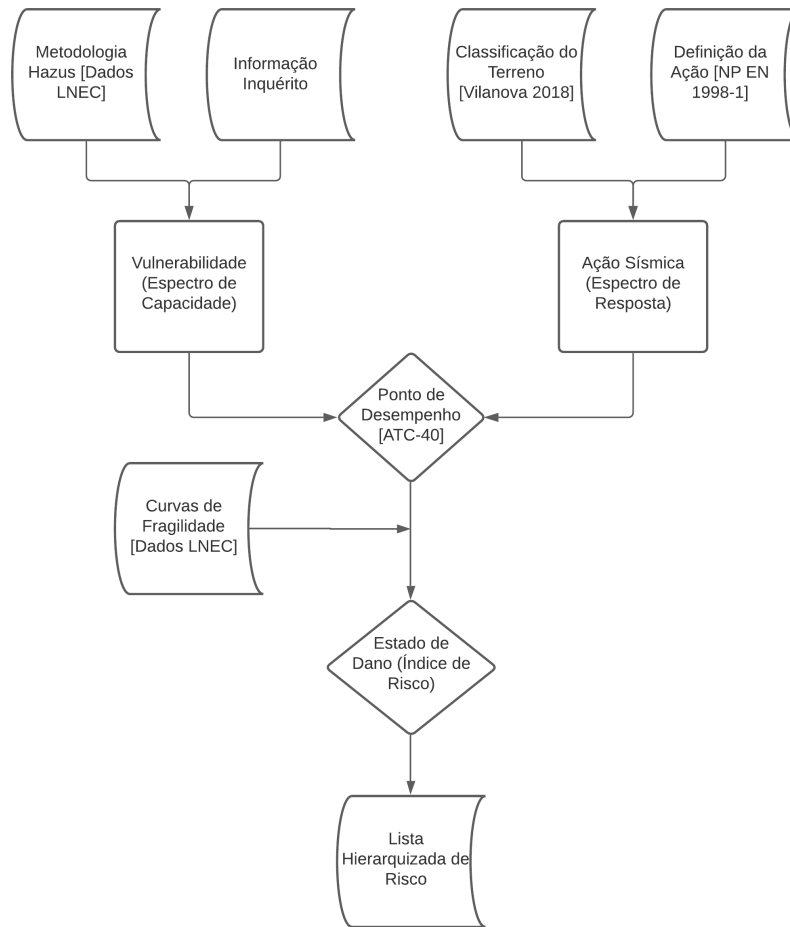


Figura 3.1: Sequência de implementação.

3.1 Parque Hospitalar Público de Portugal Continental

3.1.1 Recolha da Base de Dados

O parque hospitalar público de Portugal continental é composto por 97 estabelecimentos, sendo que a maior parte destes conta com mais do que um edifício e alguns deles ultrapassam a dezena de edifícios.

Da pesquisa sobre trabalhos executados nesta área sobre o parque hospitalar, não foi encontrado nenhum que satisfizesse uma análise global e comparativa entre todos os edifícios sobre o seu risco sísmico estrutural. O trabalho de Miguel Snow [15] reflete sobre a importância relativa dos equipamentos hospitalares num evento sísmico, atribuindo uma hierarquização aos mesmos com base numa análise de decisão multi-critério. Outros trabalhos tratam o risco sísmico estrutural mas com o intuito de analisar um edifício ou edifícios de uma dada região do país [16–18]. Estes trabalhos foram consultados como forma de escolher e calibrar a metodologia utilizada no presente trabalho.

No que concerne à informação relativa aos estabelecimentos hospitalares e aos edifícios que os compõem, a ACSS dispõe de uma base de dados disponível *online*. Inicialmente, alguma informação sobre o edificado do parque hospitalar foi remetida pela ACSS, como se descreve:

- Localização (concelho e coordenadas);
- Data de construção / inauguração;
- População afeta por estabelecimento;
- Zona sísmica segundo o Eurocódigo 8;
- Tipo de serviço de urgências;
- Especialidades médicas disponíveis;
- Número e características dos edifícios de cada estabelecimento.

Algumas destas informações demonstraram-se pouco úteis, quer pelo facto de estarem incompletas, quer por não coincidirem com os requisitos necessários à análise. A população afeta a cada um dos estabelecimentos foi definida por concelho, o que significa assumir que os cidadãos vão se servir ao hospital do seu próprio concelho e não necessariamente ao mais próximo, de mais rápido acesso ou mais confiável. Pelos dados fornecidos também não é possível determinar a afluência a cada um dos estabelecimentos quando existe mais que um no mesmo concelho, da mesma forma que não é contemplada a existência de estabelecimentos hospitalares privados. Quanto ao número e características dos edifícios de cada estabelecimento, foram considerados edifícios em termos administrativos e médicos, não refletindo a divisão em edifícios fisicamente distintos, nem tanto em corpos estruturalmente independentes. A título de exemplo, nesta divisão administrativa pode ser considerado o edifício "pediátrico", que na verdade descreve a ala de pediatria que está instalada em dois edifícios distintos. Também se verificou que nem todos os estabelecimentos estavam listados por esta base de dados relativa ao edificado ser já antiga. Obter este tipo de informação específica sobre o edificado mostrou-se uma dificuldade devido à descentralização da mesma, sendo um esforço que está agora a ser desenvolvido pela ACSS. Uma das informações facultada pela ACSS de que se utilizou no âmbito do presente estudo faz referência ao tipo de urgências. Os serviços de urgências podem ser caracterizados em três níveis distintos:

- Básico
- Médico Cirúrgico
- Polivalente

O Serviço de Urgências Básico normalmente cinge-se a intervenções simples e, quando necessário, diligenciar a mudança de pacientes mais graves para outros serviços, com as especialidades requeridas. O serviço de Urgência Médico-cirúrgico já contempla uma preparação avançada para cirurgia geral, interna e ortopedia. O nível mais especializado de serviço de urgências, Serviço de Urgência Polivalente (SUP), para além das valências do nível anterior, dispõe ainda de cardiologia de intervenção, cirurgia cardiotorácica, cirurgia plástica e reconstrutiva, cirurgia vascular e neurocirurgia, para além de laboratórios com capacidade de análise toxicológica, entre outras valências específicas a cada estabelecimento. Esta informação foi utilizada no âmbito da apresentação de resultados.

De forma a aplicar a metodologia explicitada no capítulo anterior, foi necessário criar uma forma de recolher a informação necessária. Devido à falta de enquadramento da informação fornecida pela ACSS aos requisitos próprios da metodologia aplicada, chegou-se à conclusão de ser necessário efetuar uma campanha de recolha de dados, com o objetivo específico de originar uma base de dados de apoio ao presente trabalho, assim como atualizar a informação detida pela ACSS. Após considerações de várias alternativas, concluiu-se que a opção viável seria um questionário *online* que fosse direcionado diretamente aos gabinetes responsáveis pela manutenção e obras dos diferentes estabelecimentos de saúde. O questionário foi programado com recurso a um formulário *online*, consistindo num questionário referente à informação acerca dos *campi* e outro referente à informação de cada um dos edifícios. O conteúdo de ambos os questionários está esquematizado na figura 3.2. Nas questões em que tal foi possível, as respostas foram realizadas em escolha múltipla, de forma a serem uniformes a todas as submissões. Também foram definidas questões de carácter obrigatório, essenciais à aplicação da metodologia, e outras opcionais em que seria de esperar alguma dificuldade no preenchimento por parte dos estabelecimentos. A título de exemplo, refere-se a questão opcional relativa ao tipo de terreno de fundação conforme as categorias do Eurocódigo, em que houve estabelecimentos que conseguiram facultar essa informação por terem desenvolvido intervenções ou prospeções recentes, enquanto a maioria não conseguiu precisar tal informação.

Em ambos os questionários foi explicitado que a consideração de edifício seria um "bloco estrutural que se encontre separado de outros ou que, sendo adjacente a outros, esteja desses separado por juntas estruturais", para dessa forma direccionar corretamente os responsáveis pelo preenchimento à divisão estrutural e não administrativa.

Ao longo do período definido para a receção de respostas ao questionário foi efetuada uma análise constante à informação rececionada. Esta análise teve como objetivo identificar diversas situações como: informação não expectável que pudesse demonstrar incorreta interpretação das questões; duplicação de respostas; submissão parcial de informação relativa aos edifícios; monitorização de correções às submissões anteriores. Ao verificar alguma destas situações, os responsáveis foram contactados de forma a esclarecê-las.

Com recurso aos canais de comunicação da ACSS os questionários foram divulgados pelos estabelecimentos hospitalares, obtendo 78 respostas de um total de 97 estabelecimentos. Dos estabelecimentos que não submeteram nenhuma resposta aos questionários foi sumariada alguma informação a que se conseguiu aceder, tanto nas bases de dados da ACSS como em informação publicamente disponível. Adicionalmente, foram feitos alguns contactos por email com os gabinetes dos estabelecimentos que ainda não haviam respondido, de forma a obter algumas informações básicas mas essenciais à análise.

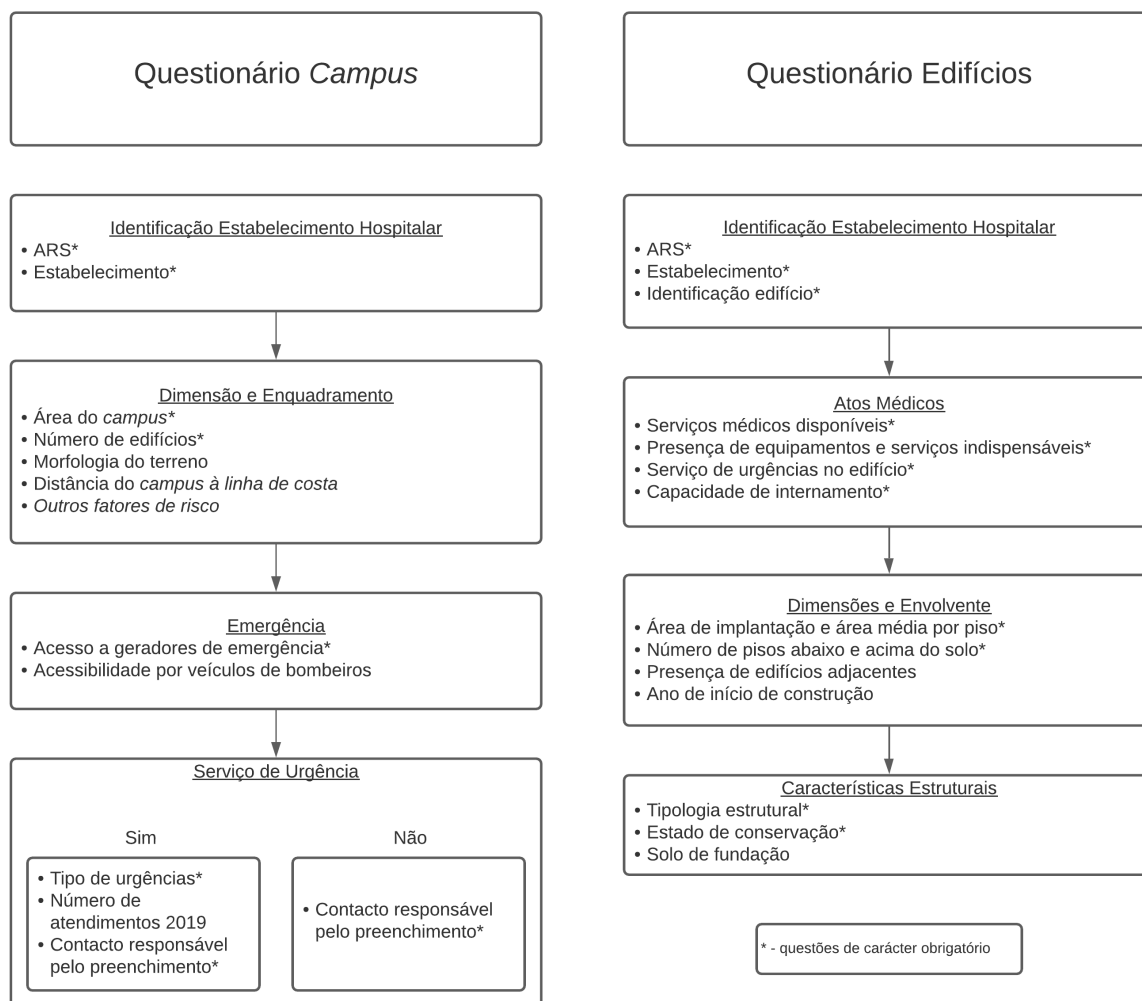


Figura 3.2: Conteúdo dos questionários.

3.1.2 Classificação da Informação

De toda a informação recebida, a essencial à utilização da metodologia cinge-se a três pontos:

- Tipologia estrutural;
- Número de pisos acima do solo;
- Época de construção.

O número de pisos acima do solo foi classificado de acordo com as categorias do LNEC, como se descreve na tabela 2.2. A classificação dos edifícios em tipologia estrutural e época de construção também foi executada de acordo com as categorias estabelecidas pelo LNEC, como se mostra na tabela 3.1. Desta forma, para qualquer edifício foi atribuído uma categoria de tipologia construtiva (1 a 7) e outra referente ao número de pisos (1 a 7), resultando num total de 49 categorias possíveis.

Tabela 3.1: Categorias do edificado.

Tipologia Construtiva / Época Construtiva	Anterior a 1961	1961-1985	Posterior a 1985
Adobe / Taipa / Alvenaria de Pedra		1	
Alvenaria	2	3	4
Betão Armado	5	6	7

No total, foram declarados 602 edifícios isolados, em que a sua distribuição por tipologia construtiva e por número de pisos está exposta na figura 3.3 e 3.4, respetivamente.

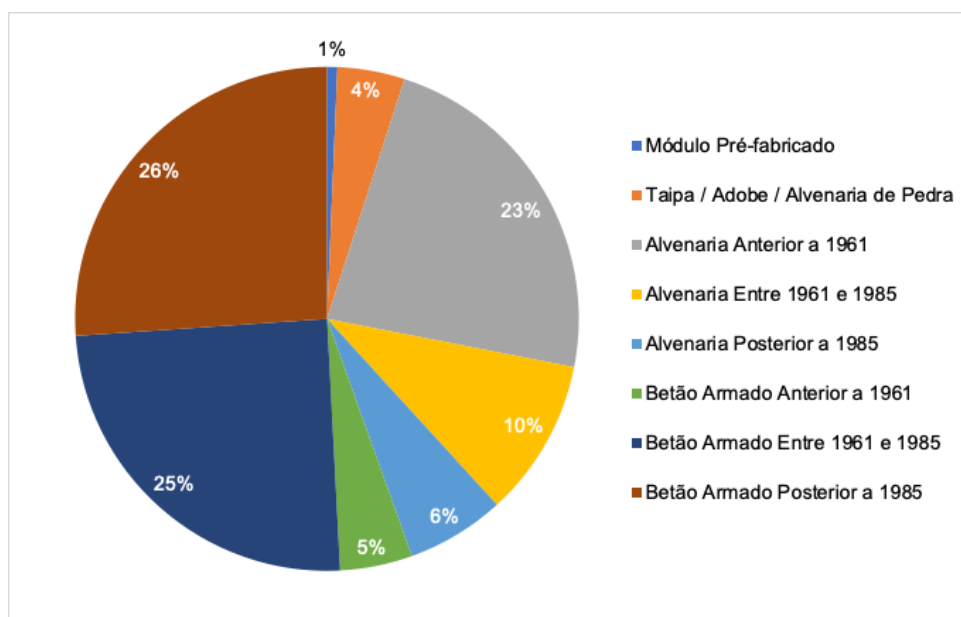


Figura 3.3: Distribuição por tipologia construtiva.

Os edifícios de betão armado representam mais de metade da amostra (56%), relativamente a 39% de alvenaria e apenas 4% de taipa / adobe / alvenaria de pedra.

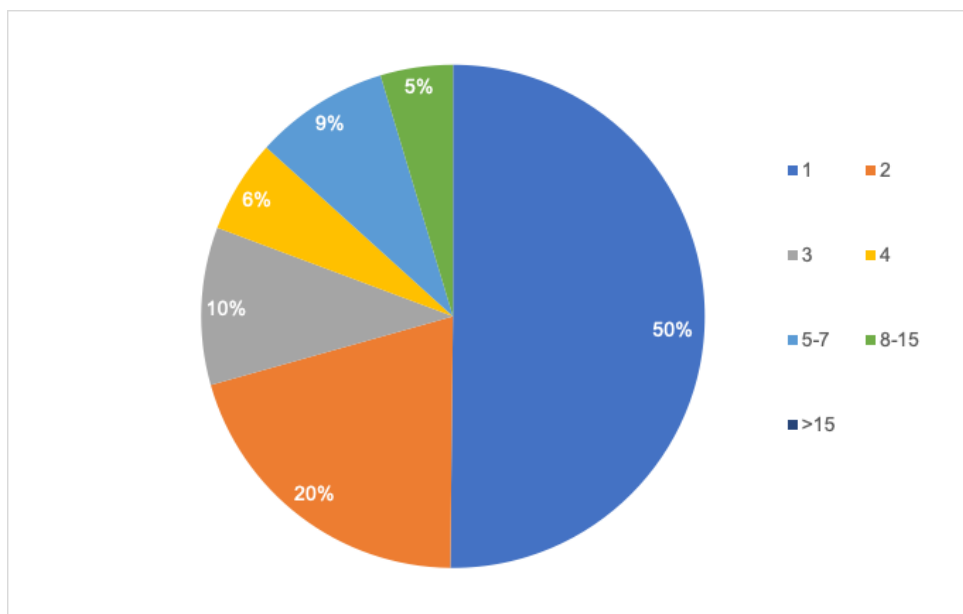


Figura 3.4: Distribuição por número de pisos acima do solo.

Quanto ao número de pisos acima do solo, os edifícios de apenas um piso representam metade da amostra, sendo que a distribuição de edifícios vai diminuindo com o aumento do número de pisos. A única categoria onde esta tendência se altera é na dos edifícios entre 5 e 7 pisos, mas há que considerar que é a primeira categoria que inclui edifícios englobados num intervalo de pisos, e não de um único número de pisos. Refere-se ainda que não foi identificado nenhum edifício de categoria 7 (com mais de 15 pisos).

Na figura 3.5 está ilustrada a distribuição de edifícios por tipologia construtiva por ARS.

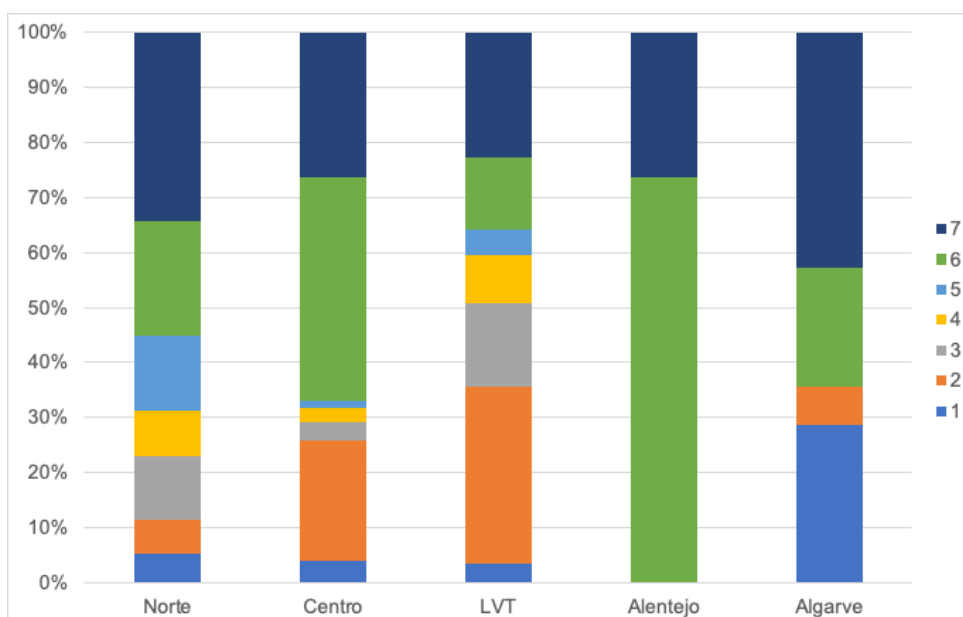


Figura 3.5: Distribuição de edifícios por tipologia construtiva por ARS.

Apesar da ARS do Alentejo apresentar apenas duas tipologias é relevante notar que a dimensão da amostra nesta região é muito pequena. A região do Algarve tem a maior percentagem em edifícios de taipa / adobe / alvenaria de pedra, enquanto a região de Lisboa e Vale do Tejo tem a maior percentagem de edifícios de alvenaria. A região do Norte apresenta a distribuição mais equitativa por tipologia construtiva.

Na figura 3.6 está ilustrada a distribuição dos edifícios por tipologia construtiva por época de construção. Analisando o número de edifícios de cada época indicia-se que o parque hospitalar público de Portugal continental não tem sido alvo de uma atualização gradual. Entre 1961 e 1985, decorridos 25 anos, foram construídos 210 edifícios hospitalares, enquanto de 1986 à atualidade, decorridos 36 anos, foram construídos 197. Refere-se que estes dados são referentes a blocos estruturalmente separados de outros, pelo que não é possível retirar conclusões efetivas sobre o nível de investimento e renovação do edificado hospitalar público. Refere-se ainda que os edifícios da categoria taipa / adobe / alvenaria de pedra e pré-fabricados não constam neste gráfico pelo facto de se desconhecer a data exata de construção. Como seria de esperar, verifica-se que ao longo dos tempos, a alvenaria estrutural vai sendo cada vez menos utilizada, inversamente ao que acontece com o betão armado.

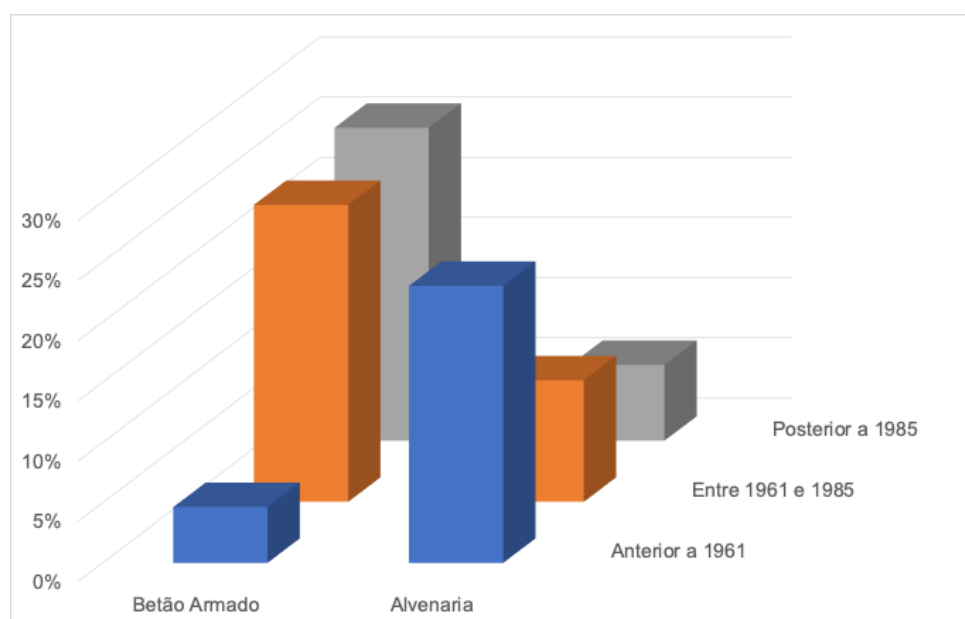


Figura 3.6: Distribuição por Época de Construção.

