

# ANÁLISE DO IMPACTO DE INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO NA VARIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DE EDIFÍCIOS ESCOLARES PÚBLICOS

Maria João Falcão Silva<sup>1</sup>, Filipa Salvado<sup>2</sup>, Nuno Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LNEC; [mjoaofalcao@lnec.pt](mailto:mjoaofalcao@lnec.pt)

<sup>2</sup> LNEC; [ava@lnec.pt](mailto:ava@lnec.pt)

<sup>3</sup> IST-UL; [nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt](mailto:nunomarquesalmeida@tecnico.ulisboa.pt)

## Resumo

A segurança das pessoas e o elevado valor dos bens construídos e dos seus conteúdos, bem como a sua criticidade na satisfação das necessidades básicas e bem-estar das comunidades, sempre suscitaram preocupações quanto à sustentabilidade, resiliência e fiabilidade do ambiente construído. A resiliência dos ativos construídos está frequentemente ligada à formulação de políticas e estratégias para o ambiente construído após eventos catastróficos ou traumáticos. É um conceito multidimensional que abrange aspetos físicos, infra-estruturais, ambientais, económico-sociais, regulamentares e organizacionais.

O presente artigo apresenta os resultados da aplicação de um sistema de classificação de resiliência assente numa abordagem holística, abrangente e sistemática, a diferentes tipos de edifícios, em qualquer fase do seu ciclo de vida. Em particular, analisa a resiliência de edifícios de escolas públicas portuguesas a diferentes riscos do ponto de vista da engenharia, nomeadamente no que diz respeito à segurança estrutural e de manutenção do edifício. Os edifícios escolares analisados, construídos ao longo do século XX, tiveram intervenções alargadas, entre 2009 e 2011, no âmbito de um programa nacional de investimento público. Os edifícios foram analisados antes e após intervenções de reabilitação. Relativamente a indicadores económicos e a investimento potencial, nota-se que as intervenções de reabilitação apresentam impacto positivo na classificação da resiliência.

## Abstract

The safety of people and the high value of constructed assets and their contents, as well as their criticality in fulfilling the basic needs and the well-being of communities, have always prompted concerns regarding the built environment sustainability, resilience, and reliability. The constructed assets' resilience is often linked with policymaking and strategies for the built environment in the aftermath of catastrophic or traumatic events. It is a multi-dimensional concept covering physical, infrastructural, environmental, economic-social, political-regulatory, and organizational.

This paper presents the results of applying a resilience rating system as a comprehensive and systematic holistic approach. This system can be applied to different types of buildings, at any stage of their life cycle. It analyses the resilience of Portuguese public-school buildings to different risks from an engineering point of view, namely regarding structural safety and maintenance of the school building. These schools, built in the 20th century, had long-term interventions, between 2009 and 2011, within the framework of a national investment program. The buildings were analysed before and after different types of rehabilitation interventions. Regarding economic indicators and potential investment, it should be noted that rehabilitation interventions have a positive impact on the resilience rating.

## Palavras-Chave

Resiliência urbana, edifícios, gestão de ativos, sistema de classificação, apoio à decisão.

## 41 **1. Introdução**

42 A resiliência dos edifícios e obras de engenharia civil tem despertado a atenção de diversos  
43 intervenientes, incluindo profissionais de engenharia de diversas áreas, cientistas, organismos de  
44 normalização, investidores e instituições financeiras, agências reguladoras, grupos de utilizadores  
45 de diversos, bem como serviços administrativos a nível nacional e regional e entidades gestoras  
46 de ativos (GA). Esse interesse decorre da visão mais ampla de que a resiliência é uma questão  
47 fundamental para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações  
48 Unidas, em particular no que diz respeito às questões humanitárias e à necessidade de fornecer  
49 ao público em geral, incluindo grupos vulneráveis, um ambiente que possa se adaptar melhor aos  
50 riscos de ocorrência de desastres futuros (Sarhosis et al. 2019).

51 Os mais recentes esforços de normalização levaram a uma maior consciencialização para a  
52 necessidade de uma visão estruturada da resiliência de edifícios e obras de engenharia civil,  
53 nomeadamente no que diz respeito ao próprio conceito e aos riscos e medidas decorrentes da  
54 ocorrência de catástrofes, naturais ou infligidas pela ação humana. Em relação aos conceitos  
55 fundamentais, a ISO 22845 (ISO/TR 22845, 2020) classifica a resiliência em diferentes contextos,  
56 bem como as definições de resiliência que estão atualmente em desenvolvimento. As medidas  
57 incluídas neste documento resumem as informações típicas existentes sobre o conceito de  
58 resiliência, risco de desastres e contramedidas para resiliência de edifícios e obras de engenharia  
59 civil na forma de normas, diretrizes, entre outras (Bernard e Westergaard, 2011).

60 Neste sentido, e tendo por base diversos documentos internacionalmente reconhecidos, entre  
61 eles a norma ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020), é possível o desenvolvimento de uma  
62 proposta para um sistema de classificação de resiliência para aplicação a diferentes tipos de  
63 edifícios e obras de engenharia (Duarte et. al., 2021a)

## 64 **2. Enquadramento concetual**

65 Dado que a resiliência representa a capacidade de um edifício resistir, absorver, acomodar,  
66 adaptar, transformar e recuperar dos efeitos do perigo, é necessário compreender a importância  
67 dos riscos de desastres que são pré-requisitos para o desenvolvimento de padronização para  
68 resiliência de edifícios e obras de engenharia civil (Duarte et. al, 2021b).

69 Existem diferentes usos do conceito de "resiliência" em torno de quatro conceitos básicos: i)  
70 resiliência como recuperação do trauma e restauração do equilíbrio; ii) resiliência como sinónimo  
71 de robustez; iii) resiliência como o oposto da fragilidade, ou seja, como extensibilidade graciosa  
72 quando a surpresa desafia limites; e iv) resiliência como arquiteturas de rede que podem suportar  
73 a capacidade de adaptação a surpresas futuras à medida que as condições evoluem (Duarte et.  
74 al, 2021c).

