

# **Identificação, caracterização e mapeamento das situações de vulnerabilidade no território face aos riscos da Região de Lisboa e Vale do Tejo**

## **Relatório Final**

30 de dezembro de 2020

**Equipa de Trabalho:**

José Luís Zêzere (Coordenador)

Ângela Santos

Eusébio Reis

Pedro Santos

Raquel Melo

Ricardo Garcia

Sérgio Oliveira

Susana Pereira

## Índice

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Enquadramento e Objetivos .....</b>                                                                        | <b>10</b> |
| <b>2. Metodologia de Trabalho .....</b>                                                                          | <b>12</b> |
| <b>3. Sismos .....</b>                                                                                           | <b>14</b> |
| <b>3.1 Enquadramento .....</b>                                                                                   | <b>14</b> |
| <b>3.2 Metodologia .....</b>                                                                                     | <b>15</b> |
| <b>3.3 Análise da Perigosidade .....</b>                                                                         | <b>19</b> |
| <b>3.4 Análise da Exposição .....</b>                                                                            | <b>22</b> |
| <b>4. Tsunamis .....</b>                                                                                         | <b>29</b> |
| <b>4.1 Enquadramento .....</b>                                                                                   | <b>29</b> |
| <b>4.2 Metodologia .....</b>                                                                                     | <b>29</b> |
| <b>4.3 Análise da Perigosidade .....</b>                                                                         | <b>33</b> |
| <b>4.4 Análise da Exposição .....</b>                                                                            | <b>37</b> |
| <b>5. Erosão Costeira – Instabilidade e Recuo de Arribas .....</b>                                               | <b>42</b> |
| <b>5.1 Enquadramento .....</b>                                                                                   | <b>42</b> |
| <b>5.2 Metodologia .....</b>                                                                                     | <b>43</b> |
| <b>5.3 Análise da Perigosidade .....</b>                                                                         | <b>46</b> |
| <b>5.4 Análise da Exposição .....</b>                                                                            | <b>51</b> |
| <b>6. Erosão Costeira – Destruição de Praias e de Sistemas Dunares; Inundações e Galgamentos Oceânicos .....</b> | <b>57</b> |
| <b>6.1 Enquadramento .....</b>                                                                                   | <b>57</b> |
| <b>6.2 Metodologia .....</b>                                                                                     | <b>58</b> |
| <b>6.3 Análise da Perigosidade .....</b>                                                                         | <b>60</b> |
| <b>6.4 Análise da Exposição .....</b>                                                                            | <b>63</b> |
| <b>7. Incêndios Rurais / Florestais .....</b>                                                                    | <b>68</b> |
| <b>7.1 Enquadramento .....</b>                                                                                   | <b>68</b> |
| <b>7.2 Metodologia .....</b>                                                                                     | <b>68</b> |

|      |                                                                                                    |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3  | Análise da Perigosidade .....                                                                      | 71  |
| 7.4  | Análise da Exposição .....                                                                         | 74  |
| 8.   | Movimentos de Massa em Vertentes.....                                                              | 79  |
| 8.1  | Enquadramento .....                                                                                | 79  |
| 8.2  | Metodologia.....                                                                                   | 80  |
| 8.3  | Análise da Suscetibilidade .....                                                                   | 83  |
| 8.4  | Análise da Exposição .....                                                                         | 88  |
| 9.   | Degradação e Contaminação de Águas Subterrâneas e Superficiais .....                               | 94  |
| 9.1  | Nota Prévia.....                                                                                   | 94  |
| 9.2  | Enquadramento .....                                                                                | 94  |
| 9.3  | Metodologia.....                                                                                   | 97  |
| 9.4  | Análise da Suscetibilidade .....                                                                   | 101 |
| 9.5  | Ameaças Potenciais à Qualidade dos Recursos Hídricos.....                                          | 108 |
| 10.  | Cheias e Inundações .....                                                                          | 111 |
| 10.1 | Enquadramento .....                                                                                | 111 |
| 10.2 | Metodologia.....                                                                                   | 112 |
| 10.3 | Análise da Suscetibilidade .....                                                                   | 113 |
| 10.4 | Análise da Exposição .....                                                                         | 119 |
| 11.  | Perigos Tecnológicos: Acidentes que Envolvam Substâncias Perigosas<br>(Diretiva Seveso III) .....  | 125 |
| 11.1 | Enquadramento .....                                                                                | 125 |
| 11.2 | Metodologia.....                                                                                   | 127 |
| 11.3 | Análise da Perigosidade .....                                                                      | 127 |
| 11.4 | Análise da Exposição .....                                                                         | 132 |
| 12.  | Risco Tecnológico: Acidentes em Infraestruturas Fixas de Transporte de<br>Produtos Perigosos ..... | 135 |
| 12.1 | Enquadramento .....                                                                                | 135 |
| 12.2 | Metodologia.....                                                                                   | 137 |

|             |                                         |            |
|-------------|-----------------------------------------|------------|
| <b>12.3</b> | <b>Análise da Suscetibilidade .....</b> | <b>138</b> |
| <b>12.4</b> | <b>Análise da Exposição .....</b>       | <b>141</b> |
| <b>13.</b>  | <b>Erosão Hídrica do Solo .....</b>     | <b>144</b> |
| <b>13.1</b> | <b>Enquadramento .....</b>              | <b>144</b> |
| <b>13.2</b> | <b>Metodologia.....</b>                 | <b>144</b> |
| <b>13.3</b> | <b>Análise da Suscetibilidade .....</b> | <b>149</b> |
|             | <b>Referências .....</b>                | <b>154</b> |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1 – Isossistas de intensidades sísmicas máximas na Região de Lisboa e Vale do Tejo (Fonte: IPMA)</b>                                                                                                  | <b>16</b> |
| <b>Figura 2 – Acelerações máximas (PGA) na Região de Lisboa e Vale do Tejo com período de retorno de 475 anos (Fonte: Montilla e Casado, 2002)</b>                                                              | <b>17</b> |
| <b>Figura 3 – Depósitos não consolidados (Fonte: Carta Geológica de Portugal, 1:500 000) e falhas ativas ou provavelmente ativas (Fonte: Carta Neotectónica de Portugal) na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b> | <b>18</b> |
| <b>Figura 4 – Perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                                       | <b>20</b> |
| <b>Figura 5 – Perigosidade sísmica nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                        | <b>21</b> |
| <b>Figura 6 – Edifícios expostos à perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                  | <b>23</b> |
| <b>Figura 7 – Vias expostas à perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                       | <b>26</b> |
| <b>Figura 8 – Construção das 5 regiões computacionais. Os cálculos da inundação foram efetuados na região 5</b>                                                                                                 | <b>32</b> |
| <b>Figura 9 – Altura da inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                            | <b>34</b> |
| <b>Figura 10 – Perigosidade de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                     | <b>35</b> |
| <b>Figura 11 – Perigosidade de inundação por tsunami nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                      | <b>36</b> |
| <b>Figura 12 – Edifícios em risco de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                               | <b>38</b> |
| <b>Figura 13 – Vias em risco de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                    | <b>39</b> |
| <b>Figura 14 –Tipo de litoral e perigosidade associada na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                   | <b>47</b> |
| <b>Figura 15 –Perigo de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                 | <b>49</b> |
| <b>Figura 16 – Perigo de instabilidade e recuo de arribas nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                 | <b>50</b> |
| <b>Figura 17 –Edifícios em risco de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                     | <b>53</b> |
| <b>Figura 18 –Vias em risco de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                          | <b>54</b> |
| <b>Figura 19 –Perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                             | <b>61</b> |
| <b>Figura 20 – Perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                             | <b>62</b> |
| <b>Figura 21 –Edifícios em risco de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                 | <b>64</b> |
| <b>Figura 22 –Vias em risco de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                      | <b>66</b> |
| <b>Figura 23 –Classes estabelecidas em função da curva de sucesso do modelo de perigosidade estrutural</b>                                                                                                      | <b>70</b> |
| <b>Figura 24 –Perigosidade de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                 | <b>73</b> |
| <b>Figura 25 –Perigosidade de incêndio rural / florestal nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                  | <b>74</b> |
| <b>Figura 26 –Edifícios em risco de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                           | <b>75</b> |
| <b>Figura 27 –Vias em risco de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                                                                | <b>78</b> |

|                                                                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 28 –Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente e definição das classes de suscetibilidade em função da área deslizada</b> | <b>82</b> |
| Figura 29 – Suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                               | 86        |
| Figura 30 – Suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                          | 87        |
| Figura 31 –Edifícios expostos ao risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                   | 89        |
| Figura 32 –Vias expostas ao risco de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                      | 91        |
| Figura 33 –Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                                        | 102       |
| Figura 34 –Solos e cursos de água contamináveis a partir de estabelecimentos PRTR na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                          | 105       |
| Figura 35 –Edifícios em Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                           | 109       |
| Figura 36 –Estabelecimentos PRTP em Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                               | 110       |
| Figura 37 –Suscetibilidade a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                                                        | 116       |
| Figura 38 –Suscetibilidade a cheias nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                                         | 117       |
| Figura 39 –Edifícios em risco de cheia no território de Lisboa e Vale do Tejo                                                                                                 | 120       |
| Figura 40 –Vias em risco de cheia no território de Lisboa e Vale do Tejo                                                                                                      | 122       |
| Figura 41 – Localização dos estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, por níveis de perigosidade, no território Lisboa e Vale do Tejo                             | 128       |
| Figura 42 – Perigosidade a acidentes que envolvam substâncias perigosas nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                     | 131       |
| Figura 43 – Edifícios expostos a acidentes que envolvam substâncias perigosas nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo                                               | 133       |
| Figura 44 – Localização das infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo                                | 139       |
| Figura 45 – Perigosidade a acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo                    | 140       |
| Figura 46 – Edifícios expostos a acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo              | 142       |
| Figura 47 –Erosão Hídrica do Solo (Potencial) no território Lisboa e Vale do Tejo                                                                                             | 150       |
| Figura 48 – Erosão Hídrica do Solo (Potencial) nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo                                                                              | 151       |

## Índice de Tabelas

|                                                                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tabela 1 – Tipologia de vias e respetiva extensão na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                  | <b>12</b>  |
| <b>Tabela 2 – Edifícios e residentes expostos, por município, nas diferentes classes de perigosidade sísmica</b>                                             | <b>24</b>  |
| <b>Tabela 3 – Vias expostas, por município, nas diferentes classes de perigosidade sísmica</b>                                                               | <b>26</b>  |
| <b>Tabela 4 – Tipos de vias expostas nas diferentes classes de perigosidade sísmica</b>                                                                      | <b>28</b>  |
| <b>Tabela 5 – Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de inundação por tsunami</b>                                                                   | <b>40</b>  |
| <b>Tabela 6 – Tipologia de vias expostas ao perigo de inundação por tsunami</b>                                                                              | <b>41</b>  |
| <b>Tabela 7 - Faixas de risco e de salvaguarda para o litoral de arriba, propostas por Marques et al. (2013) e consideradas na análise da perigosidade</b>   | <b>44</b>  |
| <b>Tabela 8 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de instabilidade e recuo de arribas</b>                                                        | <b>55</b>  |
| <b>Tabela 9 – Tipologia de vias expostas ao perigo de instabilidade e recuo de arribas</b>                                                                   | <b>56</b>  |
| <b>Tabela 10 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso</b>                                                   | <b>65</b>  |
| <b>Tabela 11 – Tipologia de vias expostas ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso</b>                                                              | <b>67</b>  |
| <b>Tabela 12 - Propriedades das classes de perigosidade do mapa de perigosidade de incêndio rural (dados de referência nacionais)</b>                        | <b>71</b>  |
| <b>Tabela 13 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de incêndio rural / florestal</b>                                                             | <b>76</b>  |
| <b>Tabela 14 – Tipologia de vias expostas ao perigo de incêndio rural / florestal</b>                                                                        | <b>78</b>  |
| <b>Tabela 15 – Scores de Valor Informativo, percentagem de área total acumulada e percentagem de área deslizada acumulada, por classe de suscetibilidade</b> | <b>82</b>  |
| <b>Tabela 16 – Scores de suscetibilidade, para cada classe dos fatores condicionantes, estimados através da aplicação do método do VI</b>                    | <b>83</b>  |
| <b>Tabela 17 - Edifícios, residentes e vias expostos ao risco de movimentos de massa em vertentes</b>                                                        | <b>91</b>  |
| <b>Tabela 18 – Tipologia de vias expostas ao risco de movimentos de massa em vertentes</b>                                                                   | <b>93</b>  |
| <b>Tabela 19 – Recarga potencial ao nível do solo</b>                                                                                                        | <b>98</b>  |
| <b>Tabela 20 – Declive da superfície topográfica</b>                                                                                                         | <b>98</b>  |
| <b>Tabela 21 – Índices atribuídos à zona vadosa das várias litologias presentes na região LVT</b>                                                            | <b>99</b>  |
| <b>Tabela 22 – Expressão das Áreas Estratégicas de Proteção e Recarga de Aquíferos e Ameaças nos Municípios da região LVT</b>                                | <b>104</b> |
| <b>Tabela 23 – Expressão dos Solos e Cursos de Água contamináveis por acidentes em estabelecimentos PRTR nos Municípios da região LVT</b>                    | <b>107</b> |
| <b>Tabela 24 – Tipologia de áreas suscetíveis a cheias no território Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                               | <b>114</b> |
| <b>Tabela 25 – Tipologia de áreas suscetíveis a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                                                | <b>118</b> |
| <b>Tabela 26 - Edifícios, residentes e vias expostos a suscetibilidade a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                       | <b>123</b> |
| <b>Tabela 27 – Tipologia de vias expostas a suscetibilidade a cheias</b>                                                                                     | <b>124</b> |

|                                                                                                                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Tabela 28 – Número de estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, por níveis de perigosidade, nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>                                              | <b>129</b> |
| <b>Tabela 29 – Número de residentes e edifícios expostos ao perigo de acidentes que envolvam substâncias perigosas abrangidos pela Diretiva SEVESO III, nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo</b> | <b>134</b> |
| <b>Tabela 30 – Número de residentes e edifícios expostos ao perigo de acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>     | <b>143</b> |
| <b>Tabela 31 – Limiares de declive (%) e valor do expoente (m)</b>                                                                                                                                            | <b>147</b> |
| <b>Tabela 32 – Classificação do risco de Erosão Potencial do Solo</b>                                                                                                                                         | <b>148</b> |
| <b>Tabela 33 – % área por classe de risco de Erosão Potencial do Solo, na Região de Lisboa e Vale do Tejo.</b>                                                                                                | <b>149</b> |
| <b>Tabela 34 – Relevância de risco de erosão do solo potencial por município, na região de Lisboa e Vale do Tejo.</b>                                                                                         | <b>152</b> |

## 1. Enquadramento e Objetivos

Os Riscos representam um dos grandes vetores de identificação e organização espacial dos recursos territoriais preconizado no Programa Nacional de Políticas de Ordenamento do Território (PNPOT). A inclusão deste vetor, plasmado no modelo territorial do PNPOT sob a forma de Vulnerabilidades Críticas, estabelece a gestão preventiva dos riscos como uma prioridade essencial na política de ordenamento do território e de inclusão obrigatória nos instrumentos de gestão territorial.

O mapeamento dos perigos atuais e a cenarização da sua expressão futura em contexto de alterações climáticas é um dos objetivos do PNPOT, cuja abordagem macro, deverá ser detalhada e aprofundado o seu conhecimento, no âmbito dos planos territoriais.

O PROT OVT, em vigor desde 2009, desenvolveu uma abordagem às questões dos riscos, e nesse âmbito foram elaborados diagnósticos nos domínios dos recursos e valores naturais, dos perigos e dos padrões de ocupação do solo, que permitiram obter à escala regional uma espacialização indicativa e integrada das principais manchas / troços de ocorrência de recursos ou de incidência de perigos, dos quais resultaram contributos para as opções estratégicas de base territorial e para a esquematização do modelo territorial, incluindo um conjunto de orientações de ordenamento do território que visam a salvaguarda de pessoas e bens.

No caso da AML a abordagem aos riscos no âmbito do Plano Regional de Ordenamento do Território, aprovado em 2002, foi bastante incipiente justificando-se, de modo mais premente, uma atualização do conhecimento sobre os riscos, com um enfoque na problemática das alterações climáticas e seus impactes, introduzindo necessariamente ajustamentos e desenvolvimentos de conteúdo nomeadamente em matéria de vulnerabilidades aos perigos e de adaptação às alterações climáticas.

Neste contexto, a CCDR LVT entendeu atualizar o mapeamento das situações de vulnerabilidade no território face aos riscos da Região de Lisboa e Vale do Tejo tendo protocolizado esta tarefa com o Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-ULisboa), dando continuidade ao trabalho científico e técnico anteriormente realizado sobre este território, de entre os quais se destacam: (i) a avaliação de riscos na elaboração do PROT-OVT e na revisão do PROT-AML; (ii) os estudos e cartografia de âmbito regional da Reserva Ecológica Nacional para a Região de Lisboa e Vale do Tejo; e (iii) a análise de perigos climáticos e da exposição no Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas desenvolvido para a Área Metropolitana de Lisboa.

O presente trabalho tem três grandes objetivos, que se devem realizar sucessivamente:

- (i) Identificar e mapear perigos e riscos no território da área de jurisdição da CCDR-LVT, tendo por princípio a atualização da informação constante do processo de elaboração do PROT-OVT (2008-09) e da alteração do PROT AML (2010);
- (ii) Contribuir para a garantia da correta utilização do território, salvaguardando a segurança de pessoas e bens, através da prevenção e minimização dos riscos;
- (iii) Contribuir para a eliminação / minimização da exposição de pessoas e bens ao risco.

## 2. Metodologia de Trabalho

O mapeamento dos perigos e riscos no território da área de jurisdição da CCDR-LVT, efetuado no âmbito do projeto “Identificação, caracterização e mapeamento das situações de vulnerabilidade no território face aos riscos da Região de Lisboa e Vale do Tejo”, foi concretizado para um conjunto de processos físicos com incidência territorial relevante na Região LVT. A avaliação da suscetibilidade/perigosidade baseia-se na aplicação de métodos técnico-científicos reconhecidos, ajustados a uma análise à escala regional e aos dados disponíveis, e é realizada separadamente para cada tipo de processo. Os resultados apresentados refletem a qualidade dos dados disponíveis, que é desigual para os diferentes processos perigosos considerados, e devem ser interpretados na escala regional para a qual foram produzidos.

Para a generalidade dos perigos, a avaliação da exposição é efetuada para vias, edifícios e população residente.

As vias foram obtidas e classificadas a partir do *Open Street Map*. Os edifícios foram obtidos a partir da Base de Georeferenciação de Edifícios (BGE). A população residente por edifício foi estimada por cruzamento dissimétrico entre a BGE e a BGRI dos Censos 2011.

No total existem mais de 11 mil quilómetros de vias na área de estudo, com a distribuição por tipologia de vias que está sistematizada na **Tabela 1**.

**Tabela 1 – Tipologia de vias e respetiva extensão na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

| <b>Vias totais</b>         | <b>km</b>      | <b>%</b>     |
|----------------------------|----------------|--------------|
| Autoestrada e vias rápidas | 2442,8         | 22,0         |
| Rede rodoviária primária   | 2746,9         | 24,8         |
| Rede rodoviária secundária | 1293,2         | 11,7         |
| Rede rodoviária terciária  | 4596,5         | 41,5         |
| <b>Total</b>               | <b>11079,4</b> | <b>100,0</b> |

A Base de Georeferenciação de Edifícios (BGE) assinala cerca de 830 mil edifícios residenciais nos 52 municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo. A população residente total ultrapassa os 3 650 000, de acordo com os Censos 2011.

### 3. Sismos

#### 3.1 Enquadramento

A perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo é tipicamente elevada devido, não só à proximidade de estruturas ativas submarinas que marginam o território continental português a SW e a S, que têm o potencial de gerar os sismos máximos regionais (Grácia et al., 2003), mas também à falha (ou zona de falhas) do vale inferior do Tejo (Carvalho et al., 2006).

O Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, aprovado pelo Decreto-Lei nº235/83 de 31 de maio, estabelece um zonamento de risco sísmico em Portugal Continental e define os coeficientes de segurança a aplicar nas construções de edifícios e pontes em cada uma das 4 zonas identificadas. A Região de Lisboa e Vale do Tejo enquadra-se nas zonas A e B do referido zonamento, que correspondem às zonas de maior risco.

Mais recentemente, o Eurocódigo 8 atualizou as regras gerais, ações sísmicas e regras para os edifícios, no quadro de projetos de estruturas para resistência aos sismos. De acordo com o Eurocódigo 8, a Região de Lisboa e Vale do Tejo integra-se nas zonas 1.3, 1.4 e 1.5 para ação sísmica Tipo 1 (sismo distante), e nas zonas 2.3 e 2.4 para ação sísmica Tipo 2 (sismo próximo).

## 3.2 Metodologia

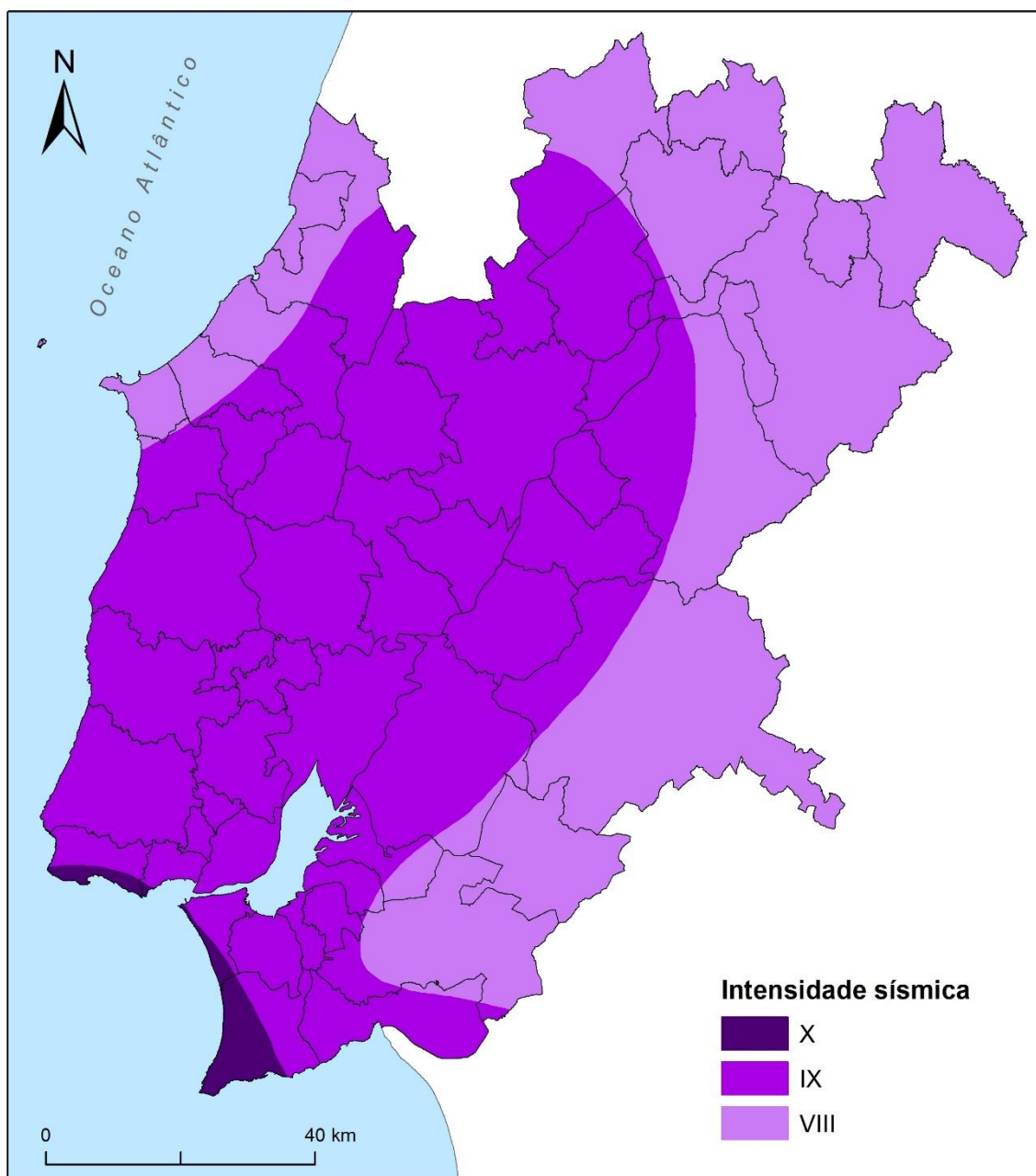
A perigosidade sísmica no território de Lisboa e Vale do Tejo (LVT) foi definida a partir do cruzamento da carta de isossistas de intensidades sísmicas máximas (Fonte: IPMA) com a carta da distribuição das acelerações máximas (PGA – *Peak Ground Acceleration*), para um período de retorno de 475 anos, produzida por Montilla e Casado (2002). Adicionalmente, os efeitos de sítio, passíveis de produzir uma amplificação da suscetibilidade sísmica, foram definidos a partir da distribuição das formações geológicas sedimentares não consolidadas, representadas na Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000 (Fonte: LNEG), e, também, a partir de faixas de zonamento de 100 metros em torno das falhas ativas ou provavelmente ativas (extraídas da Carta Neotectónica de Portugal).

Atendendo à carta de isossistas de intensidades sísmicas (**Figura 1**), estima-se que cerca de 40% do território de LVT integra a classe correspondente ao grau VIII de intensidade máxima (Escala de Mercalli Modificada, 1956), a qual representa um cenário de danos “ruinoso”, enquanto os restantes 60% do território integram as classes correspondentes aos graus de intensidade IX (desastroso) e X (destruidor).

No que respeita à distribuição das acelerações máximas (**Figura 2**), verificam-se PGA de 3,2 – 4,0 m/s<sup>2</sup>; 2,4 – 3,2 m/s<sup>2</sup>; e 1,6 – 2,4 m/s<sup>2</sup> em, respetivamente, 41,4%, 46,3% e 12,3% da Região LVT.

As formações geológicas sedimentares não consolidadas, nomeadamente os depósitos do Quaternário que ocupam cerca de 22,7% do território, e as falhas ativas ou provavelmente ativas, bem como a faixa de zonamento de 100 metros em torno destas, encontram-se representadas na **Figura 3**.

A avaliação da exposição ao risco sísmico foi efetuada para as vias, edifícios e população residente, considerando quatro classes de perigosidade sísmica (moderada/baixa; moderada; elevada; e muito elevada).