Na figura 3.7 ilustra-se a distribuição global dos edifícios pela totalidade das categorias. No desenvolvimento de análise do risco sísmico não serão considerados os edifícios pré-fabricados, tanto pelo facto de não haver parâmetros específicos para tal com a mesma génese que todas as outras categorias, como pelo facto de se considerarem estruturas teoricamente provisórias e, portanto, desconhecida a sua real situação de implantação. Estes edifícios totalizam 4 exemplos da amostra de 602, todos com um piso acima do solo. Como já se tinha referido, não há registo de edifícios com mais de 15 pisos acima do solo. Na categoria de alvenaria entre 1961 e 1985 há registo de apenas dois tipos de edifícios no que concerne ao número de pisos (1 e 2). As tipologias de betão armado são as que reúnem maior distribuição de edifícios com maior número de pisos. A categoria de alvenaria anterior a 1961 também

reúne alguns edifícios de maior número de pisos.

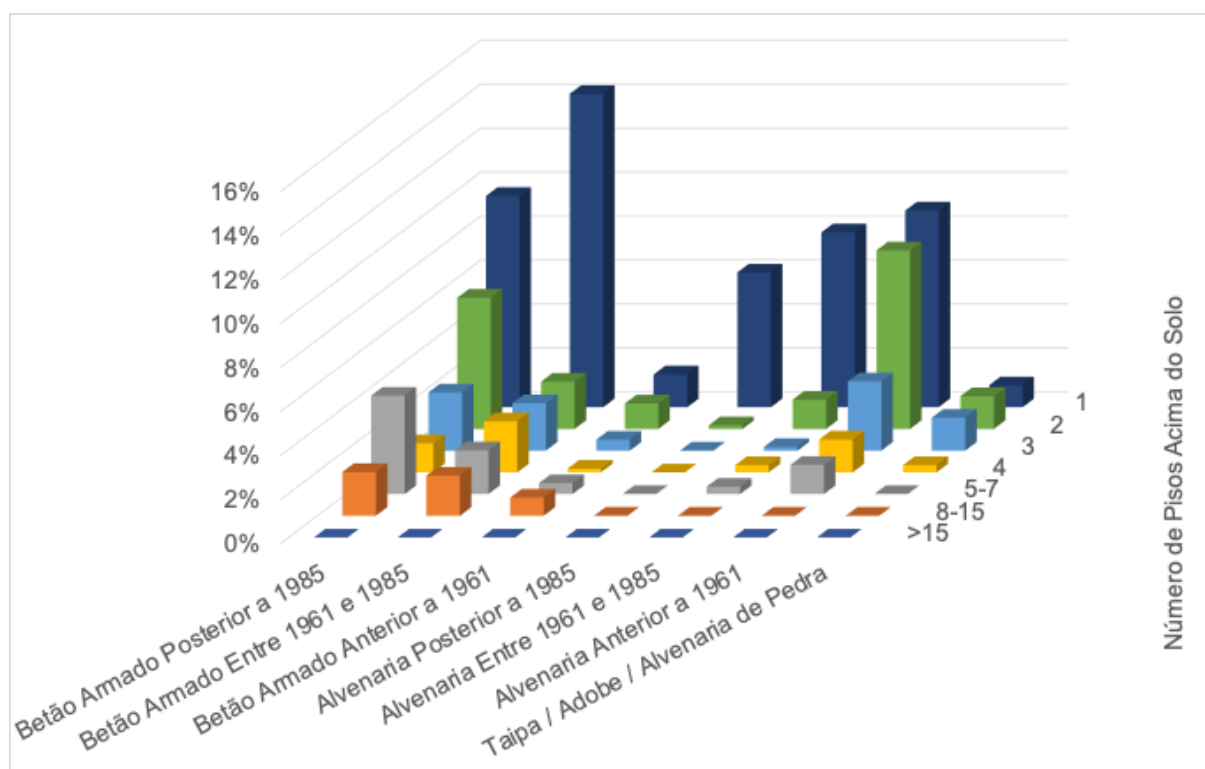


Figura 3.7: Distribuição Global dos Edifícios por Categoria.

3.2 Definição do Espectro de Resposta

De forma a manter a confidencialidade da informação recolhida e dos resultados atingidos, foi criado um sistema de identificação em que se designa cada um dos estabelecimentos pelo número atribuído precedido por "E", que se refere a estabelecimento. Nos próximos sub-capítulos, a demonstração da implementação da metodologia aplicada será acompanhada de três exemplos demonstrativos:

1. Edifício principal do E48 - ARS LVT;
2. Edifício principal do E47 - ARS Algarve;
3. Edifício principal do E43 - ARS Algarve.

Nesta situação, entenda-se edifício principal como o que apresenta maior número de serviços médicos e serviço de urgências. A escolha destes estabelecimentos deveu-se ao facto de se dispor de mais informação com que se possa comparar os resultados obtidos.

3.2.1 Classificação do Terreno de Fundação

De forma a conseguir classificar o terreno de cada um dos estabelecimento hospitalares foi necessário classificar as formações geológicas em cada um dos locais, de acordo com a metodologia

apresentada no subcapítulo 2.4.1. Tendo em conta o carácter comparativo do risco sísmico que este trabalho assume, efetuou-se a correspondência direta do valor mediano da velocidade de propagação de cada uma das classificações aos intervalos de cada tipo de terreno do EC8, como se demonstra na tabela 3.2. Para tal, recorreu-se às cartas geológicas do LNEG, à escala 1:50 000, de forma a classificar as formações geológicas de cada local conforme os três tipos de classificação, F1 a F3. As cartas geológicas à escala indicada não estavam disponíveis para 11 estabelecimentos, pelo que houve necessidade de classificar as formações geológicas dessas localizações por intermédio de cartas de menor escala: 4 estabelecimentos na escala 1:200 000 e 7 estabelecimentos na escala 1:500 000.

Tabela 3.2: Correspondência dos tipos de terreno.

Classificação	Mediana	Intervalo 68% NC $V_{s,30}[m/s]$	Tipo de Terreno EC8	Intervalo EC8 $V_{s,30}[m/s]$
F1	829	523-1315	A	≥ 800
F2	470	329-672	B	360-800
F3	237	144-392	C	180-360

Após a classificação do tipo de terreno recorrendo à metodologia supracitada, confrontaram-se os resultados com as respostas dados no questionário. Sendo esta uma questão opcional, obteve-se respostas de 53 estabelecimentos hospitalares, sendo que 27 correspondiam à classificação da metodologia, 16 variavam num intervalo de um nível de classificação e 10 variavam em dois ou mais níveis, como se ilustra na figura 3.8.

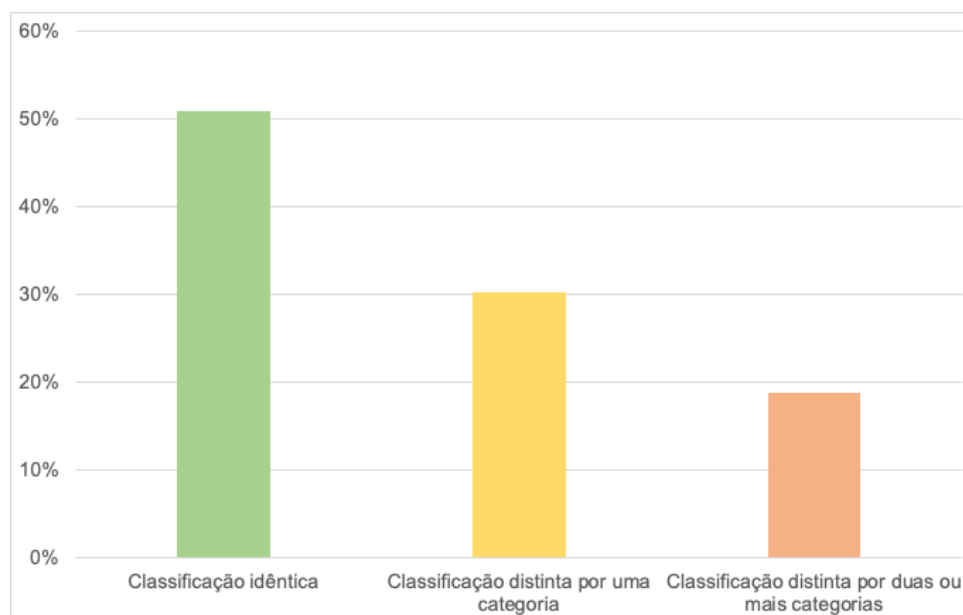


Figura 3.8: Diferenças entre a classificação pela metodologia e pelo questionário.

Nos casos em que a classificação variava dois ou mais níveis de classificação, efetuou-se uma verificação com base em dados conhecidos de outros estudos, assim como a averiguação da plausi-

bilidade das respostas ao questionário, tendo em conta o ano de construção dos edifícios, localização e a generalidade das respostas dadas por cada um dos responsáveis pelo preenchimento dos questionários. Todas estas respostas classificavam os terrenos como D ou E e, em todos estes casos, verificou-se que seria mais prudente não utilizar esta informação. Relativamente aos casos em que a classificação variava apenas um nível, fez-se uso do intervalo de confiança dos valores de velocidade de propagação propostos no estudo e, desta forma, averiguou-se a possibilidade de ambas as classificações corresponderem. Tendo este critério em conta, apenas duas classificações não corresponderam ao esperado, sendo classificadas F2 pela metodologia e de tipo A pelo questionário. Como se pode verificar na tabela 3.2, o intervalo de F2 não chega ao intervalo do tipo de solo A, pelo que se adotou a classificação B, de forma conservativa. Toda a informação relativa à classificação do terreno está ilustrada no Anexo III. Na figura 3.9 ilustra-se a distribuição por classificação do tipo de terreno de todos os estabelecimentos.

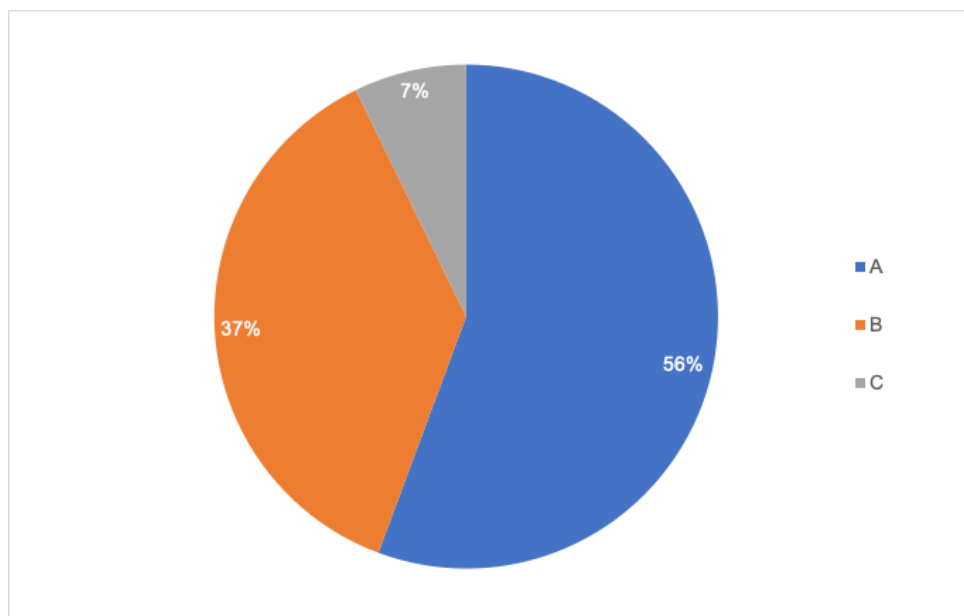


Figura 3.9: Distribuição por classificação do tipo de terreno.

Verifica-se à partida que o tipo de terreno A é a classificação com maior percentagem. Na tabela 3.3 está ilustrada a distribuição por tipo de terreno por correspondência entre a classificação pela metodologia com as respostas ao questionário. Evidencia-se que, apesar de a classificação A ter a maior percentagem, também é a classificação que reúne maior consenso entre a metodologia e as respostas ao questionário. Analisando as classificações distintas por uma categoria de classificação A, o facto de a distribuição ser zero é um resultado de se ter considerado o intervalo de valores da metodologia, como se explicitou anteriormente no presente sub-capítulo.

Tabela 3.3: Distribuição por classificação de terreno por origem da classificação.

Diferença de Classf. / Classificação	A	B	C	Sub-total
Classificação idêntica	21	4	2	27
Classificação distinta por uma categoria	0	14	2	16
Classificação distinta por duas ou mais categorias	7	2	1	10
Sub-total	28	20	5	53

A classificação do terreno para cada um dos exemplos, assim como a sua correspondência aos tipos de terreno considerados no EC8 é ilustrada na tabela 3.4. No caso do E48, a classificação efetuou-se pela mediana da classe F2, que corresponde à classificação tipo B, segundo o EC8. No caso dos E47 e E43, todas as classificações atribuídas pelo responsável de ambos os hospitais foram do tipo E, o que levou a que a classificação fosse atribuída conforme a metodologia, no caso do E47, e com base noutros trabalhos realizados anteriormente, no caso do E43.

Tabela 3.4: Classificação do terreno dos estabelecimentos de exemplo.

Estabelec.	Era	Período	Época	[F1 - F3]	Questio.	Class. Adotada
E48	Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
E47	Cenozóico	-	Plio-Plistoceno	F2	E	B
E43	Mesozóico	Jurássico	Médio	F1	E	C

3.2.2 Definição do Espectro de Resposta

De acordo com o Anexo Nacional NP EN1998-1, para cada um dos estabelecimentos referenciam-se as características associadas ao espectro de resposta dispostas na tabela 3.5.

Tabela 3.5: Características da ação sísmica.

Estabelecimento	Sismicidade	Zona	γ_I	$a_{gr}[m/s^2]$	S_{max}	$T_b[s]$	$T_c[s]$	$T_d[s]$
E48	Tipo 1	1.3	1,95	1,50	1,35	0,10	0,60	2,00
	Tipo 2	2.3	1,50	1,70	1,35	0,10	0,25	2,00
E47	Tipo 1	1.1	1,95	2,50	1,35	0,10	0,60	2,00
	Tipo 2	2.3	1,50	1,70	1,35	0,10	0,25	2,00
E43	Tipo 1	1.1	1,95	2,50	1,60	0,10	0,60	2,00
	Tipo 2	2.3	1,50	1,70	1,60	0,10	0,25	2,00

Tratando-se de edifícios hospitalares, a classe de importância a ser considerada é a classe IV, com os coeficientes de importância indicados na tabela 3.5. O cálculo da aceleração de superfície de cálculo

e do coeficiente de solo efetuou-se através das equações (2.13) e (2.14). Os resultados para os três exemplos ilustrados estão expostos na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Valor de cálculo da aceleração à superfície.

Estabelecimento	Sismicidade	$a_g[m/s^2]$	S
E48	Tipo 1	2,925	1,13
	Tipo 2	2,550	1,17
E47	Tipo 1	4,875	1,00
	Tipo 2	2,550	1,17
E43	Tipo 1	4,875	1,00
	Tipo 2	2,550	1,29

Tendo os parâmetros que caracterizam o espectro de resposta elástico, efetuou-se a transformação para que o mesmo fique representado em função do deslocamento, através da fórmula (2.15). Os respetivos espectros de resposta elásticos estão ilustrados nas figuras de 3.10 a 3.12.

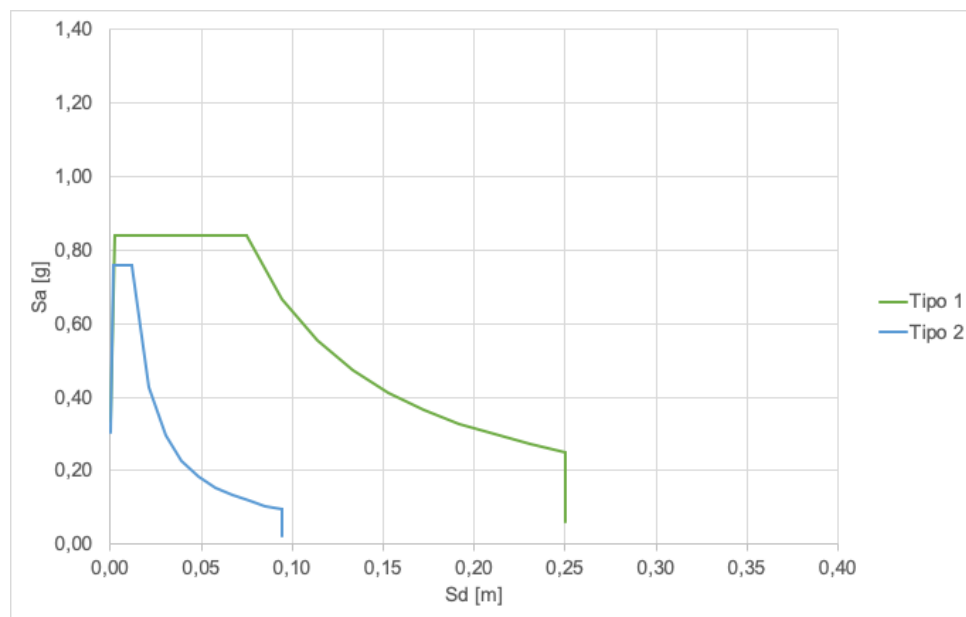


Figura 3.10: Espectro de resposta elástico do E48 (formato ADRS).

Devido ao facto do E48 e E47 partilharem a mesma zona sísmica de Tipo 2 e o mesmo tipo de terreno, tanto a aceleração de cálculo como o coeficiente de solo são idênticos, o que significa que o espectro de resposta para este tipo de sismo será idêntico para ambos os estabelecimentos.

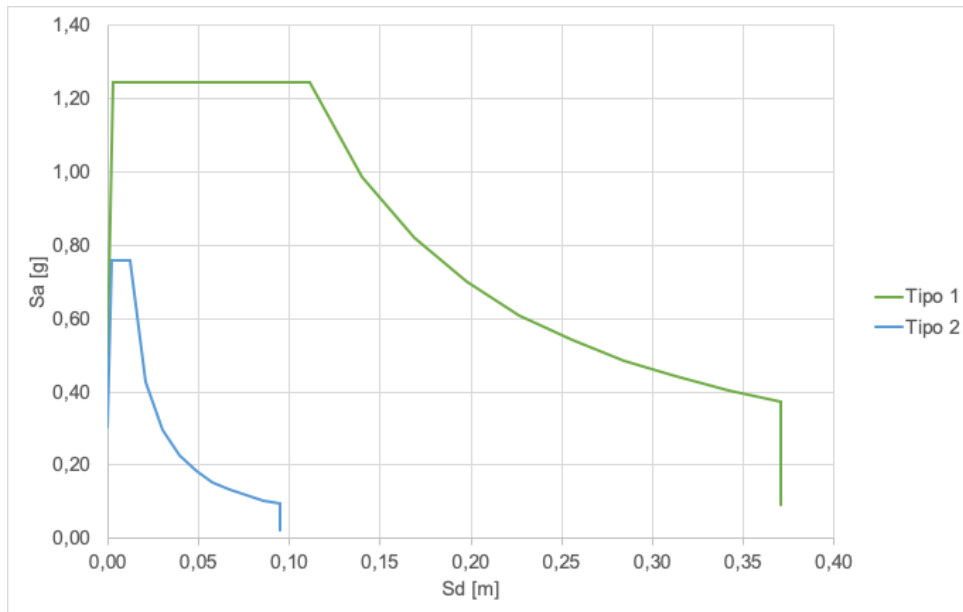


Figura 3.11: Espectro de resposta elástico do E47 (formato ADRS).

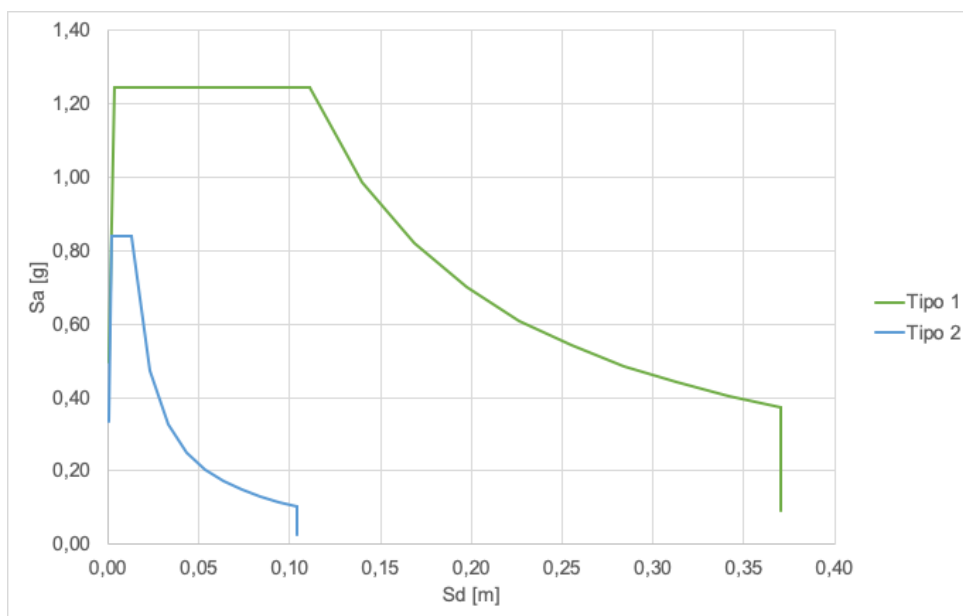


Figura 3.12: Espectro de resposta elástico do E43 (formato ADRS).

Apesar da zona sísmica ser idêntica no caso do E47 e E43, o facto do tipo de terreno ser diferente influencia o valor do coeficiente de solo para o sismo Tipo 2. O mesmo não acontece para o sismo Tipo 1 pois o coeficiente de solo é igual a 1 em ambos os casos.

3.3 Definição do Espectro de Capacidade

Como foi referido anteriormente, utilizaram-se os parâmetros caracterizadores do espectro de capacidade do LNEC, acreditando que estes são melhor ajustados à realidade portuguesa que os definidos no *HAZUS*. No entanto, estes parâmetros foram definidos para edifícios correntes da Área Metropolitana de Lisboa, o que não reflete a realidade nacional à luz dos diferentes regulamentos de dimensionamento. As adaptações introduzidas no presente trabalho nos parâmetros que descrevem os espectros de capacidade contemplaram os seguintes aspetos:

- Os edifícios hospitalares de Betão Armado do período de 1986 à atualidade foram dimensionados para forças laterais superiores aos edifícios correntes do mesmo período e zona sísmica;
- Os edifícios de Betão Armado entre 1961 e 1985, das zonas B e C do RSCCS/RSEP foram dimensionados para forças diferentes dos da zona A (AML corresponde à zona A do RSCCS/RSSEP);
- Os edifícios de Alvenaria das zonas B e C do RSCCS/RSEP, posteriores a 1960 (incluindo posteriores a 1985, uma vez que não houve publicação de regulamento de alvenarias na época do RSA e REBAP) terão sido dimensionados para forças diferentes dos da zona A (AML corresponde à zona A do RSCCS/RSSEP);
- Os edifícios de Betão Armado posteriores a 1985, das zonas B a D dos RSA foram dimensionados para forças diferentes dos da zona A (AML corresponde à zona A do RSA).