75 Os esforços mais recentes ao nível da normalização conduzem à consciencialização da  
76 necessidade de um panorama estruturado de informação sobre a resiliência de edifícios e obras  
77 de engenharia civil, nomeadamente no que diz respeito ao próprio conceito e aos riscos e medidas  
78 de desastres. Em relação a conceitos fundamentais, a ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020)  
79 classifica a resiliência em diferentes contextos, bem como as definições de resiliência que se  
80 encontram atualmente em desenvolvimento. Para riscos de desastres, esta norma internacional  
81 define três tipos: i) induzidos pelo clima, ii) induzidos por sismos; e iii) induzidos por mão humana

82 Considerando que a vida útil das edificações e obras de engenharia civil é de dezenas ou mesmo  
83 centenas de anos, também é necessário considerar as possibilidades futuras de riscos e eventos  
84 naturais extremos. São mencionadas duas categorias de riscos de desastres naturais relacionados  
85 a edifícios e obras de engenharia civil: i) induzidos pelo clima; ii) induzida por sismos. As medidas

86 incluídas neste documento sintetizam a informação relevante para a estratégia e, nomeadamente,  
87 sob a forma de normas, orientações, entre outros (Bernard e Westergaard, 2011) (Duarte, 2021).

### 88 **3. Sistema de classificação de resiliência**

89 Esta secção apresenta um sistema de classificação de resiliência desenvolvido em um projeto de  
90 investigação anterior, com métricas padronizadas e classificação simplificada para entender e  
91 avaliar a resiliência de edifícios em relação a desastres naturais. O sistema foi desenvolvido com  
92 base numa abordagem holística, abrangente e sistemática, permitindo a sua aplicação a diferentes  
93 tipos de edifícios (escolares, industriais, comerciais, residenciais, hoteleiros, etc.), em qualquer  
94 fase do seu ciclo de vida (projeto, construção, exploração, etc) (Duarte, 2021).

95 A ferramenta proposta simplifica a identificação da resiliência e fragilidades dos edifícios em  
96 análise, permitindo uma fácil comunicação e comparação, quer ao longo do tempo relativamente  
97 ao mesmo edifício ou a outros. Destina-se a todos os envolvidos nos processos de construção,  
98 manutenção e gestão de ativos construídos, como projetistas, empreiteiros, gestores de projeto,  
99 proprietários e até companhias de seguros, mais concretamente as dedicadas a questões de  
100 âmbito municipal, cuja necessidade de determinar a resiliência do edifício e da comunidade é alto  
101 (Duarte et. al, 2021c).

102 Considera-se necessária uma abordagem profunda a vários níveis, buscando minimizar as  
103 interdependências, e para isso foi considerada uma estrutura hierárquica de três níveis, composta  
104 por dimensões, indicadores e parâmetros. Cada parâmetro é avaliado de acordo com  
105 determinados critérios de avaliação.

106 O trabalho desenvolvido para o sistema de classificação de resiliência é recursivo, com itens e  
107 critérios de avaliação calibrados e aprimorados a cada iteração. A definição de indicadores e  
108 parâmetros visa avaliar a resiliência e facilitar os procedimentos de comunicação e consulta. Os  
109 parâmetros subdividem os indicadores e, por sua vez, cada conjunto de indicadores expressa de  
110 forma mais detalhada cada uma das dimensões mencionadas acima. A seleção foi fundamentada  
111 por meio de revisão de literatura prévia, patente no enquadramento conceptual, tendo em conta  
112 que: (i) os parâmetros selecionados são passíveis de mensuração; (ii) as informações estão  
113 disponíveis para sua quantificação e (iii) é desejável evitar sobreposições ou repetição de métricas.

#### 114 **3.1. Escala de classificação**

115 O modelo de classificação de resiliência proposto para ativos construídos procura basear-se na  
116 norma ISO/TR 22845 (ISO/TR 22845, 2020) com foco em desastres naturais cuja exposição  
117 nacional é alta ou média, adaptado de: sismos, inundações (urbanas, fluviais, marítimas),  
118 incêndios e tsunamis. O modelo proposto possui uma estrutura hierárquica com três camadas:  
119 dimensões, indicadores e parâmetros e segue os seguintes princípios: i) Minimizar a redução de  
120 desempenho; ii) Minimizar o tempo de recuperação após um evento e iii) Maximizar a capacidade  
121 de recuperação (Peer review, 2019).

122 O modelo de classificação proposto, de base semiquantitativo, é fundamentado em sistemas de  
123 classificação de resiliência existentes e sistemas de classificação de sustentabilidade que são  
124 razoavelmente maduros (Peer review, 2019) (Burroughs, 2017) (VRS, 2017) (Cerè et. al., 2019).  
125 Neste sentido, torna-se possível graduar níveis progressivos de desempenho para cada indicador  
126 garantindo: i) linguagem acessível, tanto em termos quanto em conceitos, que permita a  
127 compreensão por pessoas que trabalham ou são qualificadas na gestão de instalações e bens

128 construídos relacionados, ii) critérios aplicáveis a edifícios com diferentes tipos de uso e iii)  
 129 identificação do nível de atenção necessário para a análise de indicadores e dimensões [5]. A  
 130 escala observável adotada atende às recomendações da ISO 11863 (ISO 11863, 2011), pois  
 131 considera 5 níveis diferentes expressos em números inteiros de um dígito em uma escala de  
 132 1,3,5,7 e 9, onde 1 corresponde ao pior desempenho e 9 para o melhor (Almeida, 2011) (ISO  
 133 11863, 2011) (Duarte, et. al., 2021a) Essa escala permite a utilização de níveis pares quando a  
 134 avaliação correta está entre dois níveis (Tabela 1).