**Figura 1 – Isossistas de intensidades sísmicas máximas na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

**(Fonte: IPMA)**

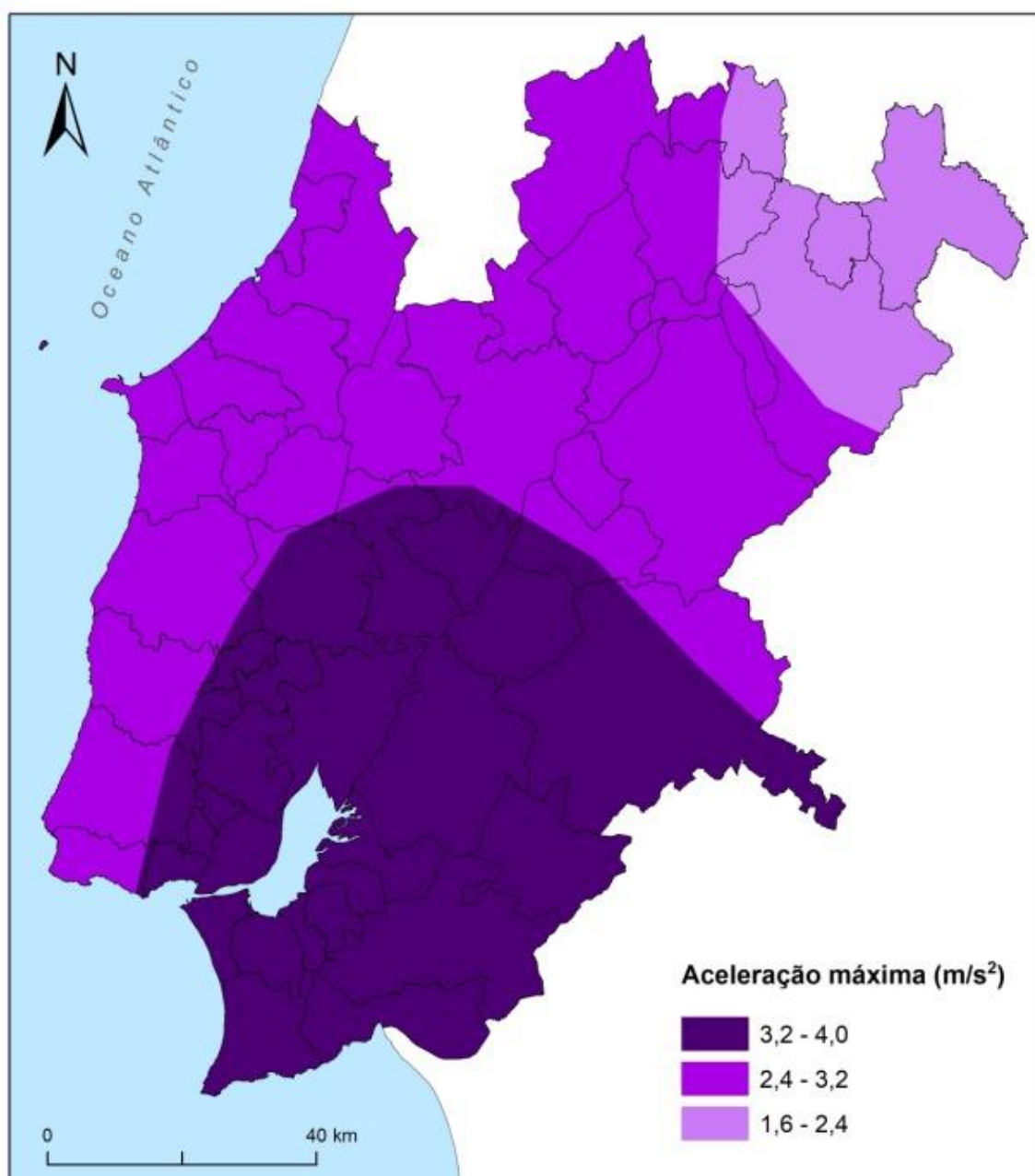


Figura 2 – Acelerações máximas (PGA) na Região de Lisboa e Vale do Tejo com período de retorno de 475 anos (Fonte: Montilla e Casado, 2002)

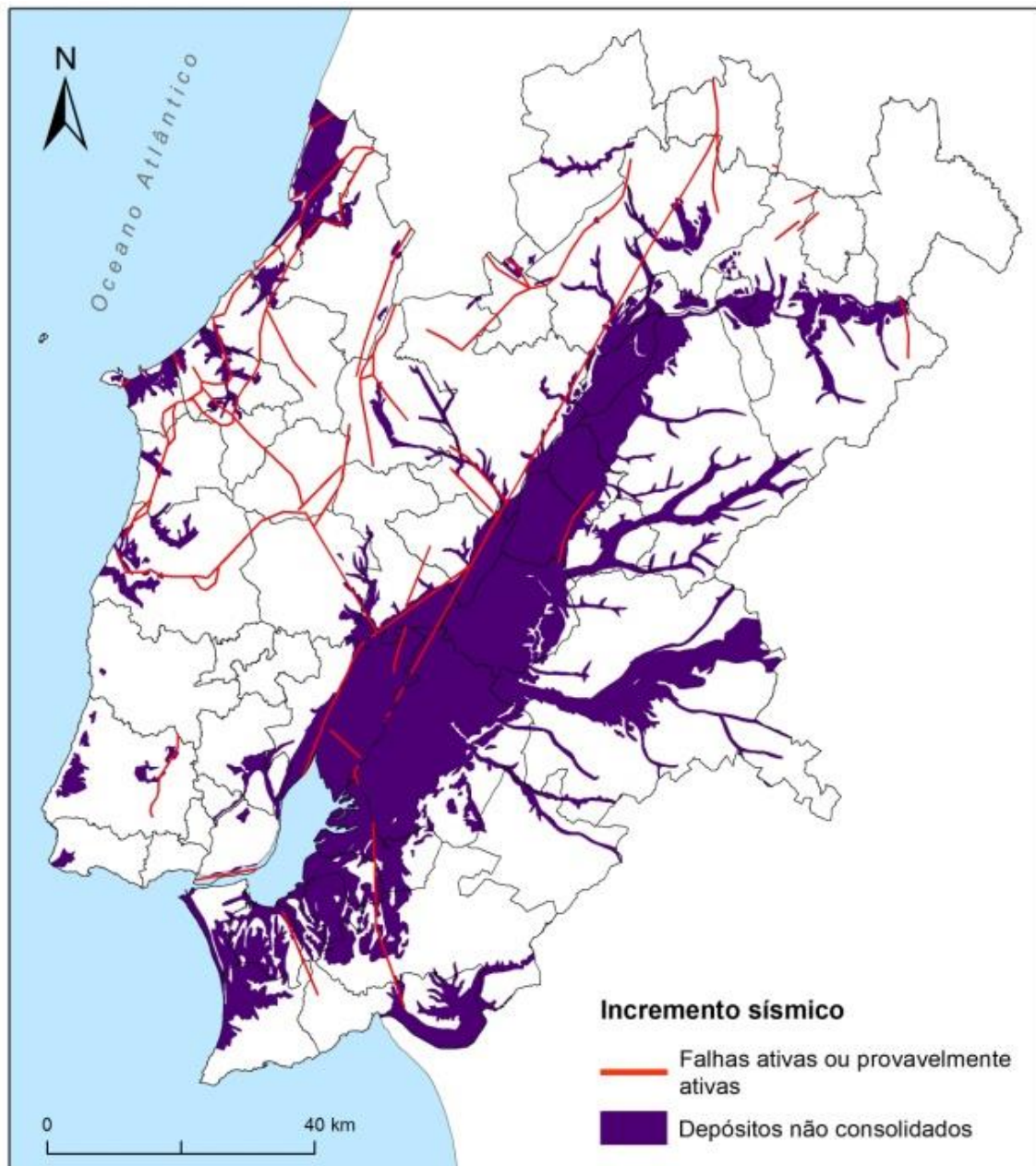


Figura 3 – Depósitos não consolidados (Fonte: Carta Geológica de Portugal, 1:500 000) e falhas ativas ou provavelmente ativas (Fonte: Carta Neotectónica de Portugal) na Região de Lisboa e Vale do Tejo

### 3.3 Análise da Perigosidade

A **Figura 4** sistematiza a perigosidade sísmica no território de LVT, proveniente do cruzamento da informação anteriormente referida. Neste contexto, foram definidas 4 classes de perigosidade, tendo como referência a realidade da totalidade do território português: moderada/baixa; moderada; elevada; e muito elevada.

A classe de perigosidade moderada/baixa corresponde ao cruzamento das zonas de intensidade sísmica de grau VIII com PGA de 2,4 a 3,2 m/s<sup>2</sup> ou 1,6 a 2,4 m/s<sup>2</sup>. Nesta classe de perigosidade, que está presente em 23,5% do território, não existe incremento sísmico induzido por depósitos sedimentares pouco consolidados ou falhas ativas.

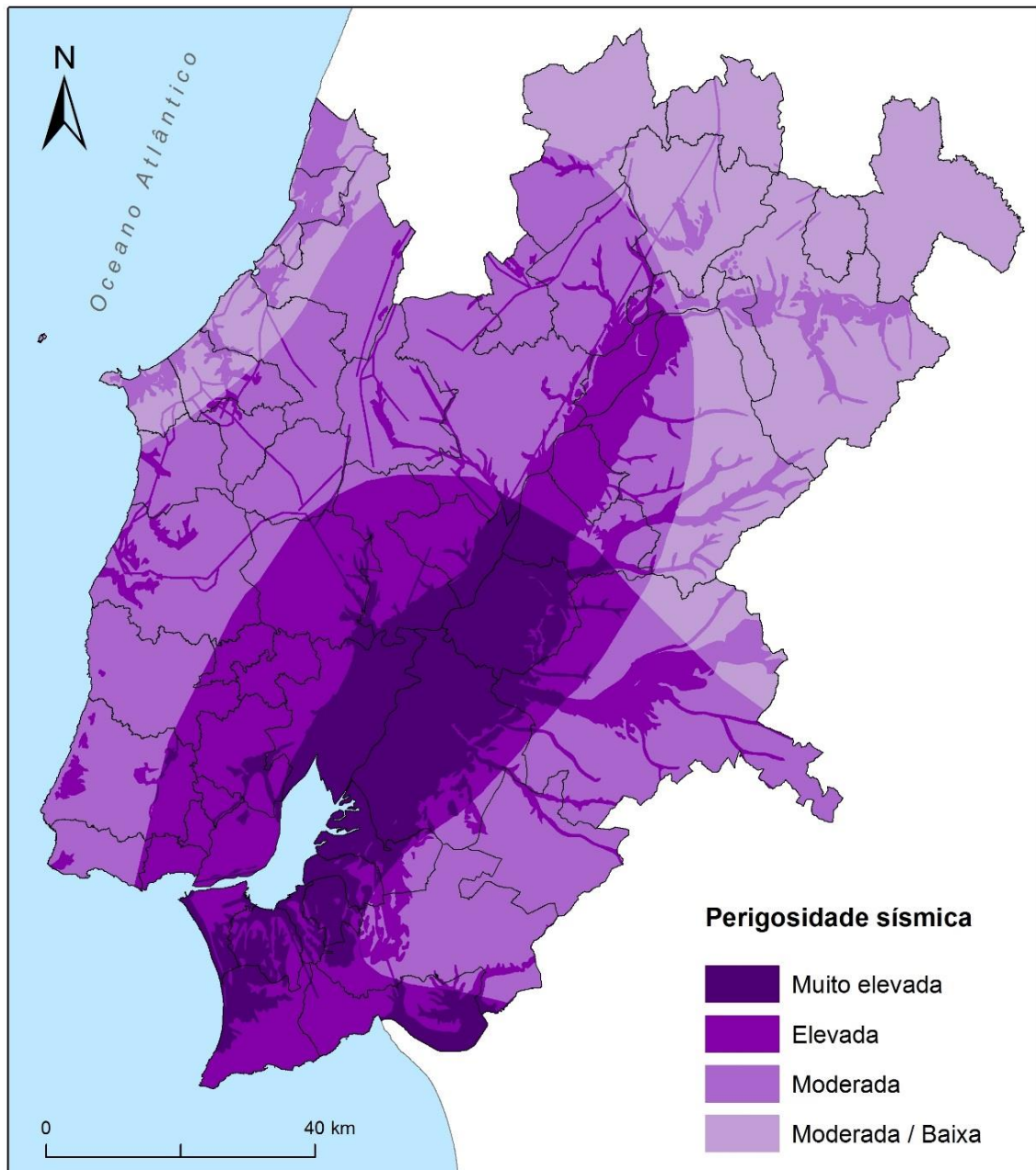
A classe de perigosidade moderada corresponde ao cruzamento das seguintes zonas de intensidade sísmica, acelerações máximas, e incremento sísmico: a) intensidade sísmica de grau IX e X e PGA de 2,4 a 3,2 m/s<sup>2</sup>; b) intensidade sísmica de grau VIII e PGA de 3,2 a 4,0 m/s<sup>2</sup>; c) intensidade sísmica de grau VIII, PGA de 2,4 a 3,2 m/s<sup>2</sup> ou 1,6 a 2,4 m/s<sup>2</sup>, e presença de depósitos sedimentares pouco consolidados ou falhas ativas. A classe de perigosidade moderada estende-se por 40,5% do território.

A classe de perigosidade elevada resulta do seguinte cruzamento: a) intensidades sísmicas de grau IX e X com PGA de 3,2 a 4,0 m/s<sup>2</sup>; b) intensidades sísmicas de grau IX e X, PGA de 2,4 a 3,2 m/s<sup>2</sup>, e presença de depósitos sedimentares pouco consolidados ou falhas ativas; c) intensidades sísmicas de grau VIII, PGA de 3,2 a 4,0 m/s<sup>2</sup>, e presença de depósitos sedimentares pouco consolidados ou falhas ativas. A classe de perigosidade elevada contabiliza 23,5% do território.

A classe de perigosidade muito elevada corresponde às áreas onde se verificam, simultaneamente, intensidades sísmicas de graus IX e X, PGA de 3,2 a 4,0 m/s<sup>2</sup> e presença de depósitos não consolidados ou falhas ativas, o que totaliza 12,5% da Região LVT.

A distribuição espacial das isossistas de intensidades máximas, PGA e zonas de incremento sísmico permite estimar que 36% da Região de LVT integra as classes de perigosidade elevada e muito elevada, as quais se concentram, sobretudo, na Área

Metropolitana de Lisboa e na Lezíria do Tejo. Nestas regiões, é refletida não só a influência da sismicidade interplacas, mas também a da falha (ou zona de falhas) do vale inferior do Tejo.



**Figura 4 – Perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

A perigosidade sísmica ao nível municipal (**Figura 5**) foi estabelecida em função da expressão territorial das diferentes classes de perigosidade. Para o efeito, cada município foi confrontado com o mapa de perigosidade sísmica e foi-lhe atribuída a

classe com maior representatividade, desde que, no território do município, não exista um nível superior de perigosidade que se estenda por mais de 10% da sua área total. Se esta última situação se verificar, então o município é representado pelo nível de perigosidade imediatamente seguinte. O município do Montijo foi subdividido em Montijo/Afonsoeiro e Montijo/Canha, tendo em conta a sua configuração e relação com a perigosidade sísmica definida para o território.

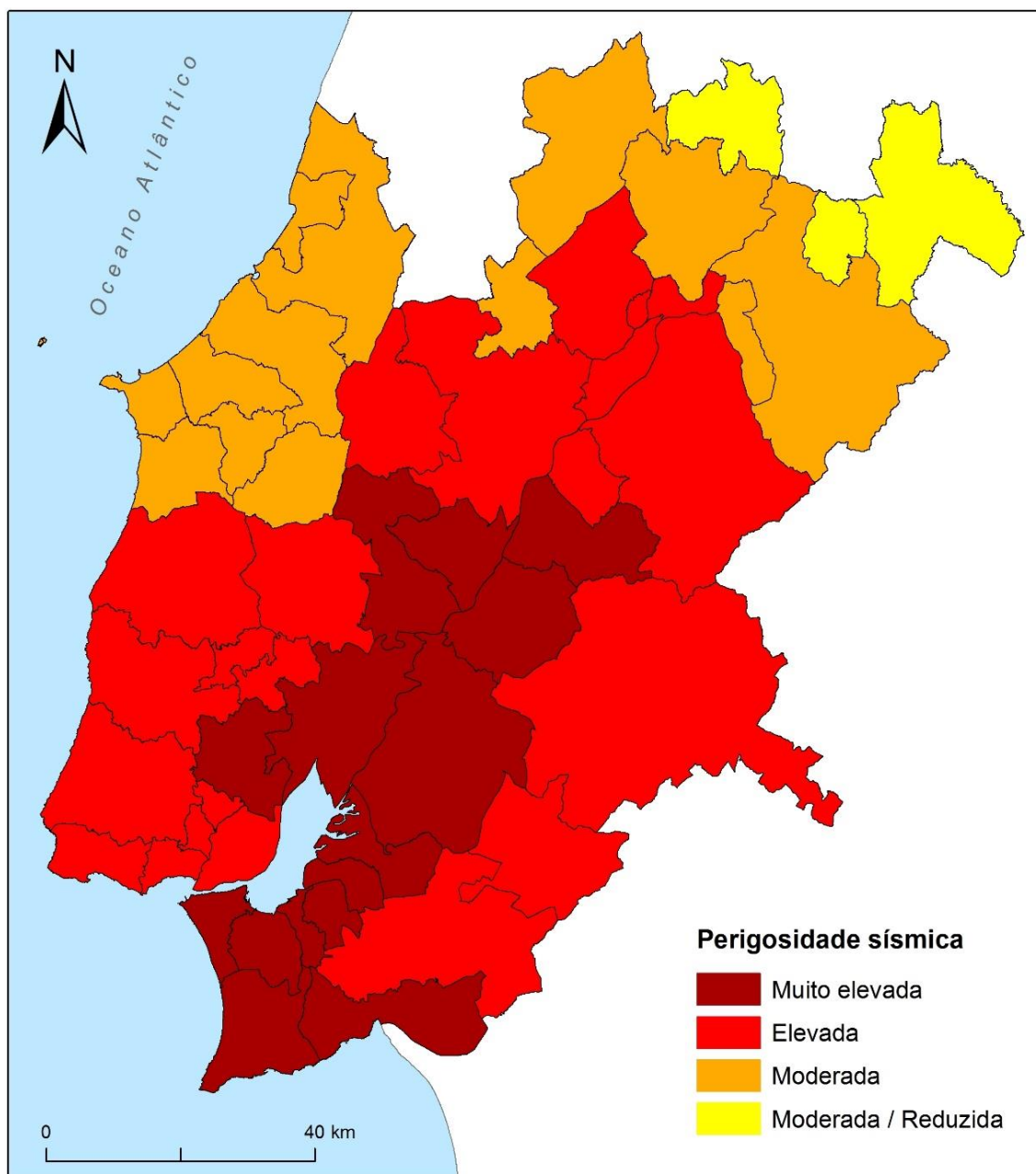


Figura 5 – Perigosidade sísmica nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

A perigosidade sísmica muito elevada abrange um total de 15 municípios, os quais integram a Área Metropolitana de Lisboa (Alcochete, Almada, Barreiro, Loures, Moita, Montijo/Afonsoeiro, Seixal, Sesimbra, Setúbal e Vila Franca de Xira) e a Lezíria do Tejo (Almeirim, Azambuja, Benavente, Cartaxo e Salvaterra de Magos).

A classe de perigosidade sísmica elevada inclui 22 municípios distribuídos pela Área Metropolitana de Lisboa (Amadora, Cascais, Lisboa, Mafra, Odivelas, Oeiras, Palmela, Sintra e Montijo/Canha), Lezíria do Tejo (Alpiarça, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior e Santarém), Médio Tejo (Entroncamento, Torres Novas e Vila Nova da Barquinha) e Oeste (Alenquer, Arruda dos Vinhos, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras).

A perigosidade sísmica moderada abrange 13 municípios, os quais integram o Médio Tejo (Abrantes, Alcanena, Constância, Ourém e Tomar) e o Oeste (Alcobaça, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos e Peniche).

A perigosidade sísmica moderada/reduzida integra 3 municípios do Médio Tejo (Ferreira do Zêzere, Mação e Sardoal).

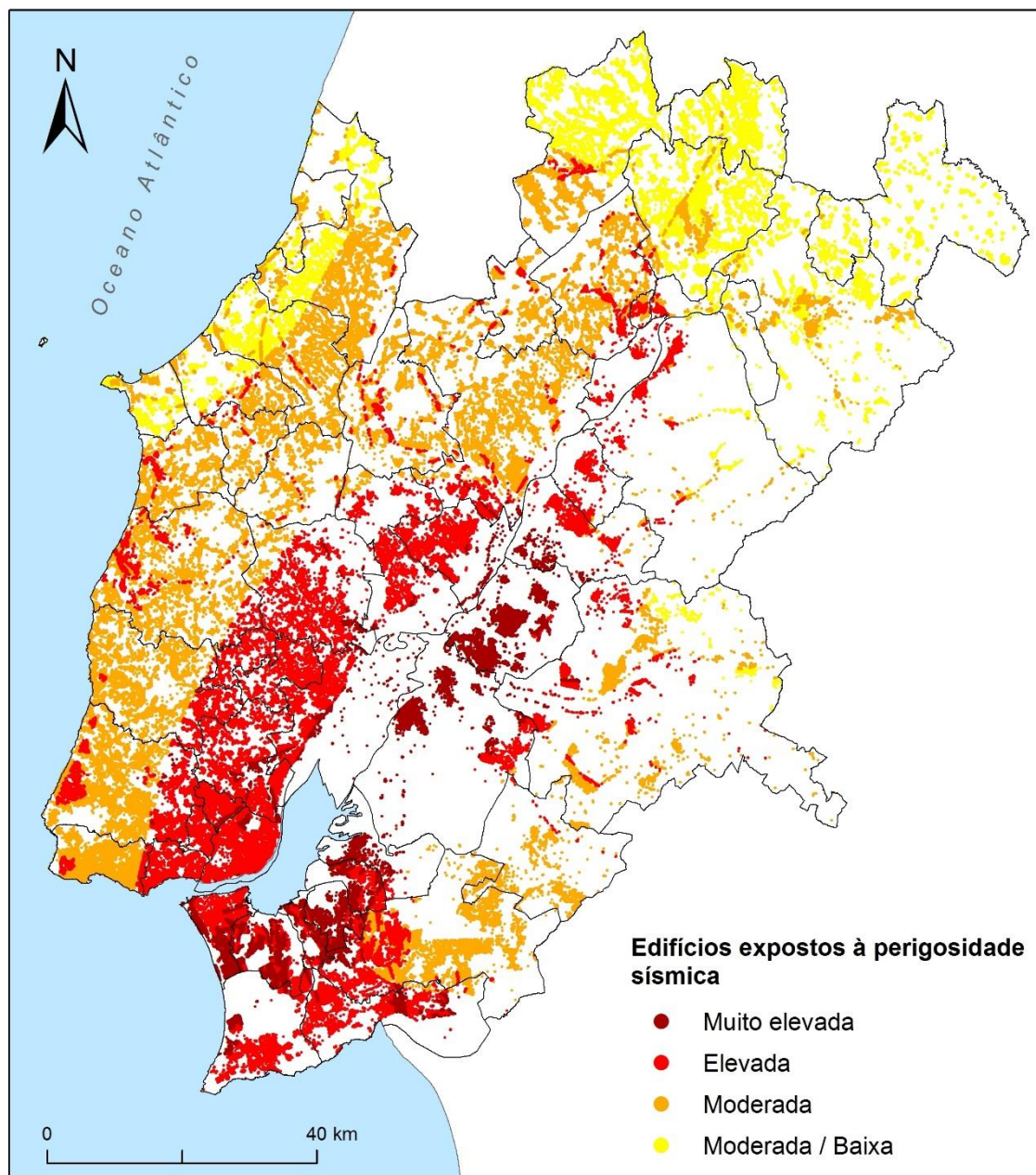
### 3.4 Análise da Exposição

A análise da exposição ao risco sísmico foi feita com base no mapa de perigosidade da Região LVT (**Figura 4**), onde as classes muito elevada [1], elevada [2], moderada [3] e moderada/baixa [4] ocupam, respetivamente, 12,5%, 23,5%, 40,5% e 23,5% do território.

Os edifícios expostos ao risco sísmico estão representados na **Figura 6** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 2**.

No total, foram identificados mais de 445 mil edifícios residenciais situados em zonas de perigosidade sísmica elevada (357.168) e muito elevada (88.291). Destaca-se o município de Lisboa, com mais de 50 mil edifícios expostos, seguido dos municípios de

Almada, Loures, Seixal, Setúbal, Sintra, Sesimbra, Oeiras, Vila Franca de Xira, Odivelas, Alenquer, Amadora, Moita, Barreiro, Salvaterra de Magos, Montijo/Afonsoeiro e Cartaxo, com um total de edifícios expostos a uma perigosidade sísmica elevada e muito elevada compreendido entre 10 mil e 33 mil, aproximadamente.



**Figura 6 – Edifícios expostos à perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

A população residente em zonas de perigosidade sísmica elevada e muito elevada foi estimada em cerca de 2,6 milhões de pessoas, destacando-se 10 municípios com mais

de 100 mil residentes expostos: Lisboa, Sintra, Loures, Amadora, Oeiras, Almada, Seixal, Odivelas, Vila Franca de Xira e Setúbal. Importa, ainda, referir que somente no município de Lisboa, o número de residentes expostos ultrapassa os 550 mil.

**Tabela 2 – Edifícios e residentes expostos, por município, nas diferentes classes de perigosidade sísmica**

| CONCELHO           | Edifícios |       |       |       | Residentes |        |        |       |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|------------|--------|--------|-------|
|                    | [1]       | [2]   | [3]   | [4]   | [1]        | [2]    | [3]    | [4]   |
| ABRANTES           | 0         | 0     | 7889  | 12490 | 0          | 0      | 17316  | 21989 |
| ALCANENA           | 0         | 833   | 5865  | 0     | 0          | 1710   | 12156  | 0     |
| ALCOBAÇA           | 0         | 124   | 16123 | 10434 | 0          | 256    | 37994  | 18383 |
| ALCOCHETE          | 4153      | 391   | 31    | 0     | 16681      | 802    | 86     | 0     |
| ALENQUER           | 1112      | 13671 | 1558  | 0     | 3367       | 37331  | 2556   | 0     |
| ALMADA             | 14475     | 19302 | 0     | 0     | 42869      | 128835 | 0      | 0     |
| ALMEIRIM           | 1884      | 7134  | 350   | 0     | 3567       | 19131  | 660    | 0     |
| ALPIARÇA           | 0         | 3410  | 63    | 0     | 0          | 7581   | 121    | 0     |
| AMADORA            | 0         | 13719 | 0     | 0     | 0          | 175075 | 0      | 0     |
| ARRUDA DOS VINHOS  | 0         | 4754  | 0     | 0     | 0          | 13387  | 0      | 0     |
| AZAMBUJA           | 683       | 7884  | 923   | 0     | 1828       | 18296  | 1688   | 0     |
| BARREIRO           | 5587      | 5437  | 0     | 0     | 35388      | 43348  | 0      | 0     |
| BENAVENTE          | 8183      | 1347  | 27    | 0     | 26796      | 2161   | 44     | 0     |
| BOMBARRAL          | 0         | 410   | 6079  | 0     | 0          | 808    | 12385  | 0     |
| CADAVAL            | 0         | 234   | 7651  | 0     | 0          | 365    | 13852  | 0     |
| CALDAS DA RAINHA   | 0         | 123   | 8497  | 10586 | 0          | 190    | 17107  | 34428 |
| CARTAXO            | 713       | 9303  | 0     | 0     | 922        | 23525  | 0      | 0     |
| CASCAIS            | 0         | 4296  | 39354 | 0     | 0          | 20985  | 185454 | 0     |
| CHAMUSCA           | 0         | 4040  | 875   | 889   | 0          | 7516   | 1301   | 1303  |
| CONSTÂNCIA         | 0         | 0     | 874   | 980   | 0          | 0      | 2067   | 1980  |
| CORUCHE            | 227       | 3503  | 6784  | 1312  | 356        | 5427   | 12224  | 1840  |
| ENTRONCAMENTO      | 0         | 1506  | 2648  | 0     | 0          | 7214   | 12985  | 0     |
| FERREIRA DO ZÊZERE | 0         | 0     | 60    | 6874  | 0          | 0      | 62     | 8555  |
| GOLEGÃ             | 0         | 2689  | 387   | 0     | 0          | 4909   | 1004   | 0     |
| LISBOA             | 727       | 52019 | 0     | 0     | 27600      | 525725 | 0      | 0     |
| LOURES             | 1813      | 29092 | 0     | 0     | 9116       | 190221 | 0      | 0     |
| LOURINHÃ           | 0         | 1329  | 11887 | 93    | 0          | 3837   | 21769  | 124   |
| MAÇÃO              | 0         | 0     | 0     | 6648  | 0          | 0      | 0      | 7338  |
| MAFRA              | 0         | 5331  | 22677 | 0     | 0          | 17523  | 59153  | 0     |
| MOITA              | 7747      | 4649  | 12    | 0     | 39182      | 26807  | 24     | 0     |
| MONTIJO/AFONSOEIRO | 3723      | 6346  | 70    | 0     | 18449      | 26930  | 171    | 0     |
| MONTIJO/CANHA      | 0         | 98    | 2788  | 0     | 0          | 104    | 5498   | 0     |
| NAZARÉ             | 0         | 0     | 3385  | 4244  | 0          | 0      | 5414   | 9744  |
| ÓBIDOS             | 0         | 298   | 5092  | 2900  | 0          | 425    | 7424   | 3922  |