No que se refere à primeira adaptação, a aceleração espectral do ponto de cedência e último foi multiplicada por um fator de 1,429 de forma a refletir a disposição do REBAP que indica uma diminuição em 30% do coeficiente de comportamento relativo a esforços. Relativamente à segunda adaptação, verificou-se que o RSCCS/RSEP estipulava um coeficiente sísmico para a zona B com um valor de 50% de aquele considerado para a zona A, não obrigando à consideração da ação sísmica para edifícios situados na zona C. Verificou-se que a afetação dos valores de aceleração espectral da zona A por um coeficiente de 50% iria conduzir a valores inferiores àqueles indicados para edifícios de Betão Armado anteriores a 1961, pelo que se adotaram nas zonas B e C dos edifícios de Betão Armado entre 1961 e 1985 os valores de aceleração espectral dos edifícios de betão armado anteriores a 1961. A terceira adaptação consistiu na adoção dos valores de aceleração espectral dos edifícios de alvenaria anteriores a 1961 para todos os edifícios de alvenaria posteriores a 1961 (incluindo e de forma indiferenciada os posteriores a 1985) situados nas zonas B e C do RSCCS/RSEP. Procedeu-se dessa forma porque, à semelhança do verificado na segunda adaptação, a afetação dos valores de aceleração espectral pela razão entre o coeficiente sísmico da zona (B ou C) e aquele da zona A, iria conduzir a resultados inferiores àqueles que resultam da consideração dos valores das mesmas variáveis para os edifícios anteriores a 1961. A quarta adaptação consistiu na afetação dos valores de aceleração espectral dos edifícios de Betão Armado posteriores a 1985 (já corrigidos pelo facto de se tratarem de hospitais) pelos valores do coeficiente de sismicidade considerado no RSA para as zonas sísmicas B (0.7), C (0.5) e D (0.3), uma vez que essa variável se reflete diretamente nas forças de dimensionamento sísmico. estas

adaptações refletem-se na ramificação das tipologias 6 e 7, aumentando o número de classes de 49 para 77. Os parâmetros considerados estão expostos no Anexo II.

O cálculo dos espectros de capacidade de cada um dos edifícios fez-se através da correspondência das classes definidas na tabela 3.1 e 2.2. Na tabela 3.7 expõem-se as categorias de cada um dos edifícios, assim como os pontos que caracterizam os espectro de capacidade.

Tabela 3.7: Caracterização dos espectros de capacidade.

Estabelecimento	Classe Tipologia	Classe Pisos	Zona	$Dy[cm]$	$Ay[g]$	$Du[cm]$	$Au[g]$
E48	5	6		1,56	0,06	8,78	0,14
E47	1	2		0,25	0,09	2,03	0,18
E43	7	5	A	2,92	0,23	21,01	0,46

A obtenção do espectro de capacidade contínuo é feita através de três ramos distintos do espectro:

- 1º Ramo - linear entre a origem e o ponto de cedência;
- 2º Ramo - aproximação por uma equação polinomial de quarto grau entre o ponto de cedência e último;
- 3º Ramo - linear a aceleração constante para deslocamentos superiores ao do ponto último.

Na definição do segundo ramo, são utilizados os seguintes parâmetros para a determinação da expressão: (i) ponto de cedência e último; (ii) declives idênticos aos ramos de extremidade; (iii) ponto de inflexão coincidente com o ponto último. Os espectros de capacidade dos três exemplos podem ser encontrados na figura 3.13.

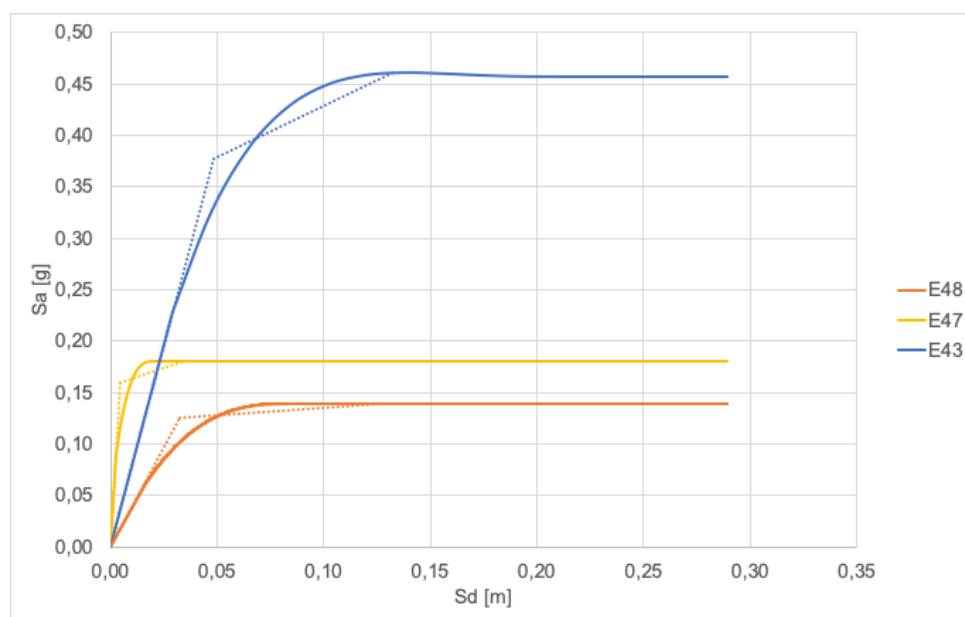


Figura 3.13: Espectros de capacidade.

Notou-se que a equação de quarto grau adequava-se melhor à definição do espectro de capacidade do que a de terceiro grau, que vulgarmente colocava um máximo da função entre o ponto de cedência e último. Ainda assim, utilizando o polinómio de quarto grau, o mesmo problema sucedeu em alguns casos. Nestas situações, introduziu-se uma ligeira descontinuidade no declive do 2º ramo da função no ponto de cedência, diminuindo o mesmo. Esta diminuição no declive foi tão menor quanto possível, de forma a que o máximo da função no intervalo fosse o ponto último. Nos casos em que o processo iterativo convergia no ponto de cedência, devolveu-se a continuidade à função de forma a não prejudicar a convergência até ao ponto de desempenho final. Esta análise foi efetuada caso a caso, para todos os edifícios.

3.4 Cálculo do Ponto de Desempenho

Descrito o espectro de capacidade, calculou-se o primeiro ponto de teste através da metodologia exemplificada na figura 2.9 e, a partir deste, foram calculadas as representações bilineares dos espectros de capacidade, também ilustrados na figura 3.13 mas apenas para a primeira iteração do sismo Tipo 1. Posteriormente, foi calculado o amortecimento viscoso efetivo da primeira iteração para cada um dos exemplos, através das fórmulas (2.16) a (2.19).

Não sendo possível aferir a estabilidade dos ciclos de histerese de cada um dos edifícios, o fator de correlação do ciclo de histerese idealizado [k] foi calculado para todos os edifícios considerando a classe de comportamento B. De forma reduzir o espectro de resposta elástico através do amortecimento viscoso efetivo o EC8 sugere a utilização da fórmula (3.1), que pode ser diretamente integrada nas fórmulas definidoras do espectro de resposta. Os valores intercalares que levam ao cálculo do coeficiente de correção do amortecimento estão descritos na tabela 3.8 e 3.9.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi_{eff}}} \geq 0,55 \quad (3.1)$$

η - coeficiente de correção do amortecimento

ξ_{eff} - amortecimento viscoso efetivo [B_{eff}]

Tabela 3.8: Amortecimento Viscoso Efetivo (Tipo 1).

Estabelecimento	Ponto i		Ponto Teste		ξ_0	k	ξ_{eff}	η
	$Sd[m]$	$Sa[g]$	$Sd[m]$	$Sa[g]$				
E48	0,0326	0,1254	0,1279	0,1400	0,4079	0,5593	0,2781	0,5521
E47	0,0045	0,1604	0,0345	0,1800	0,4850	0,5052	0,2950	0,5500
E43	0,0483	0,3780	0,1328	0,4607	0,2908	0,6413	0,2365	0,5908

Tabela 3.9: Amortecimento Viscoso Efetivo (Tipo 2).

Estabelecimento	Ponto i		Ponto Teste		ξ_0	k	ξ_{eff}	η
	$Sd[m]$	$Sa[g]$	$Sd[m]$	$Sa[g]$				
E48	0,0217	0,0834	0,0482	0,1257	0,1366	0,6700	0,1416	0,7225
E47	0,0036	0,1282	0,0158	0,1785	0,3136	0,6253	0,2461	0,5811
E43	0,0299	0,2342	0,0373	0,2769	0,0284	0,6700	0,0690	0,9165

Obtido o fator de correção do amortecimento é calculado o espectro de solicitação através das equações (2.12) e verifica-se o ponto de interseção com o espectro de capacidade. Sendo o valor do deslocamento espectral do ponto de interseção diferente do deslocamento do ponto teste em menos de 5% do último, pode-se considerar o primeiro o ponto de desempenho final (Sdr, Sar). Em caso contrário, o ponto de interseção é tomado como novo ponto de teste e efetua-se a segunda iteração, começando pela determinação da representação bilinear do espectro de capacidade. A metodologia indica que devem ser realizadas tantas iterações quanto as necessárias ao cumprimento da condição (3.2).

$$0,95 \cdot dpi \leq Sdr \leq 1,05 \cdot dpi \quad (3.2)$$

Nas tabelas de 3.10 a 3.12 estão descritas as iterações que levam à convergência do ponto de desempenho, indicando o ponto de interseção de cada iteração, a variação relativa do deslocamento espectral com o ponto anteriormente determinado e o coeficiente de correção do amortecimento que servirá a iteração seguinte.

Tabela 3.10: Processo iterativo para o E48.

E48	Tipo 1				Tipo 2			
	Ponto Interseção		Var.	η	Ponto Interseção		Var.	η
	$Sd[m]$	$Sa[g]$			$Sd[m]$	$Sa[g]$		
1ª Iteração	0,1347	0,1400	1,0530	0,5500	0,0400	0,1151	0,8278	0,7657
2ª Iteração	0,1337	0,1400	0,9925	-	0,0432	0,1186	1,0806	0,7484
3ª Iteração	-	-	-	-	0,0419	0,1179	0,9696	-

Tabela 3.11: Processo iterativo para o E47.

E47	Tipo 1				Tipo 2			
	Ponto Interseção		Var.	η	Ponto Interseção		Var.	η
	$Sd[m]$	$Sa[g]$			$Sd[m]$	$Sa[g]$		
1ª Iteração	0,2038	0,1800	5,9041	0,5500	0,0166	0,1792	1,0526	0,5763
2ª Iteração	0,2038	0,1800	1,0000	-	0,0164	0,1790	0,9844	-

Tanto no caso do E48 como do E47, o ponto de desempenho é influenciado pela limitação do valor mínimo do coeficiente de correção do amortecimento expressa no EC8. Caso esta limitação não existisse, seria expectável que o valor do coeficiente fosse ainda mais baixo, reduzindo o deslocamento espectral do ponto de desempenho. No entanto, o fator de correlação também precavem uma redução excessiva do espectro de resposta devido à sua diminuição com o aumento do amortecimento viscoso efetivo, a partir de certo valor.

Tabela 3.12: Processo iterativo para o E43.

E43	Tipo 1				Tipo 2			
	Ponto Interseção		Var.	η	Ponto Interseção		Var.	η
	$Sd[m]$	$Sa[g]$			$Sd[m]$	$Sa[g]$		
1ª Iteração	0,1049	0,4517	0,7898	0,6376	0,0345	0,2611	0,9245	0,9415
2ª Iteração	0,1203	0,4587	1,1466	0,6065	0,0356	0,2672	1,0310	-
3ª Iteração	0,1098	0,4546	0,9132	0,6263	-	-	-	-
4ª Iteração	0,1164	0,4575	1,0596	-	-	-	-	-

No que concerne ao processo iterativo, verifica-se que a metodologia converge rapidamente na maior parte dos casos, como os exemplos o mostram. Para o sismo Tipo 1 foram necessárias duas iterações para a cumprimento da condição objetivo no E48 e E 47, enquanto foram necessárias 4 para o E43, sendo que para o Tipo 2 foram necessários duas, excetuando o caso do E48. Note-se ainda que formulação do ponto de teste inicial permite que o coeficiente de correção do amortecimento aí determinado seja bastante próximo do final, o que contribui para a rápida convergência do método.

As figuras de 3.14 a 3.16 ilustram os espectros de solicitação finais com os espectros de capacidade de cada um dos edifícios, sendo que o ponto de desempenho resulta da sua interseção, para cada um dos tipos de sismo.

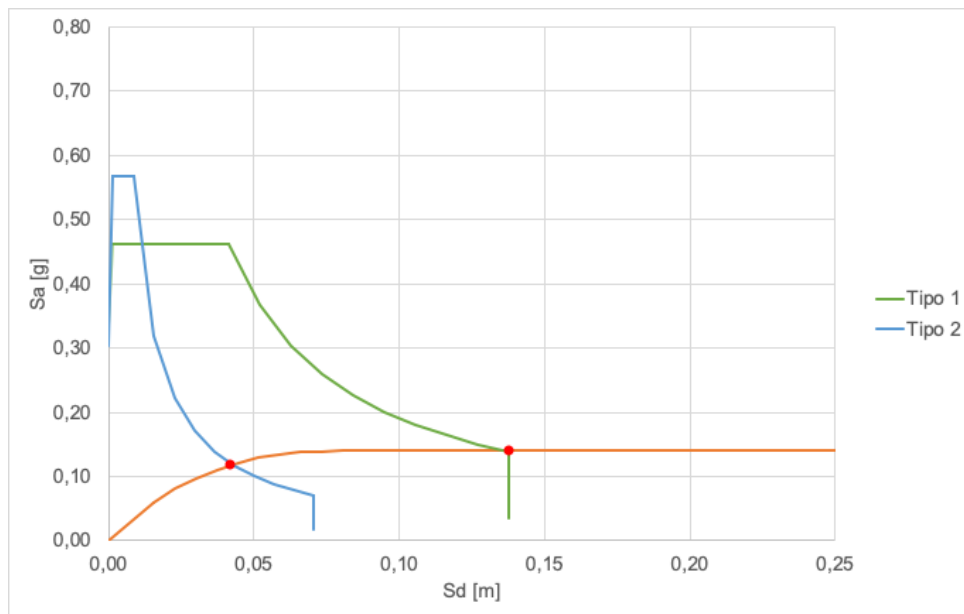


Figura 3.14: Pontos de desempenho do E48.

No caso do E48 percebe-se que o espectro de resposta do sismo Tipo 2 intersesta o espectro de capacidade relativamente perto do ponto de cedência, o que determina um menor amortecimento viscoso equivalente que no caso do sismo Tipo 1. Isto justifica que o patamar a aceleração constante do sismo Tipo 1 acabe por estar abaixo do de Tipo 2.

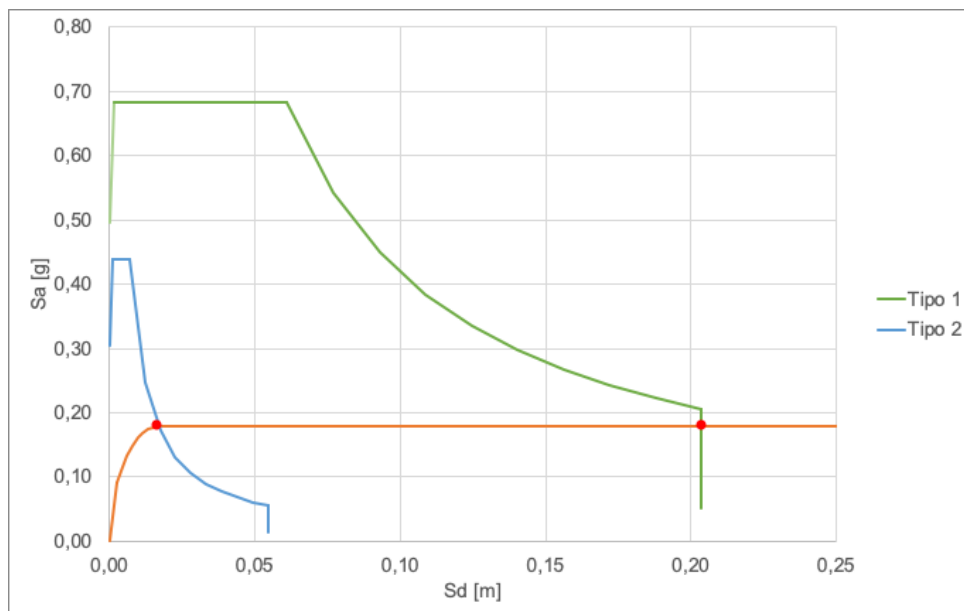


Figura 3.15: Pontos de Desempenho do E47.

No caso do E47, ambos os espectros de resposta intersesta o espectro de capacidade afastado do ponto de cedência, o que determina um maior amortecimento viscoso equivalente para ambos. Devido à limitação do valor mínimo do coeficiente de amortecimento disposto no EC8, os espectros de solicitação mantêm a mesma proporção entre si devido ao valor próximo de coeficiente de amorteci-

mento.

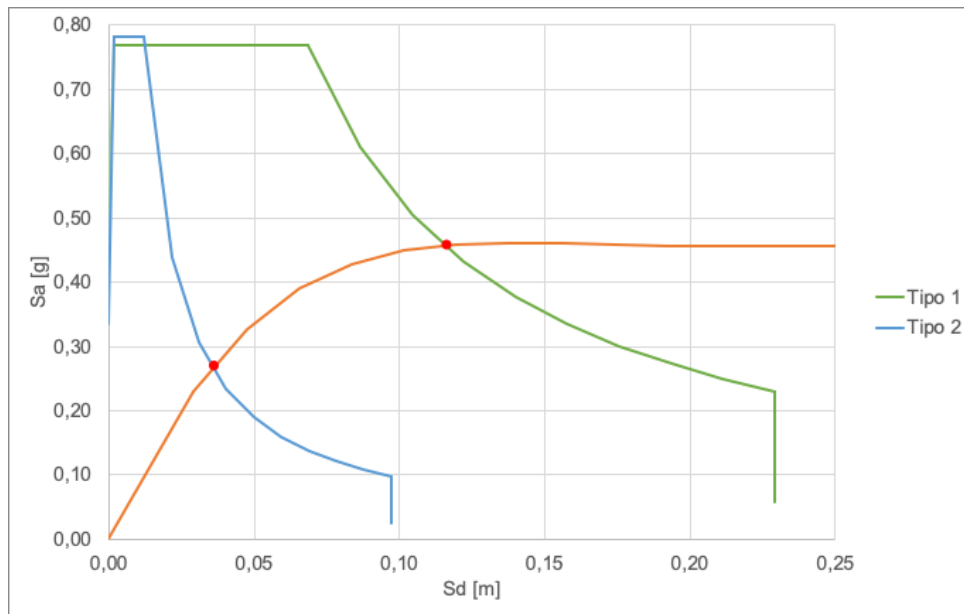


Figura 3.16: Pontos de Desempenho do E43.

O caso do E43 pode-se relacionar com o caso do E48, no sentido em que o espectro de resposta do Tipo 2 intersesta o espectro de capacidade junto ao ponto de cedência, enquanto o de Tipo 1 intersesta afastado. Isto determina que o coeficiente de amortecimento para o sismo Tipo 1 é baixo, enquanto para o sismo Tipo 2 a redução do espectro de resposta é mais baixa.

De forma a exemplificar a metodologia aplicada, foram executadas apenas as iterações necessárias ao cumprimento do condição (3.2), sendo que na análise global dos edifícios foram executadas 15 ou mais iterações, de forma a generalizar o número de iterações necessárias para cada edifício. À semelhança dos exemplos aqui expostos, verificou-se que a maior parte dos casos convergia até à condição objetivo por volta da terceira iteração. Apenas em alguns dos casos em que o ponto de desempenho convergia muito próximo do ponto de cedência verificou-se ser necessário um maior número de iterações. Nos edifícios caracterizadas por um espectro de capacidade em que a transição do ponto de cedência para o último se dá de uma forma mais abrupta, verificou-se ser necessário um maior número de iterações quando o ponto de desempenho convergia no segundo ramo do espectro de capacidade.

3.5 Determinação dos Estados de Dano

À semelhança do espectro de capacidade, também os parâmetros caracterizadores das curvas de fragilidade podem ser correspondidos com os parâmetros estabelecidos pelo LNEC, como se ilustra na tabela 3.13. Os valores da mediana do deslocamento espectral dos estados de dano estão ilustrados no Anexo II para cada tipologia.

Tabela 3.13: Valor mediano das curvas de fragilidade.

Estabelecimento	Mediana [<i>cm</i>]			
	ED1	ED2	ED3	ED4
E48	3,8	8,6	19,2	48,0
E47	1,0	2,1	4,0	9,4
E43	3,7	8,6	18,4	46,1

Apesar de no *HAZUS* se indicar valores específicos de desvio padrão por categoria e por estado de dano, há diversas situações em que esses valores não são sugeridos, principalmente na categoria de edifícios essenciais, onde se inserem os hospitais. O desvio padrão das curvas de fragilidade é proposto conforme alguns parâmetros de incerteza, como a correlação entre o espectro de capacidade idealizado e o real. Na impossibilidade de encontrar qualquer referência ao desvio padrão utilizado pelo LNEC e, não dispondo de informação que permitisse a sugestão de valores de desvio padrão variável, optou-se pela utilização de valor constante para todos os estados de dano, em todas as categorias, como sugere um estudo de 2005 que aborda o risco sísmico em Portugal continental [19]. Neste estudo, optou-se pela utilização de um desvio padrão de 0,6 para todas as situações, alegando também a falta de informação sobre certas fontes de variabilidade.

O cálculo da probabilidade de ocorrência ou superação de cada um dos estados de dano efetua-se através da equação (2.11). De forma a determinar a probabilidade de ocorrência de cada um dos estados de dano isolados e não a probabilidade cumulativa recorreu-se às equações (3.3).

$$P(ed = ED0) = 1 - P(ed \geq ED1) \quad (3.3a)$$

$$P(EDi \leq ed < ED(i + 1)) = P(ed \geq EDi) - P(ed \geq ED(i + 1)) \quad (3.3b)$$

A probabilidade de ocorrência ou superação de cada estado de dano está ilustrada na tabela 3.14 para cada um dos exemplos e tipo de sismo. Nesta tabela está também contemplado o resultado da probabilidade isolada de cada um dos estados de dano, considerando o ponto de desempenho calculado.

Tabela 3.14: Probabilidade de ocorrência por estado de dano.

		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E48 (Tipo 1)	$P(ed \geq EDi)$	-	0,9820	0,7690	0,2732	0,0166
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,0180	0,2130	0,4958	0,2567	0,0166
		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E48 (Tipo 2)	$P(ed \geq EDi)$	-	0,5647	0,1154	0,0056	0,0000
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,4353	0,4493	0,1098	0,0056	0,0000
		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E47 (Tipo 1)	$P(ed \geq EDi)$	-	1,000	0,9999	0,9967	0,9014
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,0000	0,0001	0,0033	0,0953	0,9014
		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E47 (Tipo 2)	$P(ed \geq EDi)$	-	0,7955	0,3406	0,0688	0,0018
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,2045	0,4549	0,2718	0,0670	0,0018
		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E43 (Tipo 1)	$P(ed \geq EDi)$	-	0,9692	0,6784	0,2106	0,0098
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,0308	0,2907	0,4678	0,2008	0,0098
		ED0	ED1	ED2	ED3	ED4
E43 (Tipo 2)	$P(ed \geq EDi)$	-	0,5500	0,1003	0,0054	0,0000
	$P(EDi \leq ed < ED(i + 1))$	0,4500	0,4498	0,0949	0,0054	0,0000

Verifica-se à partida que no caso do E47 para o sismo Tipo 1 a probabilidade de ocorrência do ED4 é de 90%, sendo que para o Tipo 2 o estado de dano de maior probabilidade é o ED1, na ordem dos 45%. No caso dos E48 e E43, para o sismo Tipo 1, o estado de dano com maior probabilidade de ocorrência é o ED2, enquanto para o sismo Tipo 2 o ED0 e ED1 partilham probabilidades de ocorrência relativamente próximas entre si.

Nas figuras 3.17 a 3.19 ilustram-se graficamente as curvas de fragilidade de cada estabelecimento com a indicação do deslocamento espectral do ponto de desempenho, para o sismo Tipo 1 e Tipo 2.