135 Por uma questão de simplicidade, a ponderação de cada parâmetro na proposta de teste piloto é  
 136 considerada de igual importância. Isso permite a identificação do desempenho geral do edifício e  
 137 o desempenho dos aspetos individuais. Para uma interpretação mais clara da pontuação final, a  
 138 pontuação numérica pode ser transposta em classes de resiliência de F a A++ (Tabela 1 e Figura  
 139 1) permitindo que a diferenciação dos níveis de resiliência seja compreendida e intuitiva.

140

*Tabela 1 – Sistema de classificação*

Calibração genérica	Pontuação média	Classe
Excepcionalmente exigente	9	A++
Claramente mais alto que o normal, mas não excepcionalmente exigente	[8,9[	A++
	[7,8[	A+
Típico, médio ou normal	[6,7[	A
	[5,6[	B
Claramente inferior ao normal, mas aceitável em algumas situações devidamente justificadas	[4,5[	C
	[3,4[	D
Excepcionalmente inferior ao normal, mas aceitável em situações excepcionais devidamente justificadas	[2,3[	E
	[1,2[	F

141

*Fonte: (Duarte et. al., 2021a)*

142

*Figura 1 – Escala de avaliação proposta*

143

144

145

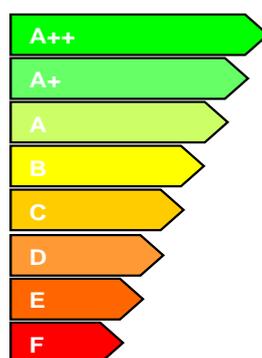
146

147

148

149

150



*Fonte: (Duarte et. al., 2021a)*

### 151 **3.2. Métricas de classificação**

152 A definição de indicadores e parâmetros visa avaliar a resiliência e facilitar os procedimentos de  
 153 comunicação e consulta. Os parâmetros subdividem os indicadores e, por sua vez, cada conjunto  
 154 de indicadores expressa com mais detalhes cada uma das dimensões mencionadas acima. A sua  
 155 seleção foi comprovada por meio do resultado da revisão de literatura, considerando que: i) os  
 156 parâmetros selecionados são passíveis de mensuração; ii) há informação disponível para sua

157 quantificação e iii) é desejável evitar sobreposição ou repetição de métricas (Duarte et. al, 2021c).  
158 Uma lista inicial de mais de 200 indicadores, divididos por 5 dimensões (ambiental, econômica,  
159 organizacional, social, técnica) foi revista e reduzida a 16 indicadores, que foram subdivididos em  
160 75 parâmetros que melhor se adequam ao objetivo do sistema de classificação pretendido (Duarte,  
161 2021). Os principais impulsionadores do processo de revisão foram a eliminação da repetição de  
162 indicadores e daqueles que expressam uma perspectiva ao nível das preocupações urbanas e  
163 comunitárias, mas que não melhoram necessariamente a resiliência ao nível dos bens construídos.  
164 Os critérios de avaliação definidos para cada parâmetro foram inicialmente estabelecidos com  
165 base nos limites de diferentes métricas. Espera-se que o processo de revisão e calibração dos  
166 indicadores, parâmetros e critérios de avaliação seja iterativo. O processo deve ser monitorizado  
167 quanto à influência de julgamentos ou opiniões, falta de dados e dificuldade de quantificação (NP  
168 ISO 31000, 2018).

169 A dimensão Ambiental (D1) inclui 4 indicadores (I1-Terremoto, I2 - Tsunami e efeito de maré, I3  
170 - Inundação, I4 - Incêndio) e 25 parâmetros (P1- Zoneamento sísmico - tipo 1 EC8; P2 -  
171 Zoneamento sísmico - tipo 2 EC8 ; P3 - Vulnerabilidade sísmica dos solos do PDM; P4 -  
172 Declividade do terreno; P5 - Tipo de solo EC8; P6 - Distância às falésias; P7 - Altitude do terreno;  
173 P8 - Distância à costa; P9 - Distância à rio; P10 - Barreiras naturais no entorno; P11 - Barreiras  
174 artificiais no entorno; P12 - Objetos móveis; P13 - Linhas construídas entre a costa e o prédio;  
175 P14 - Suscetibilidade ao efeito direto das marés PDM; P15 - Localização relativa ; P16 - Distância  
176 ao rio ; P17 - Barreiras naturais no entorno; P18 - Barreiras artificiais no entorno; P19 -  
177 Vulnerabilidade a enchentes PDM; P20 - Distância à vegetação; P21 - Densidade da vegetação;  
178 P22 - Estado de manutenção de vegetação; P23 - Tipo de vegetação; P24 - Edifícios adjacentes;  
179 P25 - Proximidade da indústria I zona). Essa dimensão busca promover uma compreensão ampla  
180 das questões ambientais, com foco na vulnerabilidade da área a desastres naturais nas categorias  
181 alta e média adaptadas (Peer Review, 2017). Os parâmetros foram calibrados para o caso de  
182 Portugal, proporcionando uma visão geral das potenciais ameaças, bem como a determinação das  
183 características intrínsecas da área de estudo, como altitude, distância ao mar e ao rio, declive,  
184 etc., que aumentam a propensão ao risco determinado. A avaliação relacionada aos desastres  
185 naturais deve ser realizada para o presente e o futuro, considerando que as mudanças climáticas  
186 modificam a frequência e a intensidade dos desastres (Duarte et. al, 2021c).