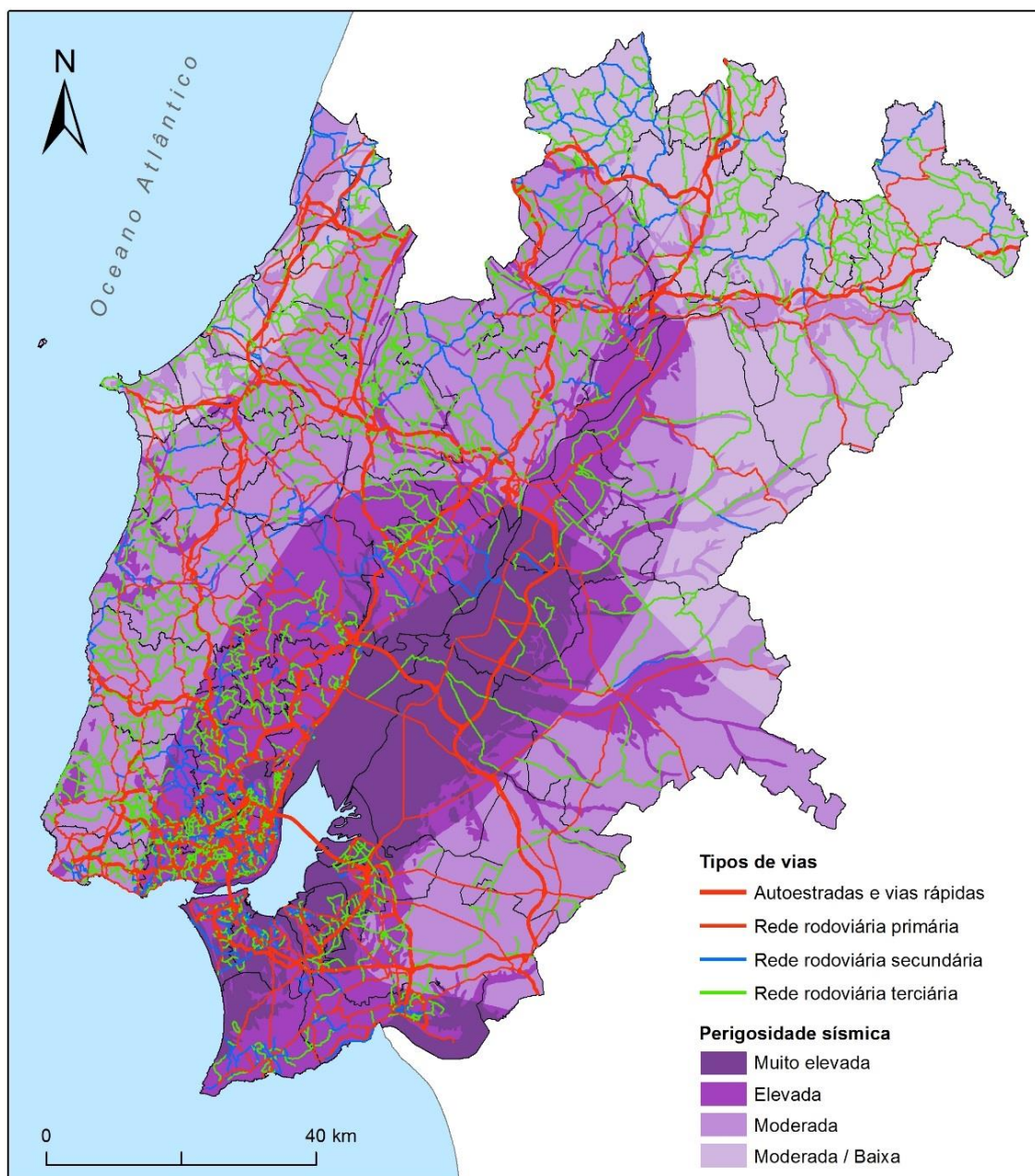
|                        |              |               |               |               |               |                |               |               |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| ODIVELAS               | 566          | 15844         | 0             | 0             | 5150          | 139932         | 0             | 0             |
| OEIRAS                 | 0            | 18247         | 0             | 0             | 0             | 172130         | 0             | 0             |
| OURÉM                  | 0            | 673           | 8429          | 14617         | 0             | 1589           | 23257         | 21074         |
| PALMELA                | 1089         | 8671          | 11882         | 0             | 1725          | 24080          | 37005         | 0             |
| PENICHE                | 0            | 0             | 3988          | 9369          | 0             | 0              | 7584          | 20103         |
| RIO MAIOR              | 0            | 1642          | 8189          | 0             | 0             | 3611           | 17578         | 0             |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 10003        | 733           | 0             | 0             | 20658         | 1451           | 0             | 0             |
| SANTARÉM               | 431          | 3668          | 19969         | 0             | 832           | 7283           | 53544         | 0             |
| SARDOAL                | 0            | 0             | 19            | 2792          | 0             | 0              | 18            | 3919          |
| SEIXAL                 | 14050        | 16360         | 0             | 0             | 53533         | 105763         | 0             | 0             |
| SESIMBRA               | 2758         | 17979         | 0             | 0             | 4849          | 45295          | 0             | 0             |
| SETÚBAL                | 5059         | 18674         | 587           | 0             | 33110         | 86697          | 1214          | 0             |
| SINTRA                 | 229          | 21418         | 35270         | 0             | 1879          | 205311         | 170632        | 0             |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 0            | 4016          | 97            | 0             | 0             | 9930           | 226           | 0             |
| TOMAR                  | 0            | 106           | 4202          | 16500         | 0             | 212            | 12478         | 27857         |
| TORRES NOVAS           | 0            | 3973          | 12289         | 344           | 0             | 10507          | 25783         | 422           |
| TORRES VEDRAS          | 0            | 6679          | 26146         | 0             | 0             | 12755          | 66694         | 0             |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 3079         | 13974         | 0             | 0             | 22172         | 114507         | 0             | 0             |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 0            | 1239          | 1272          | 908           | 0             | 3280           | 2493          | 1536          |
| <b>LVT</b>             | <b>88291</b> | <b>357168</b> | <b>284288</b> | <b>101980</b> | <b>370028</b> | <b>2254756</b> | <b>849024</b> | <b>184518</b> |

Perigosidade sísmica: muito elevada [1]; elevada [2]; moderada [3]; e moderada/baixa [4].

As vias expostas ao risco sísmico na Região de LVT estão representadas na **Figura 7** e a distribuição por município está sumarizada na **Tabela 3**. A perigosidade por tipo de via encontra-se sistematizada na **Tabela 4**.

No total, foram identificados cerca de 4900 quilómetros de vias em zonas de perigosidade sísmica elevada (3889 km) ou muito elevada (1011 km), o que corresponde a 45% do total de vias expostas em todas as classes de perigosidade. Cerca de 15% destas vias correspondem a troços da rede viária terciária, enquanto 12% e 11% dizem respeito à rede viária primária e às autoestradas e/ou vias rápidas, respetivamente.

O município de Lisboa destaca-se dos restantes com cerca de 530 km de vias localizadas nas classes de perigosidade sísmica elevada ou muito elevada, o que corresponde a, aproximadamente, 11% do total de vias nesta situação. Também o município de Loures possui 8,6% das vias nas duas classes de perigosidade referidas, perfazendo uma extensão de cerca de 424 km. Ainda numa posição de destaque encontram-se os municípios de Vila Franca de Xira, Setúbal, Alenquer e Benavente, com mais de 200 km de vias expostas a uma perigosidade elevada ou muito elevada.



**Figura 7 – Vias expostas à perigosidade sísmica na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

**Tabela 3 – Vias expostas, por município, nas diferentes classes de perigosidade sísmica**

| CONCELHO  | Vias (km) |       |       |       |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|
|           | [1]       | [2]   | [3]   | [4]   |
| ABRANTES  | 0,0       | 0,0   | 80,9  | 265,3 |
| ALCANENA  | 0,0       | 9,5   | 131,9 | 0,0   |
| ALCOBAÇA  | 0,0       | 4,6   | 271,5 | 133,2 |
| ALCOCHETE | 84,7      | 21,3  | 12,2  | 0,0   |
| ALENQUER  | 39,3      | 170,3 | 29,2  | 0,0   |
| ALMADA    | 52,8      | 139,9 | 0,0   | 0,0   |
| ALMEIRIM  | 51,4      | 68,3  | 6,1   | 0,0   |
| ALPIARÇA  | 0,0       | 51,1  | 1,9   | 0,0   |

|                        |               |               |               |               |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| AMADORA                | 0,0           | 143,3         | 0,0           | 0,0           |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 0,0           | 99,9          | 0,0           | 0,0           |
| AZAMBUJA               | 18,0          | 159,6         | 24,3          | 0,0           |
| BARREIRO               | 44,3          | 44,6          | 0,0           | 0,0           |
| BENAVENTE              | 162,0         | 40,6          | 4,5           | 0,0           |
| BOMBARRAL              | 0,0           | 13,1          | 87,4          | 0,0           |
| CADAVAL                | 0,2           | 8,2           | 101,8         | 0,0           |
| CALDAS DA RAINHA       | 0,0           | 3,6           | 181,4         | 112,6         |
| CARTAXO                | 24,9          | 128,4         | 0,0           | 0,0           |
| CASCAIS                | 0,0           | 22,9          | 230,4         | 0,0           |
| CHAMUSCA               | 0,0           | 54,6          | 59,3          | 59,7          |
| CONSTÂNCIA             | 0,0           | 0,0           | 14,5          | 37,0          |
| CORUCHE                | 4,1           | 96,0          | 136,7         | 21,8          |
| ENTRONCAMENTO          | 0,0           | 10,3          | 8,2           | 0,0           |
| FERREIRA DO ZÊZERE     | 0,0           | 0,0           | 1,6           | 169,4         |
| GOLEGÃ                 | 0,0           | 41,7          | 3,9           | 0,0           |
| LISBOA                 | 21,3          | 507,8         | 0,0           | 0,0           |
| LOURES                 | 31,0          | 392,8         | 0,0           | 0,0           |
| LOURINHÃ               | 0,0           | 12,5          | 92,0          | 1,8           |
| MAÇÃO                  | 0,0           | 0,0           | 0,0           | 294,5         |
| MAFRA                  | 0,0           | 94,0          | 311,6         | 0,0           |
| MOITA                  | 60,7          | 17,5          | 0,4           | 0,0           |
| MONTIJO/AFONSOEIRO     | 49,7          | 61,7          | 0,3           | 0,0           |
| MONTIJO/CANHA          | 0,0           | 11,0          | 124,8         | 0,0           |
| NAZARÉ                 | 0,0           | 0,0           | 40,1          | 47,6          |
| ÓBIDOS                 | 0,0           | 20,4          | 94,5          | 47,0          |
| ODIVELAS               | 12,8          | 67,7          | 0,0           | 0,0           |
| OEIRAS                 | 0,0           | 195,8         | 0,0           | 0,0           |
| OURÉM                  | 0,0           | 7,4           | 149,1         | 245,5         |
| PALMELA                | 21,7          | 82,6          | 256,9         | 0,0           |
| PENICHE                | 0,0           | 0,0           | 29,0          | 48,9          |
| RIO MAIOR              | 0,0           | 47,3          | 292,1         | 0,0           |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 117,2         | 5,4           | 0,0           | 0,0           |
| SANTARÉM               | 5,1           | 66,5          | 407,9         | 0,0           |
| SARDOAL                | 0,0           | 0,0           | 0,3           | 88,0          |
| SEIXAL                 | 88,0          | 100,7         | 0,0           | 0,0           |
| SESIMBRA               | 19,6          | 131,5         | 0,0           | 0,0           |
| SETÚBAL                | 30,8          | 194,8         | 10,4          | 0,0           |
| SINTRA                 | 3,4           | 185,7         | 331,1         | 0,0           |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 0,0           | 63,3          | 0,3           | 0,0           |
| TOMAR                  | 0,0           | 0,1           | 53,1          | 242,7         |
| TORRES NOVAS           | 0,0           | 33,7          | 199,3         | 1,8           |
| TORRES VEDRAS          | 0,0           | 66,3          | 336,2         | 0,0           |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 67,7          | 171,0         | 0,0           | 0,0           |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 0,0           | 19,5          | 24,5          | 23,2          |
| <b>LVT</b>             | <b>1010,7</b> | <b>3889,1</b> | <b>4141,6</b> | <b>1839,9</b> |

**Tabela 4 – Tipos de vias expostas nas diferentes classes de perigosidade sísmica**

| Tipos de vias              | Perigosidade sísmica |     |        |      |        |      |        |      |
|----------------------------|----------------------|-----|--------|------|--------|------|--------|------|
|                            | [1]                  |     | [2]    |      | [3]    |      | [4]    |      |
|                            | (km)                 | (%) | (km)   | (%)  | (km)   | (%)  | (km)   | (%)  |
| Autoestrada e vias rápidas | 337,6                | 3,1 | 901,6  | 8,3  | 839,1  | 7,7  | 293,2  | 2,7  |
| Rede rodoviária primária   | 296,9                | 2,7 | 1050,9 | 9,7  | 1076,3 | 9,9  | 277,7  | 2,6  |
| Rede rodoviária secundária | 97,4                 | 0,9 | 555,2  | 5,1  | 324,6  | 3,0  | 291,5  | 2,7  |
| Rede rodoviária terciária  | 278,8                | 2,6 | 1381,4 | 12,7 | 1901,5 | 17,5 | 977,6  | 9,0  |
| <b>Total</b>               | 1010,7               | 9,3 | 3889,1 | 35,7 | 4141,6 | 38,1 | 1839,9 | 16,9 |

## 4. Tsunamis

### 4.1 Enquadramento

A geração de maremotos (tsunamis) associados a eventos sísmicos com epicentro no mar, mas também a movimentos de vertente e erupções vulcânicas submarinas, pode ter consequências devastadoras nas áreas costeiras. Os principais focos potenciais geradores de maremotos correspondem a três zonas sísmicas regionais: Banco de Gorringe, a SW de Portugal continental; estruturas tectónicas ativas, de direção N-S, na margem continental entre Setúbal e o Cabo de S. Vicente; e terminação oriental da falha Açores-Gibraltar, a sul do Algarve.

### 4.2 Metodologia

A modelação numérica de tsunami começa com o cálculo do deslocamento vertical da superfície do fundo do oceano devido a um sismo, e que é transmitido de forma instantânea para a superfície do mar. Neste estudo, é considerada uma abordagem determinística, em que o evento de 1 de novembro de 1755 é assumido como o pior cenário possível. Para tal, são utilizadas as fórmulas publicadas por Okada (1985), em que o input do modelo são os parâmetros de rutura do sismo. De acordo com Santos et al., (2009), a fonte geradora do tsunami de 1755 está localizada no Banco de Gorringe (**Figura 1**) em que os parâmetros do sismo são: comprimento=200 km, largura=80km, azimute=60°, ângulo de mergulho=40°, ângulo do deslocamento=90°, profundidade=8

km e deslocamento vertical=12,1m. O output deste cálculo é o deslocamento inicial da superfície do mar, ou seja, a geração do tsunami.

Seguidamente utiliza-se o código TUNAMI (Universidade de Tohoku, Japão), de acordo com a metodologia de Imamura (1995), onde são implementadas as equações do Modelo das Águas Pouco Profundas (equações 1-3), discretizadas com o esquema das diferenças finitas *leap-frog*.

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 M}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2 N}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

onde,

$$M = \int_{-h}^{\eta} u dz \quad (4)$$

$$N = \int_{-h}^{\eta} v dz \quad (5)$$

$$D = h + \eta \quad (6)$$

Em que  $M$  e  $N$  são os fluxos de descarga nas direções  $x$  e  $y$ , respetivamente,  $u$  e  $v$  são as velocidades nas direções  $x$  e  $y$ , respetivamente,  $\eta$  é o deslocamento vertical da água e  $h$  é a profundidade da água (batimétrica do local). O modelo toma ainda em consideração o atrito do fundo do mar, de acordo com o coeficiente de Manning  $n = 0.025$ .

O modelo numérico de tsunami é aplicado a 5 regiões computacionais, conforme apresentado na **Figura 8**. Cada região é embebida na anterior, com menor área e menor *cell size*. A região 1 tem um *cell size* de 2025 m, e foi escolhida de modo a acomodar toda a zona de estudo bem como a fonte geradora do tsunami. A região 2 tem um *cell size* de 625 m e também é comum a toda a zona de estudo. Nas regiões 3, 4 e 5 (com

cell size de 225m, 75m e 25m, respetivamente) fazem-se *zooms* sucessivos para as zonas costeiras. Como exemplo, apresenta-se na **Figura 8** a metodologia para a entrada da barra do Tejo, mas foram realizadas 26 simulações de modo a permitir o cálculo da inundação na Região de Lisboa e Vale do Tejo.

Adicionalmente, na construção de cada região computacional são utilizados dados de batimetria a várias escalas (GEBCO Digital Atlas, 2003, Cartas Náuticas do Instituto Hidrográfico, 2005, 2009, 2012). Apenas nas regiões 4 e 5 são utilizados dados topográficos (Cartas Militares na escala 1:25 000), de modo a construir um modelo digital de terreno bastante detalhado para o cálculo final da inundação de tsunami. Cada *pixel* da região computacional 5 corresponde a uma área de 625 m<sup>2</sup>.

A altura da água associada ao tsunami foi classificada em 2 classes: 0,001-2 m e mais de 2,001m, o que corresponde a uma classificação da perigosidade da inundação por tsunami de elevada e muito elevada, respetivamente.

A avaliação da exposição à inundação por tsunami foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência as áreas inundáveis por tsunami.

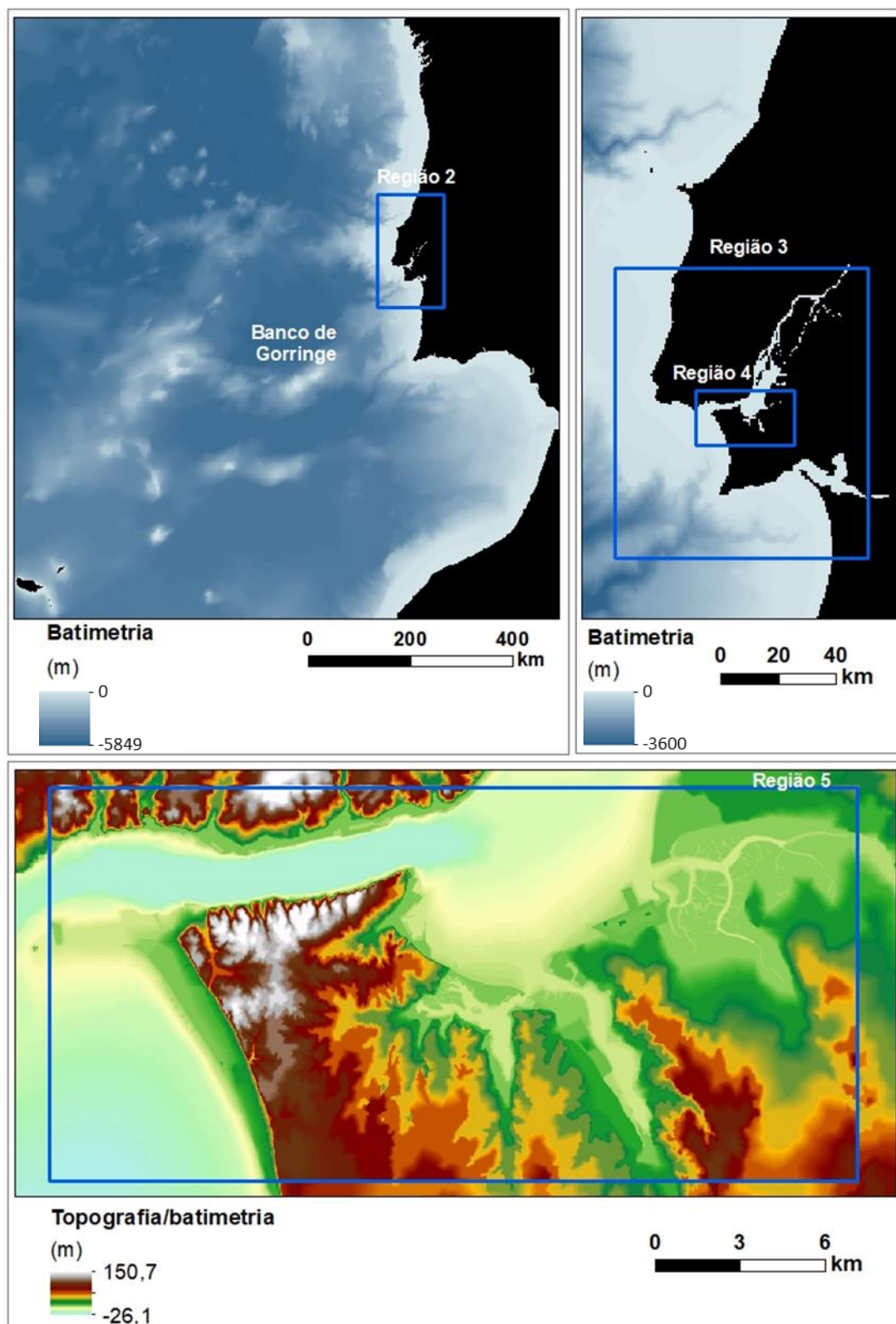


Figura 8 – Construção das 5 regiões computacionais. Os cálculos da inundação foram efetuados na região 5

### 4.3 Análise da Perigosidade

Os resultados da modelação numérica mostram que o tsunami inunda todas as praias da Região de Lisboa e Vale do Tejo. Adicionalmente, zonas costeiras ou ribeirinhas com cota menor ou igual a 3m (valor de referência acima do nível médio do mar) apresentam uma extensão de inundação até cerca de 2,5 km.

Os resultados da perigosidade de inundação por tsunami (**Figura 9**) mostram que a classe 0,001-2m de altura da água ocupa uma área de 67,73 km<sup>2</sup> do território, enquanto a classe acima de 2m ocupa 12,12km<sup>2</sup>.

A **Figura 10** ilustra a distribuição da perigosidade de inundação por tsunami no território de Lisboa e Vale do Tejo. A perigosidade muito elevada é uma constante ao longo de praticamente toda a linha de costa, com destaque para as praias limitadas por arribas a norte da praia de São Bernardino (Peniche), as praias do Valmitão e Porto Dinheiro (Lourinhã), a praia do Porto Novo (Torres Vedras), praia do Moinho e Forte de São Julião da Barra (municípios de Cascais e Oeiras), e o porto de Sesimbra.

A **Figura 11** mostra a classificação da perigosidade de inundação por tsunami ao nível municipal, estabelecida em função da expressão territorial das classes de perigosidade. Os municípios de Alcobaça, Caldas da Rainha, Óbidos, Peniche, Lourinhã, Torres Vedras, Mafra, Sintra, Cascais, Oeiras, Lisboa, Loures, Montijo, Barreiro, Seixal, Almada, Sesimbra e Setúbal destacam-se com perigosidade muito elevada. Na classe de perigosidade elevada encontram-se 9 municípios: Nazaré, Vila Franca de Xira, Alenquer, Azambuja, Salvaterra de Magos, Benavente, Alcochete, Moita e Palmela. Os restantes municípios não são atingidos pelo tsunami.

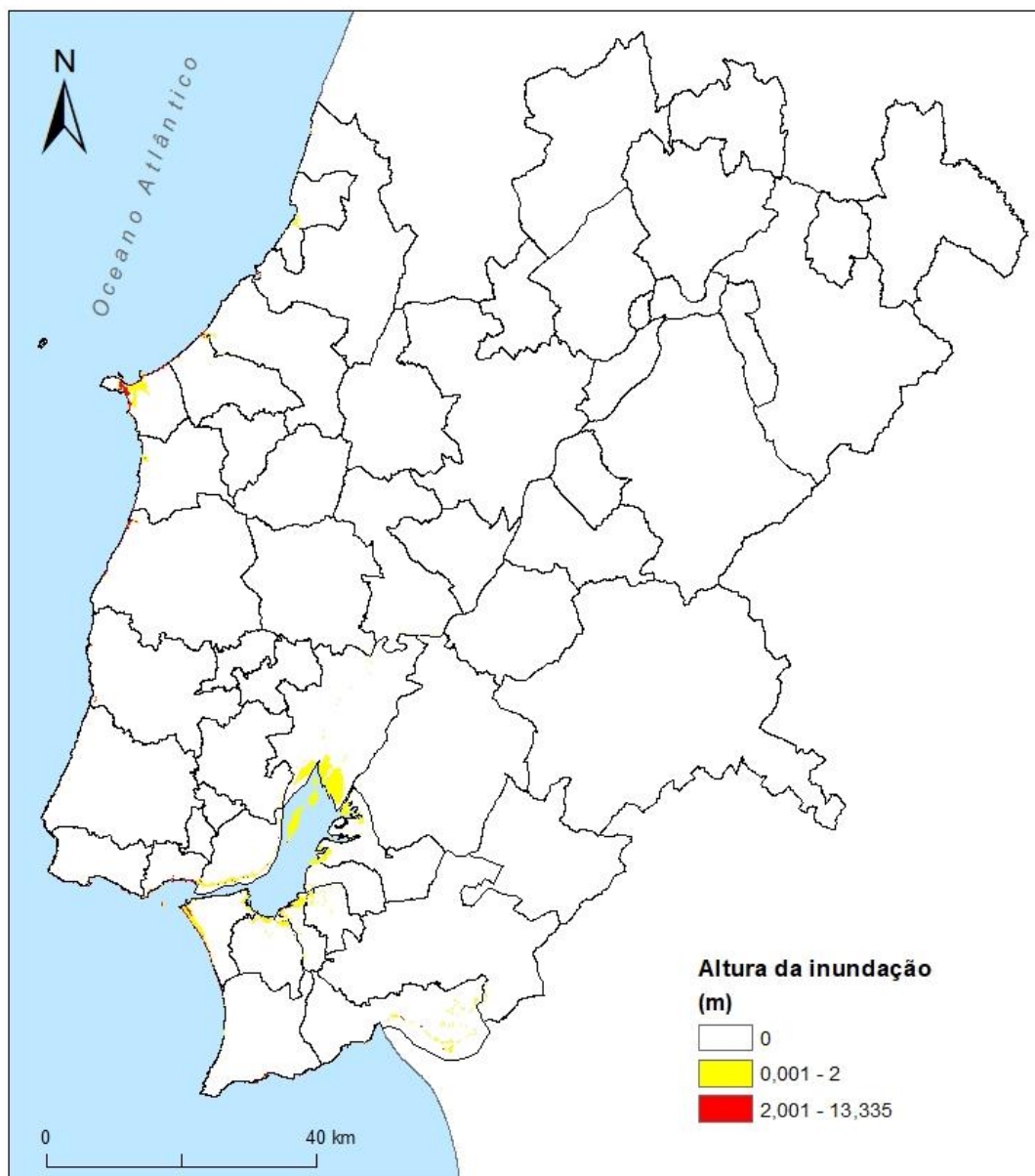
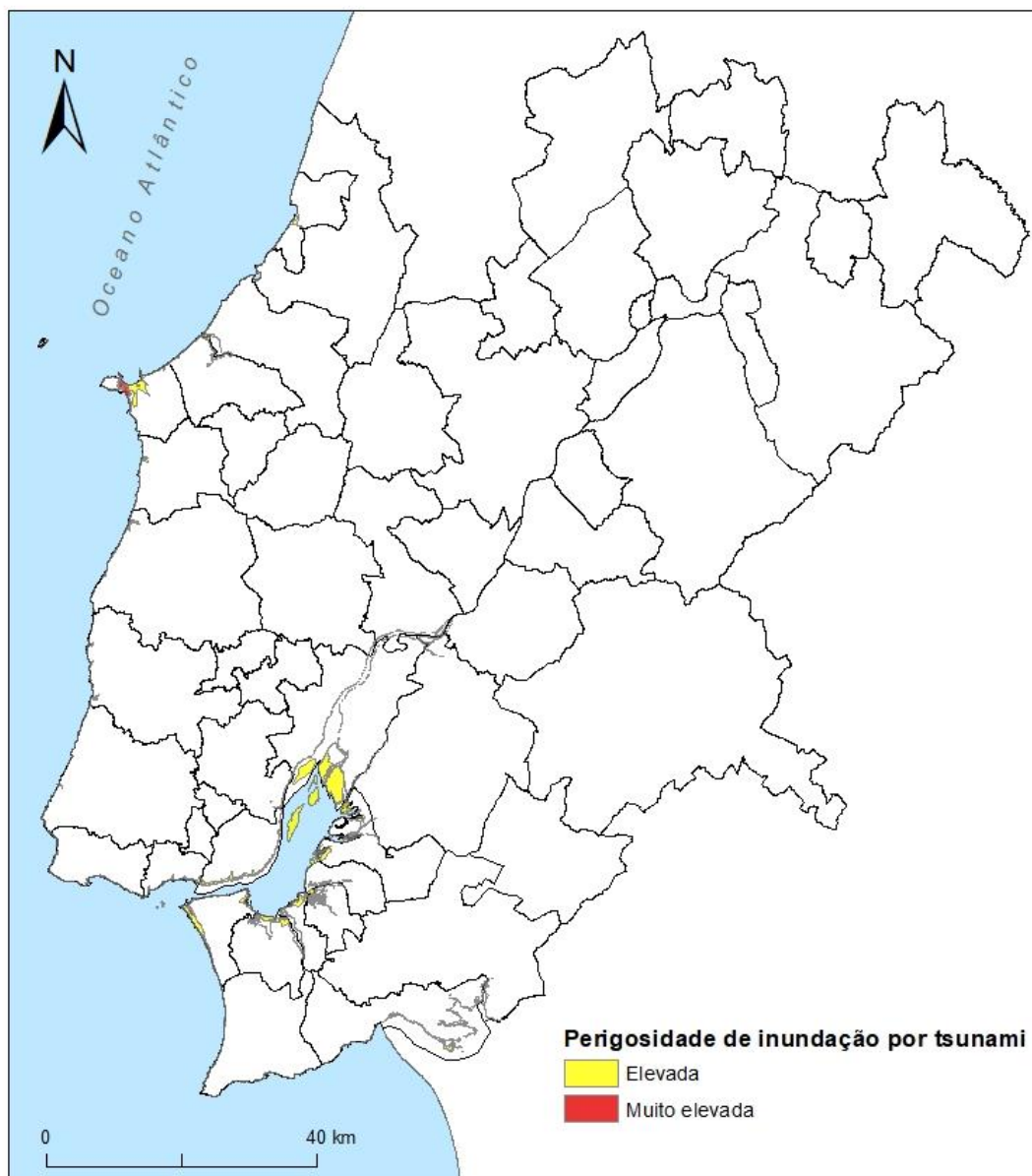