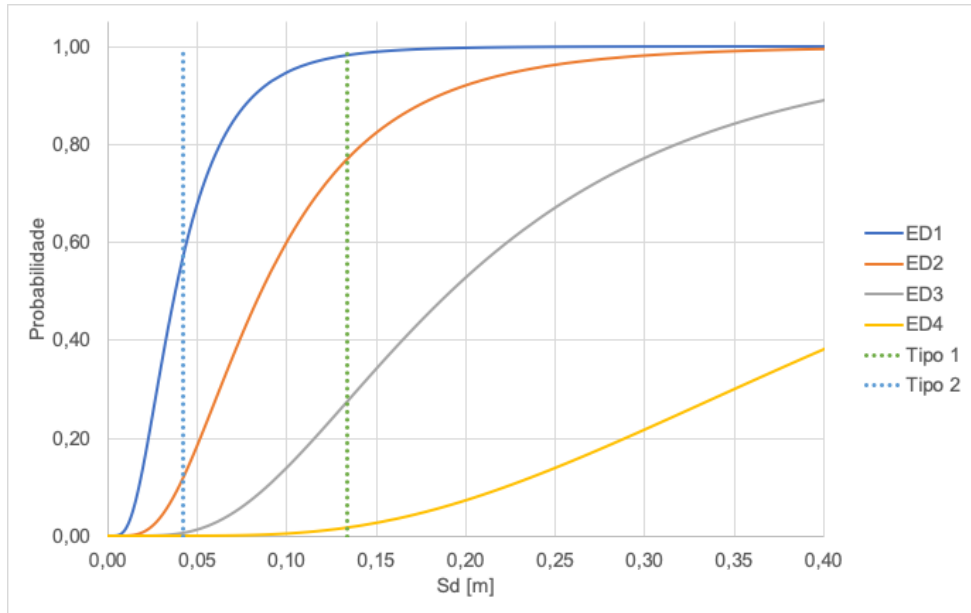


Figura 3.17: Probabilidade acumulada por estado de dano do E48.

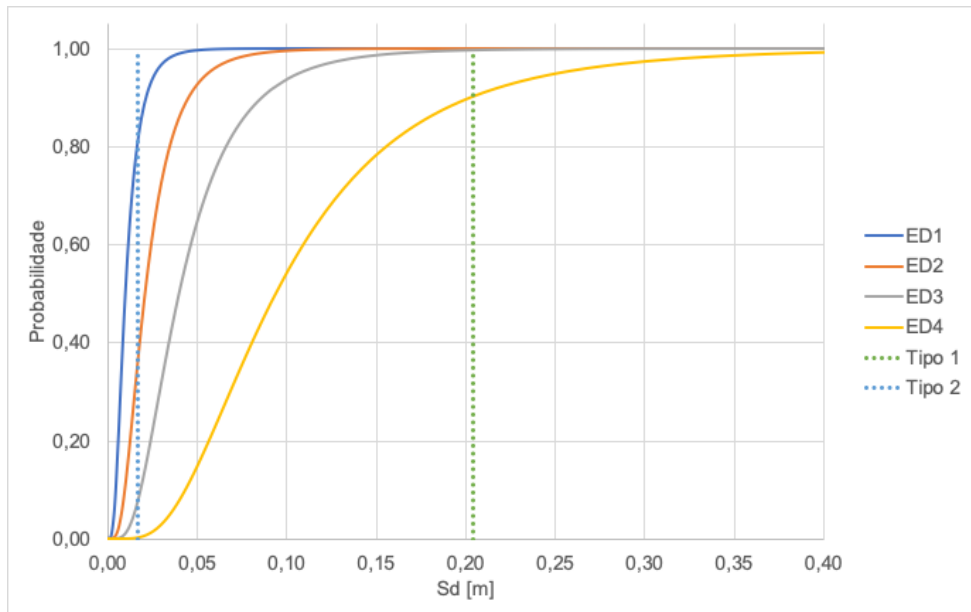


Figura 3.18: Probabilidade acumulada por estado de dano do E47.

Como se verifica pelas figuras, as funções de probabilidade acumulada do E47 apresentam um valor maior quando comparado com o E48 e E43 para o mesmo deslocamento espectral. Tal justifica-se pelo facto das curvas de fragilidade do E47 serem caracterizadas por valores da mediana mais baixos relativamente aos restantes exemplos.

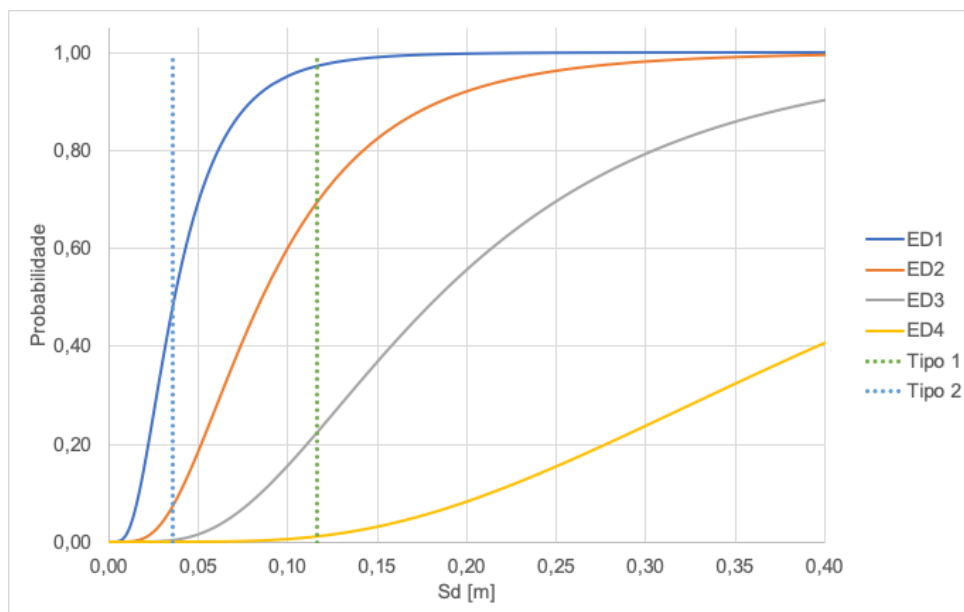


Figura 3.19: Probabilidade acumulada por estado de dano do E43.

De forma a criar um indicador de dano único comparável entre todos os edifícios, para cada um dos exemplos foi calculado um índice de risco, segundo a fórmula (3.4), da qual resulta um valor entre 0 e 4. Desta forma, a probabilidade isolada de ocorrência de cada um dos estados de dano é ponderada na classificação final do risco.

$$I_{ed} = \sum_{i=0}^4 i \times P(ed = EDi) \quad (3.4)$$

I_{ed} - índice de risco

O índice de risco de cada um dos exemplos está exposto na tabela 3.15, para ambos os tipos de sismo.

Tabela 3.15: Índice de Risco.

Estabelecimento		I_{ed}
E48	Tipo 1	2,041
	Tipo 2	0,686
E47	Tipo 1	3,898
	Tipo 2	1,207
E43	Tipo 1	1,868
	Tipo 2	0,656

O facto do E47 ter o maior índice de risco pode ser justificado com a zona sísmica em causa, assim como pela sua tipologia construtiva (taipa / adobe / alvenaria de pedra) que, por norma, tem um comportamento sísmico pior que as restantes categorias. Apesar de o E43 ser um edifício mais recente que o E48, o facto de apresentarem um índice de risco semelhante pode-se relacionar com a zona sísmica, assim como pelo tipo de terreno, condições que agravam o espectro de resposta em relação ao E48.

Relacionando os valores de probabilidade de ocorrência dos diferentes estados de dano da tabela 3.14 com os índices de risco calculados na tabela 3.15 verifica-se que o valor do índice de risco ronda o número característico do estado de dano que reúne a maior probabilidade de ocorrência. Contrariamente ao que acontece no E47 para o sismo Tipo 1 em que o estado de dano provável é evidente, o cálculo do índice de risco é preponderante na classificação de casos como o E48 e E43 para sismo Tipo 2, em que há dois estados de danos com probabilidades de ocorrência muito próximos. O índice de risco é portanto uma ferramenta indispensável à comparação e hierarquização do universo de edifícios em estudo.

Posteriormente, é seleccionado o maior dos dois índices de forma a servir de fator comparativo com todos os restantes edifícios. O índice de risco dos estabelecimentos é ponderado tendo em conta a classificação isolada de cada um dos edifícios que os compõem. Nos resultados são sempre mostradas as ponderações para os três índices considerados por cada edifício: sismo Tipo 1; sismo Tipo 2; maior dos dois valores de índice de risco anteriores.

Capítulo 4

Apresentação de Resultados e Análise

Os resultados apresentados nesta secção estão divididos em 3 grupos de informação:

1. Resultados por Edifícios - onde se ilustra a análise isolada de todos os edifícios separadamente;
2. Resultados por Estabelecimento - onde se efetuou uma média aritmética do índice de risco de todos os edifícios que os compõem, através da fórmula (4.1), assim como se ponderou o índice de risco através da área útil de cada edifício, através da fórmula (4.2);
3. Resultados por Estabelecimento de Urgência - onde a metodologia de aplicação é idêntica ao ponto anterior mas contabiliza apenas os estabelecimentos com serviços de urgência (e nestes, os edifícios que albergam serviços de urgência).

$$I_{ed,estab.ponder.} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ed,i}}{n} \quad (4.1)$$

$$I_{ed,estab.area} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ed,i} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4.2)$$

$I_{ed,i}$ - índice de risco do edifício i

n - número de edifícios do estabelecimento

A_i - área útil do edifício i

Refere-se que os resultados por estabelecimento e por estabelecimento de urgência são calculados como uma média dos edifícios que os constituem, podendo o índice de risco de um determinado edifício distanciar-se significativamente do índice de risco do estabelecimento correspondente.

Em todas as listas de resultados, a hierarquização é efetuada no sentido decrescente do índice de risco ponderado por área útil. Esta ponderação permitiu colmatar certas falhas no preenchimento do questionário onde um edifício constituído por vários blocos estruturais isolados foi considerado como

apenas um. Em certos edifícios não foi indicada no questionário a área útil, razão que leva a que alguns estabelecimentos não disponham de ponderação de índice de risco por área útil.

Nas tabelas 4.3 e 4.4 estão descritos os resultados por estabelecimento, nas tabelas 4.6 a 4.8 estão descritos os resultados por estabelecimento de urgência, enquanto os resultados da totalidade dos edifícios estão descritos nas tabelas de 1 a 12, no Anexo I.

4.1 Resultados por Edifícios

A lista de resultados por edifícios, disposta no Anexo I, inclui a análise de um total de 598 edifícios, resultados estes que permitiram calcular as listas hierarquizadas de estabelecimentos.

Na figura 4.1 são apresentadas as percentagens de distribuição da totalidade de edifícios pelos respectivos intervalos de índice de risco. Percebe-se que a maior parte do edificado está no intervalo de menor índice de risco. No entanto, estes dados são influenciados por múltiplos fatores como: número de pisos; tipologia construtiva; localização. Posto isto, efetuou-se uma análise em que se relacionou os vários fatores, com vista à produção de conclusões.

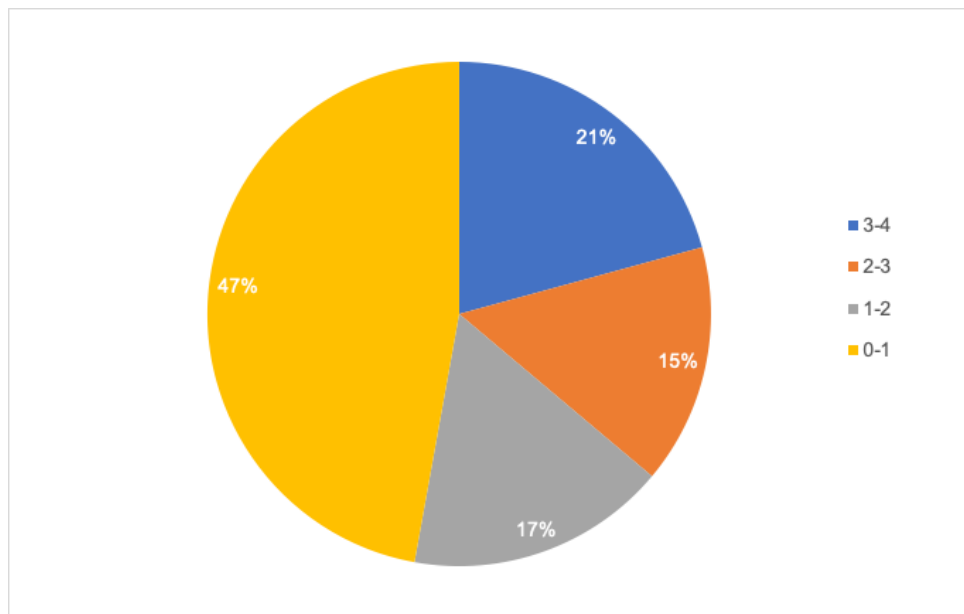


Figura 4.1: Distribuição percentual global de edifícios por Índice de Risco.

Na tabela 4.1, está relacionada a tipologia construtiva com os diferentes intervalos de índice de dano, relação que pode ser graficamente observada na figura 4.2. De uma forma geral, entende-se que os edifícios de betão armado tendencialmente concentram-se nos menores intervalos de índice de risco e vão diminuindo com o aumento destes. Contrariamente, os edifícios de alvenaria têm uma tendência superior para os intervalos de índice de risco.

Tabela 4.1: Distribuição de edifícios por Índice de Risco e Tipologia Construtiva.

Tipologia Construtiva	Intervalo de Índice de Risco				Sub-Total
	[0-1]	[1-2]	[2-3]	[3-4]	
Betão Armado posterior a 1985	117	39	1	0	157
Betão Armado entre 1961 e 1985	66	49	33	1	149
Betão Armado anterior a 1961	15	3	8	2	28
Alvenaria posterior a 1985	10	1	12	15	38
Alvenaria entre 1961 e 1985	17	0	7	37	61
Alvenaria anterior a 1961	45	4	31	59	139
Taipa / Adobe / Alvenaria de Pedra	12	4	0	10	26
Sub-Total	282	100	92	124	598

Note-se que o número de edifícios de betão armado no intervalo de risco superior [3-4] é muito baixo, totalizando 3 edifícios de uma amostra de 334.

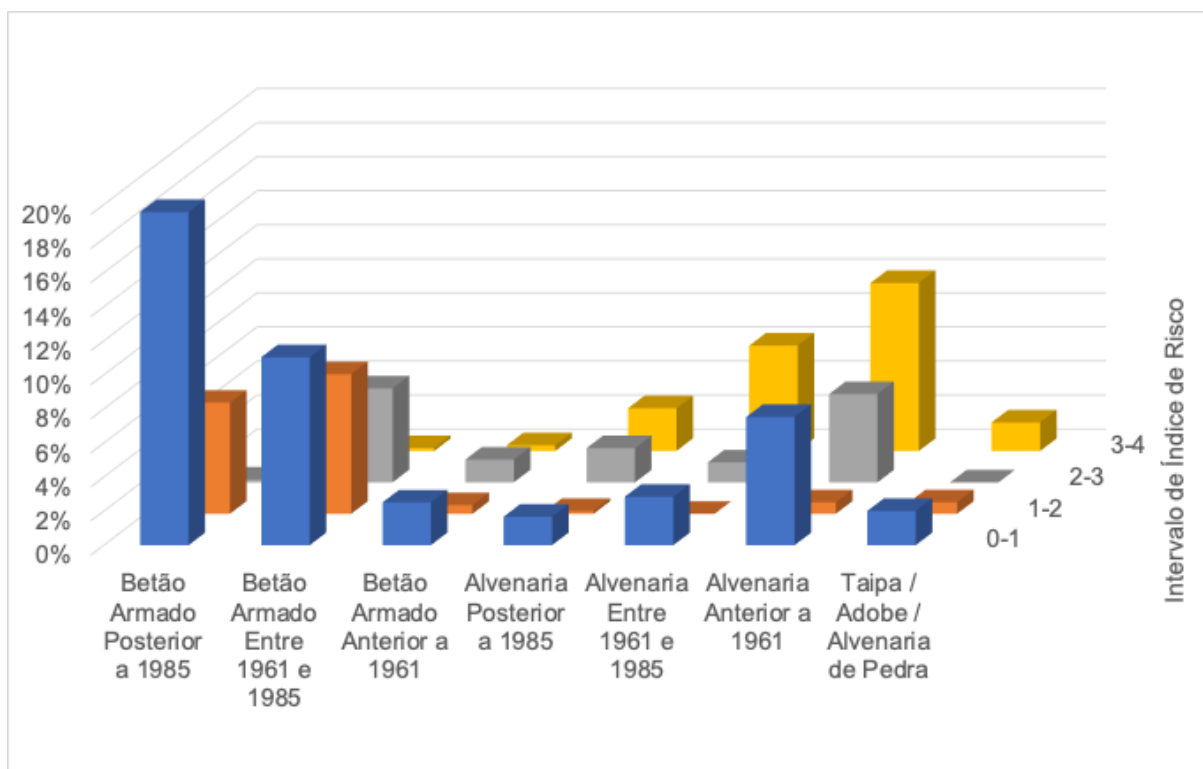


Figura 4.2: Distribuição global de edifícios por Índice de Risco por Tipologia Construtiva.

De forma a perceber a influência direta que a tipologia construtiva teve no índice de risco ilustra-se na figura 4.3 e 4.4 a distribuição percentual de intervalo de índice de risco por cada tipologia.

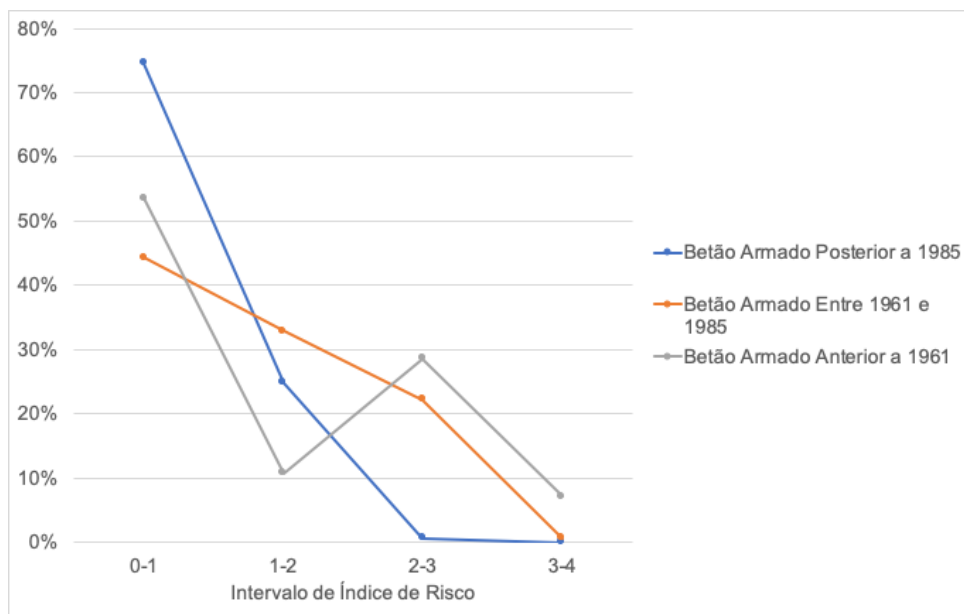


Figura 4.3: Distribuição de intervalo de Índice de Risco por Tipologia Construtiva (1/2).

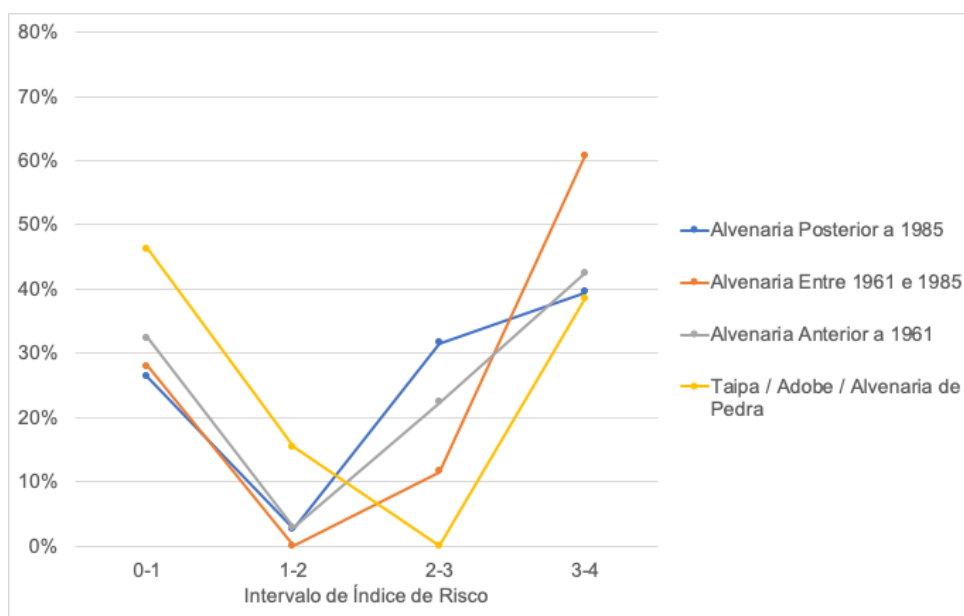


Figura 4.4: Distribuição de intervalo de Índice de Risco por Tipologia Construtiva (2/2).

Pela análise gráfica entende-se que, nos edifícios de betão armado, do menor índice de risco para o maior, o número de edifícios diminui. Já nos edifícios de alvenaria, taipa, adobe e alvenaria de pedra, numa análise geral, a distribuição dos edifícios encontra-se maioritariamente nos intervalos extremos, baixando nos intervalos intermédios. Uma possível explicação para esta distribuição pode estar no facto de serem edifícios com menor resistência à ação sísmica e em que a sua distribuição pelos intervalos de índice de risco se realiza maioritariamente por duas hipóteses: ou a ação sísmica é muito baixa fruto da sua localização (pico de distribuição no intervalo 0-1); ou, quando solicitados, por apresentarem um mau comportamento sísmico, apresentam um alto nível de risco (pico de distribuição no intervalo 3-4).

Procedeu-se também à relação entre a classe de pisos com o intervalo de índice de risco, que se ilustra na figura 4.5. Na globalidade das classes, verifica-se que a maior parte dos edifícios encontra-se no intervalo de menor risco, e que a distribuição dos mesmos diminui com o aumento do risco. No entanto, nas classes de pisos 1, 2 e 4, a distribuição no intervalo de maior risco é ainda considerável. Estes dados podem estar relacionado com o verificado na distribuição entre tipologia construtiva e índice de risco dos edifícios de alvenaria, taipa, adobe e alvenaria de pedra, tendo em conta que são estas as tipologias que reúnem maior número de edifícios de menores pisos.

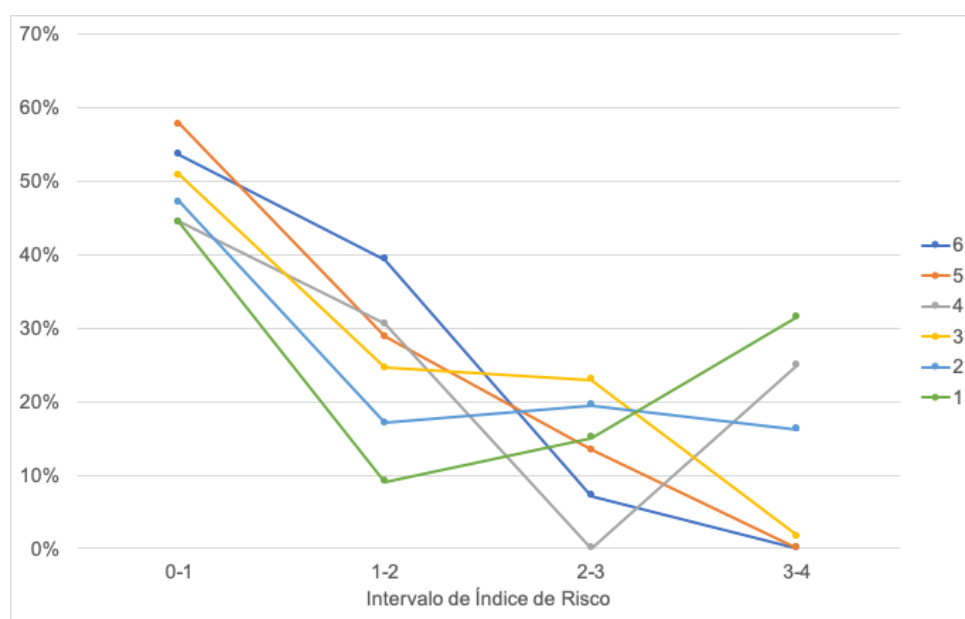


Figura 4.5: Distribuição de Classe de Pisos por Intervalo de Índice de Risco.