187 A dimensão Económica inclui 2 indicadores (I5 - Seguros; I6 - Implicações financeiras e  
188 estratégicas) e 3 parâmetros (P1 - Seguro contra catástrofes naturais; P2 - Plano financeiro; P3 -  
189 Avaliação económica de paragens). Os aspetos económicos são cruciais para tornar um ativo  
190 resiliente e podem afetar muito a qualidade da edificação, principalmente durante e após sofrer  
191 os impactos de um desastre natural (Cerè et. al, 2019). Estudos recentes mostram que uma boa  
192 gestão económica e uma disponibilidade financeira consistente melhoram a resposta a desastres  
193 naturais, e o período de recuperação é encurtado. Essa dimensão está relacionada à capacidade  
194 monetária do proprietário diante das perturbações impostas, incluindo gastos com reparos, perdas  
195 de bens e perdas monetárias com atividades temporariamente encerradas (Duarte et. al, 2021c).

196 A dimensão Organizacional inclui 2 indicadores (I7 - Organização interna; I8 - Organização externa)  
197 e 10 parâmetros (P1 - Plano de continuidade de negócios; P2 - Análise de gestão de risco; P3 -  
198 Plano de recuperação pós-desastre; P4 - Rotina; P5 - Planos e pós -exercícios de desastres; P6 -  
199 Aprendizado e atualização; P7 - Dados de eventos destrutivos; P8 - Responsável; P9 -  
200 Conformidade com o cenário regulatório existente; P10 - Padrões externos para construção

201 resiliente). A capacidade organizacional das edificações está relacionada à capacidade de gestão  
202 em situações de ocorrência de emergência, ou seja, tomada de decisão do proprietário em relação  
203 à identificação, monitoramento e gestão de riscos. Esta dimensão tem como foco o pré-desastre,  
204 promovendo ações preventivas que reduzam os impactos dos desastres naturais, garantindo um  
205 bom desempenho da edificação, minimizando as consequências danosas e criando o mínimo de  
206 perturbação para os usuários (Atrachali et. al., 2019). Também foram considerados temas fora do  
207 alcance do proprietário, como o atendimento ao cenário regulatório existente e a utilização de  
208 outros padrões de resiliência. Esses indicadores garantem a segurança da construção e  
209 contribuem para a preparação das edificações diante dos obstáculos existentes, auxiliando na  
210 identificação e priorização de problemas (Duarte et. al, 2021c).

211 A dimensão Social inclui 2 indicadores (I9 - Infraestruturas de emergência; I10 - Responsabilidade  
212 Social) e 7 parâmetros (P1 - Acesso a esquadras; P2 - Acesso a quartéis de bombeiros; P3 -  
213 Acesso a infraestruturas de emergência; P4 - Acesso a hospitais e centros de saúde; P5 -  
214 Ocupantes; P6 - Divulgação; P7 - Vulnerabilidade social). A dimensão social procura relacionar o  
215 edifício com a sociedade e a comunidade envolvente, que estão intrinsecamente relacionadas,  
216 sobretudo em momentos de stress, cuja resposta individual é difícil de identificar e parametrizar,  
217 mas é importante ter em conta. Estudos efetuados em comunidades resilientes mostram que  
218 cidades atentas e sensíveis aos indivíduos estão mais bem preparadas para desastres, reduzindo  
219 suas consequências (Cutter et. al., 2003) (Cutter et. al., 2000), o mesmo pode ser dito para os  
220 ativos construídos. Neste sentido, foram considerados fatores como a vulnerabilidade social da  
221 edificação, que corresponde ao número de idosos, crianças e pessoas com deficiência. Além  
222 disso, pretende-se enfatizar o papel dos cidadãos na resposta aos desastres e a proximidade do  
223 edifício às infraestruturas da comunidade, como bombeiros, esquadras, hospitais, etc (Duarte et.  
224 al, 2021c).

225 A dimensão técnica inclui 6 indicadores (I11 - Conservação; I12 - Acessibilidade; I13 - Segurança  
226 sísmica predial; I14 - Segurança predial contra incêndio; I15 - Segurança predial contra  
227 inundações; I16 - Segurança predial contra tsunamis) e 29 parâmetros (P46 - Ano de construção;  
228 P47 - Sistema estrutural; P48 - Estado de conservação; P49 - Densidade das edificações; P50 -  
229 Trajetos alternativos; P51 - Características das ruas; P52 - Irregularidade do plano; P53 -  
230 Irregularidade de cotas; P54 - Interação com edificações adjacentes; P55 - Desfasamento; P56 -  
231 Junta de dilatação; P57 - Distância entre vãos sobrepostos; P58 - Instalações de gás; P59 -  
232 Sistemas de controlo e evacuação de fumos; P60 - Meios intrínsecos de combate; P61 -  
233 Instalações elétricas; P62 - Compartimento de incêndio; P63 - Equipa de segurança; P64 - Incêndio  
234 exterior hidrantes; P65 - Iluminação e sinalização de emergência; P66 - Extintores de incêndio;  
235 P67 - Detecção e alarme de incêndio; P68 - Vias de fuga; P69 - Barreiras; P70 - Sistemas de  
236 bombeamento de enchentes; P71 - Exposição da parede ls; P72 - Número de andares (inundação);  
237 P73 - Número de andares (tsunami); P74 - Orientação; P75 - Hidrodinâmica do piso térreo). Esta  
238 dimensão centra-se nas características técnicas e físicas do edifício e da sua envolvente, que são  
239 cruciais para garantir a resistência aos desastres naturais e minimizar os danos causados pelos  
240 mesmos (Atrachali, et. al, 2019). Esta dimensão deriva de abordagens técnicas e está relacionada  
241 com a componente de engenharia de um edifício, que inclui a segurança estrutural, mecânica,  
242 elétrica e hidráulica e a avaliação das vulnerabilidades físicas do edifício face aos desastres  
243 naturais acima identificados. As estratégias de redundância e robustez do edifício estão incluídas  
244 nesta dimensão, como melhorias além do código de construção ou instalação de sistemas de