Figura 9 – Altura da inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo



**Figura 10 – Perigosidade de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

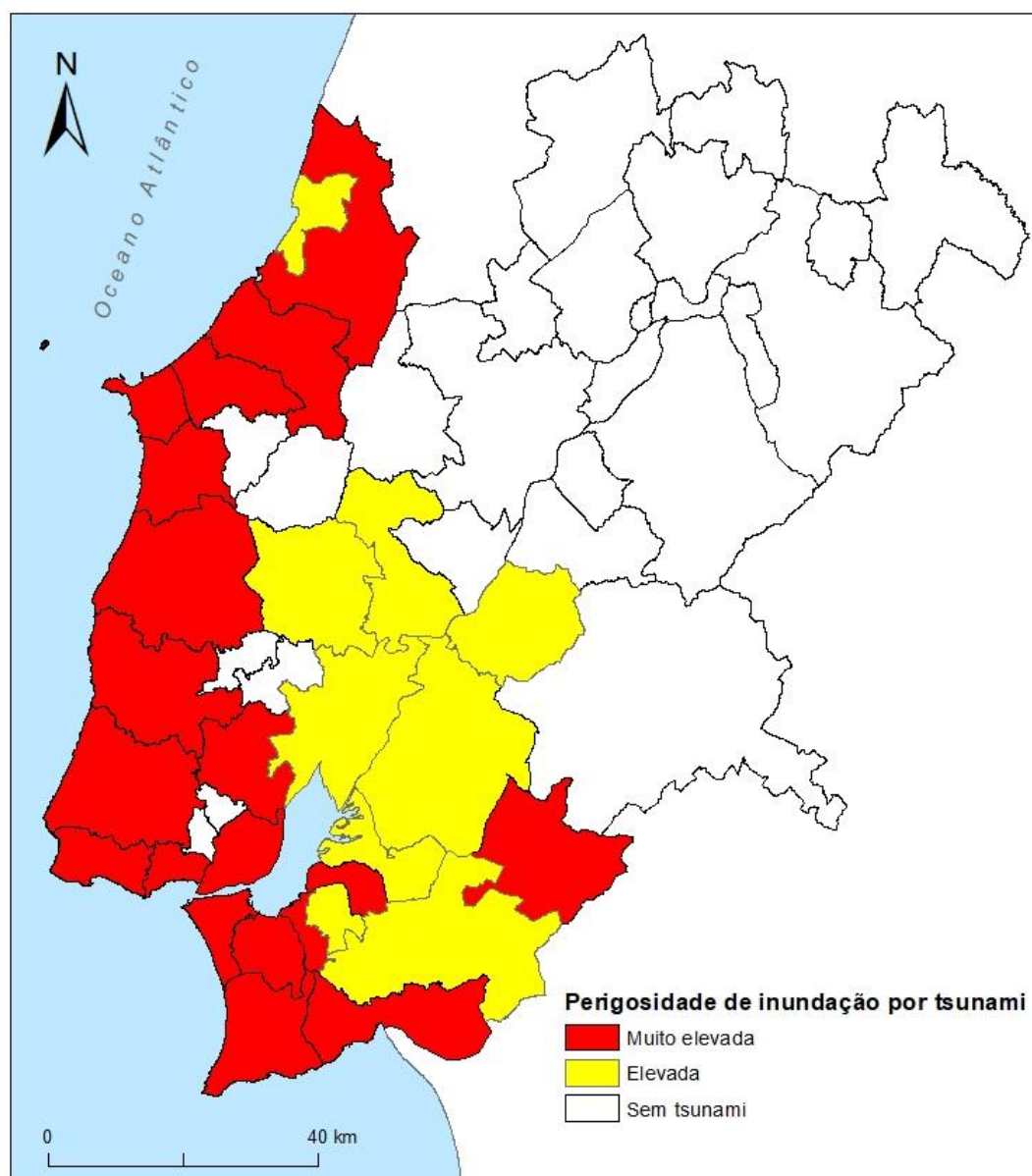


Figura 11 – Perigosidade de inundação por tsunami nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

## 4.4 Análise da Exposição

Os edifícios expostos ao risco de inundação por tsunami estão representados na **Figura 12** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabelas 5**.

No total, foram identificados cerca 6 mil edifícios situados em zonas de inundação por tsunami. Destaca-se o município de Almada com mais de 2700 edifícios expostos, seguido de Peniche com mais de 1200 edifícios expostos. Numa posição secundária encontram-se os municípios de Lisboa e Oeiras, com número de edifícios expostos entre 600 e 850. No terceiro grupo de municípios, com menos de 300 edifícios expostos, encontram-se Alcobaça, Barreiro, Caldas da Rainha, Cascais, Lourinhã, Mafra, Nazaré, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Sintra, Torres Vedras e Vila Franca de Xira.

Os restantes municípios do território Lisboa e Vale do Tejo não têm edifícios expostos à inundação por tsunami. Esta situação deve-se ao facto de as ondas de tsunami não atingirem estas zonas, ou os edifícios localizam-se em cota elevada e fora da área de inundação.

A população residente diretamente exposta ao perigo de inundação por tsunami foi estimada em cerca de 25300 pessoas, destacando-se 4 municípios com mais de 2000 residentes nesta situação: Almada, Lisboa, Oeiras e Peniche.

As vias expostas ao perigo de inundação por tsunami estão representadas na **Figura 13** e os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 6**. A distribuição por município está sumarizada na **Tabela 5**.

No total, foram identificados cerca de 148 quilómetros de vias em zonas de inundação por tsunami. A maior parte destas vias (cerca de 60%) corresponde a troços da rede viária primária. No entanto, a extensão dos troços de rede viária secundária e terciária representam, em conjunto, 34,1% das vias expostas a este perigo. Existem ainda 7,4 km de autoestrada e/ou via rápida expostos ao risco de inundação por tsunami, essencialmente ao longo da A33, IC 17 e A36.

O município de Lisboa destaca-se claramente dos restantes com 46,1 km de vias em risco, seguindo-se o município de Oeiras com 25,4 km de vias em risco. No terceiro grupo de municípios encontram-se Almada, Peniche e Setúbal com extensão de vias em risco de inundação por tsunami entre 14 km e 20 km.

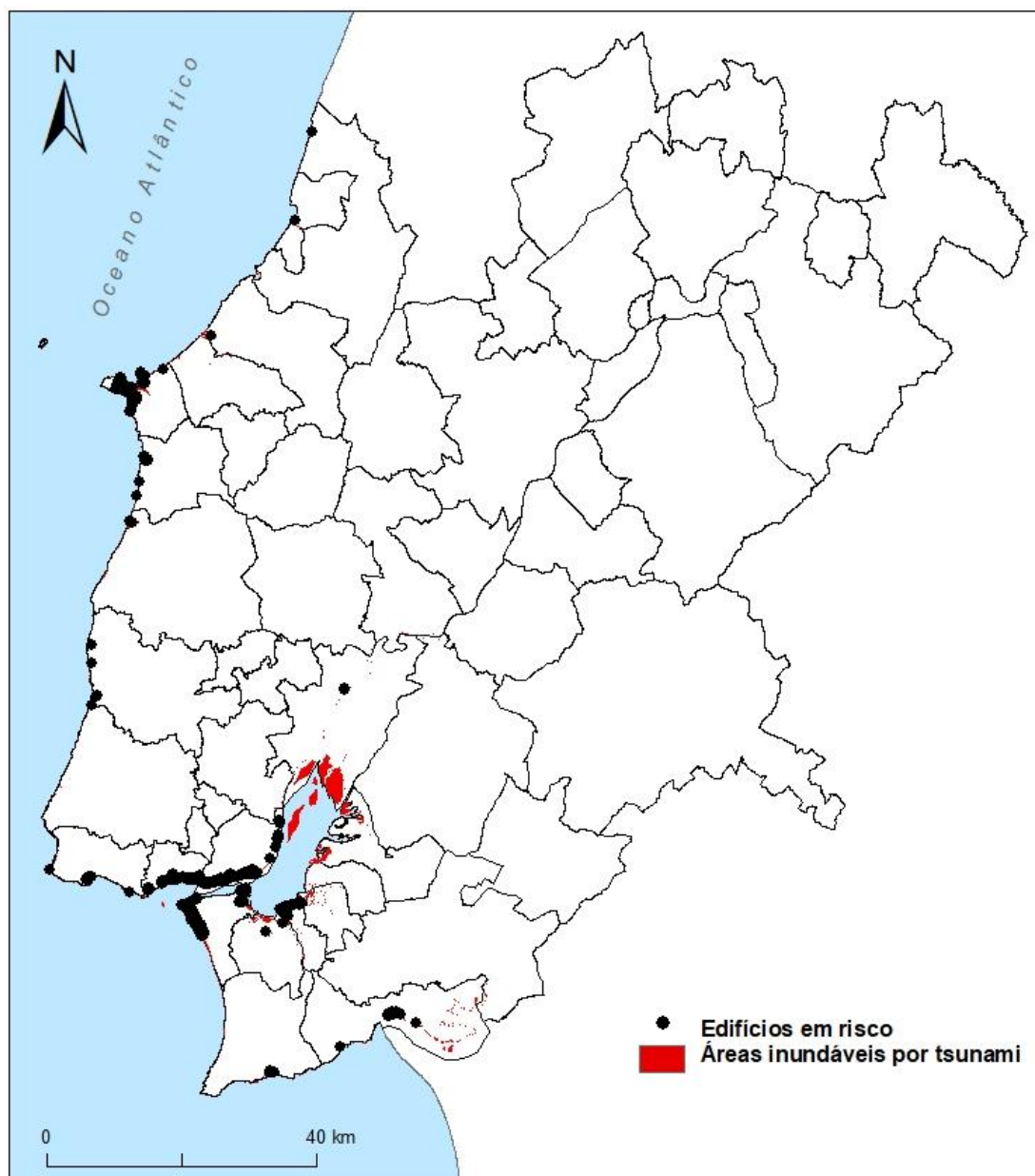
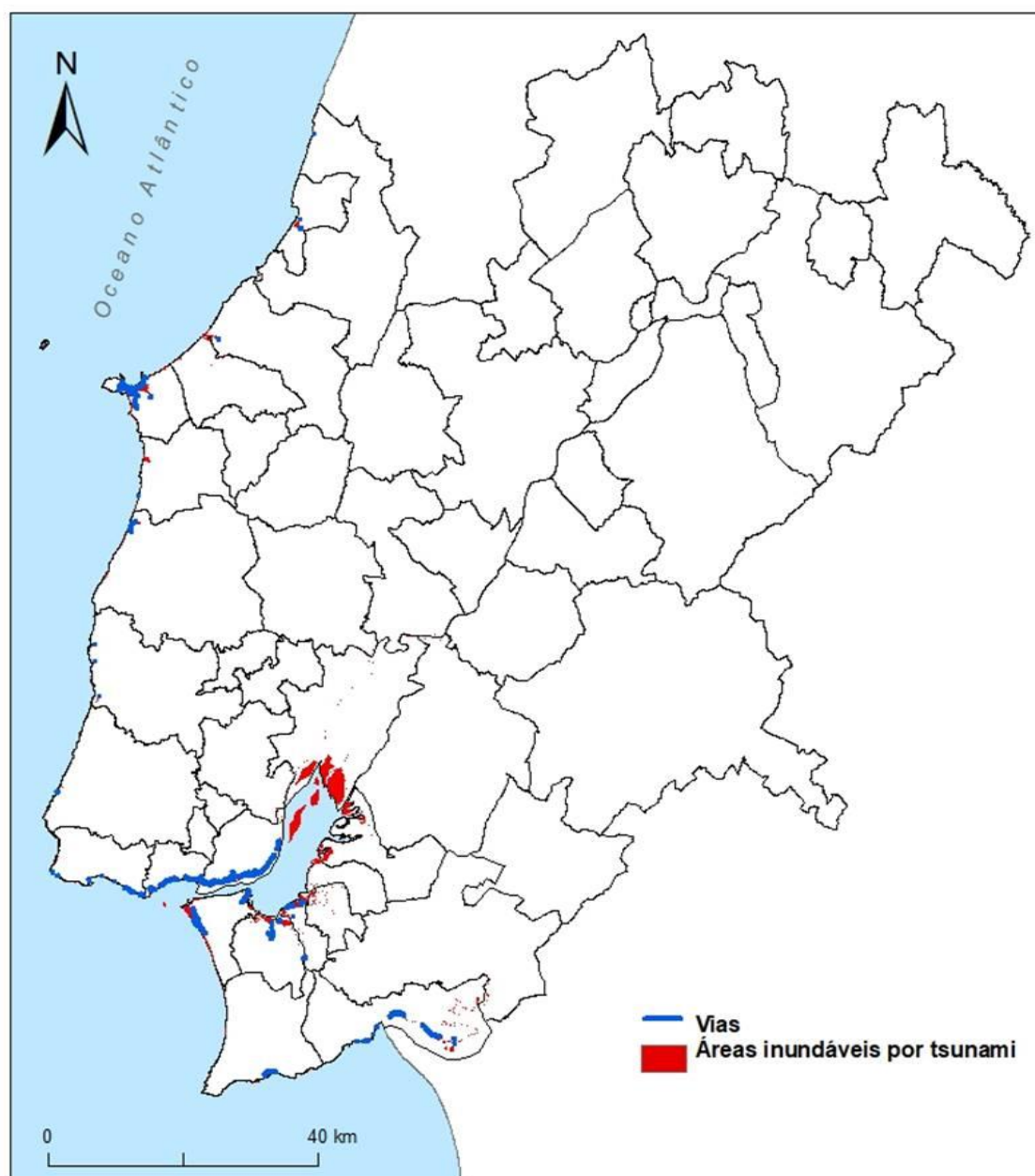


Figura 12 – Edifícios em risco de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo



**Figura 13 – Vias em risco de inundação por tsunami na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

**Tabela 5 – Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de inundação por tsunami**

| Concelho               | Perigosidade elevada |              |              | Perigosidade muito elevada |             |             | Total       |              |              |
|------------------------|----------------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|                        | Edifícios            | Residentes   | Vias (km)    | Edifícios                  | Residentes  | Vias (km)   | Edifícios   | Residentes   | Vias (km)    |
| Abrantes               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Alcanena               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Alcobaça               | 16                   | 13           | 0,003        | 0                          | 0           | 0           | 16          | 13           | 0,003        |
| Alcochete              | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Alenquer               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Almada                 | 2431                 | 9738         | 14,6         | 275                        | 246         | 0,1         | 2706        | 9984         | 14,7         |
| Almeirim               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Alpiarça               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Amadora                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Arruda dos Vinhos      | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Azambuja               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Barreiro               | 269                  | 762          | 4,3          | 6                          | 6           | 0           | 275         | 768          | 4,3          |
| Benavente              | 0                    | 0            | 0,1          | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0,1          |
| Bombarral              | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Cadaval                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Caldas da Rainha       | 1                    | 1            | 0,1          | 0                          | 0           | 0           | 1           | 1            | 0,1          |
| Cartaxo                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Cascais                | 22                   | 67           | 1,7          | 22                         | 30          | 7,1         | 44          | 97           | 8,8          |
| Chamusca               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Constância             | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Coruche                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Entroncamento          | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Ferreira do Zêzere     | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Golegã                 | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Lisboa                 | 751                  | 4931         | 44,9         | 33                         | 294         | 1,3         | 784         | 5225         | 46,1         |
| Loures                 | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Lourinhã               | 30                   | 36           | 0            | 0                          | 0           | 0,05        | 30          | 36           | 0,05         |
| Mação                  | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Mafra                  | 2                    | 1            | 0,2          | 3                          | 0           | 0,1         | 5           | 1            | 0,3          |
| Moita                  | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Montijo                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Nazaré                 | 1                    | 0            | 0,4          | 0                          | 0           | 0           | 1           | 0            | 0,4          |
| Óbidos                 | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Odivelas               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Oeiras                 | 317                  | 2780         | 9,3          | 364                        | 3708        | 16,2        | 681         | 6488         | 25,4         |
| Ourém                  | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Palmela                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Peniche                | 995                  | 1326         | 8,4          | 246                        | 940         | 6,4         | 1241        | 2266         | 14,8         |
| Rio maior              | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Salvaterra de Magos    | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Santarém               | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Sardoal                | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Seixal                 | 7                    | 10           | 6,3          | 0                          | 0           | 0,07        | 7           | 10           | 6,4          |
| Sesimbra               | 37                   | 67           | 0,6          | 5                          | 5           | 2,1         | 42          | 72           | 2,6          |
| Setúbal                | 100                  | 380          | 19,6         | 1                          | 0           | 0,8         | 101         | 380          | 20,3         |
| Sintra                 | 0                    | 0            | 0            | 1                          | 0           | 0,5         | 1           | 0            | 0,5          |
| Sobral de Monte Agraço | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Tomar                  | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Torres Novas           | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| Torres Vedras          | 3                    | 1            | 0,3          | 1                          | 0           | 2,2         | 4           | 1            | 2,5          |
| Vila Franca de Xira    | 3                    | 12           | 0            | 0                          | 0           | 0           | 3           | 12           | 0            |
| Vila Nova da Barquinha | 0                    | 0            | 0            | 0                          | 0           | 0           | 0           | 0            | 0            |
| <b>Total</b>           | <b>4985</b>          | <b>20125</b> | <b>110,7</b> | <b>957</b>                 | <b>5229</b> | <b>36,8</b> | <b>5942</b> | <b>25354</b> | <b>147,5</b> |

**Tabela 6 – Tipologia de vias expostas ao perigo de inundação por tsunami**

| <b>Tipos de vias</b>        | <b>Perigosidade elevada (km)</b> | <b>Perigosidade muito elevada (km)</b> | <b>Total (km)</b> | <b>%</b>     |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------|--------------|
| Autoestradas e vias rápidas | 2,3                              | 5,0                                    | 7,4               | 5,0          |
| Rede rodoviária primária    | 17,7                             | 72,2                                   | 89,9              | 60,9         |
| Rede rodoviária secundária  | 3,2                              | 14,9                                   | 18,1              | 12,3         |
| Rede rodoviária terciária   | 8,4                              | 23,8                                   | 32,1              | 21,8         |
| <b>Total</b>                | <b>31,5</b>                      | <b>115,9</b>                           | <b>147,5</b>      | <b>100,0</b> |

## 5. Erosão Costeira – Instabilidade e Recuo de Arribas

### 5.1 Enquadramento

O litoral de Portugal continental está dividido em 8 sectores costeiros, de acordo com a morfodinâmica prevalecente (Andrade et al., in Santos e Miranda, 2006). O litoral da região de Lisboa e Vale do Tejo reparte-se pelos sectores costeiros 2 (a norte da Nazaré), 3 (entre a Nazaré e o estuário do Tejo) e 4 (entre os estuários do Tejo e do Sado).

No pequeno troço do sector costeiro 2 e no sector costeiro 3, o litoral é essencialmente rochoso, dominado por arribas talhadas em calcários, margas e arenitos da Orla Mesocenozóica Ocidental. O troço com direcção W-E que limita a sul a península de Lisboa é um litoral rochoso com arribas baixas talhadas em calcários, muito artificializado e ocupado, onde existem algumas praias depauperadas em sedimentos (Andrade et al., in Santos e Miranda, 2006). No sector 4 destaca-se a baía que liga a Cova do Vapor ao Cabo Espichel, constituída, a sul, por uma secção escarpada com algumas praias encastradas; e a norte, por uma planície costeira arenosa cuja largura aumenta na direcção da Cova do Vapor. Esta planície é limitada a leste pela Arriba Fóssil da Costa da Caparica, e a oeste por um sistema litoral de praia-duna. O troço costeiro entre o Cabo Espichel e Setúbal é dominado por arribas mergulhantes, com pequenas praias encastradas (e.g., Sesimbra, Portinho da Arrábida).

Os troços de litoral submetidos a erosão marinha mais intensa correspondem às áreas de costa baixa arenosa, com destaque para o sector Caparica – Cova do Vapor.; todavia, os sistemas costeiros de arriba e de praia-arriba, sendo, à partida, menos suscetíveis à erosão marinha que os anteriores (sistemas de praia ou de praia-duna), podem apresentar uma perigosidade de erosão elevada, dependendo da natureza e da disposição estrutural dos materiais em que a arriba é talhada. Estas arribas estão

sujeitas a movimentos de vertente de tipo desabamento e deslizamento, como acontece em vários troços do litoral no Oeste, na Península de Lisboa e na costa da Arrábida.

## 5.2 Metodologia

A caracterização e delimitação das zonas de instabilidade e recuo de arribas usam como referência os trabalhos promovidos pela APA que sustentaram os Programas de Orla Costeira de Alcobaça – Cabo Espichel e Espichel – Odeceixe.

A avaliação da perigosidade das zonas com litoral de arriba foi efetuada para a APA por uma equipa da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, cujo trabalho e resultados estão sistematizados em Penacho et al. (2013a, 2013b) e Marques et al. (2013).

O trabalho foi sustentado por um inventário sistemático de instabilidades, entre a Nazaré e o Cabo Espichel. Foram utilizadas técnicas de fotointerpretação aplicadas a duas séries de referência de fotografias aéreas verticais, incluindo um dos voos mais antigos existentes que cobrem o troço litoral em estudo (final dos anos 40) e outro realizado em 2010. Foram ainda utilizadas séries de fotografias de idade intermédia disponíveis para a caracterização da distribuição temporal das instabilidades em arribas (Penacho et al., 2013a).

O inventário de movimentos nas arribas, correspondentes ao período 1942-1947 a 2010, contempla o contorno planimétrico da área perdida ao nível da crista das arribas para cada movimento. No entanto, de acordo com os autores do inventário, o método utilizado para a inventariação não permite identificar movimentos que impliquem recuos da crista caracteristicamente inferiores a 1m a 2m e também movimentos que afetem apenas a fachada das arribas.

Do estudo sistemático da totalidade dos troços de arriba da área referida (Nazaré – Cabo Espichel) resultou a identificação de 1049 movimentos ou grupos de movimentos que

não foi possível individualizar por falta de resolução temporal das coberturas aéreas disponíveis (Penacho et al., 2013a).

Na área entre o Cabo Espichel e Setúbal foram ainda inventariados 86 movimentos de massa em vertentes dos tipos desabamento e deslizamento, com base na interpretação de ortofotomapas digitais e trabalho de campo extensivo.

No estudo original foram delimitadas a faixa de risco adjacente à crista da arriba e a faixa de proteção adicional. As faixas de risco adjacentes à crista das arribas foram definidas tendo em conta, em cada sector de arribas com comportamento razoavelmente homogéneo em termos da ocorrência de instabilidades, a dimensão máxima dos movimentos inventariados em estudos comparativos de fotografias aéreas antigas (1947 ou 1958), com as mais recentes disponíveis à época da elaboração dos estudos para os POC (voo INAG de 1996), mas também as características geomorfológicas e geológicas das arribas que condicionam a ocorrência de instabilidades.

A avaliação da perigosidade considerou a extensão das faixas de risco e de salvaguarda às cristas das arribas propostas por Marques et al. (2013), na sequência da avaliação efetuada à adequabilidade das referidas faixas no POOC original. A este respeito, foram considerados os valores de referência discriminados na **Tabela 7**. Esta tabela sistematiza também os critérios para a delimitação de uma faixa de risco adjacente ao sopé da arriba, onde são expectáveis os impactos da propagação de instabilidades originadas na arriba, cuja largura é estabelecida numa relação proporcional com a altura da arriba.

Adicionalmente, foram consideradas as áreas de instabilidade potencial associadas às arribas e sinalizadas nos novos Programas de Orla Costeira.