Também se considerou relevante apresentar a distribuição de intervalo de índice de risco por cada uma das ARS, como se demonstra na figura 4.6. De acordo com os dados demonstrados anteriormente relativos aos estabelecimentos, verifica-se novamente que a distribuição de edifícios nas regiões do Norte, Centro e Alentejo concentra-se nos intervalos de menor risco, enquanto nas regiões de Lisboa e Vale do Tejo e Algarve concentra-se nos intervalos de maior risco. Considera-se ainda relevante visitar a distribuição de edifícios por tipologia em cada uma das ARS, como se ilustra na figura 3.5, de forma a consolidar a análise anterior. Verifica-se que na região de Lisboa e Vale do Tejo existe a maior concentração percentual de edifícios de tipologia construtiva 2, 3 e 4 (Alvenaria) e na região do Algarve da tipologia 1 (Adobe / Taipa / Alvenaria de Pedra). Estas conclusões são de certa forma relacionáveis considerando o fraco comportamento sísmico destas tipologias face ao betão armado.

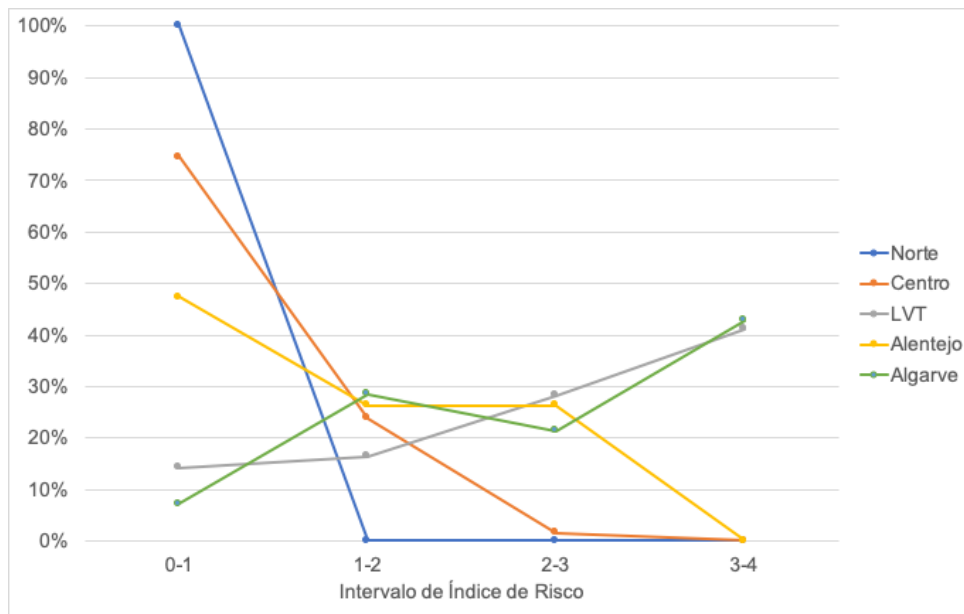


Figura 4.6: Distribuição de Edifícios por Intervalo de Índice de Risco por ARS.

4.2 Resultados por Estabelecimentos

Os resultados por estabelecimento representam uma lista hierarquizada de todos os estabelecimentos em estudo, efetuando a ponderação anteriormente indicada. Note-se que o estabelecimento E92 foi considerado no E26 por indicação do responsável, razão pela qual a totalidade dos estabelecimentos é 96, e não os 97 anteriormente declarados.

Na tabela 4.2 estão numerados os casos em cada um dos intervalos de índice de risco, descritos por ARS. Na figura 4.7 estão ilustradas as distribuições globais por intervalo de índice de risco, a nível nacional. Tanto na tabela como na figura supracitadas, foram utilizados resultados por estabelecimento, contabilizando todos os edifícios por média aritmética, de forma a contabilizar todos os estabelecimentos.

Tabela 4.2: Distribuição de estabelecimentos por Índice de Risco e ARS.

ARS	Intervalo de Índice de Risco				Sub-Total
	[0-1]	[1-2]	[2-3]	[3-4]	
Norte	33	0	0	0	33
Centro	22	2	0	0	24
LVT	6	7	13	4	30
Alentejo	2	3	0	0	5
Algarve	0	2	1	1	4
Sub-Total	63	14	14	5	

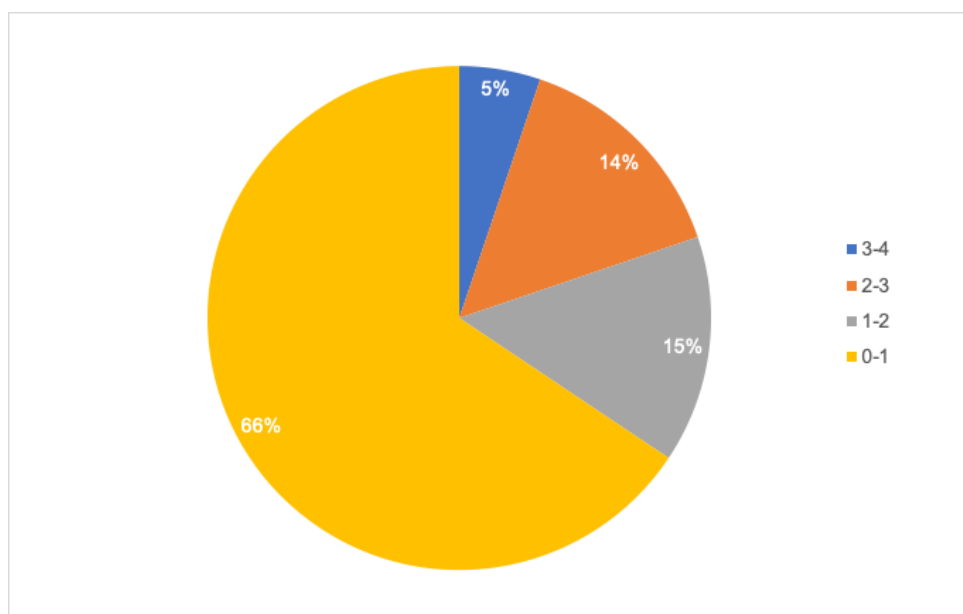


Figura 4.7: Distribuição percentual de estabelecimentos por Índice de Risco.

Nesta distribuição é possível concluir que a maior parte dos estabelecimentos se encontra num intervalo de índice de risco reduzido, sendo que o intervalo de maior risco é o que reúne menos es-

tabelecimentos. Da distribuição por ARS, é possível verificar que as zonas onde o índice de risco dos estabelecimentos tem expressão mais alta é em Lisboa e Vale do Tejo e Algarve, algo que seria expectável devido à aceleração de superfície de cálculo dessas zonas. Por oposição, a zona Norte, Centro e Alentejo têm valor de índice de risco menores face às anteriores. Note-se que a zona do Alentejo e Algarve apresentam uma amostra de estabelecimentos pequena face às restantes, pelo que os resultados podem ser influenciados por esta dimensão.

Posição	ARS	ID Estabelecimento	Índice de Risco (Média Aritmética) [0-4]			Índice de Rico (Ponderação Por Área Útil) [0-4]		
			Tipo 1	Tipo 2	Maior	Tipo 1	Tipo 2	Maior
1	Algarve	E47	3,454	0,990	3,454	3,513	0,990	3,513
2	LVT	E19	3,507	1,207	3,507	3,507	1,207	3,507
3	LVT	E46	3,058	0,860	3,058	3,058	0,860	3,058
4	LVT	E58	2,991	0,844	2,991	2,888	0,805	2,888
5	LVT	E90	2,780	0,657	2,780	2,863	0,734	2,863
6	LVT	E39	2,907	0,854	2,907	2,841	0,833	2,841
7	LVT	E66	3,018	0,864	3,018	2,840	0,797	2,840
8	LVT	E41	2,751	0,827	2,751	2,751	0,827	2,751
9	LVT	E94	3,141	0,921	3,141	2,662	0,792	2,662
10	LVT	E54	2,127	0,606	2,127	2,305	0,699	2,305
11	LVT	E91	2,319	0,700	2,319	2,174	0,579	2,174
12	Algarve	E50	2,385	0,663	2,385	2,102	0,692	2,102
13	LVT	E16	2,460	0,524	2,460	2,093	0,460	2,093
14	LVT	E48	2,383	0,536	2,383	2,079	0,673	2,079
15	LVT	E44	2,272	0,874	2,272	2,076	0,849	2,076
16	Algarve	E43	1,868	0,540	1,868	1,868	0,540	1,868
17	LVT	E17	2,058	0,683	2,058	1,866	0,637	1,866
18	LVT	E88	2,052	0,452	2,052	1,774	0,445	1,774
19	Algarve	E77	1,707	0,287	1,707	1,707	0,287	1,707
20	LVT	E9	1,599	0,427	1,599	1,650	0,560	1,650
21	LVT	E1	2,119	0,534	2,119	1,636	0,434	1,636
22	LVT	E21	1,622	0,706	1,622	1,622	0,706	1,622
23	Alentejo	E56	1,696	0,289	1,696	1,573	0,298	1,573
24	LVT	E49	1,370	0,490	1,370	1,556	0,630	1,556
25	Alentejo	E87	1,431	0,463	1,431	1,431	0,463	1,431
26	LVT	E67	1,251	0,371	1,251	1,251	0,371	1,251
27	Centro	E8	1,269	0,496	1,269	1,229	0,491	1,229
28	Centro	E60	1,469	0,492	1,469	1,192	0,459	1,192
29	LVT	E20	0,886	0,331	0,886	1,185	0,416	1,185
30	LVT	E15	0,601	0,668	0,668	1,147	0,916	1,147
31	Centro	E29	0,844	0,321	0,844	0,930	0,353	0,930
32	Centro	E32	0,904	0,382	0,904	0,904	0,382	0,904
33	LVT	E69	0,821	0,358	0,821	0,821	0,358	0,821
34	Norte	E30	0,419	0,339	0,419	0,818	0,554	0,818
35	Centro	E18	0,295	0,376	0,376	0,805	0,358	0,805
36	LVT	E12	0,792	0,360	0,792	0,792	0,360	0,792
37	LVT	E53	0,784	0,360	0,784	0,784	0,360	0,784
38	LVT	E86	1,232	0,436	1,232	0,755	0,356	0,755
39	Norte	E70	0,717	0,460	0,717	0,717	0,460	0,717
40	Norte	E62	0,709	0,716	0,716	0,709	0,716	0,716
41	Norte	E6	0,306	0,238	0,306	0,709	0,375	0,709
42	Norte	E57	0,380	0,282	0,380	0,670	0,418	0,670
43	Centro	E96	0,640	0,597	0,640	0,640	0,597	0,640
44	LVT	E75	0,542	0,254	0,542	0,612	0,255	0,612
45	Centro	E65	0,103	0,716	0,716	0,393	0,592	0,592
46	Norte	E45	0,402	0,235	0,402	0,535	0,311	0,535
47	Centro	E97	0,191	0,127	0,191	0,499	0,193	0,499
48	Alentejo	E93	0,261	0,181	0,261	0,482	0,183	0,482

Tabela 4.3: Resultados por Estabelecimento (1/2).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	Índice de Risco (Média Aritmética) [0-4]			Índice de Rico (Ponderação Por Área Útil) [0-4]		
			Tipo 1	Tipo 2	Maior	Tipo 1	Tipo 2	Maior
49	Centro	E24	0,480	0,261	0,480	0,480	0,261	0,480
50	Norte	E61	0,317	0,196	0,317	0,464	0,216	0,464
51	Norte	E79	0,429	0,253	0,429	0,462	0,264	0,462
52	Norte	E11	0,251	0,232	0,251	0,434	0,286	0,434
53	Norte	E74	0,423	0,430	0,430	0,423	0,430	0,430
54	Centro	E2	0,318	0,355	0,355	0,417	0,384	0,417
55	Norte	E76	0,408	0,229	0,408	0,408	0,229	0,408
56	Norte	E72	0,386	0,219	0,386	0,386	0,219	0,386
57	Norte	E22	0,189	0,171	0,189	0,376	0,216	0,376
58	Centro	E82	0,076	0,214	0,214	0,246	0,315	0,315
59	Centro	E26	0,158	0,236	0,236	0,295	0,304	0,304
60	Centro	E68	0,098	0,200	0,200	0,289	0,302	0,302
61	Centro	E3	0,086	0,226	0,226	0,171	0,282	0,282
62	Norte	E13	0,277	0,281	0,281	0,277	0,281	0,281
63	Norte	E5	0,110	0,119	0,119	0,255	0,171	0,255
64	Centro	E78	0,149	0,243	0,243	0,203	0,254	0,254
65	Norte	E95	0,177	0,233	0,233	0,222	0,237	0,237
66	Centro	E36	0,139	0,206	0,206	0,139	0,206	0,206
67	Centro	E52	0,036	0,193	0,193	0,080	0,195	0,195
68	Centro	E25	0,034	0,186	0,186	0,180	0,188	0,188
69	Norte	E31	0,185	0,086	0,185	0,185	0,086	0,185
70	Centro	E14	0,052	0,175	0,175	0,129	0,172	0,172
71	Norte	E33	0,064	0,077	0,077	0,143	0,083	0,143
72	Norte	E38	0,095	0,105	0,105	0,130	0,086	0,130
73	Norte	E83	0,082	0,066	0,082	0,086	0,067	0,086
74	Norte	E80	0,014	0,026	0,026	0,014	0,026	0,026
75	LVT	E10	2,167	0,792	2,167			
76	LVT	E40	1,376	0,466	1,376			
77	Alentejo	E81	1,212	0,209	1,212			
78	LVT	E85	1,120	0,562	1,120			
79	Centro	E42	0,323	0,527	0,527			
80	Norte	E7	0,473	0,268	0,473			
81	Alentejo	E37	0,465	0,178	0,465			
82	Norte	E71	0,458	0,279	0,458			
83	Norte	E23	0,386	0,219	0,386			
84	Norte	E84	0,386	0,218	0,386			
85	Norte	E64	0,369	0,209	0,369			
86	Centro	E55	0,262	0,291	0,291			
87	Norte	E27	0,254	0,154	0,254			
88	Centro	E51	0,214	0,187	0,214			
89	Norte	E28	0,205	0,094	0,205			
90	Norte	E4	0,205	0,094	0,205			
91	Norte	E73	0,204	0,074	0,204			
92	Centro	E35	0,193	0,197	0,197			
93	Centro	E34	0,037	0,195	0,195			
94	Norte	E59	0,122	0,077	0,122			
95	Norte	E89	0,091	0,034	0,091			
96	Norte	E63	0,050	0,025	0,050			

Tabela 4.4: Resultados por Estabelecimento (2/2).

4.3 Resultados por Estabelecimentos de Urgência

Na lista de resultados por estabelecimentos de urgência foram apenas contabilizados os edifícios que compreendem serviço de urgências e, por conseguinte, os estabelecimentos que também os compreendem. Apenas 66 dos edifícios compreendem serviço de urgências, segundo os dados do questionário, o que significa que na maior parte dos estabelecimentos há apenas um edifício nesta situação.

Pela tabela 4.5 evidencia-se a distribuição heterogénea que se verifica nos serviços de urgências hospitalares no território nacional continental. Ainda assim, uma reduzida amostra destes consta dos intervalos de índice de risco superiores, sendo que, novamente, localizam-se na zona de Lisboa e Vale do Tejo e Algarve.

Tabela 4.5: Distribuição de estabelecimentos de urgência por Índice de Risco e ARS.

ARS	Intervalo de Índice de Risco				Sub-Total
	[0-1]	[1-2]	[2-3]	[3-4]	
Norte	17	0	0	0	17
Centro	11	2	0	0	13
LVT	5	8	4	1	18
Alentejo	1	2	0	0	3
Algarve	0	1	1	1	3
Sub-Total	34	13	5	2	54

Como se compreende pela figura 4.8, o número de estabelecimentos afeto a cada um dos intervalos vai diminuindo com o aumento do risco destes. Em comparação com os resultados que englobam a totalidade dos edifícios, é expectável que a percentagem de afetação aos intervalos de risco mais elevados seja menor nos edifícios com serviços de urgências, seguindo a pressuposto de emergência dos atos médicos ali realizados. No entanto, ressalva-se que estas distribuições foram ponderadas através da área útil dos edifícios, o que impossibilita uma comparação direta fiável com as distribuições por estabelecimento.

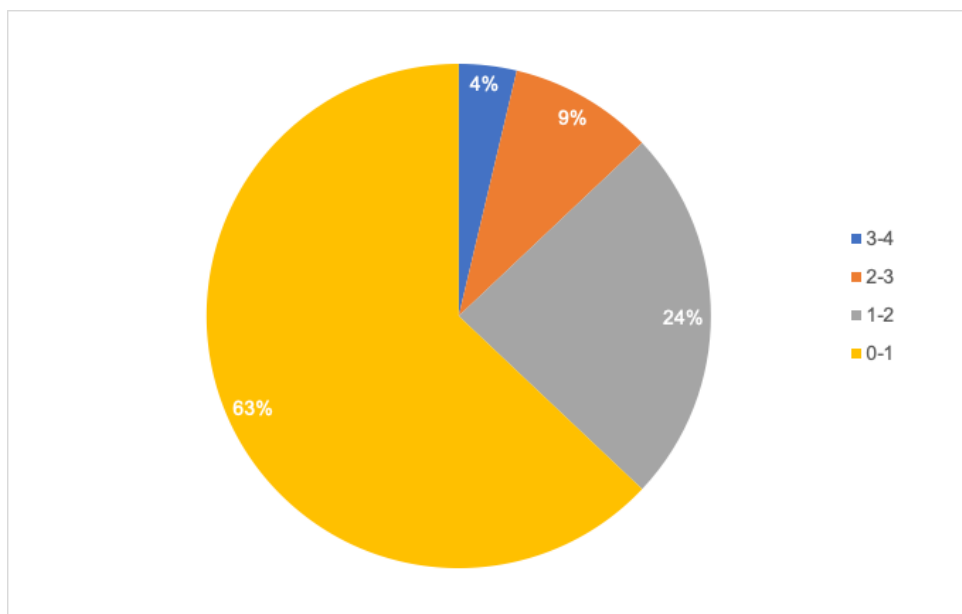


Figura 4.8: Distribuição percentual de estabelecimentos de urgência por Índice de Risco.

Incluiu-se ainda no âmbito dos resultados por estabelecimento de urgência uma lista hierarquizada dos estabelecimentos que compreendem serviço de urgências polivalente. Sendo este o tipo de serviço de urgências mais abrangente e com melhor capacidade para aceder a qualquer tipo de caso, é de extrema importância diferenciá-lo dos restantes na perspetiva de serem mais dificilmente substituíveis.

Ressalva-se que a informação recebida pela ACSS e pelo questionário relativamente ao tipo de serviço de urgências de cada estabelecimentos não é completamente coincidente. Adicionalmente, houve estabelecimentos indicados pela ACSS com este tipo de serviço mas em que não foram submetidas informações respeitantes aos edifícios, impossibilitando a análise dos mesmos. As situações específicas e os estabelecimentos que nelas se inserem estão descritos abaixo.

Estabelecimentos não incluídos na lista de resultados que foram indicados pela ACSS como compreendendo SUP, devido ao facto de não se dispor de informação suficiente sobre edifícios:

- E83 - ARS Norte
- E40 - ARS LVT

Estabelecimentos não incluídos na lista de resultados que foram indicados pela ACSS como compreendendo SUP, contrariamente ao inquérito:

- E10 - ARS LVT
- E64 - ARS Norte
- E59 - ARS Norte
- E27 - ARS Norte
- E7 - ARS Norte

- E81 - Alentejo

Estabelecimentos incluídos na lista de resultados que foram indicados no questionário como compreendendo SUP, contrariamente ao indicado pela ACSS:

- E47 - ARS Algarve
- E43 - ARS Algarve
- E18 - ARS Centro
- E70 - ARS Norte
- E44 - ARS LVT

Posição	ARS	ID Estabelecimento	Índice de Risco (Média Aritmética) [0-4]			Índice de Rico (Ponderação Por Área Útil) [0-4]		
			Tipo 1	Tipo 2	Maior	Tipo 1	Tipo 2	Maior
1	Algarve	E47	3,898	1,180	3,898	3,898	1,180	3,898
2	LVT	E66	3,058	0,860	3,058	3,058	0,860	3,058
3	LVT	E91	2,992	0,766	2,992	2,992	0,766	2,992
4	LVT	E39	2,751	0,827	2,751	2,751	0,827	2,751
5	LVT	E41	2,751	0,827	2,751	2,751	0,827	2,751
6	Algarve	E50	1,234	0,432	1,234	2,079	0,721	2,079
7	LVT	E48	2,041	0,692	2,041	2,041	0,692	2,041
8	Algarve	E43	1,868	0,540	1,868	1,868	0,540	1,868
9	Alentejo	E56	1,742	0,293	1,742	1,742	0,293	1,742
10	LVT	E44	1,702	0,802	1,702	1,702	0,802	1,702
11	LVT	E1	1,698	0,448	1,698	1,698	0,448	1,698
12	LVT	E49	1,622	0,706	1,622	1,622	0,706	1,622
13	LVT	E21	1,622	0,706	1,622	1,622	0,706	1,622
14	LVT	E17	1,538	0,559	1,538	1,538	0,559	1,538
15	Alentejo	E87	1,431	0,463	1,431	1,431	0,463	1,431
16	LVT	E67	1,251	0,371	1,251	1,251	0,371	1,251
17	Centro	E60	1,288	0,494	1,288	1,167	0,491	1,167
18	LVT	E15	1,156	0,920	1,156	1,156	0,920	1,156
19	LVT	E20	1,073	0,383	1,073	1,070	0,383	1,070
20	Centro	E29	1,033	0,392	1,033	1,033	0,392	1,033
21	Centro	E18	0,821	0,358	0,821	0,821	0,358	0,821
22	LVT	E69	0,821	0,358	0,821	0,821	0,358	0,821
23	LVT	E12	0,792	0,360	0,792	0,792	0,360	0,792
24	LVT	E53	0,784	0,360	0,784	0,784	0,360	0,784
25	Norte	E70	0,717	0,460	0,717	0,717	0,460	0,717
26	Norte	E62	0,709	0,716	0,716	0,709	0,716	0,716
27	Norte	E11	0,711	0,452	0,711	0,711	0,452	0,711
28	Norte	E6	0,709	0,375	0,709	0,709	0,375	0,709
29	Norte	E57	0,709	0,436	0,709	0,709	0,436	0,709
30	Centro	E96	0,640	0,597	0,640	0,640	0,597	0,640
31	Norte	E45	0,530	0,305	0,530	0,598	0,357	0,598
32	Centro	E97	0,590	0,209	0,590	0,590	0,209	0,590
33	Alentejo	E93	0,543	0,188	0,543	0,543	0,188	0,543
34	Centro	E24	0,480	0,261	0,480	0,480	0,261	0,480
35	Norte	E79	0,476	0,268	0,476	0,476	0,268	0,476
36	Norte	E22	0,444	0,237	0,444	0,437	0,232	0,437
37	Norte	E74	0,423	0,430	0,430	0,423	0,430	0,430
38	Norte	E76	0,408	0,229	0,408	0,408	0,229	0,408
39	Centro	E82	0,403	0,408	0,408	0,403	0,408	0,408
40	Centro	E3	0,318	0,402	0,402	0,318	0,402	0,402
41	Norte	E72	0,386	0,219	0,386	0,386	0,219	0,386
42	LVT	E86	0,363	0,290	0,363	0,363	0,290	0,363
43	Norte	E61	0,317	0,196	0,317	0,317	0,196	0,317
44	Centro	E68	0,304	0,308	0,308	0,304	0,308	0,308
45	Centro	E26	0,304	0,308	0,308	0,304	0,308	0,308
46	Norte	E13	0,277	0,281	0,281	0,277	0,281	0,281
47	LVT	E75	0,254	0,179	0,254	0,254	0,179	0,254
48	Norte	E95	0,007	0,208	0,208	0,007	0,208	0,208

Tabela 4.6: Resultados por Estabelecimento de Urgência (1/2).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	Índice de Risco (Média Aritmética) [0-4]			Índice de Rico (Ponderação Por Área Útil) [0-4]		
			Tipo 1	Tipo 2	Maior	Tipo 1	Tipo 2	Maior
49	Centro	E36	0,139	0,206	0,206	0,139	0,206	0,206
50	Centro	E25	0,185	0,188	0,188	0,185	0,188	0,188
51	Norte	E33	0,185	0,086	0,185	0,185	0,086	0,185
52	Norte	E31	0,185	0,086	0,185	0,185	0,086	0,185
53	Centro	E14	0,180	0,183	0,183	0,180	0,183	0,183
54	Norte	E38	0,095	0,105	0,105	0,130	0,086	0,130

Tabela 4.7: Resultados por Estabelecimento de Urgência (2/2).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	Índice de Risco (Média Aritmética) [0-4]			Índice de Rico (Ponderação Por Área Útil) [0-4]		
			Tipo 1	Tipo 2	Maior	Tipo 1	Tipo 2	Maior
1	Algarve	E47	3,898	1,180	3,898	3,898	1,180	3,898
2	LVT	E66	3,058	0,860	3,058	3,058	0,860	3,058
3	LVT	E39	2,751	0,827	2,751	2,751	0,827	2,751
4	LVT	E41	2,751	0,827	2,751	2,751	0,827	2,751
5	Algarve	E50	1,234	0,432	1,234	2,079	0,721	2,079
6	LVT	E48	2,041	0,692	2,041	2,041	0,692	2,041
7	Algarve	E43	1,868	0,540	1,868	1,868	0,540	1,868
8	LVT	E44	1,702	0,802	1,702	1,702	0,802	1,702
9	LVT	E49	1,622	0,706	1,622	1,622	0,706	1,622
10	Centro	E18	0,821	0,358	0,821	0,821	0,358	0,821
11	Norte	E70	0,717	0,460	0,717	0,717	0,460	0,717
12	Centro	E24	0,480	0,261	0,480	0,480	0,261	0,480
13	Norte	E79	0,476	0,268	0,476	0,476	0,268	0,476
14	Norte	E74	0,423	0,430	0,430	0,423	0,430	0,430
15	Centro	E82	0,403	0,408	0,408	0,403	0,408	0,408
16	Centro	E68	0,304	0,308	0,308	0,304	0,308	0,308
17	Centro	E25	0,185	0,188	0,188	0,185	0,188	0,188
18	Centro	E14	0,180	0,183	0,183	0,180	0,183	0,183

Tabela 4.8: Resultados por Estabelecimento de Urgência SUP.