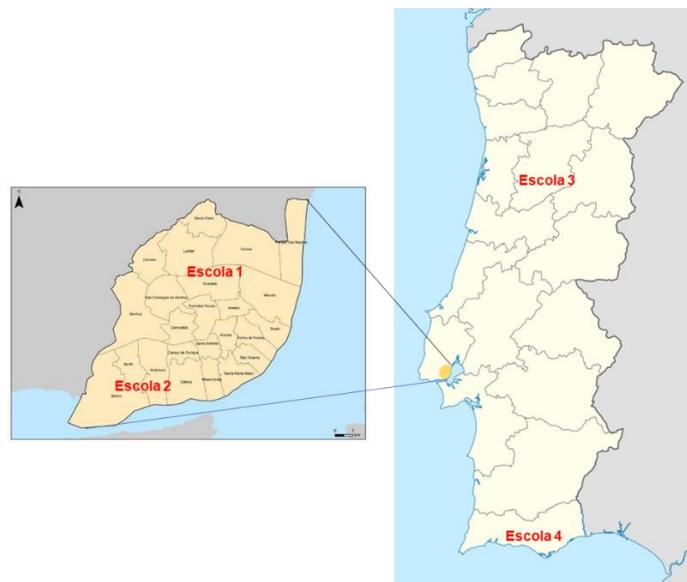
245 proteção contra desastres naturais (NP ISO 31000, 2018). São consideradas nesta dimensão  
246 características intrínsecas da construção como idade, número de pisos, irregularidades, qualidade  
247 de construção, estado atual e estado de conservação. As características do entorno também  
248 devem ser analisadas, principalmente pelo seu impacto na recuperação pós-desastre (Atrachali,  
249 et. al, 2019) como a acessibilidade da edificação que depende de vários aspetos, como a existência  
250 de rotas alternativas, características das vias e densidade da edificação (Duarte et. al, 2021c).

## 251 4. Caso de estudo

### 252 4.1. Caracterização dos ativos

253 Este caso estudo compreende 4 escolas distribuídas por 3 zonas geográficas de Portugal  
254 Continental (Figura 2).

255 *Figura 2 – Localização geográfica dos edifícios escolares objeto de estudo*



256

257 A Escola 1 (Zona Norte da Cidade de Lisboa), cuja área bruta de construção é de 10000m<sup>2</sup>, foi  
258 construída no período 1950-60 com tipologia construtiva tipo Liceu, é isolada, regular em altura e  
259 em planta, com 3 pisos e 1 cave. A estrutura é constituída por paredes resistentes em betão  
260 armado assentes em micro-estacas (Figura 3).

261

*Figura 3 – Escola 1: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior*



a)



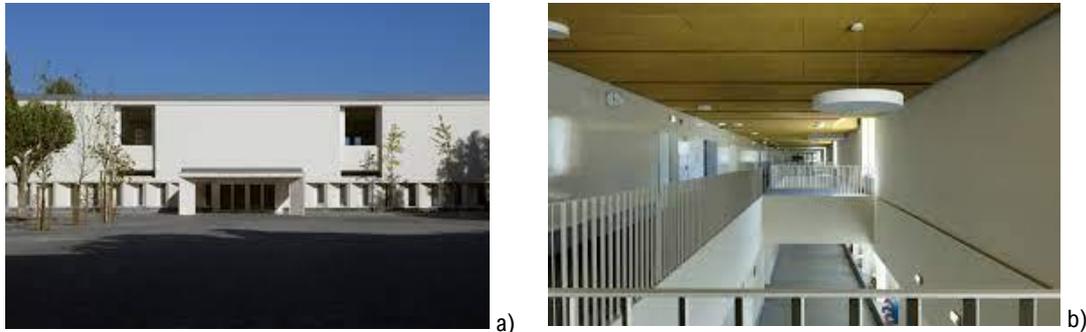
b)

262

263 A Escola 2 (Zona ribeirinha da Cidade de Lisboa), com área de construção bruta de 13.276m<sup>2</sup>, foi  
264 construída em 1958 com tipologia construtiva Industrial e Comercial, é isolada, regular em altura  
265 e planta, tem 3 pisos e 1 cave. A estrutura também é constituída por paredes resistentes em betão  
266 armado assentes em micro-estacas. (Figura 4).

267

*Figura 4 – Escola 2: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior*



268

269 A Escola 3 (Interior Norte - Distrito de Viseu), cuja área de construção bruta é de 11.300m<sup>2</sup>, foi  
270 construída em 1987 com tipologia construtiva tipo pavilhão, é isolada, regular em altura e planta  
271 e tem 2 pisos. A estrutura do edifício é pré-fabricada em betão (pré-fabricação ligeira) (Figura 5).

272

*Figura 5 – Escola 3: a) Vista do exterior; b) detalhe do interior*

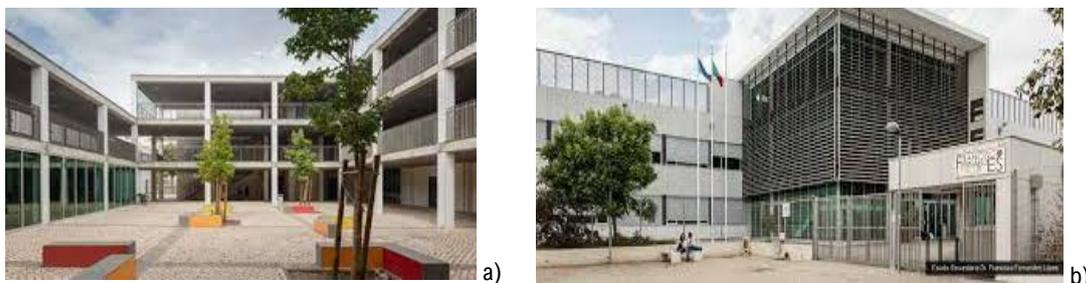


273

274 A Escola 4 (Sul Litoral – Distrito de Faro), com área de construção bruta de 16.200m<sup>2</sup>, foi  
275 construída em 1975 com tipologia construtiva tipo pavilhão é isolada, regular em altura e planta,  
276 tem 2 pisos. A estrutura do edifício é pré-fabricada em betão (pré-fabricação pesada) (Figura 6).