Tabela 7 - Faixas de risco e de salvaguarda para o litoral de arriba, propostas por Marques et al. (2013) e consideradas na análise da perigosidade

| Setor Costeiro                                         | POOC                  | Sopé<br>(faixa de risco)<br>(a) |               | Crista<br>(faixa de risco) |               | Faixa adicional |               | Obs. |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|-----------------|---------------|------|
|                                                        |                       | Critério<br>(m)                 | Mínimo<br>(m) | Critério<br>(m)            | Mínimo<br>(m) | Critério<br>(m) | Mínimo<br>(m) |      |
| Foz da Ribeira de S. Pedro - praia de S. Pedro de Moel | Ovar – Marinha Grande | 1 x H                           |               | 1 x H                      | 15            | 1 x H           | 15            |      |
| Praia de S. Pedro de Moel - Água de Madeiros           | Ovar – Marinha Grande | 1 x H                           |               | 2 x H                      | 15            | 2 x H           | 15            |      |

|                                                                            |                  |         |     |         |     |         |    |     |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|-----|---------|-----|---------|----|-----|
| Água de Madeiros - Ponta da Polvoeira                                      | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H | 5   | 0.7 x H | 15  | 0.7 x H | 15 |     |
| Ponta da Polvoeira - Vale de Paredes                                       | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     | 1 x H   |     | 1 x H   |    |     |
| Vale de Paredes - Barranco do Marquês                                      | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 25  | 0.5 x H | 25 |     |
| Barranco do Marquês - Águas Luxosas                                        | Alcobaça – Mafra | 0.8 x H |     | 0.9 x H | 20  | 0.9 x H | 20 |     |
| Águas Luxosas - Vale Fundo                                                 | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 20  |         | 20 |     |
| Praia do Norte (Nazaré) - Guilhim- Nazaré                                  | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     |         | 20  |         | 20 |     |
| Salgados- Venda Nova                                                       | Alcobaça – Mafra |         | 100 |         | 150 |         | 50 | (b) |
| Venda Nova - Ponta da Serra de Mangues                                     | Alcobaça – Mafra |         | 100 |         | 120 |         | 40 | (b) |
| Ponta da Serra de Mangues - Pico do Facho                                  | Alcobaça – Mafra |         | 50  |         | 30  |         | 30 | (b) |
| Pico do Facho- São Martinho do Porto                                       | Alcobaça – Mafra |         | 30  | 0.6 x H | 10  | 0.6 x H | 10 |     |
| Promontório que limita a sul embocadura da Concha de São Martinho do Porto | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 15  |         | 15 |     |
| Salir do Porto - Sul de Casais do Salir                                    | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 40  |         | 40 |     |
| Sul de Casais do Salir - Pedras da Aberta (Foz do Arelho)                  | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 45  |         | 45 |     |
| Pedras da Aberta (Foz do Arelho)                                           | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 20  |         | 20 |     |
| Lagoa de Óbidos - praia D'el Rei (Vale Bem Feito)                          | Alcobaça – Mafra | 1.5 x H |     | 1 x H   | 40  | 1 x H   | 40 |     |
| Praia D'el Rei - Pico da Mota                                              | Alcobaça – Mafra | 1.5 x H |     | 0.5 x H | 15  | 0.5 x H | 15 |     |
| Pico da Mota - Baleal                                                      | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 15  | 0.5 x H | 15 |     |
| Ínsua do Baleal                                                            | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     |         | 10  |         | 10 |     |
| Praia do Baleal Sul                                                        | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     |         | 20  |         | 20 |     |
| Praia da Gamboa - Praia do Abalo (Peniche)                                 | Alcobaça – Mafra | 1.2 x H |     | 1 x H   | 12  | 1 x H   | 12 |     |
| Praia do Abalo - Portinho da Areia Sul (Peniche)                           | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     |         | 15  |         | 15 |     |
| Portinho da Areia Sul - Peniche                                            | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     |         | 10  |         | 10 |     |
| Consolação - São Bernardino                                                | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 10  | 0.5 x H | 10 |     |
| São Bernardino - Praia da Areia Branca                                     | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 20  | 0.5 x H | 20 |     |
| Praia da Areia Branca - Porto das Barcas                                   | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     |         | 15  |         | 15 |     |
| Porto das Barcas - praia de Santa Rita Norte                               | Alcobaça – Mafra | 1.2 x H |     | 0.6 x H | 10  | 0.6 x H | 10 |     |
| Foz Ribeira do Sorraia - foz do Sizandro                                   | Alcobaça – Mafra | 1.3 x H |     | 0.6 x H | 10  | 0.6 x H | 10 |     |
| Foz do Sizandro - Casais de São Lourenço                                   | Alcobaça – Mafra | 0.7 x H |     | 0.5 x H | 30  | 0.5 x H | 30 |     |
| Casais de São Lourenço - foz do Lizandro                                   | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 15  | 0.5 x H | 15 |     |
| Foz do Lizandro - praia de São Julião                                      | Alcobaça – Mafra | 1 x H   |     | 0.5 x H | 15  | 0.5 x H | 15 |     |
| Praia de São Julião - praia do Magoito                                     | Sintra – Sado    | 1 x H   |     | 1 x H   | 30  | 1 x H   | 30 |     |
| Praia do Magoito - praia da Aguda                                          | Sintra – Sado    | 1 x H   |     | 1 x H   | 50  | 1 x H   | 50 |     |
| Praia da Aguda - Azenhas do Mar                                            | Sintra – Sado    | 1 x H   |     | 1 x H   | 40  | 1 x H   | 40 |     |
| Azenhas do Mar - Praia das Maças                                           | Sintra – Sado    | 1 x H   |     | 1 x H   | 20  | 1 x H   | 20 |     |
| Praia das Maças - Praia Pequena                                            | Sintra – Sado    | 1 x H   |     | 1 x H   | 20  | 1 x H   | 20 |     |

|                                                                                                              |                                         |         |  |         |     |         |     |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|--|---------|-----|---------|-----|--|
| Praia Grande - praia da Adraga                                                                               | Sintra – Sado                           | 1 x H   |  | 0.7 x H | 35  | 0.7 x H | 35  |  |
| Praia da Adraga - Praia da Ursa                                                                              | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  | 0.7 x H | 50  | 0.7 x H | 50  |  |
| Praia da Ursa - Ponta da Abelheira                                                                           | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  |         | 100 |         | 100 |  |
| Ponta da Abelheira - praia do Abano                                                                          | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  | 0.7 x H | 20  | 0.7 x H | 20  |  |
| Praia do Abano - praia da Cresmina                                                                           | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  | 0.7 x H | 10  | 0.7 x H | 10  |  |
| Praia da Cresmina - Praia de Santa Marta                                                                     | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  |         | 20  |         | 20  |  |
| Cidadela - Forte de São Julião da Barra                                                                      | Cidadela - Forte de São Julião da Barra | 1.5 x H |  | 0.8 x H | 8   | 0.8 x H | 8   |  |
| Praia da Fonte da Telha - praia da Lagoa de Albufeira                                                        | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  | 1 x H   | 20  | 1 x H   | 20  |  |
| Praia da Lagoa de Albufeira - Praia do Moinho de Baixo                                                       | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  |         | 30  |         | 30  |  |
| Praia do Moinho de Baixo - Praia das Bicas                                                                   | Sintra - Sado                           | 1.2 x H |  |         | 50  |         | 50  |  |
| Praia das Bicas - Praia dos Lagosteiros                                                                      | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  | 1 x H   | 50  | 1 x H   | 50  |  |
| Praia dos Lagosteiros - serra da Azoia                                                                       | Sintra - Sado                           | 1 x H   |  |         | 100 |         | 100 |  |
| (a) Critério ajustável à escala local, dependente da existência de intervenções de estabilização ou proteção |                                         |         |  |         |     |         |     |  |
| (b) Valores provisórios até à realização dos estudos previstos no POOC Alcobaça - Mafra                      |                                         |         |  |         |     |         |     |  |

A avaliação da exposição ao risco de erosão litoral por instabilidade e recuo de arribas foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência o resultado da agregação das áreas de instabilidade potencial com as classes de perigosidade elevada e muito elevada. Paralelamente, foi efetuado um exercício equivalente para a faixa de proteção ao sopé da arriba, onde são expectáveis impactos de instabilidades ocorridas nas arribas.

### 5.3 Análise da Perigosidade

A **Figura 14** representa os tipos de litoral identificados na Região de Lisboa e Vale do Tejo (arenoso, rochoso e artificializado) e a perigosidade associada a cada troço identificado, classificada de modo qualitativo, de acordo com a respetiva dinâmica geomorfológica. Os litorais rochosos contemplam dois tipos de situações: arribas mergulhantes ou com plataforma rochosa de sopé; e arribas com praia no sopé. Em

termos relativos, o sector litoral entre a Nazaré e o Cabo da Roca é o que apresenta perigosidade mais elevada nos litorais rochosos.



Figura 14 –Tipo de litoral e perigosidade associada na Região de Lisboa e Vale do Tejo

A distribuição espacial das instabilidades inventariadas permite destacar uma concentração elevada de movimentos nas zonas de Vale Furado, Pico do Facho (São

Martinho do Porto), troço compreendido entre a Rocha do Gronho (Lagoa de Óbidos) e o Baleal, São Bernardino, troço Porto das Barcas – Valmitão (Lourinhã), troço Foz do Sizandro – Cambelas (Torres Vedras), troço a norte de Magoito (Sintra), troço compreendido entre o miradouro das Azenhas do Mar e a Praia das Maças (Sintra), Praia da Bafureira (Cascais), troço compreendido entre a Lagoa de Albufeira e a Praia da Foz (Sesimbra) e troço compreendido entre a praia de Sesimbra e o Outão (Setúbal). Pelo contrário, salienta-se a comparativa escassez de movimentos nas arribas cortadas no maciço de Sintra e especialmente no troço costeiro compreendido entre a Praia do Guincho e Cascais (Penacho et al., 2013a).

A **figura 15** representa a distribuição do perigo de instabilidade e recuo de arribas na Região de LVT. Para além da individualização das áreas de instabilidade potencial, caracterizadas por perigosidade extrema, distinguem-se duas zonas adicionais de perigo: muito elevado e elevado. A primeira corresponde à faixa de risco adjacente à crista da arriba, enquanto a segunda reproduz a faixa de proteção adicional, indicadas na **Tabela 7**. A **figura 15** representa ainda a faixa de risco adjacente ao sopé das arribas, suscetível de ser atingida pela propagação de instabilidades originárias da arriba.

A zona de perigosidade muito elevada acompanha a crista das arribas e estende-se por uma área de 1021 hectares, enquanto a zona de perigosidade elevada abrange uma área um pouco inferior (845 hectares). As áreas de instabilidade potencial abrangem uma superfície total de 785 hectares. No total, estas 3 classes abrangem uma superfície de cerca de 2650 hectares. A faixa de potencial impacto adjacente à base da arriba abrange 982 hectares e alarga-se ao leito das águas do mar em muitas áreas, como acontece no litoral da Arrábida.

A **Figura 16** ilustra a classificação da perigosidade de instabilidade e recuo de arribas nos municípios da Região de LVT, estabelecida em função da extensão territorial das 3 primeiras classes referidas no parágrafo anterior, consideradas como um todo.

Os municípios de Sesimbra, Setúbal, Sintra, Alcobaça e Caldas da Rainha destacam-se como os mais perigosos no que respeita ao litoral de arriba, com uma extensão de área perigosa municipal compreendida entre 218 e 770 hectares.

Numa posição intermédia, encontram-se os municípios de Cascais, Mafra, Torres Vedras, Lourinhã e Peniche, onde a extensão da área perigosa por município varia entre 83 e 112 hectares.

Em termos relativos, a perigosidade é mais reduzida em Almada, Óbidos e Nazaré, onde a área perigosa municipal varia entre 44 e 62 hectares.

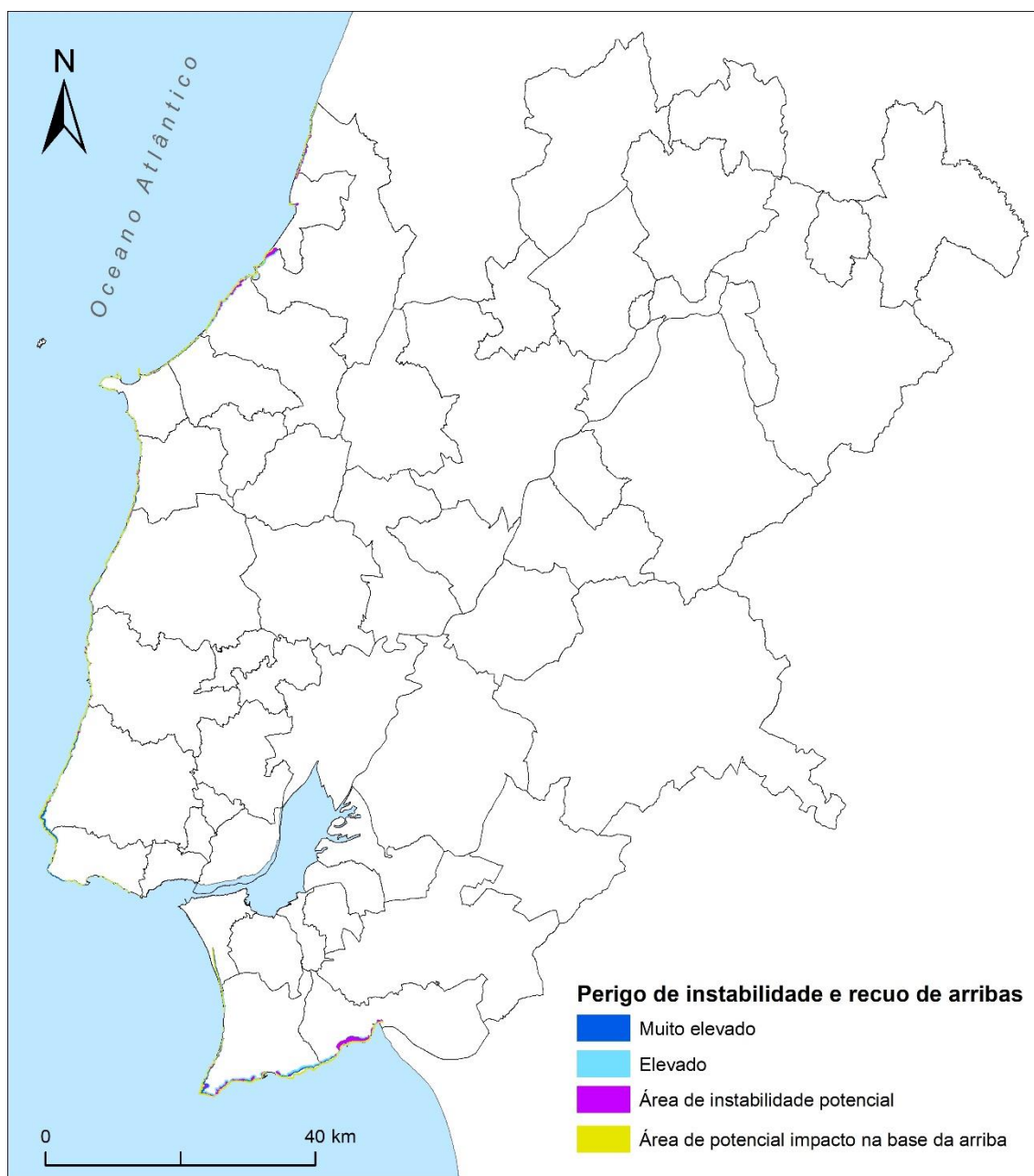


Figura 15 –Perigo de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo

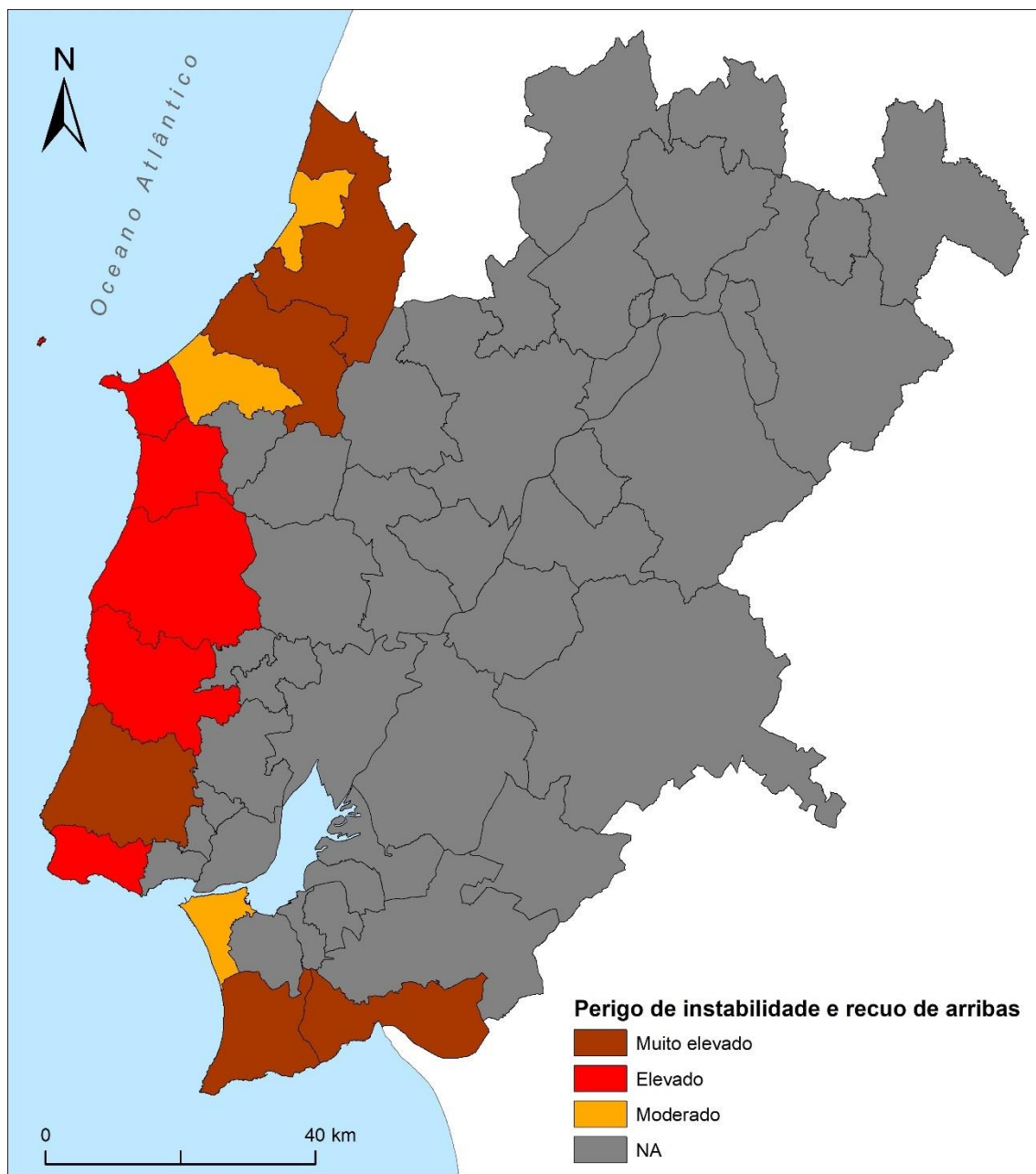


Figura 16 – Perigo de instabilidade e recuo de arribas nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

## 5.4 Análise da Exposição

A zona perigosa de referência considerada para a análise da exposição ao risco de instabilidade e recuo de arribas corresponde à agregação das áreas de instabilidade potencial com as classes de perigosidade muito elevada e elevada. No global, estas classes abrangem uma extensão de 26,5 km<sup>2</sup> na Região de LVT, o que equivale a 0,2% da área total.

Os edifícios expostos ao risco de instabilidade e recuo de arribas estão representados na **Figura 17** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 8**.

No total, foram identificados 1020 edifícios residenciais situados em áreas de instabilidade potencial ou em zonas de perigosidade elevada ou muito elevada. Destacam-se os municípios de Alcobaça, Nazaré, Peniche, Mafra, Sintra e Sesimbra, com um número de edifícios expostos entre 90 e 210. Numa posição secundária encontram-se os municípios de Caldas da Rainha, Lourinhã, Torres Vedras, Cascais e Setúbal, onde o número de edifícios expostos varia entre 18 e 33.

A população residente diretamente exposta ao perigo de instabilidade e recuo de arribas foi estimada em cerca de 1000 pessoas, destacando-se 7 municípios com mais de 70 residentes nesta situação: Alcobaça, Nazaré, Peniche, Mafra, Sintra, Cascais e Sesimbra.

Nos municípios de Caldas da Rainha, Lourinhã e Torres Vedras a população estimada como exposta varia entre 10 e 20 pessoas.

Na área de potencial impacto adjacente à base das arribas foram identificados 151 edifícios e uma população residente estimada de 189 indivíduos. Nesse contexto destaca-se o município de Almada, com 102 edifícios e 159 pessoas expostas, seguido

dos municípios de Setúbal e Alcobaça (21 e 20 edifícios, 6 e 9 pessoas expostas, respetivamente).

As vias expostas ao perigo de instabilidade e recuo de arribas estão representadas na **Figura 18** e os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 9**. A distribuição por município está sumarizada na **Tabela 8**.

No total, foram identificados 29,2 quilómetros de vias em zonas perigosas no que respeita à instabilidade e recuo de arribas. As vias em risco estão bastante distribuídas pelas redes viárias primária, secundária e terciária (35,1%, 29,8% e 35,1%, respetivamente), sendo de destacar que não existem autoestradas ou vias rápidas em risco.

Os municípios de Setúbal e Cascais destaca-se dos restantes com 9,3 km e 5,7 km de vias em risco, respetivamente. Numa posição secundária encontram-se os municípios de Alcobaça, Caldas da Rainha, Peniche, Mafra, Sintra e Sesimbra, com extensão de vias em risco entre 1,6 km e 3,5 km.

Na área de potencial impacto adjacente à base das arribas identificaram-se 4,3 km de vias expostas, com destaque para o município de Setúbal, com 2,4 km de vias expostas neste contexto, no litoral da Arrábida.



Figura 17 –Edifícios em risco de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo

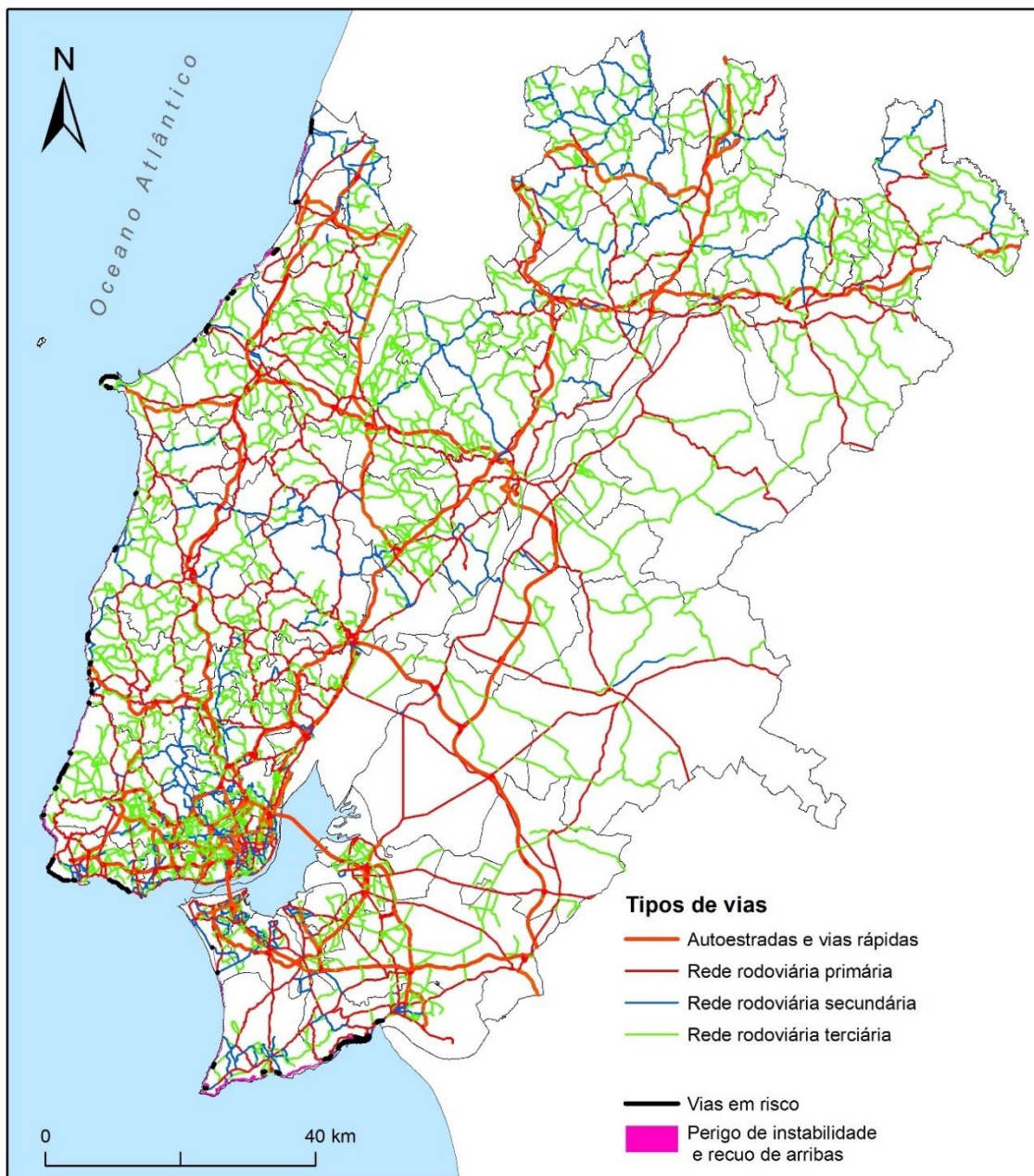


Figura 18 –Vias em risco de instabilidade e recuo de arribas na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 8 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de instabilidade e recuo de arribas

| CONCELHO               | Edifícios   | Residentes  | Vias (km)   |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| ABRANTES               | NA          | NA          | NA          |
| ALCANENA               | NA          | NA          | NA          |
| ALCOBAÇA               | 209         | 91          | 1,8         |
| ALCOCHETE              | NA          | NA          | NA          |
| ALENQUER               | NA          | NA          | NA          |
| ALMADA                 | 2           | 1           | 0,1         |
| ALMEIRIM               | NA          | NA          | NA          |
| ALPIARÇA               | NA          | NA          | NA          |
| AMADORA                | NA          | NA          | NA          |
| ARRUDA DOS VINHOS      | NA          | NA          | NA          |
| AZAMBUJA               | NA          | NA          | NA          |
| BARREIRO               | NA          | NA          | NA          |
| BENAVENTE              | NA          | NA          | NA          |
| BOMBARRAL              | NA          | NA          | NA          |
| CADAVAL                | NA          | NA          | NA          |
| CALDAS DA RAINHA       | 18          | 12          | 1,6         |
| CARTAXO                | NA          | NA          | NA          |
| CASCAIS                | 30          | 70          | 5,7         |
| CHAMUSCA               | NA          | NA          | NA          |
| CONSTÂNCIA             | NA          | NA          | NA          |
| CORUCHE                | NA          | NA          | NA          |
| ENTRONCAMENTO          | NA          | NA          | NA          |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | NA          | NA          | NA          |
| GOLEGÃ                 | NA          | NA          | NA          |
| LISBOA                 | NA          | NA          | NA          |
| LOURES                 | NA          | NA          | NA          |
| LOURINHÃ               | 33          | 19          | 0,3         |
| MAÇÃO                  | NA          | NA          | NA          |
| MAFRA                  | 162         | 188         | 2,1         |
| MOITA                  | NA          | NA          | NA          |
| MONTIJO                | NA          | NA          | NA          |
| NAZARÉ                 | 186         | 254         | 0,2         |
| ÓBIDOS                 | 2           | 1           | 0,1         |
| ODIVELAS               | NA          | NA          | NA          |
| OEIRAS                 | NA          | NA          | NA          |
| OURÉM                  | NA          | NA          | NA          |
| PALMELA                | NA          | NA          | NA          |
| PENICHE                | 99          | 97          | 2,2         |
| RIO MAIOR              | NA          | NA          | NA          |
| SALVATERRA DE MAGOS    | NA          | NA          | NA          |
| SANTARÉM               | NA          | NA          | NA          |
| SARDOAL                | NA          | NA          | NA          |
| SEIXAL                 | NA          | NA          | NA          |
| SESIMBRA               | 92          | 137         | 1,6         |
| SETÚBAL                | 23          | 6           | 9,3         |
| SINTRA                 | 134         | 116         | 3,5         |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | NA          | NA          | NA          |
| TOMAR                  | NA          | NA          | NA          |
| TORRES NOVAS           | NA          | NA          | NA          |
| TORRES VEDRAS          | 30          | 20          | 0,6         |
| VILA FRANCA DE XIRA    | NA          | NA          | NA          |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | NA          | NA          | NA          |
| <b>LVT</b>             | <b>1020</b> | <b>1012</b> | <b>29,2</b> |

Tabela 9 – Tipologia de vias expostas ao perigo de instabilidade e recuo de arribas

| <b>Tipos de vias em risco de instabilidade e recuo de arribas</b> | <b>km</b>   | <b>%</b> |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| Autoestrada e vias rápidas                                        | 0,0         | 0,0      |
| Rede rodoviária primária                                          | 10,2        | 35,1     |
| Rede rodoviária secundária                                        | 8,7         | 29,8     |
| Rede rodoviária terciária                                         | 10,2        | 35,1     |
| <b>Total</b>                                                      | <b>29,2</b> | 100,0    |

## 6. Erosão Costeira – Destruição de Praias e de Sistemas Dunares; Inundações e Galgamentos Oceânicos

### 6.1 Enquadramento

A erosão costeira tem sido reconhecida como um problema em Portugal desde finais do século XIX, em consequência da tendência regressiva da linha de costa. Atualmente, a zona costeira portuguesa enfrenta uma ameaça geomorfológica de primeira grandeza, que resulta do abastecimento deficiente de areia e se repercute na erosão acelerada, com destruição de praias e de sistemas dunares. A este respeito, Lira (2014) estimou uma taxa média de recuo da linha de costa de 0,23 m/ano, de 1958 a 2010, para toda a zona costeira baixa arenosa em Portugal Continental.