Capítulo 5

Conclusões

5.1 Conclusões

O parque hospitalar público de Portugal continental é um ativo de grande importância para a população, principalmente num evento catastrófico de qualquer natureza em que os serviços de emergência necessitem de atuar prontamente. Acontece que estes edifícios hospitalares também são suscetíveis aos eventos sísmicos e podem sofrer danos que ponham em causa as pessoas que neles se encontram e, de uma forma ainda mais impactante, impossibilitar que neles se realizem as atividades de socorro à população para que foram concebidos. É portanto natural que o risco sísmico destas infraestruturas tenha de ser considerado no seu dimensionamento, construção e manutenção, a par de outras de primeira resposta.

O método aplicado na presente dissertação de forma a perceber o resultado relativo deste risco é bastante generalista, só desta forma seria possível reunir toda a informação e analisá-la no âmbito de um projeto da presente natureza. Na mesma medida, foram aplicadas várias formas e métodos de estimar as condicionantes características de cada estabelecimento e cada localização, desde a classificação do tipo de terreno, aos valores característicos afetos a cada categoria do edificado e a toda a informação recebida através do questionário. Relativamente a esta última, há que reconhecer que o preenchimento do questionário pode ter levado a alguns erros de classificação, tanto devido a erros de interpretação como por insuficiente conhecimento técnico para responder a algumas das questões, adicionando alguma incerteza e variabilidade aos resultados.

Também é relevante referir que os parâmetros publicados pelo LNEC não foram calculados para edifícios hospitalares, que à luz dos regulamentos têm requisitos de dimensionamento mais exigentes que os edifícios habitacionais. Por outro lado, há que considerar que parte dos edifícios hospitalares mais antigos em Portugal continental não foram inicialmente dimensionados para esse efeito. Da mesma forma, os dados do LNEC foram calculados com base no edificado da Área Metropolitana de Lisboa, não refletindo perfeitamente a realidade nacional, o que se procurou corrigir com as alterações efetuadas aos parâmetros com base nos regulamento de dimensionamento.

Os resultados concretizados neste trabalho não se propõem a guiar as intervenções ou decisões

estratégicas que devem ser realizadas na gestão do parque hospitalar, mas sim a guiar os decisores responsáveis na priorização de realização de prospeções e estudos sísmicos individualizados e precisos. Esta análise generalista de uma amostra de dimensão considerável visa direcionar estudos mais especializados, mas também mais onerosos, que dificilmente seriam aplicados a todos os edifícios em causa e ao mesmo tempo, por isso a relevância de melhor entender por onde começar.

Da análise efetuada resulta uma lista clara de prioridade, mesmo que o índice de risco aplicado tenha uma essência mais comparativa que efetiva. Esta análise relacionou a localização dos edifícios e ação sísmica, terreno de fundação, tipologia construtiva e número de pisos de cada edifício. Apesar da relação do risco sísmico com qualquer um destes fatores isolados ser já conhecida de uma forma relativa, os resultados levantados relacionam-nos a todos, sendo esse o real resultado deste projeto.

5.2 Perspectivas Futuras

Numa perspectiva de comparação de resultados, considera-se que seria proveitoso efetuar a análise do risco sísmico do parque hospitalar fazendo uso de programas com recurso a tecnologia de sistema de informação geográfica. Tal abordagem seria mais automatizada, permitindo variar parâmetros assumidos, decidindo sobre a qualidade dessas assunções. Um dos exemplos deste tipo de simuladores é o *LNECloss*.

Considera-se também relevante estudar um fator de ponderação que reflita a vida útil de cada um dos edifícios. Numa perspectiva de analisar a prioridade de intervenção de edifícios hospitalares existentes, poderia ser introduzido um parâmetro que limitasse a priorização de edifícios que ultrapassaram largamente o seu período de vida útil, em que a decisão de os substituir sobrepõe-se à de intervenção e reforço. Uma forma de influenciar a análise sobre este princípio seria formular uma redução do período de retorno sísmico para estas situações.

Como é sabido, o risco sísmico constitui-se de três fatores: perigosidade, vulnerabilidade e exposição. Neste trabalho não foi possível concretizar o espectro da exposição. A concepção inicial seria ponderar este fator através do número de população servida por cada estabelecimento numa situação de catástrofe. Para tal, considerou-se recorrer ao número de atendimentos urgentes de cada estabelecimento, com vista a representar relativamente o número de pessoas que procuraria esse mesmo estabelecimento em situação de catástrofe. Acontece que os dados históricos disponíveis não permitiram aferir este fator, não refletindo a real afluência a cada um dos estabelecimentos. No entanto considera-se de extrema importância perceber este parâmetro do risco sísmico de forma a efetuar uma análise mais completa.

Considera-se ainda relevante aferir a divisão dos edifícios em blocos estruturalmente independentes, reconhecendo que em certos casos haja a possibilidade de os critérios explicitados dessa divisão tenham sido interpretados de forma diferente. Admitindo que esta divisão possa ter sido executada de forma menos correta em edifícios cujos parâmetros relevantes para a metodologia generalizada aplicada sejam semelhantes, os resultados do índice de risco podem não ter sido afetados de forma significativa. A utilização da área útil dos edifícios como parâmetro de ponderação visou precisamente

diminuir a variabilidade desta divisão; no entanto, a falta desta informação em parte dos estabelecimentos não permitiu efetivar essa perspectiva na totalidade dos resultados. A análise dos resultados relativa à globalidade edifícios também foi afetada por este fator, pois um edifício que tenha sido considerado como um todo em vez dos múltiplos blocos estruturais que o compõem foi considerado na análise como um elemento, face a um edifício que foi devidamente declarado como um número de blocos estruturalmente independentes e, portanto, considerado em vários elementos.

Bibliografia

- [1] O. Keskin e M. Kalemoglu. Earthquake and triage. *Ulusal travma ve acil cerrahi dergisi = Turkish journal of trauma and emergency surgery : TJTES*, 8, 05 2002.
- [2] *Especificações Técnicas para o Comportamento Sismo-Resistente de Edifícios Hospitalares, ET 05/07*. Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS), 2007.
- [3] *Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings*. Japan Building Disaster Prevention Association, 2001. 1st English Edition.
- [4] *Avaliação do Risco Sísmico de Unidades de Saúde - Aplicação da Metodologia ICIST/ACSS*. Administração Central do Sistema de Saúde e Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção, 2009.
- [5] R. Sousa, A. C. Costa, e A. Costa. *Metodologia para a Avaliação da Segurança Sísmica de Edifícios Existentes Baseada em Análises de Fiabilidade Estrutural*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2019. Relatório 81/2019 - DE/NESDE.
- [6] *NP EN1998-3, Anexo Nacional*. Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT115- Eurocódigos Estruturais, 2017.
- [7] *Earthquake Loss Estimation Methodology – Hazus@99 - Technical Manual*. National Institute of Building Sciences, Federal Emergency Management Agency, 1999.
- [8] *Building Stock Inventory and Vulnerability Data for Lisbon Metropolitan Area*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas, 2005. Relatório 423/2005 - NESDE.
- [9] *Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos*. Comissão Encarregada do Estudo do Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos, 1958.
- [10] *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Comissão de Instituição e Revisão dos Regulamentos Técnicos, 1983.
- [11] *EN 1998-1: Eurocode 8 - Design of Structures for Earthquake Resistance*. European Committee for Standardization, 2003.

- [12] *NP EN1998-1, Anexo Nacional*. Comissão Técnica Portuguesa de Normalização CT115- Eurocódigos Estruturais, 2010.
- [13] S. P. Vilanova, J. Narciso, J. P. Carvalho, I. Lopes, M. Quinta-Ferreira, C. C. Pinto, R. Moura, J. Borges, e E. S. Nemser. Developing a geologically based vs 30 site-condition model for portugal: Methodology and assessment of the performance of proxies. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(1):322–337, 2018.
- [14] *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. Applied Technology Council, ATC 40, 1996. Relatório no SSC 96-01.
- [15] M. D. H. T. Snow. Hierarquização de equipamentos hospitalares num cenário de catástrofe sísmica. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2010.
- [16] J. M. Proença e M. A. Ferreira. Estudo do risco sísmico e de tsunamis do algarve. Relatório ICIST EP No 70/08, Instituto Superior Técnico, 2008.
- [17] D. A. Radeva. Evaluation of building damage due to seismic actions. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico e University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, 2008.
- [18] P. A. A. D. Ferreira. Identificação modal com vibração ambiente : contributo para a avaliação da vulnerabilidade sísmica do corpo 4 do hospital de santa maria. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2002.
- [19] V. Silva, H. Crowley, H. Varum, e R. Pinho. Seismic risk assessment for mainland portugal. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(2):429–457, 2015.

Anexo I

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
1	Algarve	E47	3	1	1	3,988	1,622	3,988
2	Algarve	E47	2	2	1	3,898	1,180	3,898
3	Algarve	E47	1	2	2	3,770	0,779	3,770
4	Algarve	E50	6	2	1	3,765	1,180	3,765
5	Algarve	E50	7	2	1	3,765	1,180	3,765
6	LVT	E91	8	1	2	3,514	1,132	3,514
7	LVT	E66	6	1	2	3,514	1,132	3,514
8	LVT	E66	7	1	2	3,514	1,132	3,514
9	LVT	E66	13	1	2	3,514	1,132	3,514
10	LVT	E66	15	1	2	3,514	1,132	3,514
11	LVT	E66	17	1	2	3,514	1,132	3,514
12	LVT	E66	21	1	2	3,514	1,132	3,514
13	LVT	E54	3	1	2	3,514	1,132	3,514
14	LVT	E94	4	1	2	3,514	1,132	3,514
15	LVT	E94	6	1	2	3,514	1,132	3,514
16	LVT	E94	7	1	2	3,514	1,132	3,514
17	LVT	E94	11	1	2	3,514	1,132	3,514
18	LVT	E94	13	1	2	3,514	1,132	3,514
19	LVT	E58	13	1	2	3,514	1,132	3,514
20	LVT	E58	14	1	2	3,514	1,132	3,514
21	LVT	E58	19	1	2	3,514	1,132	3,514
22	LVT	E39	6	1	2	3,514	1,132	3,514
23	LVT	E39	8	1	2	3,514	1,132	3,514
24	LVT	E39	10	1	2	3,514	1,132	3,514
25	LVT	E39	16	1	2	3,514	1,132	3,514
26	LVT	E39	17	1	2	3,514	1,132	3,514
27	LVT	E39	18	1	2	3,514	1,132	3,514
28	LVT	E39	21	1	2	3,514	1,132	3,514
29	LVT	E39	22	1	2	3,514	1,132	3,514
30	LVT	E19	1	2	1	3,507	1,207	3,507
31	LVT	E91	4	2	1	3,507	1,200	3,507
32	LVT	E54	12	2	1	3,507	1,180	3,507
33	LVT	E54	21	2	1	3,507	1,207	3,507
34	LVT	E91	6	1	3	3,412	1,003	3,412
35	LVT	E91	7	1	3	3,412	1,003	3,412
36	LVT	E91	13	1	3	3,412	1,003	3,412
37	LVT	E91	14	1	3	3,412	1,003	3,412
38	LVT	E66	9	1	3	3,412	1,005	3,412
39	LVT	E66	14	1	3	3,412	1,005	3,412
40	LVT	E66	16	1	3	3,412	1,005	3,412
41	LVT	E66	18	1	3	3,412	1,005	3,412
42	LVT	E66	19	1	3	3,412	1,005	3,412
43	LVT	E66	20	1	3	3,412	1,005	3,412
44	LVT	E54	5	1	3	3,412	0,995	3,412
45	LVT	E54	6	1	3	3,412	0,995	3,412
46	LVT	E54	20	1	3	3,412	0,995	3,412
47	LVT	E54	22	1	3	3,412	1,005	3,412
48	LVT	E94	5	1	3	3,412	1,005	3,412
49	LVT	E94	9	1	3	3,412	1,005	3,412
50	LVT	E94	10	1	3	3,412	1,005	3,412

Tabela 1: Resultados por Edifício (1/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
51	LVT	E94	14	1	3	3,412	1,005	3,412
52	LVT	E94	15	1	3	3,412	1,005	3,412
53	LVT	E58	4	1	3	3,412	1,005	3,412
54	LVT	E58	12	1	3	3,412	1,005	3,412
55	LVT	E58	21	1	3	3,412	1,005	3,412
56	LVT	E58	22	1	3	3,412	1,005	3,412
57	LVT	E58	23	1	3	3,412	1,005	3,412
58	LVT	E58	25	1	3	3,412	1,005	3,412
59	LVT	E58	26	1	3	3,412	1,005	3,412
60	LVT	E58	27	1	3	3,412	1,005	3,412
61	LVT	E39	4	1	3	3,412	1,005	3,412
62	LVT	E39	33	1	3	3,412	1,005	3,412
63	LVT	E39	34	1	3	3,412	1,005	3,412
64	LVT	E39	36	1	3	3,412	1,005	3,412
65	LVT	E39	40	1	3	3,412	1,005	3,412
66	LVT	E39	2	3	1	3,307	1,114	3,307
67	LVT	E16	12	1	2	3,291	0,789	3,291
68	LVT	E16	13	1	2	3,291	0,789	3,291
69	LVT	E16	17	1	2	3,291	0,789	3,291
70	LVT	E16	26	1	2	3,291	0,789	3,291
71	LVT	E16	31	1	2	3,291	0,789	3,291
72	LVT	E16	34	1	2	3,291	0,789	3,291
73	LVT	E16	35	1	2	3,291	0,789	3,291
74	LVT	E16	36	1	2	3,291	0,789	3,291
75	LVT	E16	37	1	2	3,291	0,789	3,291
76	LVT	E90	4	1	2	3,291	0,780	3,291
77	LVT	E90	5	1	2	3,291	0,780	3,291
78	LVT	E90	7	1	2	3,291	0,780	3,291
79	LVT	E88	2	1	2	3,291	0,789	3,291
80	LVT	E88	10	1	2	3,291	0,789	3,291
81	LVT	E16	6	1	3	3,173	0,714	3,173
82	LVT	E16	28	1	3	3,173	0,714	3,173
83	LVT	E16	29	1	3	3,173	0,714	3,173
84	LVT	E16	50	1	3	3,173	0,714	3,173
85	LVT	E88	12	1	3	3,173	0,714	3,173
86	LVT	E48	3	1	5	3,141	0,664	3,141
87	LVT	E58	31	1	5	3,141	0,669	3,141
88	Algarve	E50	3	1	6	3,105	0,492	3,105
89	LVT	E66	5	2	2	3,095	0,812	3,095
90	LVT	E66	8	2	2	3,095	0,812	3,095
91	LVT	E66	12	2	2	3,095	0,812	3,095
92	LVT	E58	6	2	2	3,095	0,812	3,095
93	LVT	E58	7	2	2	3,095	0,812	3,095
94	LVT	E39	3	2	2	3,095	0,812	3,095
95	LVT	E39	5	2	2	3,095	0,812	3,095
96	LVT	E39	12	2	2	3,095	0,812	3,095
97	LVT	E39	14	2	2	3,095	0,812	3,095
98	LVT	E39	15	2	2	3,095	0,812	3,095
99	LVT	E39	24	2	2	3,095	0,812	3,095
100	LVT	E39	41	2	2	3,095	0,812	3,095

Tabela 2: Resultados por Edifício (2/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
101	LVT	E90	1	4	1	3,058	0,887	3,058
102	LVT	E66	1	4	2	3,058	0,860	3,058
103	LVT	E54	2	4	2	3,058	0,830	3,058
104	LVT	E58	1	4	2	3,058	0,860	3,058
105	LVT	E58	10	4	2	3,058	0,860	3,058
106	LVT	E58	20	4	2	3,058	0,860	3,058
107	LVT	E39	19	4	2	3,058	0,860	3,058
108	LVT	E39	20	4	2	3,058	0,860	3,058
109	LVT	E46	1	4	2	3,058	0,860	3,058
110	LVT	E91	9	1	4	3,018	0,880	3,018
111	LVT	E1	5	1	4	3,018	0,868	3,018
112	LVT	E1	8	1	4	3,018	0,868	3,018
113	LVT	E1	9	1	4	3,018	0,868	3,018
114	LVT	E54	1	1	4	3,018	0,868	3,018
115	LVT	E58	28	1	4	3,018	0,884	3,018
116	LVT	E58	29	1	4	3,018	0,884	3,018
117	LVT	E58	30	1	4	3,018	0,884	3,018
118	LVT	E39	25	1	4	3,018	0,884	3,018
119	LVT	E39	26	1	4	3,018	0,884	3,018
120	LVT	E39	27	1	4	3,018	0,884	3,018
121	LVT	E39	20	1	4	3,018	0,884	3,018
122	LVT	E39	31	1	4	3,018	0,884	3,018
123	LVT	E39	35	1	4	3,018	0,884	3,018
124	LVT	E39	37	1	4	3,018	0,884	3,018
125	LVT	E91	3	3	2	2,992	0,766	2,992
126	LVT	E66	4	3	2	2,992	0,773	2,992
127	LVT	E58	2	3	2	2,992	0,773	2,992
128	LVT	E58	3	3	2	2,992	0,773	2,992
129	LVT	E58	8	3	2	2,992	0,773	2,992
130	LVT	E58	9	3	2	2,992	0,773	2,992
131	LVT	E58	18	3	2	2,992	0,773	2,992
132	LVT	E39	7	3	2	2,992	0,773	2,992
133	LVT	E39	9	3	2	2,992	0,773	2,992
134	LVT	E39	23	3	2	2,992	0,773	2,992
135	LVT	E16	14	1	5	2,850	0,465	2,850
136	LVT	E16	20	1	5	2,850	0,465	2,850
137	LVT	E16	49	1	5	2,850	0,465	2,850
138	LVT	E58	15	2	3	2,849	0,740	2,849
139	LVT	E58	17	2	3	2,849	0,740	2,849
140	LVT	E39	28	2	3	2,849	0,740	2,849
141	LVT	E44	1	7	2	2,843	0,946	2,843
142	LVT	E16	7	2	2	2,822	0,587	2,822
143	LVT	E16	10	2	2	2,822	0,587	2,822
144	LVT	E16	11	2	2	2,822	0,587	2,822
145	LVT	E16	15	2	2	2,822	0,587	2,822
146	LVT	E16	16	2	2	2,822	0,587	2,822
147	LVT	E16	19	2	2	2,822	0,587	2,822
148	LVT	E16	21	2	2	2,822	0,587	2,822
149	LVT	E16	27	2	2	2,822	0,587	2,822
150	LVT	E16	30	2	2	2,822	0,587	2,822

Tabela 3: Resultados por Edifício (3/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
151	LVT	E16	33	2	2	2,822	0,587	2,822
152	LVT	E16	38	2	2	2,822	0,587	2,822
153	LVT	E16	43	2	2	2,822	0,587	2,822
154	LVT	E16	40	1	4	2,764	0,645	2,764
155	LVT	E16	41	1	4	2,764	0,645	2,764
156	LVT	E16	42	1	4	2,764	0,645	2,764
157	LVT	E16	44	1	4	2,764	0,645	2,764
158	LVT	E16	51	1	4	2,764	0,645	2,764
159	LVT	E16	52	1	4	2,764	0,645	2,764
160	LVT	E16	53	1	4	2,764	0,645	2,764
161	LVT	E16	54	1	4	2,764	0,645	2,764
162	LVT	E16	55	1	4	2,764	0,645	2,764
163	LVT	E94	1	7	2	2,751	0,827	2,751
164	LVT	E94	3	5	2	2,751	0,827	2,751
165	LVT	E58	16	5	2	2,751	0,827	2,751
166	LVT	E39	1	7	2	2,751	0,827	2,751
167	LVT	E39	13	5	2	2,751	0,827	2,751
168	LVT	E41	1	5	2	2,751	0,827	2,751
169	LVT	E16	47	3	2	2,709	0,575	2,709
170	LVT	E90	2	3	2	2,709	0,555	2,709
171	LVT	E66	2	1	6	2,640	0,492	2,640
172	LVT	E66	11	1	6	2,640	0,492	2,640
173	LVT	E66	22	1	6	2,640	0,522	2,640
174	LVT	E1	3	1	6	2,640	0,492	2,640
175	LVT	E1	4	1	6	2,640	0,492	2,640
176	LVT	E1	6	1	6	2,640	0,492	2,640
177	LVT	E54	9	1	6	2,640	0,492	2,640
178	LVT	E54	10	1	6	2,640	0,492	2,640
179	LVT	E54	15	1	6	2,640	0,492	2,640
180	LVT	E48	2	1	6	2,640	0,514	2,640
181	LVT	E94	8	1	6	2,640	0,514	2,640
182	LVT	E94	12	1	6	2,640	0,514	2,640
183	LVT	E58	24	1	6	2,640	0,514	2,640
184	Algarve	E50	4	2	6	2,561	0,410	2,561
185	LVT	E90	6	2	3	2,557	0,529	2,557
186	LVT	E86	5	1	3	2,360	0,700	2,360
187	LVT	E86	7	1	3	2,360	0,700	2,360
188	LVT	E86	8	1	3	2,360	0,700	2,360
189	Alentejo	E56	2	1	6	2,318	0,354	2,318
190	Alentejo	E56	4	1	6	2,318	0,354	2,318
191	Alentejo	E56	6	1	6	2,318	0,354	2,318
192	Alentejo	E56	8	1	6	2,318	0,354	2,318
193	Alentejo	E56	10	1	6	2,318	0,354	2,318
194	LVT	E17	2	1	6	2,318	0,745	2,318
195	LVT	E17	3	1	6	2,318	0,745	2,318
196	LVT	E16	3	1	6	2,302	0,364	2,302
197	LVT	E16	4	1	6	2,302	0,364	2,302
198	LVT	E16	9	1	6	2,302	0,364	2,302
199	LVT	E16	25	1	6	2,302	0,364	2,302
200	LVT	E16	32	1	6	2,302	0,364	2,302