277

*Figura 6 – Escola 4: a) Vista do exterior 2; b) vista do exterior 1*



278

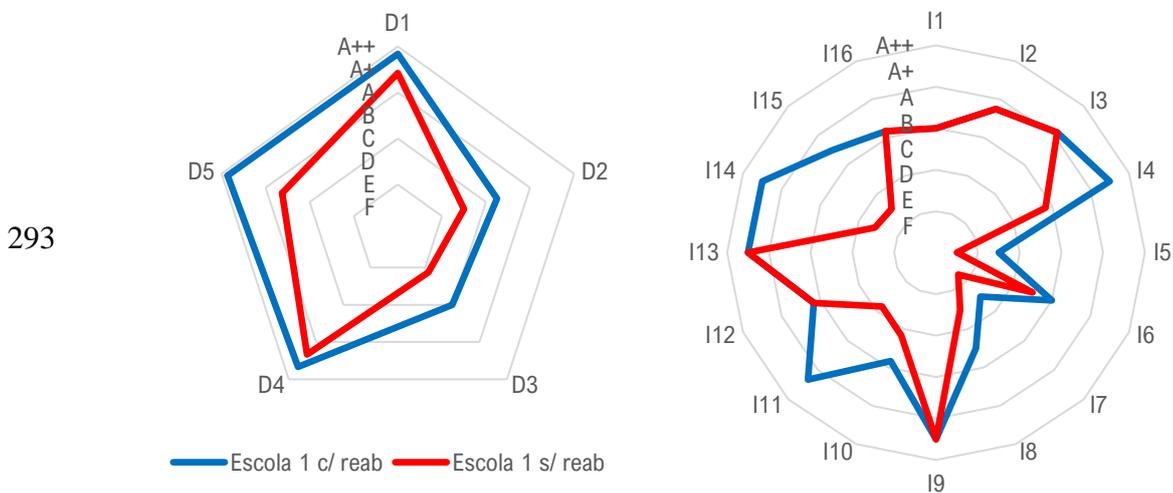
279 Estes quatro edifícios escolares tiveram intervenções alargadas, entre 2009 e 2011, no âmbito de  
280 um programa de investimento público. Os materiais e soluções construtivas adotados tiveram em

281 conta as necessidades atuais (requisitos regulamentares e legislativos) bem como o sistema de  
 282 manutenção a implementar. As intervenções contemplam equipamentos, instalações e projetos  
 283 técnicos atualmente exigidos no âmbito legislativo, segurança estrutural, reforço sísmico e  
 284 aspectos de segurança contra incêndio (Parque Escolar, 2010).

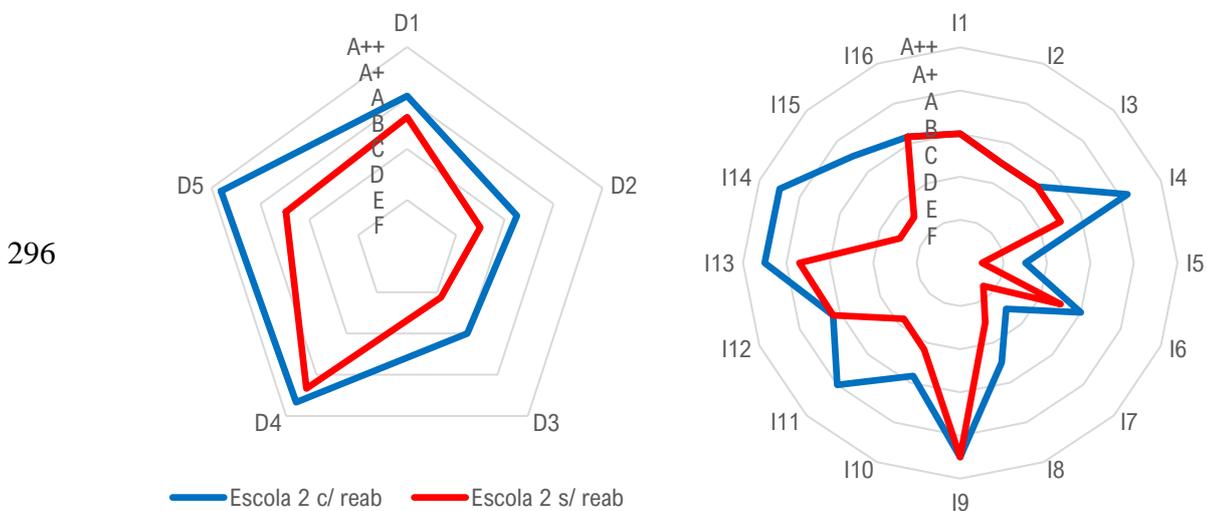
285 **4.2. Resultados**

286 A Figura 7a, Figura 8a, Figura 9a e Figura 10a compreendem os resultados considerando as cinco  
 287 dimensões analisadas, enquanto a Figura 7b, Figura 8b, Figura 9b e Figura 10b correspondem aos  
 288 resultados obtidos para os principais indicadores representativos considerando o tipo de  
 289 estrutura, o modelo de classificação da resiliência proposto e o tipo de intervenções  
 290 correspondentes aos custos anteriormente referidos. A descrição do tipo de intervenções não é  
 291 objeto do presente trabalho.