Os fenómenos de erosão costeira em Portugal têm sido atribuídos a quatro grandes fatores (Dias 1993, Ramos-Pereira 2004; Teixeira 2014):

- A subida do nível do mar devido à expansão térmica. A série secular do marégrafo de Cascais mostra uma subida média do nível do mar de 1,9 mm/ano para 1920-2000, e 3,6 mm/ano durante a primeira década do século XXI (Antunes 2011).
- A diminuição do afluxo de sedimentos continentais à zona costeira, desde a década de 1950, associada a operações de dragagem e extração de inertes nos rios e estuários, e especialmente à construção de barragens ao longo dos principais rios ibéricos (Dias 1993, GTL 2014). Estima-se que as barragens são atualmente responsáveis pela retenção de mais de 80% do volume de areia que era transportado pelos rios para a zona costeira antes da sua construção (Dias 1993, Valle 2014). Consequentemente, existe um défice de areia a ser redistribuída pelas correntes de deriva litoral que funcionam tipicamente de norte para sul ao longo da costa oeste e de oeste para leste ao longo da costa sul.

- A construção de casas e infra-estruturas na zona costeira, associada à urbanização e construção de portos, instalações industriais e turísticas, que levou à rutura dos sistemas biofísicos costeiros, e em alguns casos extremos ao seu desaparecimento (Ramos-Pereira 2004). Este é o caso de alguns sistemas frágeis de dunas e praias.
- A implementação de obras pesadas de engenharia costeira que, em regra, têm tido consequências prejudiciais para o troço costeiro onde são implantadas. Em particular, a construção e expansão das estruturas portuárias resulta em obstáculos artificiais à circulação de sedimentos mobilizados pela deriva litoral. O mesmo efeito é notado nos troços litorais intervencionados com esporões, onde os sedimentos se acumulam tipicamente a barlamar, enquanto a erosão acelera a sotamar.

## 6.2 Metodologia

A caracterização e delimitação das zonas de erosão costeira – destruição de praias e de sistemas dunares, inundações e galgamentos costeiros usam como referência os trabalhos promovidos pela APA que sustentaram os Programas de Orla Costeira de Alcobaça – Cabo Espichel e Espichel – Odeceixe.

A avaliação e cartografia da perigosidade associada à erosão costeira e ao galgamento oceânico foram efetuadas para a APA, por uma equipa da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, para os horizontes temporais de 2050 e 2100 (Silva et al., 2013a, 2013b).

Nesta avaliação foram incluídos os efeitos associados às alterações climáticas, nomeadamente no que diz respeito à subida do nível médio do mar. Foi ainda considerado o potencial de recuo “instantâneo” do perfil de uma praia (e da linha de costa) quando atuado por um temporal extremo, com períodos de retorno diferentes; e ainda a evolução futura da linha de costa associada a tendência de longo termo, com base na evolução observada nos últimos 50 anos. Deste modo, as zonas de perigo consideradas são faixas que se estendem desde a linha que limita o leito das águas do

mar em direção a terra, cuja largura é determinada pela soma das seguintes componentes: evolução da linha de costa, recuo por subida do nível médio do mar, recuo por tempestade e galgamento/inundação oceânica.

As Faixas de Salvaguarda em Litoral Arenoso (FSLA) correspondem a uma área delimitada entre a LMPMAVE atual e a linha de recuo total calculada para 2050 e 2100 (faixa de recuo ou de erosão), acrescida da área suscetível de ser afetada pelo máximo espraio e pela inundação costeira nos mesmos horizontes temporais (faixa de galgamento/inundação). Deste modo, a faixa de recuo contempla, para os horizontes temporais de 2050 e 2100 anos, o somatório de recuos induzidos por evolução de longo termo da linha de costa associada a défice sedimentar, o recuo por temporal e o recuo por subida do NMM.

A zona de recuo para 2050 foi considerada de perigosidade muito elevada, enquanto a zona de recuo adicional para 2100 foi considerada de perigosidade elevada.

Refira-se que nas praias limitadas por uma arriba ou estrutura, independentemente do cenário considerado, a evolução do limite terrestre foi considerada nula e os impactes dos processos não foram considerados no trabalho original (Silva et al., 2013a, 2013b). Nestes casos foi utilizada como referência uma cota de inundação de 8 metros acima do nível médio do mar, tomando em consideração a variação do nível médio do mar, a preamar máxima astronómica, o *storm surge* máximo registado e o espraio das ondas, valor que se aproxima dos calculados para o litoral do município de Sintra por Marques et al (2009) e para o litoral do município de Cascais por Taborda et al. (2010).

A avaliação da exposição ao risco de erosão costeira – destruição de praias e de sistemas dunares, inundações e galgamentos costeiros foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência o resultado da agregação das classes de perigosidade muito elevada e elevada.

### 6.3 Análise da Perigosidade

A **figura 19** representa a distribuição do perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de LVT. A classe de perigosidade muito elevada corresponde à linha de recuo total projetada para 2050, enquanto a classe de perigosidade elevada corresponde à área adicional entre a linha anterior e a linha de recuo projetada para 2100.

A zona de perigosidade muito elevada estende-se por uma área de 327 hectares, enquanto a zona de perigosidade elevada abrange uma área equivalente a cerca do dobro da anterior (680 hectares). No total, as 2 classes consideradas abrangem uma superfície de cerca de 1007 hectares.



Figura 19 –Perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo

A **Figura 20** ilustra a classificação do perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso nos municípios da Região de LVT, estabelecida em função da extensão territorial das 2 classes consideradas em conjunto.

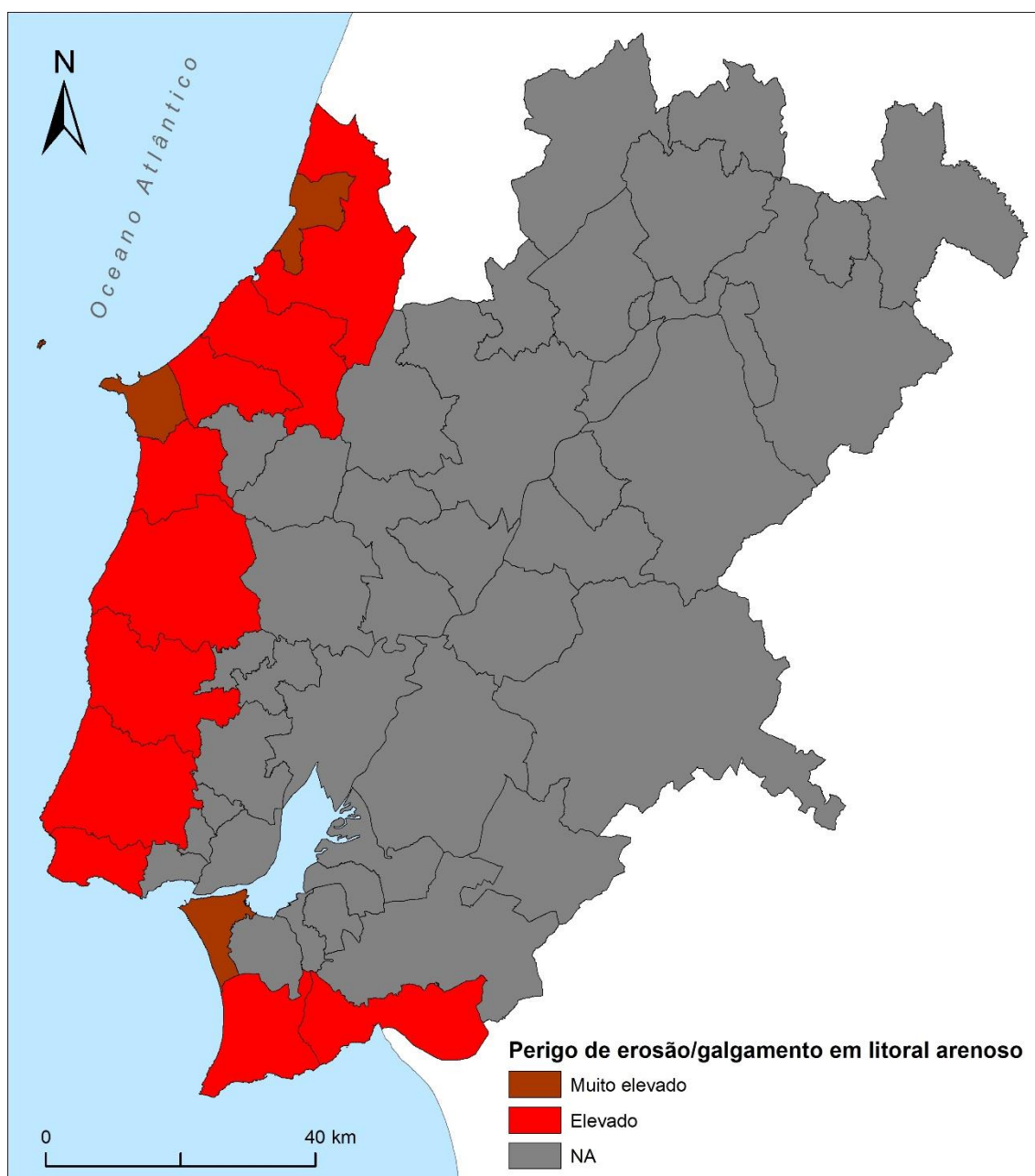


Figura 20 – Perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

O município de Almada destaca-se com 540 hectares de zona perigosa, sendo secundado pelos municípios da Nazaré e Peniche, com 258 e 109 hectares de zona perigosa, respetivamente. Estes 3 municípios foram classificados com perigosidade

muito elevada. Os restantes municípios com litoral na Região de LVT (Alcobaça, Caldas da Rainha, Óbidos, Lourinhã, Torres Vedras, Mafra, Sintra, Cascais, Sesimbra e Setúbal) foram classificados com perigosidade elevada, registando uma área perigosa que varia entre 2 e 35 hectares.

## 6.4 Análise da Exposição

A zona perigosa de referência considerada para a análise da exposição ao risco de erosão/galgamento em litoral arenoso corresponde à agregação das classes de perigosidade muito elevada e elevada. No total, estas classes abrangem uma extensão de 10,1 km<sup>2</sup> na Região de LVT, o que equivale a 0,08% da área total.

Os edifícios expostos ao risco de erosão/galgamento em litoral arenoso estão representados na **Figura 21** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 10**.

No total, foram identificados 4022 edifícios residenciais situados em zonas de perigosidade muito elevada ou elevada. O município de Almada destaca-se dos restantes com 2819 edifícios, ou seja, 70% do total. Na Nazaré foram reconhecidos 933 edifícios em risco, enquanto em Peniche o número é mais reduzido (192 edifícios). Em Alcobaça e Sesimbra o número de edifícios expostos é mais reduzido (37 e 28, respetivamente). Nos restantes municípios litorais o número de edifícios em risco de erosão/galgamento em litoral arenoso é residual ou nulo.

A população residente diretamente exposta ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso foi estimada em cerca de 13000 pessoas, com destaque para Almada, onde se estimam mais de 10.900 pessoas expostas (84% do total). O número de pessoas expostas é também relevante nos municípios da Nazaré e Peniche (1076 e 904 residentes, respetivamente). Para Sesimbra, Alcobaça e Sintra foram estimados 42, 27 e 12 residentes em risco, respetivamente. Nos restantes municípios com litoral o número

de indivíduos expostos ao risco de erosão/galgamento em litoral arenoso é residual ou nulo.

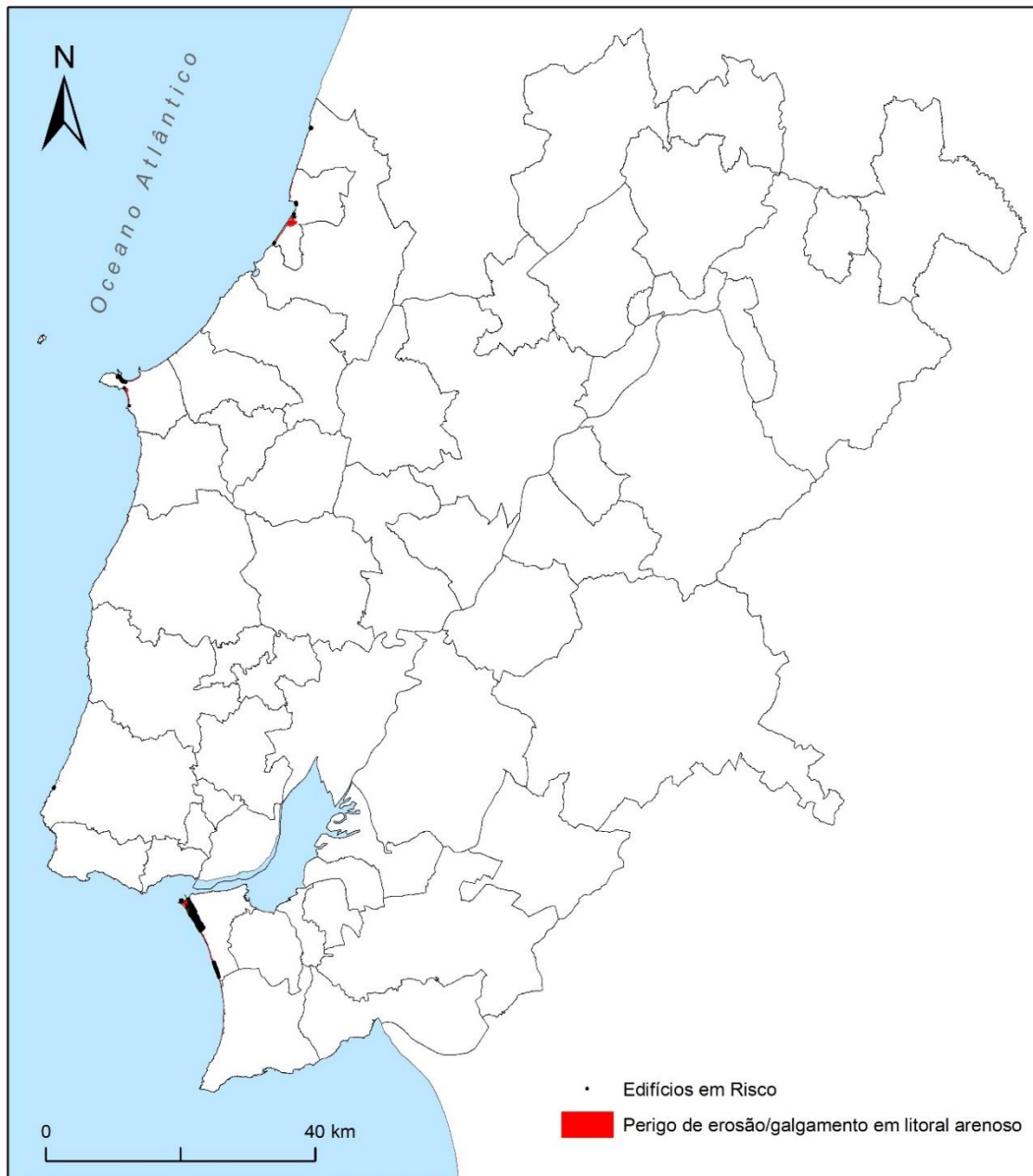


Figura 21 –Edifícios em risco de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 10 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso

| CONCELHO               | Edifícios   | Residentes   | Vias (km)   |
|------------------------|-------------|--------------|-------------|
| ABRANTES               | NA          | NA           | NA          |
| ALCANENA               | NA          | NA           | NA          |
| ALCOBAÇA               | 37          | 27           | 0,1         |
| ALCOCHETE              | NA          | NA           | NA          |
| ALENQUER               | NA          | NA           | NA          |
| ALMADA                 | 2819        | 10913        | 10,6        |
| ALMEIRIM               | NA          | NA           | NA          |
| ALPIARÇA               | NA          | NA           | NA          |
| AMADORA                | NA          | NA           | NA          |
| ARRUDA DOS VINHOS      | NA          | NA           | NA          |
| AZAMBUJA               | NA          | NA           | NA          |
| BARREIRO               | NA          | NA           | NA          |
| BENAVENTE              | NA          | NA           | NA          |
| BOMBARRAL              | NA          | NA           | NA          |
| CADAVAL                | NA          | NA           | NA          |
| CALDAS DA RAINHA       | 0           | 0            | 0           |
| CARTAXO                | NA          | NA           | NA          |
| CASCAIS                | 0           | 0            | 0,5         |
| CHAMUSCA               | NA          | NA           | NA          |
| CONSTÂNCIA             | NA          | NA           | NA          |
| CORUCHE                | NA          | NA           | NA          |
| ENTRONCAMENTO          | NA          | NA           | NA          |
| FERREIRA DO ZÊZERE     | NA          | NA           | NA          |
| GOLEGÃ                 | NA          | NA           | NA          |
| LISBOA                 | NA          | NA           | NA          |
| LOURES                 | NA          | NA           | NA          |
| LOURINHÃ               | 0           | 0            | 0           |
| MAÇÃO                  | NA          | NA           | NA          |
| MAFRA                  | 0           | 0            | 0           |
| MOITA                  | NA          | NA           | NA          |
| MONTIJO                | NA          | NA           | NA          |
| NAZARÉ                 | 933         | 1076         | 0           |
| ÓBIDOS                 | NA          | NA           | NA          |
| ODIVELAS               | NA          | NA           | NA          |
| OEIRAS                 | NA          | NA           | NA          |
| OURÉM                  | NA          | NA           | NA          |
| PALMELA                | NA          | NA           | NA          |
| PENICHE                | 192         | 904          | 2,3         |
| RIO MAIOR              | NA          | NA           | NA          |
| SALVATERRA DE MAGOS    | NA          | NA           | NA          |
| SANTARÉM               | NA          | NA           | NA          |
| SARDOAL                | NA          | NA           | NA          |
| SEIXAL                 | NA          | NA           | NA          |
| SESIMBRA               | 28          | 42           | 0,9         |
| SETÚBAL                | 0           | 0            | 0,2         |
| SINTRA                 | 2           | 12           | 0,6         |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | NA          | NA           | NA          |
| TOMAR                  | NA          | NA           | NA          |
| TORRES NOVAS           | NA          | NA           | NA          |
| TORRES VEDRAS          | 11          | 4            | 0,2         |
| VILA FRANCA DE XIRA    | NA          | NA           | NA          |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | NA          | NA           | NA          |
| <b>LVT</b>             | <b>4022</b> | <b>12978</b> | <b>15,4</b> |

As vias expostas ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso estão representadas na **Figura 22** e os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 11**. A distribuição por município está sumarizada na **Tabela 10**.

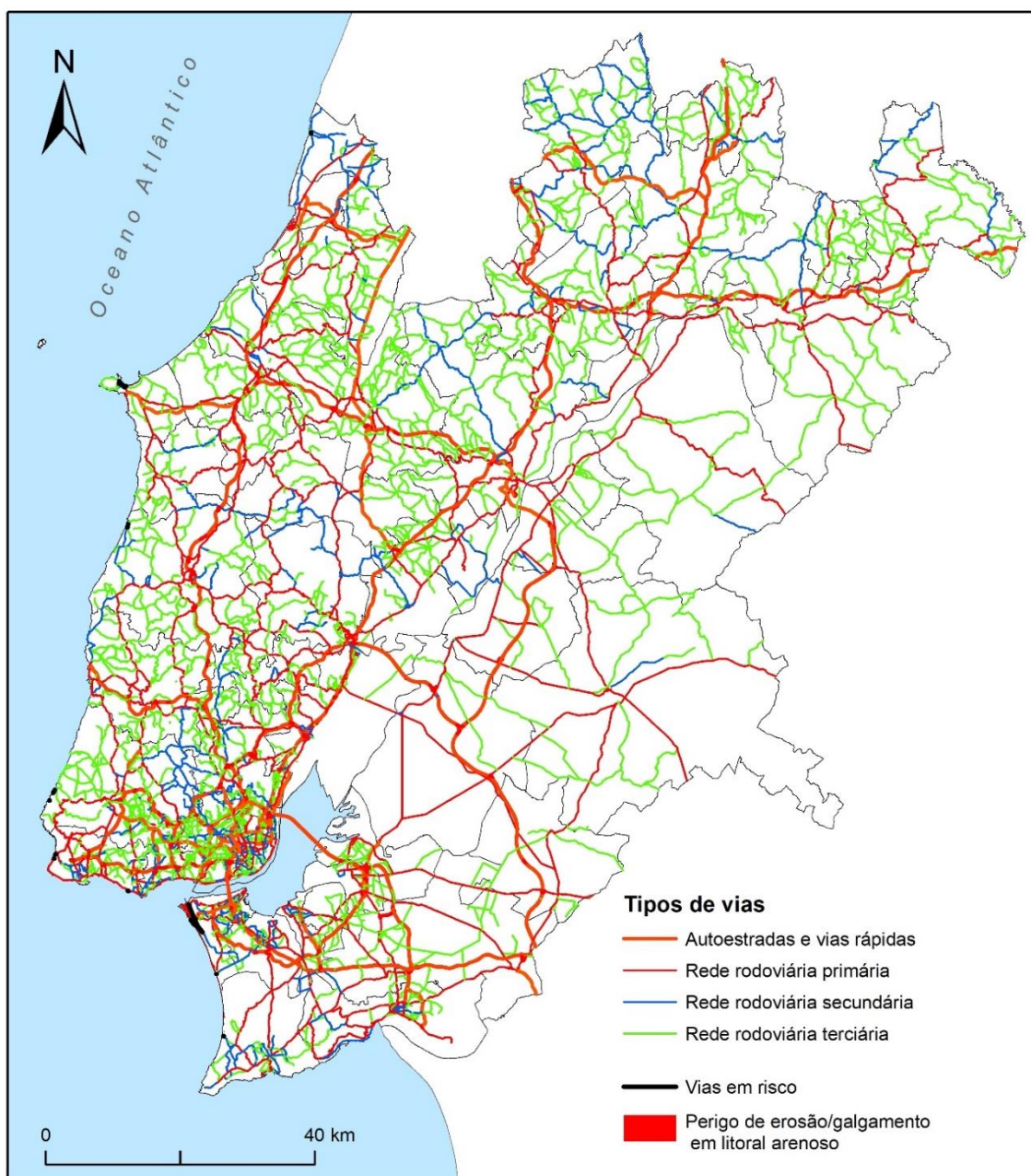


Figura 22 –Vias em risco de erosão/galgamento em litoral arenoso na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 11 – Tipologia de vias expostas ao perigo de erosão/galgamento em litoral arenoso

| <b>Tipos de vias em risco em litoral arenoso</b> | <b>km</b>   | <b>%</b>     |
|--------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Autoestrada e vias rápidas                       | 0,2         | 1,3          |
| Rede rodoviária primária                         | 7,8         | 50,6         |
| Rede rodoviária secundária                       | 4,2         | 27,3         |
| Rede rodoviária terciária                        | 3,2         | 20,8         |
| <b>Total</b>                                     | <b>15,4</b> | <b>100,0</b> |

No total, foram identificados 15,4 quilómetros de vias em zonas perigosas no que respeita à erosão/galgamento em litoral arenoso. As vias em risco pertencem predominantemente à rede viária primária (50,6% do total), seguidas pela rede viária secundária e terciária (27,3% e 20,8%, respetivamente). Regista-se ainda um segmento de via rápida com 200 metros de extensão exposto ao perigo considerado.

O município de Almada destaca-se dos restantes com 10,6 km de vias em risco (68,7% do total). Numa posição secundária encontra-se o município de Peniche, com 2,3 km de vias em risco. Nos municípios de Alcobaça, Torres Vedras, Sintra, Cascais, Sesimbra e Setúbal as vias em risco têm uma expressão reduzida, variando entre 0,1 e 0,9 km.

## 7. Incêndios Rurais / Florestais

### 7.1 Enquadramento

Os incêndios florestais são muito frequentes e causam grandes danos, ambientais, económicos e sociais em Portugal. Fustigam o território especialmente no Verão mas, como se verificou por exemplo em 2017, podem ocorrer em qualquer época do ano. O ano de 2017 foi, até agora, o mais trágico, devido aos elevados danos materiais, à elevada extensão de área ardida, de cerca de 500.000 hectares e, principalmente, pelas perdas humanas que se ocorreram.

O mapa de perigosidade de incêndio em Portugal continental, disponibilizado pelo ICNF, mostra que a Região de Lisboa e Vale do Tejo apresenta fortes contrastes espaciais, por se encontrar na transição entre o Norte (de maior perigosidade) e o Sul do país (de menor perigosidade).

### 7.2 Metodologia

A suscetibilidade aos incêndios rurais foi avaliada com recurso a um método estatístico bivariado de base *Bayesiana*: o *Likelihood Ratio* (LR), aplicado à totalidade do território de Portugal Continental, utilizando como fatores condicionantes o declive, altitude e uso e ocupação do solo, e as áreas ardidas no período 1975-2018 como variável dependente.

O Cálculo do LR para cada variável (classe  $x$  do fator de predisposição  $y$ ) é efetuado com recurso à equação (7):

$$Lri = \frac{Si/S}{Ni/N} \quad (7)$$

Sendo:

*Lri* – *Likelihood Ratio* da variável *i* (classe *x* do fator de predisposição *y*);

*Si* – número de unidades de terreno com área ardida e presença da variável *i*;

*Ni* – número de unidades de terreno com a presença da variável *i*;

*S* – total de unidades de terreno com área ardida;

*N* – total de unidades de terreno da área de estudo.

A avaliação da suscetibilidade para cada unidade de terreno (célula com 25 metros de lado), obtém-se através do somatório dos *Lri* de cada fator de predisposição presente na unidade de terreno, utilizando a equação (8):

$$Lrj = \sum_{i=0}^n Xij Lri \quad (8)$$

Sendo:

*Lrj* – *Likelihood Ratio* total na unidade de terreno (célula);

*n* – número de variáveis;

*Xij* - 1 se a classe da variável está presente; 0 se a classe da variável não está presente.

A avaliação da perigosidade foi efetuada para cada unidade de terreno (célula com 25 metros de lado) através do produto da suscetibilidade (obtido com a equação 2) pela probabilidade simples de ocorrência de incêndio, obtida pela razão entre o número de vezes ardido e o número total de anos na base de dados das áreas ardidas em Portugal Continental (44 anos) (equação 9).

$$H_j = Lr_j \times P \quad (9)$$

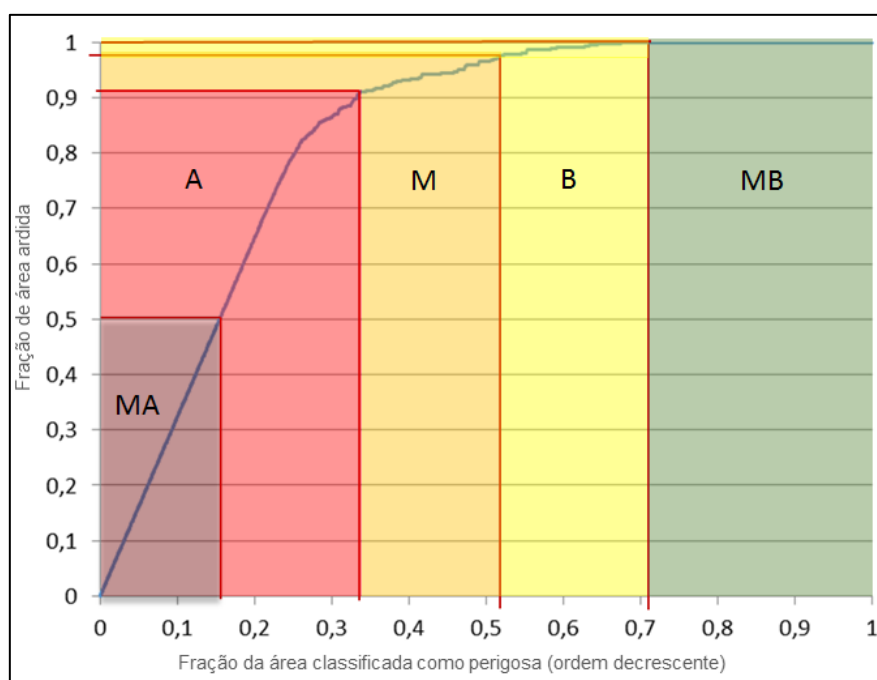
Sendo:

$H_j$  – Perigosidade na unidade de terreno (célula);

$Lr_j$  - *Likelihood Ratio* total na unidade de terreno (célula);

$P$  – Probabilidade de ocorrência de incêndio na unidade de terreno (célula).