Tabela 4: Resultados por Edifício (4/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
201	LVT	E16	48	1	6	2,302	0,346	2,302
202	LVT	E88	5	1	6	2,302	0,359	2,302
203	LVT	E16	23	2	5	2,290	0,337	2,290
204	LVT	E16	24	2	5	2,290	0,337	2,290
205	LVT	E88	7	2	5	2,290	0,337	2,290
206	Centro	E60	11	1	4	2,171	0,699	2,171
207	Centro	E60	34	1	4	2,171	0,699	2,171
208	Centro	E60	35	1	4	2,171	0,699	2,171
209	Algarve	E47	4	3	7	2,159	0,380	2,159
210	Algarve	E50	1	9	6	2,093	0,725	2,093
211	LVT	E88	11	3	5	2,051	0,305	2,051
212	LVT	E54	16	2	6	2,046	0,406	2,046
213	LVT	E54	18	2	6	2,046	0,406	2,046
214	LVT	E48	4	2	6	2,046	0,406	2,046
215	LVT	E48	5	2	6	2,046	0,406	2,046
216	LVT	E48	1	9	5	2,041	0,692	2,041
217	LVT	E88	13	5	5	1,874	0,305	1,874
218	Algarve	E43	1	7	7	1,868	0,540	1,868
219	LVT	E91	1	3	6	1,837	0,380	1,837
220	Centro	E60	41	1	6	1,817	0,488	1,817
221	Centro	E60	42	1	6	1,817	0,488	1,817
222	Centro	E60	43	1	6	1,817	0,488	1,817
223	Algarve	E50	8	12	7	1,813	0,706	1,813
224	LVT	E10	1	9	5	1,806	0,550	1,806
225	LVT	E88	1	8	5	1,806	0,550	1,806
226	Centro	E60	12	1	6	1,788	0,509	1,788
227	Centro	E60	13	1	6	1,788	0,509	1,788
228	Centro	E60	16	1	6	1,788	0,509	1,788
229	Centro	E60	17	1	6	1,788	0,509	1,788
230	Centro	E60	17	1	6	1,788	0,509	1,788
231	Centro	E60	18	1	6	1,788	0,509	1,788
232	Centro	E60	23	1	6	1,788	0,509	1,788
233	Centro	E60	24	1	6	1,788	0,509	1,788
234	Centro	E60	25	1	6	1,788	0,509	1,788
235	Centro	E60	26	1	6	1,788	0,509	1,788
236	Centro	E60	27	1	6	1,788	0,509	1,788
237	Centro	E60	28	1	6	1,788	0,509	1,788
238	Centro	E60	29	1	6	1,788	0,509	1,788
239	Centro	E60	30	1	6	1,788	0,509	1,788
240	Centro	E60	31	1	6	1,788	0,509	1,788
241	Centro	E60	32	1	6	1,788	0,509	1,788
242	Centro	E60	33	1	6	1,788	0,509	1,788
243	Centro	E60	36	1	6	1,788	0,509	1,788
244	Centro	E60	37	1	6	1,788	0,509	1,788
245	Centro	E60	38	1	6	1,788	0,509	1,788
246	Centro	E60	39	1	6	1,788	0,509	1,788
247	Centro	E60	40	1	6	1,788	0,509	1,788
248	Alentejo	E56	3	2	6	1,742	0,293	1,742
249	LVT	E94	2	6	6	1,710	0,447	1,710
250	LVT	E16	5	2	6	1,710	0,287	1,710

Tabela 5: Resultados por Edifício (5/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
251	LVT	E16	8	2	6	1,710	0,287	1,710
252	Algarve	E77	1	3	7	1,707	0,287	1,707
253	LVT	E44	2	8	7	1,702	0,802	1,702
254	LVT	E1	1	7	6	1,698	0,448	1,698
255	LVT	E9	1	8	6	1,660	0,585	1,660
256	LVT	E88	8	10	6	1,660	0,585	1,660
257	LVT	E49	1	9	7	1,622	0,706	1,622
258	LVT	E21	1	8	7	1,622	0,706	1,622
259	LVT	E16	2	4	6	1,604	0,322	1,604
260	Algarve	E50	2	7	7	1,600	0,471	1,600
261	LVT	E39	11	1	1	1,600	0,471	1,600
262	Centro	E8	5	2	2	1,589	0,539	1,589
263	LVT	E9	2	3	6	1,539	0,270	1,539
264	LVT	E17	1	3	6	1,538	0,559	1,538
265	LVT	E40	2	8	7	1,501	0,562	1,501
266	LVT	E86	1	2	4	1,499	0,570	1,499
267	LVT	E88	3	5	6	1,494	0,329	1,494
268	Centro	E8	1	3	2	1,487	0,520	1,487
269	Centro	E8	2	3	2	1,487	0,520	1,487
270	Centro	E8	4	3	2	1,487	0,520	1,487
271	Alentejo	E56	1	7	6	1,486	0,318	1,486
272	Alentejo	E87	1	4	7	1,431	0,463	1,431
273	LVT	E91	2	3	7	1,426	0,380	1,426
274	LVT	E49	2	3	7	1,426	0,380	1,426
275	LVT	E39	38	3	7	1,426	0,380	1,426
276	LVT	E54	14	3	7	1,417	0,384	1,417
277	LVT	E20	1	5	7	1,385	0,471	1,385
278	LVT	E20	2	5	7	1,385	0,471	1,385
279	LVT	E20	3	5	7	1,385	0,471	1,385
280	LVT	E66	3	6	7	1,385	0,471	1,385
281	LVT	E20	4	5	7	1,383	0,474	1,383
282	LVT	E90	3	3	7	1,260	0,287	1,260
283	LVT	E88	6	3	7	1,260	0,287	1,260
284	LVT	E16	1	6	7	1,251	0,371	1,251
285	LVT	E67	1	6	7	1,251	0,371	1,251
286	LVT	E40	1	5	7	1,251	0,371	1,251
287	Alentejo	E81	1	4	6	1,212	0,209	1,212
288	LVT	E15	1	12	6	1,156	0,920	1,156
289	Centro	E60	1	4	6	1,138	0,462	1,138
290	Centro	E60	2	4	6	1,138	0,462	1,138
291	Centro	E60	3	4	6	1,138	0,462	1,138
292	Centro	E60	4	4	6	1,138	0,462	1,138
293	Centro	E60	5	4	6	1,138	0,462	1,138
294	Centro	E60	6	4	6	1,138	0,462	1,138
295	Centro	E60	7	4	6	1,138	0,462	1,138
296	Centro	E60	20	2	7	1,121	0,489	1,121
297	Centro	E60	21	2	7	1,121	0,489	1,121
298	Centro	E60	22	2	7	1,121	0,489	1,121
299	LVT	E85	1	8	7	1,120	0,562	1,120
300	LVT	E20	7	2	7	1,095	0,379	1,095

Tabela 6: Resultados por Edifício (6/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
301	Alentejo	E56	7	4	7	1,066	0,262	1,066
302	LVT	E20	6	2	7	1,063	0,384	1,063
303	LVT	E20	8	2	7	1,063	0,384	1,063
304	LVT	E20	9	2	7	1,063	0,384	1,063
305	LVT	E91	5	2	7	1,063	0,384	1,063
306	LVT	E91	10	2	7	1,063	0,384	1,063
307	LVT	E49	3	2	7	1,063	0,384	1,063
308	LVT	E54	8	2	7	1,063	0,384	1,063
309	LVT	E54	11	2	7	1,063	0,384	1,063
310	LVT	E58	5	2	7	1,063	0,384	1,063
311	LVT	E39	39	2	7	1,063	0,384	1,063
312	Centro	E65	3	1	1	0,071	1,045	1,045
313	Centro	E29	1	2	1	1,033	0,392	1,033
314	Centro	E29	3	2	1	1,033	0,392	1,033
315	Centro	E60	8	3	6	1,024	0,378	1,024
316	Centro	E60	9	3	6	1,024	0,378	1,024
317	Alentejo	E56	5	3	7	0,999	0,200	0,999
318	LVT	E75	6	3	1	0,996	0,402	0,996
319	LVT	E75	7	3	1	0,996	0,402	0,996
320	LVT	E75	8	3	1	0,996	0,402	0,996
321	Norte	E30	1	13	7	0,987	0,681	0,987
322	Centro	E32	1	3	7	0,904	0,382	0,904
323	LVT	E86	3	4	7	0,847	0,367	0,847
324	Centro	E18	1	8	7	0,821	0,358	0,821
325	LVT	E69	1	9	7	0,821	0,358	0,821
326	LVT	E12	1	6	7	0,792	0,360	0,792
327	LVT	E53	1	6	7	0,784	0,360	0,784
328	LVT	E75	2	4	2	0,740	0,240	0,740
329	Norte	E70	1	5	7	0,717	0,460	0,717
330	Norte	E62	1	11	7	0,709	0,716	0,716
331	Norte	E11	2	4	7	0,711	0,452	0,711
332	Norte	E6	1	3	1	0,709	0,375	0,709
333	Norte	E95	1	3	1	0,709	0,375	0,709
334	Norte	E57	1	12	7	0,709	0,436	0,709
335	Norte	E45	8	5	7	0,708	0,456	0,708
336	Norte	E30	5	5	7	0,708	0,456	0,708
337	Norte	E30	7	5	7	0,708	0,456	0,708
338	Centro	E65	2	1	4	0,026	0,700	0,700
339	Centro	E65	8	1	4	0,026	0,700	0,700
340	Centro	E65	4	1	3	0,024	0,691	0,691
341	Centro	E65	5	1	3	0,024	0,691	0,691
342	Centro	E65	6	1	3	0,024	0,691	0,691
343	Centro	E65	7	1	3	0,024	0,691	0,691
344	Centro	E96	1	8	6	0,640	0,597	0,640
345	Norte	E45	1	11	6	0,640	0,389	0,640
346	Norte	E45	9	13	6	0,640	0,389	0,640
347	Norte	E30	8	2	7	0,633	0,367	0,633
348	Norte	E22	2	2	7	0,633	0,367	0,633
349	Norte	E30	6	3	7	0,624	0,363	0,624
350	Centro	E65	1	3	3	0,607	0,520	0,607

Tabela 7: Resultados por Edifício (7/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
351	Centro	E97	1	4	6	0,590	0,209	0,590
352	Alentejo	E93	1	6	6	0,543	0,188	0,543
353	Centro	E42	1	2	2	0,323	0,527	0,527
354	Norte	E6	2	7	2	0,509	0,259	0,509
355	Centro	E2	1	4	7	0,504	0,467	0,504
356	Centro	E2	3	4	7	0,504	0,467	0,504
357	Norte	E30	2	6	3	0,502	0,260	0,502
358	Alentejo	E93	2	2	6	0,493	0,155	0,493
359	Norte	E61	1	4	3	0,481	0,218	0,481
360	Centro	E24	1	8	7	0,480	0,261	0,480
361	Norte	E79	2	5	7	0,476	0,268	0,476
362	Norte	E79	3	6	7	0,476	0,268	0,476
363	Norte	E79	4	6	7	0,476	0,268	0,476
364	Norte	E79	5	6	7	0,476	0,268	0,476
365	Norte	E79	6	5	7	0,476	0,268	0,476
366	Norte	E79	7	6	7	0,476	0,268	0,476
367	Norte	E79	8	6	7	0,476	0,268	0,476
368	Norte	E79	9	6	7	0,476	0,268	0,476
369	Norte	E7	1	6	7	0,473	0,268	0,473
370	Centro	E29	2	3	7	0,465	0,178	0,465
371	LVT	E75	5	3	7	0,465	0,178	0,465
372	Alentejo	E37	1	3	7	0,465	0,178	0,465
373	Norte	E11	1	4	3	0,465	0,219	0,465
374	Norte	E71	1	4	7	0,458	0,279	0,458
375	Norte	E27	1	8	5	0,434	0,228	0,434
376	Norte	E74	1	4	1	0,423	0,430	0,430
377	LVT	E15	2	1	7	0,047	0,416	0,416
378	Norte	E76	1	8	6	0,408	0,229	0,408
379	Centro	E82	15	11	6	0,403	0,408	0,408
380	Centro	E82	34	11	6	0,403	0,408	0,408
381	Norte	E64	1	8	6	0,403	0,229	0,403
382	Centro	E3	1	3	1	0,318	0,402	0,402
383	Centro	E55	2	2	7	0,386	0,391	0,391
384	Centro	E55	3	2	7	0,386	0,391	0,391
385	Norte	E83	3	2	7	0,390	0,221	0,390
386	Centro	E2	4	4	6	0,387	0,351	0,387
387	Centro	E2	5	4	6	0,387	0,351	0,387
388	Norte	E23	1	2	7	0,386	0,219	0,386
389	Norte	E72	1	2	7	0,386	0,219	0,386
390	Norte	E84	1	3	7	0,386	0,218	0,386
391	Centro	E8	3	1	7	0,292	0,384	0,384
392	Centro	E60	10	1	7	0,292	0,384	0,384
393	Centro	E60	14	1	7	0,292	0,384	0,384
394	Centro	E60	19	1	7	0,292	0,384	0,384
395	Centro	E60	44	1	7	0,292	0,384	0,384
396	Centro	E60	45	1	7	0,292	0,384	0,384
397	Centro	E18	2	1	1	0,120	0,382	0,382
398	Centro	E18	3	1	1	0,120	0,382	0,382
399	Centro	E18	4	1	1	0,120	0,382	0,382
400	Algarve	E50	5	1	7	0,375	0,138	0,375

Tabela 8: Resultados por Edifício (8/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
401	LVT	E75	4	2	2	0,373	0,194	0,373
402	LVT	E86	2	2	7	0,363	0,290	0,363
403	Norte	E45	4	6	6	0,352	0,173	0,352
404	Centro	E2	2	5	6	0,352	0,318	0,352
405	Centro	E2	8	5	6	0,352	0,318	0,352
406	Norte	E64	2	3	1	0,335	0,190	0,335
407	Norte	E5	1	3	1	0,335	0,190	0,335
408	Centro	E78	1	4	7	0,312	0,316	0,316
409	Norte	E45	2	3	6	0,310	0,136	0,310
410	Norte	E45	3	3	6	0,310	0,136	0,310
411	Norte	E45	5	3	6	0,310	0,136	0,310
412	Norte	E45	7	3	6	0,310	0,136	0,310
413	Centro	E68	1	5	7	0,304	0,308	0,308
414	Centro	E26	1	7	7	0,304	0,308	0,308
415	Centro	E2	6	1	7	0,028	0,285	0,285
416	Centro	E2	7	1	7	0,028	0,285	0,285
417	Norte	E13	1	5	3	0,277	0,281	0,281
418	Centro	E82	7	2	7	0,167	0,259	0,259
419	Centro	E82	8	2	7	0,167	0,259	0,259
420	Centro	E82	16	2	7	0,167	0,259	0,259
421	Centro	E82	17	2	7	0,167	0,259	0,259
422	Centro	E82	18	2	7	0,167	0,259	0,259
423	Centro	E82	26	2	7	0,167	0,259	0,259
424	Centro	E82	27	2	7	0,167	0,259	0,259
425	Centro	E82	36	2	7	0,167	0,259	0,259
426	LVT	E75	1	2	7	0,254	0,179	0,254
427	Centro	E82	35	2	7	0,163	0,254	0,254
428	Centro	E3	2	2	7	0,163	0,254	0,254
429	Centro	E68	4	2	7	0,163	0,254	0,254
430	Centro	E26	2	2	7	0,163	0,254	0,254
431	Centro	E52	15	2	7	0,163	0,254	0,254
432	Norte	E22	1	4	5	0,254	0,106	0,254
433	Centro	E35	2	3	7	0,240	0,243	0,243
434	Norte	E59	1	9	5	0,243	0,119	0,243
435	LVT	E75	3	1	2	0,039	0,228	0,228
436	Centro	E51	1	7	5	0,214	0,187	0,214
437	Norte	E6	5	1	3	0,007	0,208	0,208
438	Norte	E95	2	1	2	0,007	0,208	0,208
439	Norte	E95	4	1	3	0,007	0,208	0,208
440	Centro	E78	2	3	2	0,133	0,207	0,207
441	Centro	E52	10	3	2	0,137	0,207	0,207
442	Centro	E36	1	3	2	0,139	0,206	0,206
443	Norte	E4	1	4	6	0,205	0,094	0,205
444	Norte	E28	1	4	6	0,205	0,094	0,205
445	Centro	E82	4	1	2	0,001	0,205	0,205
446	Centro	E82	6	1	2	0,001	0,205	0,205
447	Centro	E82	10	1	2	0,001	0,205	0,205
448	Centro	E82	20	1	2	0,001	0,205	0,205
449	Centro	E82	23	1	2	0,001	0,205	0,205
450	Centro	E82	25	1	2	0,001	0,205	0,205

Tabela 9: Resultados por Edifício (9/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
451	Centro	E82	29	1	2	0,001	0,205	0,205
452	Centro	E78	3	1	3	0,001	0,205	0,205
453	Centro	E52	4	1	2	0,001	0,205	0,205
454	Centro	E52	5	1	2	0,001	0,205	0,205
455	Centro	E52	7	1	2	0,001	0,205	0,205
456	Centro	E52	16	1	2	0,001	0,205	0,205
457	Centro	E52	17	1	2	0,001	0,205	0,205
458	Centro	E52	23	1	2	0,001	0,205	0,205
459	Norte	E73	1	3	5	0,204	0,074	0,204
460	LVT	E20	10	1	7	0,203	0,139	0,203
461	LVT	E20	11	1	7	0,203	0,139	0,203
462	LVT	E20	12	1	7	0,203	0,139	0,203
463	Norte	E30	3	1	3	0,007	0,202	0,202
464	Norte	E30	4	1	4	0,007	0,202	0,202
465	Norte	E30	9	1	4	0,007	0,202	0,202
466	Norte	E30	10	1	4	0,007	0,202	0,202
467	Norte	E11	4	1	4	0,007	0,202	0,202
468	Norte	E95	5	1	4	0,007	0,202	0,202
469	LVT	E20	5	1	7	0,199	0,138	0,199
470	LVT	E91	11	1	7	0,199	0,138	0,199
471	LVT	E91	12	1	7	0,199	0,138	0,199
472	LVT	E66	10	1	7	0,199	0,138	0,199
473	LVT	E1	2	1	7	0,199	0,138	0,199
474	LVT	E1	7	1	7	0,199	0,138	0,199
475	LVT	E54	4	1	7	0,199	0,138	0,199
476	LVT	E54	7	1	7	0,199	0,138	0,199
477	LVT	E54	13	1	7	0,199	0,138	0,199
478	LVT	E54	17	1	7	0,199	0,138	0,199
479	LVT	E54	19	1	7	0,199	0,138	0,199
480	LVT	E58	11	1	7	0,199	0,138	0,199
481	LVT	E39	29	1	7	0,199	0,138	0,199
482	LVT	E39	32	1	7	0,199	0,138	0,199
483	Centro	E82	2	2	2	0,037	0,195	0,195
484	Centro	E82	3	2	2	0,037	0,195	0,195
485	Centro	E82	5	2	2	0,037	0,195	0,195
486	Centro	E82	11	2	2	0,037	0,195	0,195
487	Centro	E82	19	2	2	0,037	0,195	0,195
488	Centro	E82	21	2	2	0,037	0,195	0,195
489	Centro	E82	22	2	2	0,037	0,195	0,195
490	Centro	E82	24	2	2	0,037	0,195	0,195
491	Centro	E82	30	2	2	0,037	0,195	0,195
492	Centro	E34	1	2	2	0,037	0,195	0,195
493	Centro	E52	1	2	2	0,038	0,195	0,195
494	Centro	E52	2	2	2	0,038	0,195	0,195
495	Centro	E52	3	2	2	0,038	0,195	0,195
496	Centro	E52	6	2	2	0,038	0,195	0,195
497	Centro	E52	8	2	2	0,038	0,195	0,195
498	Centro	E52	9	2	2	0,038	0,195	0,195
499	Centro	E52	11	2	2	0,038	0,195	0,195
500	Centro	E52	12	2	2	0,038	0,195	0,195

Tabela 10: Resultados por Edifício (10/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
501	Centro	E52	13	2	2	0,038	0,195	0,195
502	Centro	E25	1	6	6	0,185	0,188	0,188
503	Centro	E82	32	1	6	0,009	0,186	0,186
504	Centro	E82	33	1	6	0,009	0,186	0,186
505	Centro	E97	2	1	6	0,132	0,186	0,186
506	Alentejo	E93	3	1	6	0,132	0,186	0,186
507	Alentejo	E93	4	1	6	0,132	0,186	0,186
508	Alentejo	E93	5	1	6	0,132	0,186	0,186
509	Alentejo	E93	6	1	6	0,132	0,186	0,186
510	Centro	E3	3	1	6	0,009	0,186	0,186
511	Centro	E3	4	1	6	0,009	0,186	0,186
512	Centro	E3	5	1	6	0,009	0,186	0,186
513	Centro	E52	18	1	6	0,009	0,186	0,186
514	Centro	E52	19	1	6	0,009	0,186	0,186
515	Centro	E52	20	1	6	0,009	0,186	0,186
516	Centro	E14	2	1	6	0,009	0,186	0,186
517	Centro	E14	3	1	6	0,009	0,186	0,186
518	Centro	E14	5	1	6	0,009	0,186	0,186
519	Centro	E14	6	1	6	0,009	0,186	0,186
520	Centro	E14	9	1	6	0,009	0,186	0,186
521	Centro	E14	10	1	6	0,009	0,186	0,186
522	Centro	E14	12	1	6	0,009	0,186	0,186
523	Centro	E14	13	1	6	0,009	0,186	0,186
524	Centro	E25	2	1	6	0,009	0,186	0,186
525	Centro	E25	3	1	6	0,009	0,186	0,186
526	Centro	E25	4	1	6	0,009	0,186	0,186
527	Centro	E25	5	1	6	0,009	0,186	0,186
528	Centro	E25	6	1	6	0,009	0,186	0,186
529	Centro	E25	7	1	6	0,009	0,186	0,186
530	Norte	E33	1	6	6	0,185	0,086	0,185
531	Norte	E31	1	5	6	0,185	0,086	0,185
532	Centro	E14	8	5	6	0,180	0,183	0,183
533	Norte	E11	3	2	2	0,140	0,175	0,175
534	Norte	E11	6	2	3	0,140	0,175	0,175
535	Norte	E61	2	2	3	0,153	0,175	0,175
536	Norte	E6	3	2	3	0,153	0,175	0,175
537	Norte	E6	4	2	2	0,153	0,175	0,175
538	Norte	E95	3	2	3	0,153	0,175	0,175
539	Centro	E82	31	1	6	0,010	0,175	0,175
540	Norte	E45	6	1	6	0,041	0,167	0,167
541	Norte	E11	5	1	6	0,041	0,167	0,167
542	Norte	E22	5	1	6	0,041	0,167	0,167
543	Centro	E14	1	2	6	0,065	0,156	0,156
544	Centro	E14	11	2	6	0,065	0,156	0,156
545	Centro	E35	1	3	6	0,147	0,150	0,150
546	Centro	E52	14	3	6	0,147	0,150	0,150
547	Centro	E14	4	3	6	0,147	0,150	0,150
548	Centro	E14	7	3	6	0,147	0,150	0,150
549	Centro	E82	9	1	7	0,009	0,146	0,146
550	Centro	E82	12	1	7	0,009	0,146	0,146

Tabela 11: Resultados por Edifício (11/12).