292 *Figura 7 – Classificação da resiliência - Escola 1: a) Dimensões, b) Indicadores*



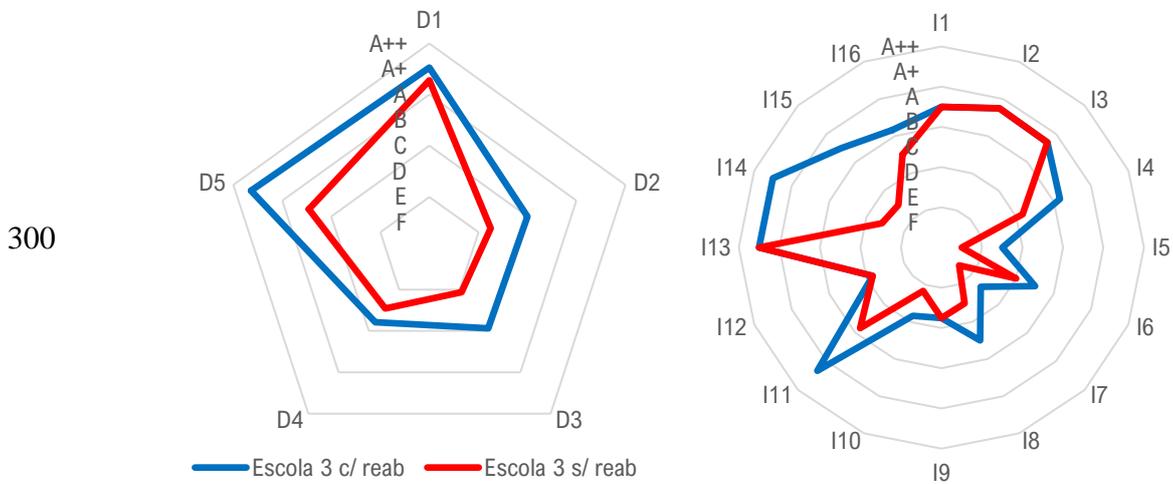
295 *Figura 8 – Classificação da resiliência - Escola 2: a) Dimensões, b) Indicadores*



298

299

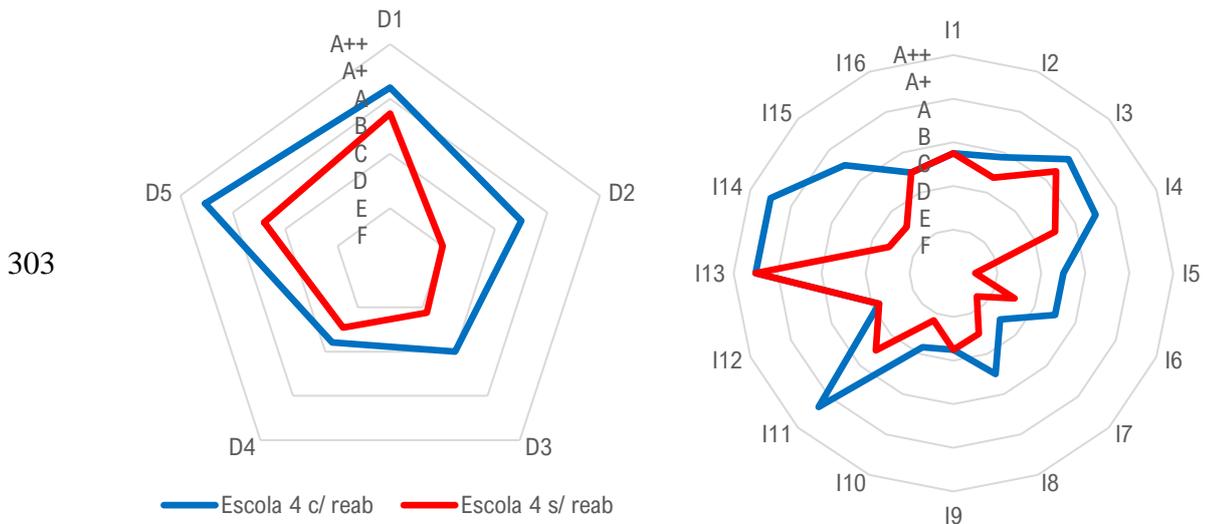
Figura 9 – Classificação da resiliência - Escola 3: a) Dimensões, b) Indicadores



301

302

Figura 10 – Classificação da resiliência - Escola 4: a) Dimensões, b) Indicadores



304

305 No que se refere à melhoria dos aspetos de resiliência, o desempenho de um ativo depende das  
306 suas partes integrantes, referindo-se a título de exemplo: i) estrutura; ii) serviços e equipamentos;  
307 iii) fachadas exteriores, coberturas e compartimentação interior; iv) paisagismo.

308 Para que os gestores de ativos realizem uma análise económica para apoio à decisão em  
309 intervenções de reabilitação, que promovam e potenciem a resiliência, são definidos indicadores  
310 de desempenho relacionados com os custos de intervenção (custo total – CT; estrutura – E;  
311 serviços e equipamento – SE; fachadas exteriores, coberturas e compartimentação interior –  
312 FECCI; arranjos exteriores – AE) para cada parte integrante e para cada uma das escolas analisadas  
313 (Tabela 2), com base em trabalhos de investigação anteriores desenvolvidos (Salvado, 2019).

314

Escola	E	SE	FECI	AE	CT
1 (Lisboa cidade – zona Norte)	27,38	87,29	173,28	7,48	295,43
2 (Lisboa cidade - zona ribeirinha)	33,20	107,10	232,62	68,15	441,07
3 (Interior Norte– Distrito de Viseu)	50,09	136,73	291,02	29,84	507,68
4 (Litoral Sul – Distrito de Faro)	40,23	105,62	310,67	14,53	471,05

316

317 Analisando as Figuras 1 a 4, verifica-se que os 4 edifícios escolares tiveram melhoria da classe  
 318 de resiliência em todas as dimensões. Salienta-se que os edifícios encontravam-se todos com um  
 319 elevado grau de degradação, o que justifica o elevado investimento em intervenções de  
 320 reabilitação (ver Tabela 2) e consequentemente na melhoria da sua resiliência.