O modelo de perigosidade foi validado com recurso a curva de sucesso (**Figura 23**) e computação da AAC (Área Abaixo da Curva = 0,826).



**Figura 23 –Classes estabelecidas em função da curva de sucesso do modelo de perigosidade estrutural**

A carta de perigosidade contempla 5 classes (muito elevada, elevada, moderada, reduzida e muito reduzida), definidas com base nas quebras de declive na curva de sucesso do modelo preditivo. As propriedades das classes de perigosidade na escala nacional estão sintetizadas na **Tabela 12**.

Tabela 12 - Propriedades das classes de perigosidade do mapa de perigosidade de incêndio rural (dados de referência nacionais)

| Classes de perigosidade | Scores de perigosidade | Área da classe (% do total) | Área ardida validada (% do total) |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Muito elevada           | 0,142 - 2,841          | 15,5                        | 50,0                              |
| Elevada                 | 0,050 – 0,142          | 17,9                        | 40,6                              |
| Moderada                | 0,028 – 0,050          | 18,0                        | 6,6                               |
| Reduzida                | 0,015 – 0,028          | 21,2                        | 2,8                               |
| Muito reduzida          | 0,007 – 0,015          | 27,4                        | 0,0                               |

A avaliação da exposição ao risco de incêndio rural / florestal foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência o resultado da agregação das classes de perigosidade elevada e muito elevada.

### 7.3 Análise da Perigosidade

No território em estudo observam-se áreas que arderam até 7 vezes no período 1975 a 2018, nomeadamente em alguns municípios do Médio Tejo.

Os resultados da suscetibilidade mostram que as classes de uso agrícola apresentam, sistematicamente, scores de *Lri* abaixo de 1, o que indicia uma relação espacial negativa com a ocorrência de área ardida. Pelo contrário, os scores de *Lri* das florestas são positivos (com a exceção da floresta de sobreiro), indiciando uma relação espacial positiva com a ocorrência de área ardida. Os matos e espaços descobertos ou com pouca vegetação destacam-se como as classes com *Lri* mais elevados, juntamente com as florestas de espécies invasoras.

A favorabilidade para a ocorrência de áreas ardidas incrementa sistematicamente da classe de declive mais baixa para a mais alta, sendo que somente abaixo dos 5° se verifica uma relação negativa com a ocorrência de áreas ardidas.

As classes de altitude mais baixas (até 300 m) apresentam uma relação negativa com a ocorrência de áreas ardidas, tanto mais negativa quanto mais reduzida a altitude. Acima dos 300 metros a relação com as áreas ardidas é positiva, a qual tem uma tendência para incrementar sucessivamente até aos 1100 metros de altitude.

A **Figura 24** ilustra a distribuição da perigosidade aos incêndios rurais / florestais na Região de Lisboa e Vale do Tejo. As classes de perigosidade mais altas (muito elevada e elevada) têm uma expressão territorial mais reduzida do que a observada na escala nacional (5,6% e 10,1% da área total, respetivamente). A classe de perigosidade moderada abrange 12% da área e as duas classes de perigosidade mais baixas abrangem em conjunto 57,2% da superfície total.

A **Figura 25** mostra a classificação da perigosidade de incêndio rural / florestal ao nível municipal, estabelecida em função da expressão territorial das classes de perigosidade.

Os municípios de Mação e Sardoal destacam-se dos restantes, com 90% e 67% dos respetivos territórios integrados nas classes de perigosidade elevada ou muito elevada.

Numa posição secundária, mas ainda muito relevante no que respeita à perigosidade de incêndio rural / florestal, encontram-se 8 municípios do Médio Tejo: Abrantes, Alcanena, Chamusca, Constância, Ferreira do Zêzere, Ourém, Tomar e Vila Nova da Barquinha. Nestes municípios, a expressão territorial das duas classes de perigosidade mais altas varia entre 20% e 40%.

O terceiro agrupamento na hierarquia da perigosidade aos incêndios rurais / florestais inclui 14 municípios onde as classes de perigosidade elevada e muito elevada abrangem entre 10% e 20% dos respetivos territórios. Os municípios em questão integram o Médio Tejo (Torres Novas), a Lezíria do Tejo (Santarém, Rio Maior e Azambuja), o Oeste (Alcobaça, Cadaval, Alenquer e Arruda dos Vinhos), e a Área Metropolitana de Lisboa (Mafra, Loures, Sintra, Cascais, Seixal e Sesimbra).

O quarto conjunto na hierarquia da perigosidade aos incêndios rurais / florestais integra 10 municípios, que integram a Lezíria do Tejo (Salvaterra de Magos), o Oeste (Nazaré, Caldas da Rainha, Óbidos, Torres Vedras e Sobral de Monte Agraço) e a Área Metropolitana (Odivelas, Amadora, Barreiro e Setúbal. Nestes municípios a expressão territorial das duas classes de perigosidade mais elevadas varia entre 5% e 10%.

Nos restantes municípios a expressão territorial das duas classes de perigosidade mais altas é inferior a 5% dos territórios municipais. Encontram-se nesta situação 18 municípios: Vila Nova da Barquinha, Entroncamento, Golegã, Alpiarça, Almeirim, Cartaxo, Coruche, Benavente, Montijo, Alcochete, Moita, Palmela, Almada, Lisboa, Oeiras, Peniche, Lourinhã e Bombarral.

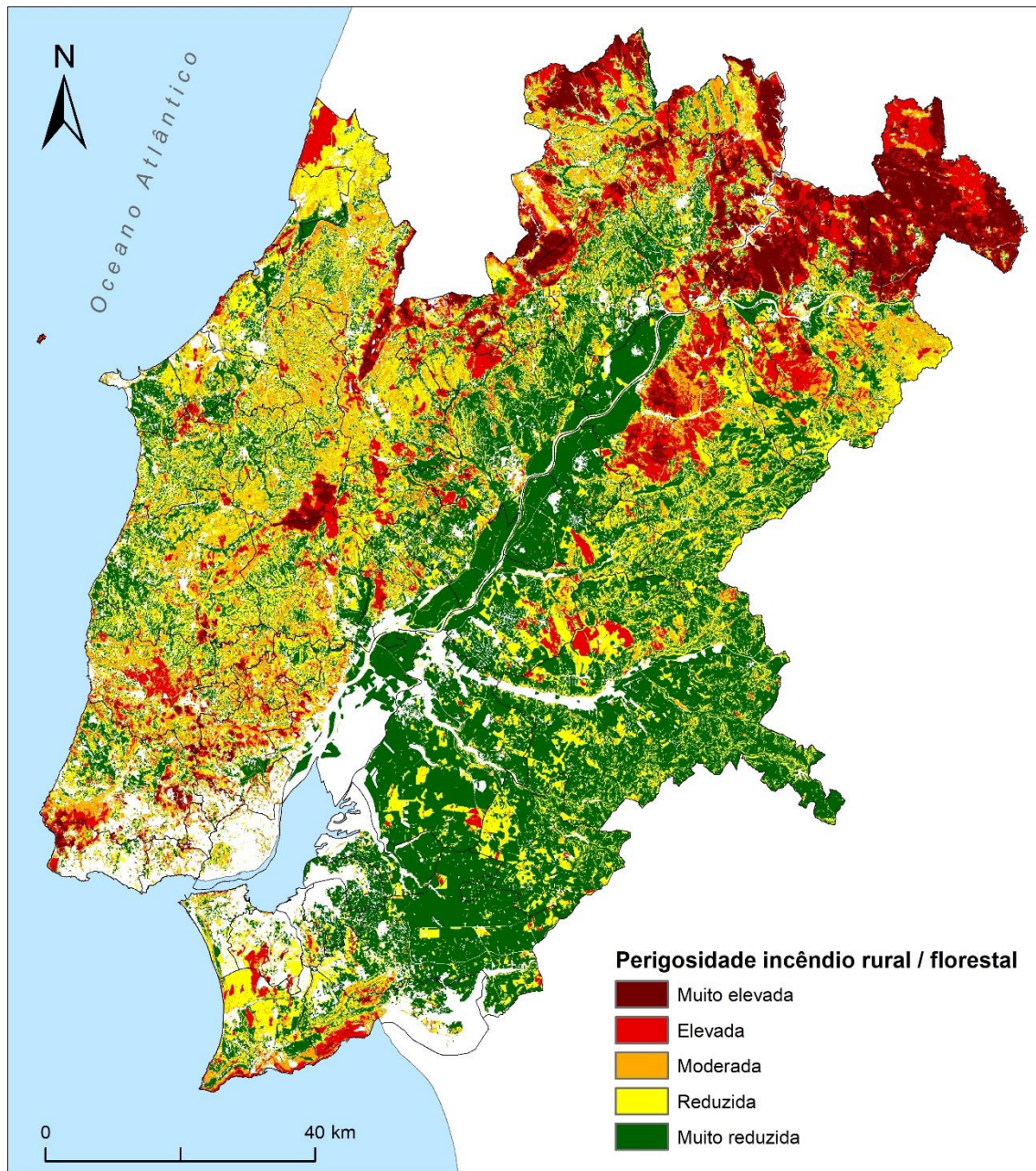


Figura 24 –Perigosidade de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo

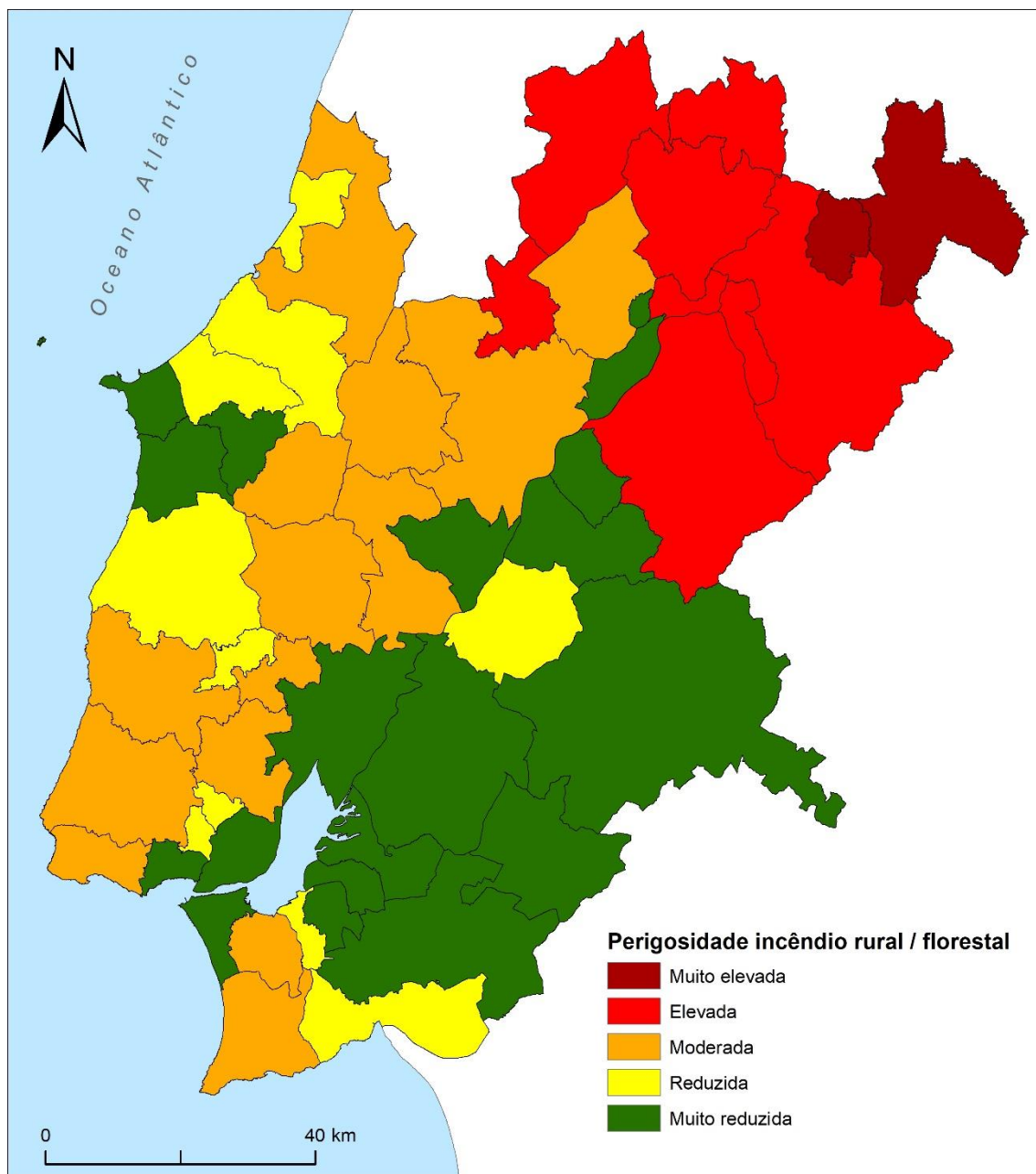


Figura 25 –Perigosidade de incêndio rural / florestal nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

## 7.4 Análise da Exposição

Como já foi referido, a zona perigosa de referência considerada para a análise da exposição ao risco de incêndio rural / florestal corresponde à agregação das classes de

perigosidade muito elevada e elevada. Estas classes abrangem uma extensão de 1917,8 km<sup>2</sup> no território LVT, o que equivale a 15,7% da área total.

Os edifícios expostos ao risco de incêndio rural /florestal estão representados na **Figura 26** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 13**.

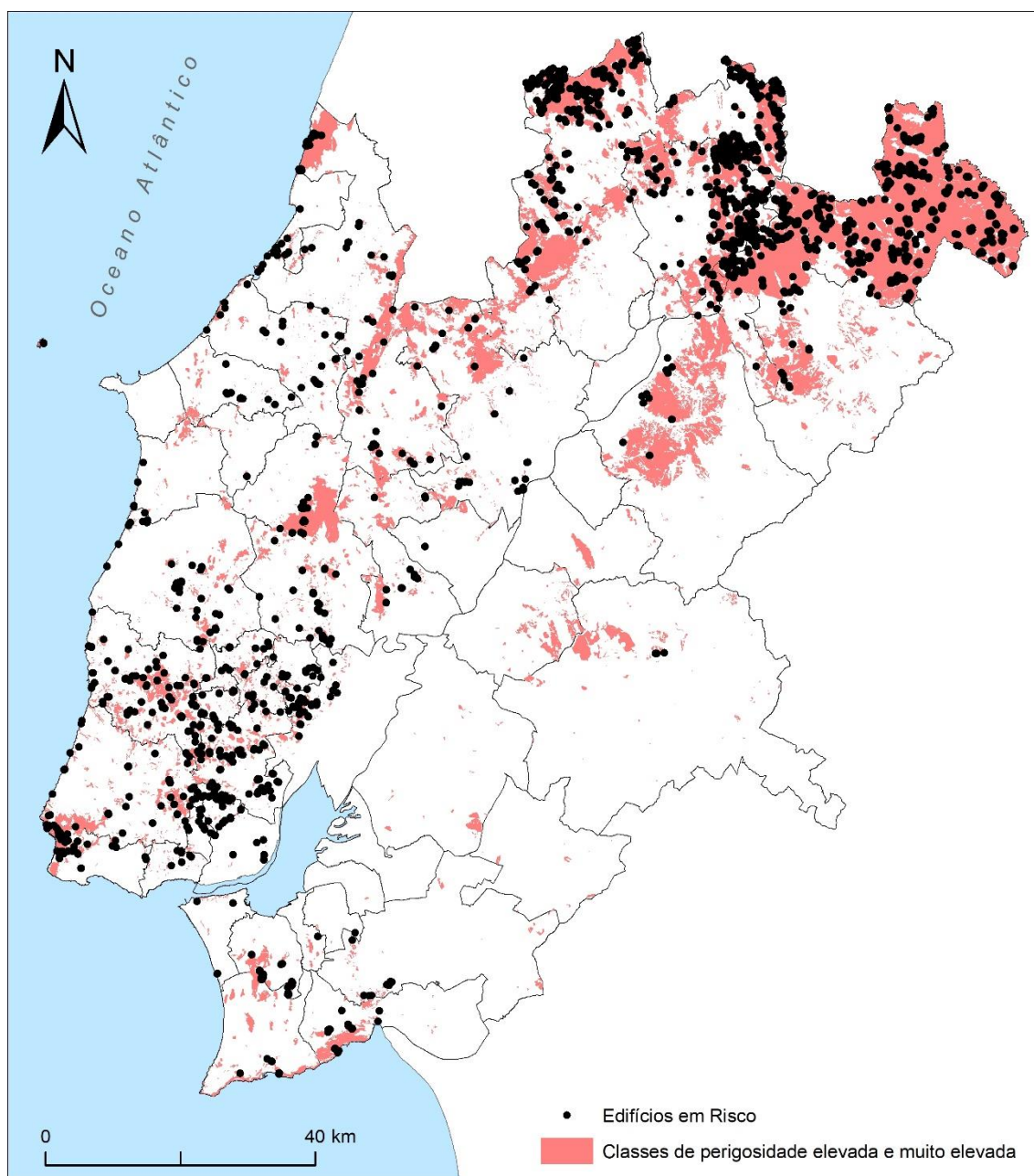


Figura 26 –Edifícios em risco de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 13 - Edifícios, residentes e vias expostos ao perigo de incêndio rural / florestal

| CONCELHO               | Edifícios   | Residentes  | Vias (km)    |
|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| ABRANTES               | 278         | 264         | 64,1         |
| ALCANENA               | 17          | 51          | 14,3         |
| ALCOBAÇA               | 82          | 58          | 21,9         |
| ALCOCHETE              | 0           | 0           | 0,0          |
| ALENQUER               | 40          | 63          | 6,6          |
| ALMADA                 | 4           | 13          | 0,1          |
| ALMEIRIM               | 0           | 0           | 0,3          |
| ALPIARÇA               | 0           | 0           | 0,0          |
| AMADORA                | 24          | 78          | 1,5          |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 21          | 38          | 2,5          |
| AZAMBUJA               | 13          | 22          | 5,0          |
| BARREIRO               | 1           | 1           | 0,4          |
| BENAVENTE              | 0           | 0           | 0,2          |
| BOMBARRAL              | 1           | 2           | 0,2          |
| CADAVAL                | 13          | 7           | 15,5         |
| CALDAS DA RAINHA       | 27          | 41          | 4,7          |
| CARTAXO                | 1           | 2           | 0,7          |
| CASCAIS                | 81          | 236         | 8,1          |
| CHAMUSCA               | 18          | 15          | 11,0         |
| CONSTÂNCIA             | 8           | 22          | 6,5          |
| CORUCHE                | 3           | 3           | 4,8          |
| ENTRONCAMENTO          | 0           | 0           | 0,0          |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 411         | 437         | 32,4         |
| GOLEGÃ                 | 0           | 0           | 0,0          |
| LISBOA                 | 21          | 117         | 0,9          |
| LOURES                 | 91          | 229         | 15,7         |
| LOURINHÃ               | 6           | 4           | 0,2          |
| MAÇÃO                  | 534         | 409         | 195,6        |
| MAFRA                  | 106         | 193         | 24,8         |
| MOITA                  | 1           | 2           | 0,0          |
| MONTIJO                | 0           | 0           | 0,3          |
| NAZARÉ                 | 12          | 8           | 0,7          |
| ÓBIDOS                 | 11          | 15          | 3,0          |
| ODIVELAS               | 40          | 209         | 0,6          |
| OEIRAS                 | 5           | 16          | 1,9          |
| OURÉM                  | 418         | 562         | 55,2         |
| PALMELA                | 14          | 21          | 0,5          |
| PENICHE                | 25          | 0           | 0,2          |
| RIO MAIOR              | 28          | 41          | 17,8         |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 0           | 0           | 4,1          |
| SANTARÉM               | 50          | 64          | 13,7         |
| SARDOAL                | 86          | 70          | 41,0         |
| SEIXAL                 | 26          | 33          | 1,4          |
| SESIMBRA               | 20          | 17          | 3,7          |
| SETÚBAL                | 27          | 21          | 19,3         |
| SINTRA                 | 59          | 392         | 12,5         |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 15          | 26          | 2,2          |
| TOMAR                  | 246         | 254         | 34,0         |
| TORRES NOVAS           | 2           | 3           | 4,7          |
| TORRES VEDRAS          | 47          | 75          | 5,8          |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 44          | 79          | 2,4          |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 12          | 15          | 9,0          |
| <b>LVT</b>             | <b>2989</b> | <b>4225</b> | <b>671,8</b> |

No total, foram identificados quase 3 mil edifícios residenciais situados em zonas de perigosidade elevada ou muito elevada aos incêndios rurais / florestais. Destacam-se os municípios de Mação, Ourém, Ferreira do Zêzere, Abrantes e Tomar, com mais de 200 edifícios expostos. Numa posição secundária encontram-se os municípios de Mafra, Cascais, Loures, Sintra, Alcobaça, Santarém e Sardoal, com número de edifícios expostos entre 50 e 110.

A população residente diretamente exposta ao perigo de incêndio rural / florestal foi estimada em cerca de 4200 pessoas, destacando-se 9 municípios com mais de 200 residentes nesta situação: Ourém, Ferreira do Zêzere, Mação, Tomar, Abrantes, Sintra, Cascais, Loures e Odivelas.

As vias expostas ao perigo de incêndio rural / florestal estão representadas na **Figura 27** e os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 14**. A distribuição por município está sumarizada na **Tabela 13**.

No total, foram identificados cerca de 670 quilómetros de vias em zonas caracterizadas por perigosidade de incêndio rural / florestal elevada ou muito elevada. A maior parte destas vias (57%) corresponde a troços da rede viária terciária. No entanto, a extensão dos troços de rede viária primária e secundária em risco de incêndio é bastante significativa (137,5 km e 142,2 km, respetivamente), representando, em conjunto, 41,7% das vias expostas a este perigo. Existem ainda 9,5 km de autoestrada e/ou via rápida expostos ao risco de incêndio, essencialmente ao longo da A13, A23, A8 e IC2.

O município de Mação destaca-se claramente dos restantes com 195,6 km (29% do total de LVT) de vias em risco, seguindo-se os municípios de Abrantes, Ourém, Sardoal, Tomar e Ferreira do Zêzere com extensão de vias em risco de incêndio entre 64 km e 32km.

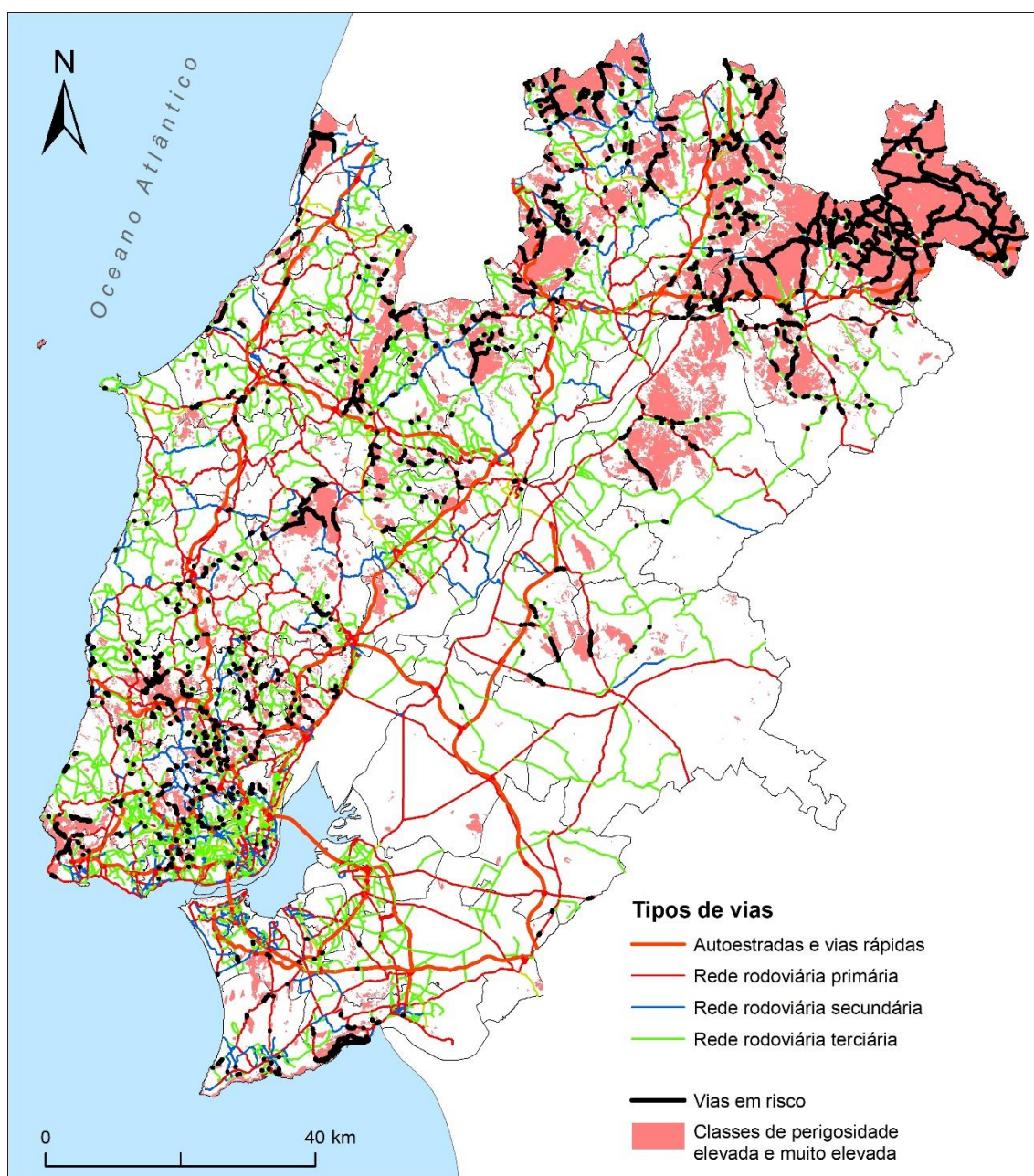


Figura 27 –Vias em risco de incêndio rural / florestal na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 14 – Tipologia de vias expostas ao perigo de incêndio rural / florestal

| Tipos de vias em risco de incêndio | km           | %            |
|------------------------------------|--------------|--------------|
| Autoestrada e vias rápidas         | 9,5          | 1,4          |
| Rede rodoviária primária           | 137,5        | 20,5         |
| Rede rodoviária secundária         | 142,2        | 21,2         |
| Rede rodoviária terciária          | 382,7        | 57,0         |
| <b>Total</b>                       | <b>671,8</b> | <b>100,0</b> |

## 8. Movimentos de Massa em Vertentes

### 8.1 Enquadramento

As tipologias de movimentos de massa em vertentes, fatores condicionantes e riscos associados são distintas nas 3 unidades morfoestruturais de Portugal Continental: Maciço Antigo, Orlas Mesocenozóicas e Bacia Cenozóica do Tejo e Sado (Zêzere, 2020). Estas três unidades estão presentes na região LVT.

Os terrenos do Maciço Antigo afloram na sub-região do Médio Tejo e são constituídos essencialmente por metassedimentos. No caso das vertentes talhadas em xisto, as múltiplas descontinuidades presentes nestas rochas (estratificação, xistosidade e planos de fratura) favorecem movimentos de deslizamento planar, mesmo em vertentes com declives moderados. Quando o declive da vertente é forte, o movimento inicial de deslizamento pode evoluir rapidamente para escoada lamacenta ou de detritos, caracterizada por velocidades bastante elevadas e um grande poder destrutivo (Zêzere et al, 2006; Zêzere, 2020).

Os terrenos da Orla Mesocenozóica Ocidental ocupam toda a sub-região do Oeste, a parte norte da Área Metropolitana de Lisboa, A área da Arrábida, a parte oeste da sub-região do Médio Tejo e o extremo NW da sub-região da Lezíria. Nesta unidade, os movimentos de massa em vertentes são controlados fundamentalmente pela litologia, estrutura geológica e condições hidrogeológicas. Neste contexto, destacam-se 3 unidades litológicas mais suscetíveis à instabilidade das vertentes: (i) sequências de margas, argilas, areias e arenitos do Cretácico superior; (ii) sequências de calcários e margas do Cretácico médio; (iii) sequências margo-calcárias do Jurássico superior.