Posição	ARS	ID Estabelecimento	ID Edifício	Pisos	Tipologia	Índice de Risco Tipo 1 [0-4]	Índice de Risco Tipo 2 [0-4]	Índice de Risco [0-4]
551	Centro	E82	13	1	7	0,009	0,146	0,146
552	Centro	E82	14	1	7	0,009	0,146	0,146
553	Centro	E82	28	1	7	0,009	0,146	0,146
554	Centro	E68	2	1	7	0,009	0,146	0,146
555	Centro	E68	3	1	7	0,009	0,146	0,146
556	Centro	E68	5	1	7	0,009	0,146	0,146
557	Centro	E26	3	1	7	0,009	0,146	0,146
558	Centro	E52	21	1	7	0,009	0,146	0,146
559	Centro	E52	22	1	7	0,009	0,146	0,146
560	Centro	E3	6	1	7	0,009	0,143	0,143
561	Norte	E38	1	3	2	0,139	0,082	0,139
562	Norte	E38	2	1	7	0,052	0,129	0,129
563	Norte	E79	1	1	7	0,052	0,129	0,129
564	Norte	E5	2	1	7	0,052	0,129	0,129
565	Norte	E5	4	1	7	0,052	0,129	0,129
566	Norte	E57	2	1	7	0,052	0,129	0,129
567	Norte	E33	2	1	7	0,052	0,129	0,129
568	LVT	E88	4	1	7	0,129	0,076	0,129
569	LVT	E16	18	1	7	0,127	0,079	0,127
570	LVT	E16	22	1	7	0,127	0,079	0,127
571	LVT	E16	39	1	7	0,127	0,079	0,127
572	LVT	E16	45	1	7	0,127	0,079	0,127
573	LVT	E16	46	1	7	0,127	0,079	0,127
574	LVT	E16	56	1	7	0,127	0,079	0,127
575	Norte	E22	3	1	5	0,008	0,107	0,107
576	Norte	E22	4	1	5	0,008	0,107	0,107
577	Centro	E82	1	1	5	0,001	0,106	0,106
578	Norte	E89	1	6	5	0,091	0,034	0,091
579	Centro	E55	1	2	5	0,014	0,091	0,091
580	LVT	E86	4	1	7	0,034	0,080	0,080
581	LVT	E86	6	1	7	0,034	0,080	0,080
582	Norte	E27	2	2	5	0,074	0,080	0,080
583	Alentejo	E56	9	1	7	0,074	0,048	0,074
584	Norte	E33	3	1	6	0,009	0,065	0,065
585	Norte	E33	4	1	6	0,009	0,065	0,065
586	Norte	E33	5	2	6	0,065	0,060	0,065
587	Norte	E33	6	2	6	0,065	0,060	0,065
588	LVT	E75	9	1	7	0,021	0,060	0,060
589	Centro	E97	3	1	7	0,021	0,057	0,057
590	Centro	E97	4	1	7	0,021	0,057	0,057
591	Norte	E63	1	3	5	0,050	0,025	0,050
592	Norte	E59	2	1	5	0,001	0,035	0,035
593	Norte	E5	3	1	2	0,001	0,028	0,028
594	Norte	E83	1	1	4	0,001	0,028	0,028
595	Norte	E83	2	1	4	0,001	0,028	0,028
596	Norte	E83	4	1	4	0,001	0,028	0,028
597	Norte	E80	1	2	5	0,014	0,026	0,026
598	Norte	E83	5	2	5	0,014	0,026	0,026

Tabela 12: Resultados por Edifício (12/12).


Anexo II


Categoria	Pisos	Ay [g]	Dy [cm]	Au [g]	Du [cm]	D1 [cm]	D2 [cm]	D3 [cm]	D4 [cm]	
Adobe / Taipa / Alvenaria de Pedra	1	0,11	0,07	0,21	0,74	0,60	1,20	2,20	5,00	
	2	0,09	0,25	0,18	2,03	1,00	2,10	4,00	9,40	
	3	0,08	0,42	0,16	2,80	1,30	2,80	5,60	13,10	
	4	0,07	0,54	0,13	3,57	1,50	3,30	6,90	16,10	
	5-7	0,06	0,81	0,12	4,07	1,80	4,40	9,50	22,20	
	8-15	0,05	1,99	0,10	9,96	2,40	6,20	14,40	33,60	
	>15	0,04	4,37	0,09	21,84	3,80	10,00	23,00	53,80	
Alvenaria anterior a 1961 (ou posterior nas zonas B e C do RSCCS/RSEP)	1	0,13	0,09	0,25	0,86	0,70	1,40	2,90	6,70	
	2	0,11	0,30	0,21	2,37	1,30	2,60	5,20	12,20	
	3	0,09	0,45	0,17	2,98	1,70	3,50	7,10	16,40	
	4	0,07	0,54	0,13	3,57	2,00	4,00	8,40	19,40	
	5-7	0,06	0,81	0,12	4,07	2,50	5,20	10,90	25,30	
	8-15	0,05	1,99	0,10	9,96	3,40	7,20	15,60	36,00	
	>15	0,04	4,37	0,09	21,84	5,40	11,50	25,00	57,60	
Alvenaria entre 1961 e 1985 (zona A do RSCCS/RSEP)	1	0,14	0,09	0,28	0,95	0,70	1,40	2,90	6,70	
	2	0,13	0,35	0,26	2,83	1,30	2,60	5,20	12,20	
	3	0,10	0,50	0,19	3,32	1,70	3,50	7,10	16,40	
	4	0,08	0,68	0,17	4,46	2,00	4,00	8,40	19,40	
	5-7	0,07	0,93	0,13	4,65	2,50	5,20	10,90	25,30	
	8-15	0,06	2,28	0,12	11,38	3,40	7,20	15,60	36,00	
	>15	0,06	5,83	0,12	29,13	5,40	11,50	25,00	57,60	
Alvenaria posterior a 1985 (zona A do RSCCS/RSEP)	1	0,15	0,10	0,34	1,16	0,70	1,40	3,40	8,40	
	2	0,11	0,31	0,25	3,48	1,30	2,60	6,10	15,20	
	3	0,09	0,47	0,20	4,22	1,70	3,60	8,20	20,30	
	4	0,08	0,68	0,19	5,02	2,00	4,30	9,70	23,80	
	5-7	0,07	0,93	0,15	6,91	2,60	5,80	12,70	30,80	
	8-15	0,06	2,49	0,14	14,03	3,60	8,40	18,00	43,20	
	>15	0,06	6,39	0,14	35,92	5,80	13,40	28,80	69,10	
Betão Armado anterior a 1961	1	0,12	0,12	0,27	1,36	1,00	2,40	3,80	8,90	
	2	0,10	0,27	0,22	2,99	1,70	4,30	7,10	16,60	
	3	0,08	0,38	0,19	4,26	2,30	5,80	9,80	23,20	
	4	0,07	0,57	0,16	5,13	2,70	6,20	11,90	28,60	
	5-7	0,07	0,82	0,15	6,12	3,50	7,20	16,10	39,50	
	8-15	0,06	1,56	0,14	8,78	3,80	8,60	19,20	48,00	
	>15	0,06	3,50	0,12	19,66	6,10	13,80	30,70	76,80	
Betão Armado entre 1961 e 1985	1	0,18	0,18	0,40	1,99	1,00	2,40	3,80	8,90	
	2	0,15	0,41	0,33	4,62	1,70	4,30	7,10	16,60	
	3	0,12	0,57	0,28	6,40	2,30	5,80	9,80	23,20	
	4	0,11	0,85	0,24	7,69	2,70	6,20	11,90	28,60	
	5-7	0,10	1,24	0,23	9,18	3,50	7,20	16,10	39,50	
	8-15	0,09	2,34	0,21	13,17	3,80	8,60	19,20	48,00	
	>15	0,09	5,99	0,21	33,70	6,10	13,80	30,70	76,80	
Betão Armado entre 1961 e 1985	1	0,12	0,18	0,27	1,99	1,00	2,40	3,80	8,90	
	2	0,10	0,41	0,22	4,62	1,70	4,30	7,10	16,60	
	3	0,08	0,57	0,19	6,40	2,30	5,80	9,80	23,20	
	4	0,07	0,85	0,16	7,69	2,70	6,20	11,90	28,60	
	5-7	0,07	1,24	0,15	9,18	3,50	7,20	16,10	39,50	
	8-15	0,06	2,34	0,14	13,17	3,80	8,60	19,20	48,00	
	>15	0,06	5,99	0,12	33,70	6,10	13,80	30,70	76,80	
Betão Armado posterior a 1985	1	0,43	0,30	0,86	3,28	1,00	2,40	3,80	9,60	
	2	0,30	0,85	0,61	9,33	1,70	4,60	7,30	18,20	
	3	0,23	1,22	0,47	11,67	2,40	6,10	10,40	25,90	
	4	0,23	1,81	0,47	13,05	2,80	6,70	13,10	32,60	
	5-7	0,23	2,92	0,46	21,01	3,70	8,60	18,40	46,10	
	8-15	0,20	5,45	0,40	30,53	4,20	10,60	23,00	57,60	
	>15	0,11	8,20	0,24	45,92	6,80	16,90	36,90	92,20	
Betão Armado posterior a 1985	1	0,30	0,30	0,60	3,28	1,00	2,40	3,80	9,60	
	2	0,21	0,85	0,43	9,33	1,70	4,60	7,30	18,20	
	3	0,16	1,22	0,33	11,67	2,40	6,10	10,40	25,90	
	4	0,16	1,81	0,33	13,05	2,80	6,70	13,10	32,60	
	5-7	0,16	2,92	0,32	21,01	3,70	8,60	18,40	46,10	
	8-15	0,14	5,45	0,28	30,53	4,20	10,60	23,00	57,60	
	>15	0,08	8,20	0,17	45,92	6,80	16,90	36,90	92,20	
Betão Armado posterior a 1985	1	0,21	0,30	0,43	3,28	1,00	2,40	3,80	9,60	
	2	0,15	0,85	0,31	9,33	1,70	4,60	7,30	18,20	
	3	0,11	1,22	0,24	11,67	2,40	6,10	10,40	25,90	
	4	0,11	1,81	0,24	13,05	2,80	6,70	13,10	32,60	
	5-7	0,11	2,92	0,23	21,01	3,70	8,60	18,40	46,10	
	8-15	0,10	5,45	0,20	30,53	4,20	10,60	23,00	57,60	
	>15	0,06	8,20	0,12	45,92	6,80	16,90	36,90	92,20	
Betão Armado posterior a 1985	1	0,13	0,30	0,26	3,28	1,00	2,40	3,80	9,60	
	2	0,09	0,85	0,18	9,33	1,70	4,60	7,30	18,20	
	3	0,07	1,22	0,14	11,67	2,40	6,10	10,40	25,90	
	4	0,07	1,81	0,14	13,05	2,80	6,70	13,10	32,60	
	5-7	0,07	2,92	0,14	21,01	3,70	8,60	18,40	46,10	
	8-15	0,06	5,45	0,12	30,53	4,20	10,60	23,00	57,60	
	>15	0,03	8,20	0,07	45,92	6,80	16,90	36,90	92,20	

Tabela 13: Parâmetros Publicados pelo LNEC.

Anexo III

	Estabelecimentos	Latitude	Longitude	Ígnea / Metamórfica	Era	Período	Época	Unidade [F1-F3]	Class. Questionário	Class. Adotada
ARS Norte	Hospital Padre Américo – Vale do Sousa	41.1972191	-8.3095088	Ígnea				F1	D	A
	Hospital de Amarante	41.3023028	-8.0795693	Ígnea				F1	D	A
	Hospital Distrital São João da Madeira	40.8938461	-8.4947830	Metamórfica	Paleozóico	Ordovícico	Arenigiano	F1	A	A
	Hospital São Miguel – Oliveira de Azeméis	40.8411243	-8.4712708	Ígnea				F1	A	A
	Hospital São Sebastião	40.9303589	-8.5474703	Metamórfica		Ante - Ordovínico		F1	A	A
	Hospital São Pedro de Vila Real	41.3102044	-7.7601141		Cenozóico	Quaternário	Plistocénico	F2	-	B
	Hospital de Chaves	41.7431657	-7.4767252	Ígnea				F1	-	A
	Hospital de Lamego	41.0833952	-7.7952602	Ígnea				F1	-	A
	Unidade I (antigo Hospital Eduardo Santos Silva)	41.1055957	-8.5912021	Metamórfica		Ante - Ordovínico		F1	-	A
	Unidade II (antigo Hospital Distrital Vila Nova de Gaia)	41.1284498	-8.6100151	Metamórfica		Ante - Ordovínico		F1	-	A
	Unidade III (antigo Hospital Nossa Senhora da Ajuda – Espinho)	41.0027405	-8.6375424		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	-	B
	Centro Reabilitação do Norte	41.0894234	-8.6556697	Metamórfica		Ante - Ordovínico		F1	-	A
	Hospital da Senhora da Oliveira Guimarães	41.4420586	-8.3046642	Ígnea				F1	B	B
	Hospital de Braga	41.5681664	-8.3982498	Metamórfica	Paleozóico	Silúrico	Landoveriano	F1	A	A
	Hospital Santa Maria Maior	41.5333057	-8.6163680		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	A	B
	Instituto Português Oncologia do Porto Francisco Gentil	41.1829836	-8.6047350	Ígnea				F1	B	B
	Hospital Conde de Bertiandos – Ponte de Lima	41.7677683	-8.5788984		Cenozóico	Quaternário	Plistocénico	F2	A	B
	Hospital Santa Luzia de Viana do Castelo	41.6975462	-8.8325403	Metamórfica		Ante - Ordovícico		F1	A	A
	Hospital Pedro Hispano	41.1818517	-8.6633737	Ígnea				F1	B	B
	Unidade Hospitalar de Bragança	41.8022720	-6.7679536	Ígnea				F1	A	A
	Unidade Hospitalar de Macedo de Cavaleiros	41.5350252	-6.9589683	Metamórfica	Paleozóico	Silúrico		F1	A	A
	Unidade Hospitalar de Mirandela	41.4848587	-7.1895364		Paleozóico	Ordovícico - Silúrico		F1	B	B
	Hospital Nossa Senhora da Conceição de Valongo	41.1873341	-8.4983274		Paleozóico	Silúrico		F1	-	A
	Hospital São João	41.1815657	-8.6010371	Ígnea				F1	-	A
	Unidade Hospitalar de Famalicão	41.4123406	-8.5221641	Ígnea				F1	B	B
	Unidade Hospitalar de Santo Tirso	41.3425862	-8.4806585	Ígnea				F1	B	B
	Centro Materno-Infantil do Norte Dr. Albino Aroso	41.1519867	-8.6240031	Ígnea				F1	-	A
	Centro de Genética Médica Doutor Jacinto de Magalhães	41.1562517	-8.6235677	Ígnea				F1	-	A
	Hospital de Santo António	41.1474382	-8.6195404	Ígnea				F1	-	A
	Centro Integrado de Cirurgia de Ambulatório	41.1466921	-8.6223035	Ígnea				F1	-	A
Hospital da Póvoa de Varzim	41.3830321	-8.7587868	Ígnea				F1	E	A	
Hospital de Vila do Conde	41.3828711	-8.7589945	Ígnea				F1	-	A	
Hospital de Magalhães Lemos	41.1776727	-8.6635842	Ígnea				F1	-	A	

 Classificação idêntica

 Classificação distinta por uma categoria de diferença




 Classificação distinta por duas ou mais categorias de diferença

Tabela 14: Classificação do Tipo de Terreno (1/3).

	Estabelecimentos	Latitude	Longitude	Ígnea / Metamórfica	Era	Período	Época	Unidade [F1-F3]	Class. Questionário	Class. Adotada
ARS Centro	Departamento de Psiquiatria e Saúde Mental	40.2663317	-7.4916258	Ígnea				F1	-	A
	Hospital Pêro da Covilhã	40.2661993	-7.4918691	Ígnea				F1	A	A
	Hospital do Fundão	40.1355427	-7.5015485	Ígnea				F1	A	A
	Hospital Bernardino Lopes de Oliveira – Alcobaça	39.5505755	-8.9722073		Mesozóico	Jurássico	Superior	F1	-	A
	Hospital Distrital Pombal	39.9172947	-8.6246995		Mesozóico	Cretácico		F1	-	A
	Hospital de Santo André – Leiria	39.7435179	-8.7937341		Mesozóico	Cretácico		F1	D	A
	Centro de Medicina de Reabilitação da Região Centro	40.2980293	-8.7677675		Cenozóico	Quaternário	Holocénico	F3	C	C
	Hospital Distrital Figueira da Foz	40.1303566	-8.8602723		Cenozóico	Quaternário	Holocénico	F3	B	C
	Hospital Dr. Francisco Zagalo	40.8578208	-8.6308261		Cenozóico	Quaternário	Holocénico	F3	C	C
	Instituto Português de Oncologia de Coimbra Francisco Gentil	40.2171837	-8.4098556		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	B	B
	Hospital Amato Lusitano	39.8225872	-7.4998595	Metamórfica		Ante - Ordovícico		F1	B	B
	Hospital Distrital de Águeda	40.5759291	-8.4490996		Cenozóico	Quaternário	Holocénico	F3	-	C
	Hospital Infante D. Pedro – Aveiro	40.6350420	-8.6548027		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	-	B
	Hospital Visconde de Salreu – Estarreja	40.7481489	-8.5674242		Mesozóico	Cretácico	Inferior	F1	-	A
	Hospitais da Universidade de Coimbra	40.2209051	-8.4124576		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	A	A
	Hospital Geral	40.1959197	-8.4594566		Cenozóico	Paleogénico		F1	A	A
	Hospital Pediátrico de Coimbra	40.2236279	-8.4135953		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	A	A
	Hospital Sobral Cid	40.1773465	-8.3983546		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	A	A
	Maternidade Bissaya Barreto	40.2125491	-8.4136109		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	A	A
	Maternidade Dr. Daniel de Matos	40.2079852	-8.4110462		Mesozóico	Triássico-Jurássico		F1	A	A
	Hospital Cândido de Figueiredo – Tondela	40.5169183	-8.0827829	Ígnea				F1	A	A
	Hospital São Teotónio – Viseu	40.6506504	-7.9055964	Ígnea				F1	A	A
	Hospital Nossa Senhora da Assunção – Seia	40.4212624	-7.6951476	Ígnea				F1	A	A
Hospital Sousa Martins – Guarda	40.5306319	-7.2765116	Ígnea				F1	A	A	
Hospital Arcebispo João Crisóstomo	40.3418137	-8.5880813		Mesozóico	Jurássico	Inferior	F1	B	B	
ARS Alentejo	Hospital Espírito Santo - Évora	38.5686241	-7.9031206	Metamórfica				F1	-	A
	Hospital Litoral Alentejano	38.0397999	-8.7313452		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	B	B
	Hospital Dr. José Maria Grande – Portalegre	39.2999505	-7.4272003	Metamórfica				F1	A	A
	Hospital Santa Luzia de Elvas	38.8754111	-7.1626343	Ígnea	Paleozóico	Câmbrico		F1	E	A
	Hospital José Joaquim Fernandes – Beja	38.0141808	-7.8694795	Ígnea				F1	B	B

 Classificação idêntica

 Classificação distinta por uma categoria de diferença


 Classificação distinta por duas ou mais categorias de diferença

Tabela 15: Classificação do Tipo de Terreno (2/3).

	Estabelecimentos	Latitude	Longitude	Ígnea / Metamórfica	Era	Período	Época	Unidade [F1-F3]	Class. Questionário	Class. Adotada
ARS LVT	Hospital Dr. Manoel Constâncio – Abrantes	39.4562515	-8.1978083	Metamórfica	Precâmbrico			F1	-	A
	Hospital Nossa Senhora da Graça – Tomar	39.6100974	-8.3949593		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Rainha Santa Isabel – Torres Novas	39.4678568	-8.5363075		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa	38.7578399	-9.1463385		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Pulido Valente	38.7655570	-9.1591496		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Santa Maria	38.7485584	-9.1598263		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Curry Cabral	38.7415623	-9.1517033		Cenozóico	Paleogénico	Eocénico - Oligocénico	F1	-	A
	Hospital Dona Estefânia	38.7284450	-9.1387856		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Santa Marta	38.7235839	-9.1452300		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Santo António dos Capuchos	38.7219324	-9.1422490		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital São José	38.7179941	-9.1370520		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Maternidade Dr. Alfredo da Costa	38.7327995	-9.1467911		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B
	Hospital Egas Moniz	38.6997702	-9.1880977		Cenozóico	Quaternário	Holocénico	F3	-	C
	Hospital Santa Cruz	38.7270294	-9.2336953	Ígnea	Mesozóico	Cretácico	Superior	F1	-	A
	Hospital São Francisco Xavier	38.7072209	-9.2177067	Ígnea	Mesozóico	Cretácico	Superior	F1	-	A
	Hospital Ortopédico Sant'Iago do Outão	38.4886018	-8.9339973		Mesozóico	Jurássico	Médio	F1	A	A
	Hospital São Bernardo	38.5296765	-8.8799540		Cenozóico	Neogénico	Pliocénico	F2	C	C
	Hospital Distrital do Montijo	38.7073926	-8.9718578		Cenozóico	Neogénico	Pliocénico	F2	B	B
	Hospital Nossa Senhora do Rosário	38.6555051	-9.0578779		Cenozóico	Quaternário	Plistocénico	F2	B	B
	Hospital de Santarém	39.2410588	-8.6965602		Cenozóico	Neogénico	Pliocénico	F2	-	B
	Hospital Garcia de Orta	38.6739680	-9.1760881		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	B	B
	Instituto Português de Oncologia de Lisboa Francisco Gentil	38.7398904	-9.1607500		Cenozóico	Paleogénico	Eocénico - Oligocénico	F1	-	A
	Hospital Distrital Caldas da Rainha	39.4047571	-9.1289718		Mesozóico	Jurássico	Superior	F1	-	A
	Hospital Distrital Torres Vedras	39.0865158	-9.2567683		Mesozóico	Jurássico	Superior	F1	-	A
	Hospital São Pedro Gonçalves Telmo – Peniche	39.3636790	-9.3824159		Cenozóico	Quaternário	Plistocénico	F2	-	B
	Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca	38.7436343	-9.2450678	Ígnea	Mesozóico	Cretácico	Superior	F1	D	A
	Hospital de Cascais	38.7301257	-9.4175756		Mesozóico	Cretácico	Inferior	F1	B	B
	Hospital Beatriz Ângelo	38.8216333	-9.1754399	Ígnea	Mesozóico	Cretácico	Superior	F1	B	B
Hospital de Vila Franca de Xira	38.9773279	-8.9845427		Mesozóico	Jurássico	Superior	F1	-	A	
Instituto de Oftalmologia Dr. Gama Pinto	38.7222522	-9.1440754		Cenozóico	Neogénico	Miocénico	F2	-	B	
ARS AIGARNE	Hospital de Portimão	37.1559518	-8.5369169		Mesozóico	Jurássico	Médio	F1	E	C
	Hospital de Faro	37.0246932	-7.9284859		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	E	B
	Hospital de Lagos	37.0996691	-8.6700544		Cenozóico		Plio-Plistoceno	F2	E	B
	Centro de Medicina Física e Reabilitação do Sul	37.1734306	-7.8841342		Mesozóico	Jurássico	Inferior	F1	E	A

Classificação idêntica

Classificação distinta por uma categoria de diferença

Classificação distinta por duas ou mais categorias de diferença

Tabela 16: Classificação do Tipo de Terreno (3/3).