321 Relativamente às classes de resiliência por indicador, verificam-se também melhorias. No entanto,  
 322 diversos indicadores, que não dependem intrinsecamente do edifício, mas sim de fatores de cariz  
 323 mais extrínseco, mantiveram-se sensivelmente no mesmo nível de classe de resiliência, alguns  
 324 para as quatro (4) escolas estudadas e outros apenas para uma (1) delas, respetivamente : I1-  
 325 Terremoto, I9 - Infraestruturas de emergência, I12 – Acessibilidade, I13 – Segurança sísmica do  
 326 edifício e I16 – Segurança do edifício contra tsunamis.

### 327 **5. Conclusões**

328 O trabalho apresentado contribui para uma discussão sobre formas de medir a resiliência de ativos  
 329 construídos, nomeadamente com base num sistema de classificação de resiliência composto por  
 330 5 dimensões, 16 indicadores e 75 parâmetros. O sistema de classificação proposto considerado  
 331 no âmbito do presente estudo contempla não apenas as qualidades intrínsecas do edifício, mas  
 332 também a sua interdependência com a comunidade, com a envolvente e com os utilizadores em  
 333 contexto pós-desastre. O sistema de classificação de resiliência usado permite que diferentes  
 334 intervenientes identifiquem quais os aspetos que nos ativos construídos, e de forma eficiente e  
 335 rápida, devem ser melhorados para que seja possível estabelecer prioridades de investimento  
 336 com vista a aumentar a sua resiliência perante a ocorrência de eventos extremos. Esta informação  
 337 pode ser útil para todos os intervenientes, ou seja, o proprietário, gestores de ativos, seguradoras  
 338 e entidades municipais, permitindo uma melhor perceção do importante contributo dos ativos  
 339 construídos para a construção de comunidades resilientes.

340 Em relação aos indicadores económicos, nota-se que as intervenções de reabilitação têm um  
 341 impacto positivo no score de resiliência (de acordo com a escala de avaliação apresentada). O  
 342 investimento nas intervenções de reabilitação é diretamente proporcional ao aumento do nível de  
 343 resiliência. No entanto, ainda é necessário desenvolver trabalhos complementares para  
 344 implementar a avaliação proposta em número e diversidade representativa dos tipos de ativos  
 345 construídos, bem como ampliar o âmbito de aplicação do sistema de classificação multivariado  
 346 proposto com relação a outros tipos de riscos (por exemplo, riscos induzidos pelo homem) e a  
 347 identificação de medidas compensatórias e a sua classificação.

### 348 **Referências**

349 Almeida, N. (2011). “Modelo de gestão técnica de edifícios baseada no desempenho e no risco”.  
 350 Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

351 Atrachali, M., Ghafory-ashtiany, M., Amini-hosseini, K., (2019). "Toward quantification of seismic  
352 resilience in Iran: Developing an integrated indicator system". *International Journal Disaster Risk*  
353 *Reduction*, vol. 39, p. 101231. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101231>.

354 Bernard, J.; Westergaard, H. (2011). Concrete durability in marine environments. *Proceedings of 9th*  
355 *International Conference on Durability*, 7, pp. 215-223.

356 Burroughs, S. (2017). Development of a Tool for Assessing Commercial Building Resilience. University  
357 of Canberra, ACT 2601 Australia. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.263>.

358 Cerè, G., Rezgui, Y., Zhao, W., (2019). Urban-scale framework for assessing the resilience of buildings  
359 informed by a Delphi expert consultation. *International Journal Disaster Risk Reduction*, vol. 36,  
360 P.101079. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101079>.

361 Cutter, S., Boruff, B., Shirley, W., (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science*  
362 *Quarterly*, Vol. 84(2).

363 Cutter, S., Mitchell, J., Scott, M., (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study  
364 of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, vol.90(4),  
365 p. 713–737.

366 Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Rezvani, S. (2021a). Resilience rating system for buildings  
367 against natural hazards. *15WCEAM*, Brasil, Paper ID 42.

368 Duarte, M. (2021). de Sistema de classificação de resiliência para edifícios perante riscos naturais.  
369 Dissertação de mestrado em engenharia civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.)

370 Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Rezvani, S. (2021b) Resilience rating system for buildings  
371 against natural hazards, 15 WCEAM, Brasil, Paper ID 94

372 Duarte, M., Almeida, N., Falcão Silva, M.J., Salvado, F. (2021c). Resilience of constructed assets  
373 against natural extreme events from the engineering standpoint. CEES 2021. Coimbra, Portugal.

374 ISO 11863 (2011). Buildings and building-related facilities, Functional and user requirements and  
375 performance: Tools for assessment and comparison. Lisboa: IPQ.

376 ISO/TR 22845 (2020). Resilience of buildings and construction works. Lisboa: IPQ.

377 NP ISO 31000 (2018). Gestão do risco – linhas de orientação. Lisboa: IPQ.

378 Parque Escolar (2010). Liceus, Escolas Técnicas e Secundárias. Lisboa: Parque Escolar EPE, Direção-  
379 Geral de Projeto - Area de Edificações.

380 Peer review – Report Portugal 2019. (2019) European Union Civil Protection.

381 Salvado, F. (2019). Custo do ciclo de vida na gestão de edifícios. Modelo de apreciação económica  
382 aplicado a portefólios de edifícios escolares públicos. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil,  
383 Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

384 Sarhosis, V., Dais, D., Smyrou, E. et al. (2019). Evaluation of modelling strategies for estimating  
385 cumulative damage on Groningen masonry buildings due to recursive induced earthquakes. *Bulletin of*  
386 *Earthquake Engineering*, 17, 4689–4710. <https://doi.org/10.1007/s10518-018-00549-1>.

387 VRS (2017). Voluntary resilience standards. Meister Consultants Group, Inc.

388