Nos terrenos da Bacia Cenozóica do Tejo e Sado os movimentos de massa têm uma distribuição relativamente circunscrita, condicionada simultaneamente pelo declive e pela litologia. Os terrenos de idade miocénica constituem a unidade litológica mais

problemática, pela elevada suscetibilidade a deslizamentos superficiais e profundos, que afetam principalmente perfis de alteração, depósitos coluviais e depósitos de antigos movimentos de massa. Na parte superior das vertentes, onde o declive é mais forte, têm origem movimentos de desabamento e tombamento (Zêzere et al., 2007).

Os movimentos de vertente ocorridos num passado recente na região de LVT foram maioritariamente desencadeados pela precipitação. As chuvas intensas e concentradas desencadeiam deslizamentos superficiais, frequentemente com evolução para escoada, e movimentos associados ao trabalho de sapa dos cursos de água. As chuvas abundantes e prolongadas no tempo têm sido responsáveis pelo desencadeamento de deslizamentos rotacionais, translacionais e movimentos complexos com planos de rutura mais profundos (Zêzere et al, 2006).

## 8.2 Metodologia

A suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente foi avaliada com recurso a um método estatístico bivariado de suporte bayesiano: o Valor Informativo (VI), utilizando como fatores condicionantes o declive, a exposição das vertentes, a geologia, a curvatura das vertentes (perfil transversal), o uso e ocupação do solo, o índice de posição topográfica e o índice topográfico de humidade. Como variável dependente utilizou-se um inventário de movimentos de massa em vertentes que conta com 4047 ocorrências identificadas nos municípios de Sesimbra, Setúbal, Palmela, Oeiras, Amadora, Loures, Vila Franca de Xira, Arruda dos Vinhos, Sobral de Monte Agraço, Lourinhã, Cadaval, Bombarral, Peniche, Nazaré, Caldas da Rainha, Coruche, Alpiarça e Abrantes. Estes movimentos foram cruzados com os fatores de predisposição da instabilidade de vertentes classificados e o peso das classes de cada fator foi estabelecido com recurso à primeira equação do Método do Valor Informativo (Zêzere, 2002). Os scores das classes de cada fator de predisposição foram generalizados à totalidade da Região de LVT e a suscetibilidade de cada unidade de terreno foi

determinada com recurso à segunda equação do Método do Valor Informativo (Zêzere, 2002).

No método estatístico do VI, o peso relativo de cada classe de cada fator condicionante é calculado com base na densidade de movimentos de vertente. Assim, para cada classe de cada fator condicionante é determinado o respetivo VI, a partir da equação (10):

$$Ii = \ln \frac{Si/Ni}{S/N} \quad (10)$$

onde  $Ii$  é o VI da variável  $i$ ;  $Si$  é o número de unidades de terreno (célula com resolução de 10 m) com movimentos de vertente e com a presença da variável  $Xi$  (classe de fator condicionante  $Y$ );  $Ni$  é o número de unidades de terreno com a presença da variável  $Xi$ ;  $S$  é o número total de unidades de terreno com movimentos de vertente; e  $N$  é o número total de unidades de terreno da área de estudo.

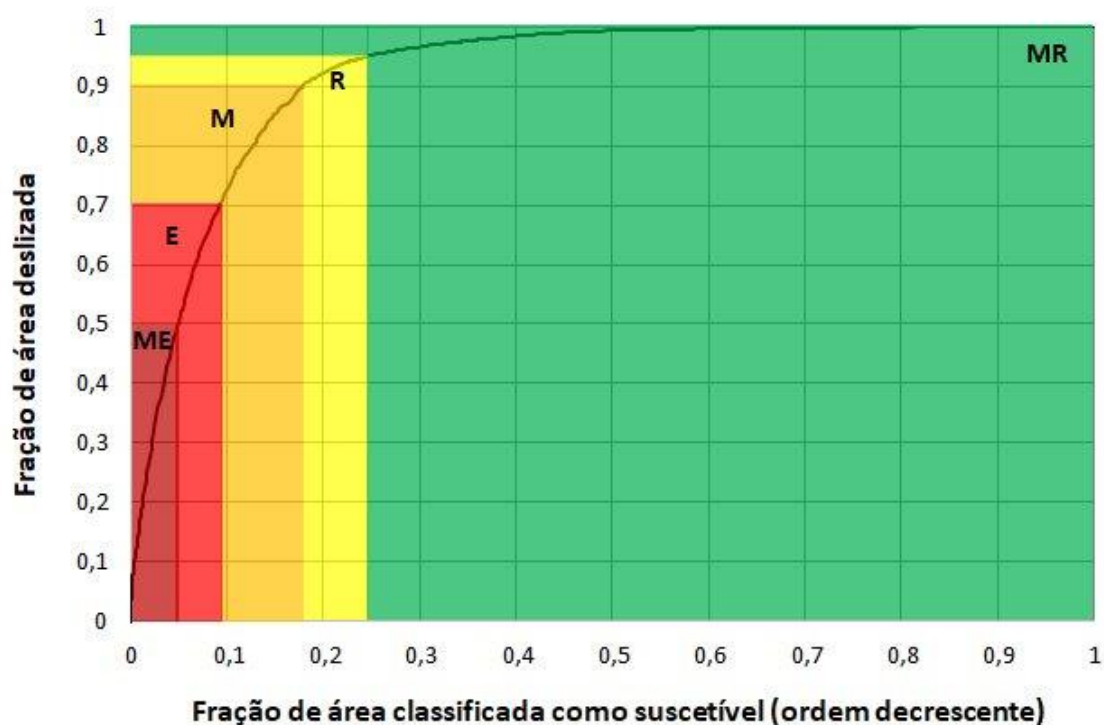
Quando o valor de  $Ii$  é negativo considera-se que a classe do fator condicionante não é determinante na ocorrência dos movimentos de vertente. Já os resultados positivos indicam uma relação entre a presença do fator condicionante e a instabilidade, tanto mais acentuada quanto maior for o *score*.

Quando uma classe dos fatores condicionantes não contém movimentos de vertente, a razão  $Si/Ni$  é igual a zero. Nesta situação, tendo em conta a transformação logarítmica, o valor de  $Ii$  é indeterminado. O problema é contornado através da atribuição do valor decimal imediatamente inferior ao menor valor de  $Ii$  obtido na totalidade das classes do respetivo fator condicionante. O VI total de uma unidade de terreno  $j$  (célula com resolução de 10 m) é determinado pela equação (11):

$$Ij = \sum_{i=1}^m X_{ji} Ii \quad (11)$$

onde  $m$  corresponde ao número de variáveis;  $X_{ji}$  assume o valor 0, se a variável não se encontra presente na unidade de terreno, ou o valor 1, na sua presença.

O modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente foi validado com recurso a curva de sucesso (**Figura 28**) e computação da AAC (Área Abaixo da Curva = 0,92).



**Figura 28 –Curva de sucesso do modelo de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente e definição das classes de suscetibilidade em função da área deslizada**

O mapa de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente contempla 5 classes (muito elevada, elevada, moderada, reduzida e muito reduzida), definidas com base na percentagem de área deslizada acumulada: 50%, 70%, 90%, 95%, 100%, respetivamente. As propriedades das classes de suscetibilidade estão sintetizadas na **Tabela 15**.

**Tabela 15 – Scores de Valor Informativo, percentagem de área total acumulada e percentagem de área deslizada acumulada, por classe de suscetibilidade**

| Classes de suscetibilidade | Scores de VI (ordem decrescente) | % de área total (acumulada) | % de área deslizada (acumulada) |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Muito elevada              | 16,4 – 3,9                       | 0 – 4,3                     | 50                              |
| Elevada                    | 3,9 – 2,8                        | 4,3 – 8,1                   | 70                              |
| Moderada                   | 2,8 – 0,9                        | 8,1 – 16,0                  | 90                              |
| Reduzida                   | 0,9 – (-0,8)                     | 16,0 – 23,8                 | 95                              |
| Muito reduzida             | (-0,8) – (-17,4)                 | 23,8 – 100                  | 100                             |

A avaliação da exposição ao risco de movimentos de vertente foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência o resultado da agregação das classes de suscetibilidade elevada e muito elevada. Estas duas classes validam, no seu conjunto, 70% dos movimentos de vertente inventariados, estando de acordo com as orientações preconizadas para a delimitação da Reserva Ecológica Nacional.

### 8.3 Análise da Suscetibilidade

De acordo com os *scores* de VI obtidos (**Tabela 16**), as classes dos fatores condicionantes que, de um modo geral, melhor se relacionam com a distribuição espacial dos movimentos de vertente correspondem a: vertentes com perfil transversal côncavo e declive moderado a acentuado, onde afloram, sobretudo, margas e calcários margosos do Jurássico e Cretácico; terrenos com índice topográfico de humidade elevado, o que revela um maior potencial para a acumulação de água; e áreas com uso e ocupação do solo caracterizado pela presença de espaços descobertos ou com pouca vegetação e matos.

**Tabela 16 – Scores de suscetibilidade, para cada classe dos fatores condicionantes, estimados através da aplicação do método do VI**

| <b>FATORES CONDICIONANTES</b>                        | <b>Scores VI</b> |
|------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Curvatura das vertentes em perfil transversal</b> |                  |
| Côncava                                              | 0,8              |
| Rectilínea                                           | -0,9             |
| Convexa                                              | 0,5              |
| <b>Uso e ocupação do solo</b>                        |                  |
| Agricultura                                          | 0,0              |
| Espaços descobertos ou com pouca vegetação           | 3,9              |
| Floresta                                             | -0,9             |
| Massas de água superficiais                          | -3,0             |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| Matos                                   | 1,7  |
| Pastagens                               | 0,8  |
| Pomar e olival                          | -0,1 |
| Sistemas agroflorestais                 | -3,2 |
| Territórios artificializados            | -1,7 |
| Vinhas                                  | 0,9  |
| Zonas húmidas, praias, dunas e areais   | -0,8 |
| <b>Exposição das vertentes</b>          |      |
| Plana                                   | -2,6 |
| N                                       | 0,2  |
| NE                                      | 0,3  |
| E                                       | 0,4  |
| SE                                      | 0,1  |
| S                                       | 0,2  |
| SW                                      | 0,0  |
| W                                       | 0,0  |
| NW                                      | 0,2  |
| <b>Declive (°)</b>                      |      |
| 0–5                                     | -2,6 |
| 5–10                                    | 0,3  |
| 10–15                                   | 1,2  |
| 15–20                                   | 1,4  |
| 20–25                                   | 1,7  |
| 25–30                                   | 2,1  |
| 30–35                                   | 2,4  |
| 35–40                                   | 2,8  |
| 40–45                                   | 3,1  |
| 45–85,5                                 | 3,6  |
| <b>Índice topográfico de humidade</b>   |      |
| 0                                       | -1,9 |
| 0–0,00001                               | -2,5 |
| 0,00001–0,0001                          | -1,4 |
| 0,0001–0,001                            | 0,1  |
| 0,001–0,01                              | 0,6  |
| 0,01–0,1                                | 0,6  |
| 0,1–1,0                                 | 3,5  |
| 1,0–1,5                                 | 2,9  |
| <b>Geologia</b>                         |      |
| Depósitos (Quaternário)                 | -2,2 |
| Rochas magmáticas básicas               | 1,0  |
| Arenitos (Cretácico)                    | -3,3 |
| Calcários (Cretácico)                   | 0,7  |
| Margas e calcários margosos (Cretácico) | 1,6  |
| Complexo Vulcânico de Lisboa            | 0,1  |
| Turbiditos (Paleozóico)                 | -5,6 |
| Xistos e grauvaques                     | -2,5 |

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| Gneisse                                                                   | -2,7 |
| Xistos e arenitos (Paleozóico)                                            | -0,1 |
| Quartzito                                                                 | -5,6 |
| Rochas detríticas (Paleogénico)                                           | 0,3  |
| Calcários (Jurássico)                                                     | 1,1  |
| Rochas argilosas (Miocénico)                                              | -1,1 |
| Outras rochas (Miocénico)                                                 | -5,5 |
| Margas e calcários margosos (Jurássico)                                   | 1,9  |
| Rochas detríticas (Pliocénico)                                            | -3,3 |
| Granito                                                                   | -5,6 |
| Complexo vulcano-sedimentar e evaporítico (Triásico - Jurássico Inferior) | -0,5 |
| Arenitos (Jurássico)                                                      | 0,4  |
| Outras rochas magmáticas ácidas                                           | -5,6 |
| <b>Índice de posição topográfica</b>                                      |      |
| 1                                                                         | 2,3  |
| 2                                                                         | 1,3  |
| 3                                                                         | 0,8  |
| 4                                                                         | -0,6 |
| 5                                                                         | 0,0  |
| 6                                                                         | 0,3  |
| 7                                                                         | 0,5  |

A **Figura 29** ilustra a distribuição da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente no território de Lisboa e Vale do Tejo.

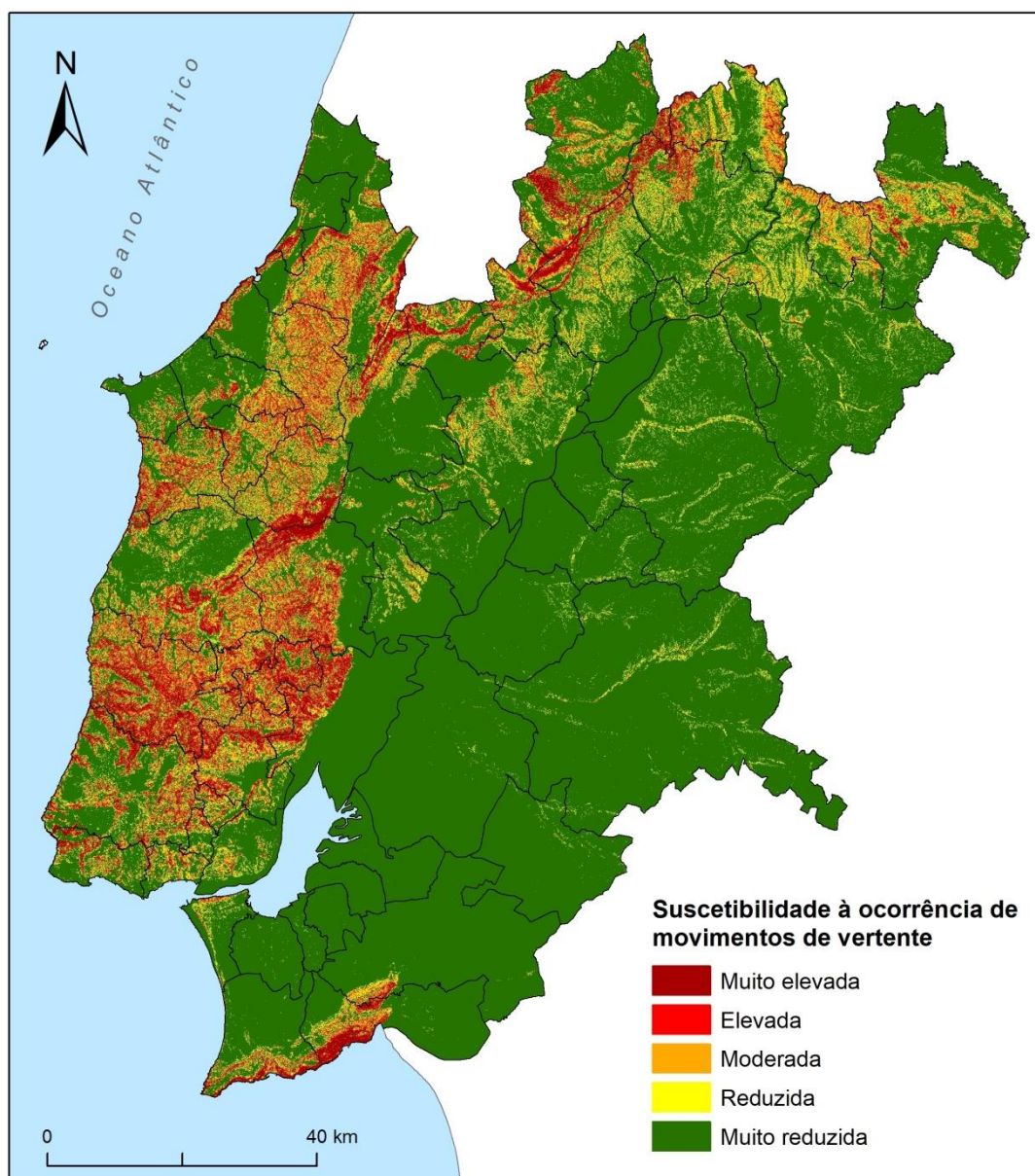


Figura 29 – Suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo

A classe de suscetibilidade muito elevada integra 50% dos movimentos de vertente identificados e abrange 4,3% do território de Lisboa e Vale do Tejo, enquanto a classe de suscetibilidade elevada contabiliza 20% da área deslizada e estende-se por 3,8% da área total. A classe de suscetibilidade moderada abrange 7,9% da área e as duas classes de suscetibilidade mais baixas abrangem, em conjunto, 84% da superfície total.

A **Figura 30** mostra a classificação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente ao nível municipal, estabelecida em função da expressão territorial das classes de suscetibilidade.

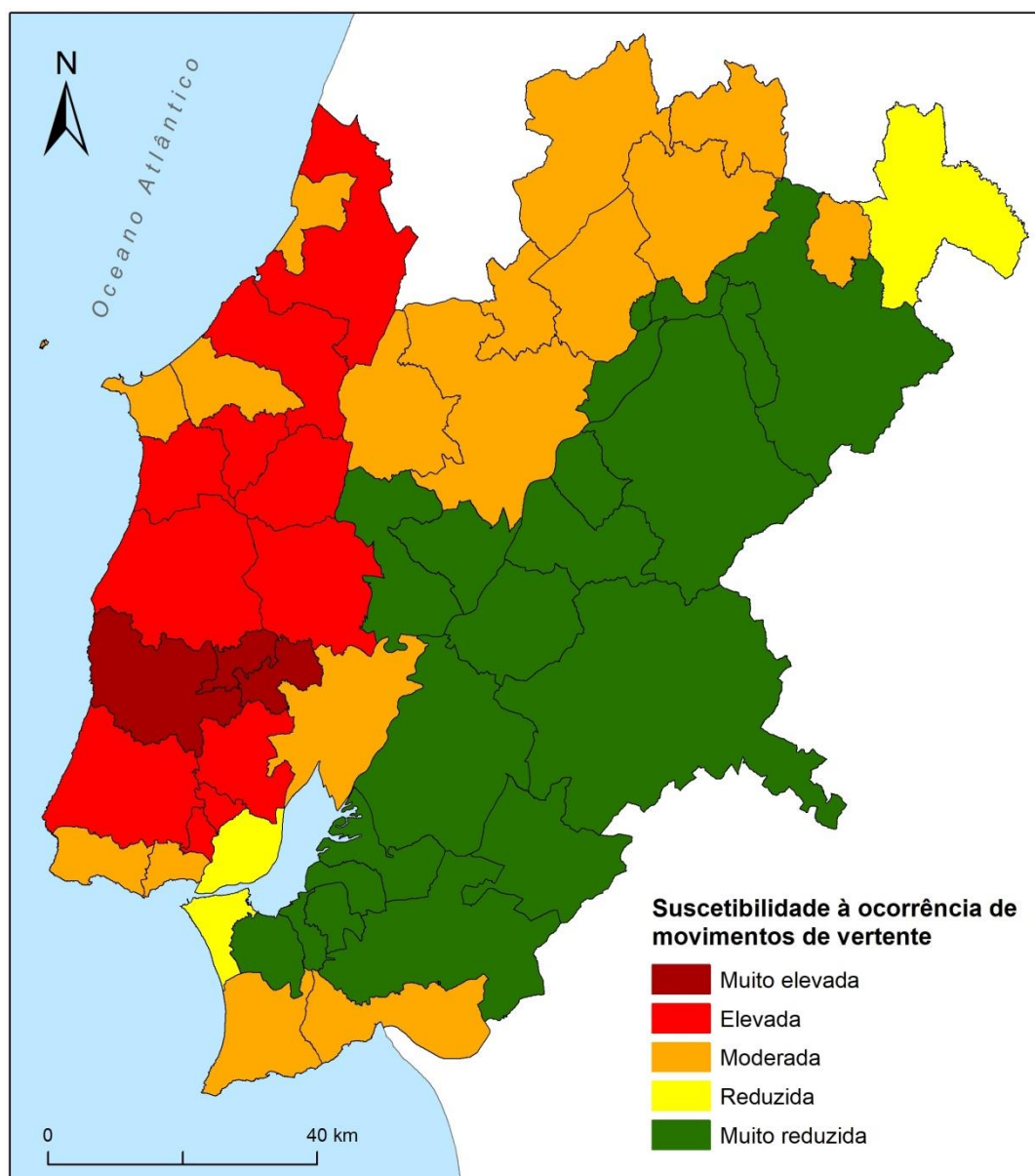


Figura 30 – Suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

Os municípios de Arruda dos Vinhos, Mafra e Sobral de Monte Agraço destacam-se dos restantes, com 46%, 41% e 36% dos respetivos territórios integrados nas classes de suscetibilidade elevada ou muito elevada.

Numa posição secundária, mas ainda muito relevante no que respeita à suscetibilidade a movimentos de massa em vertente, encontram-se 7 municípios que integram o Oeste (Alenquer, Lourinhã, Cadaval, Caldas da Rainha, Bombarral, Torres Vedras e Alcobaça) e 4 municípios que integram a Área Metropolitana de Lisboa (Loures, Odivelas, Sintra e Amadora). Nestes municípios, a expressão territorial das duas classes de suscetibilidade mais elevadas varia entre 15% e 25%.

O terceiro agrupamento na hierarquia da suscetibilidade inclui 16 municípios onde as duas classes mais elevadas abrangem entre 5% e 14% dos respetivos territórios. Os municípios em questão integram o Médio Tejo (Ourém, Alcanena, Ferreira do Zêzere, Torres Novas, Sardoal e Tomar), a Lezíria do Tejo (Santarém e Rio Maior), o Oeste (Óbidos, Nazaré e Peniche), e a Área Metropolitana de Lisboa (Cascais, Vila Franca de Xira, Setúbal, Oeiras e Sesimbra).

O quarto conjunto na hierarquia da suscetibilidade a movimentos de vertente integra 3 municípios onde a expressão territorial das duas classes de suscetibilidade mais elevadas varia entre 2% e 4%: Almada, Lisboa e Mação.

Nos restantes municípios a expressão territorial das duas classes de suscetibilidade mais altas é inferior a 1% dos territórios municipais. Encontram-se nesta situação 19 municípios, os quais integram o Médio Tejo (Abrantes, Constância, Entroncamento e Vila Nova da Barquinha), a Lezíria do Tejo (Azambuja, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Alpiarça, Golegã, Almeirim, Benavente e Salvaterra de Magos) e a Área Metropolitana de Lisboa (Palmela, Montijo, Seixal, Barreiro, Alcochete e Moita).

## 8.4 Análise da Exposição

Como referido anteriormente, a zona perigosa de referência considerada para a análise da exposição ao risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes corresponde à agregação das classes de suscetibilidade muito elevada e elevada. Estas classes

abrangem uma extensão de 993,2 km<sup>2</sup> no território LVT, o que equivale a 8,1% da área total.

Os edifícios expostos ao risco de movimentos de massa em vertentes estão representados na **Figura 31** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 17**.

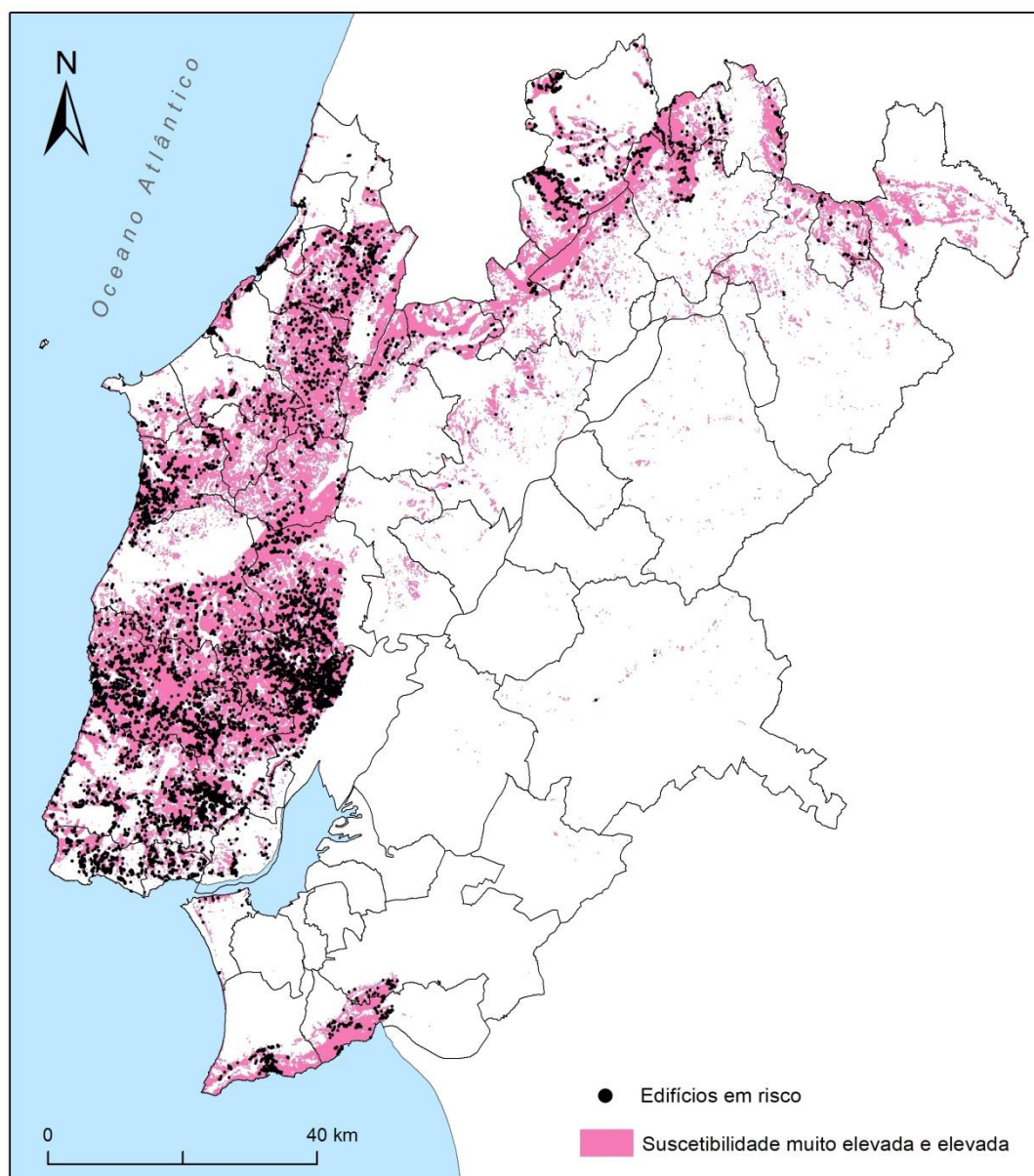


Figura 31 –Edifícios expostos ao risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo

No total, foram identificados 17.868 edifícios residenciais situados em zonas de suscetibilidade elevada ou muito elevada. Destaca-se o município de Mafra, com mais

de 2400 edifícios expostos, bem como os municípios de Torres Vedras, Alenquer, Vila Franca de Xira e Sintra, com um total compreendido entre 1015 e 1738 edifícios nas referidas classes de suscetibilidade. Merecem, ainda, referência os municípios de Caldas da Rainha, Oeiras, Sesimbra, Ourém, Cascais, Alcobaça, Odivelas, Arruda dos Vinhos, Loures e Lourinhã, com um total de edifícios expostos que ascende os 500.

A população residente diretamente exposta às classes mais elevadas de suscetibilidade a movimentos de vertente foi estimada em cerca de 76.800 pessoas, destacando-se 2 municípios com mais de 10.000 residentes nesta situação: Odivelas e Sintra.

As vias expostas ao perigo de movimentos de vertente estão representadas na **Figura 32** e os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 18**. A distribuição por município está sumarizada na **Tabela 17**.

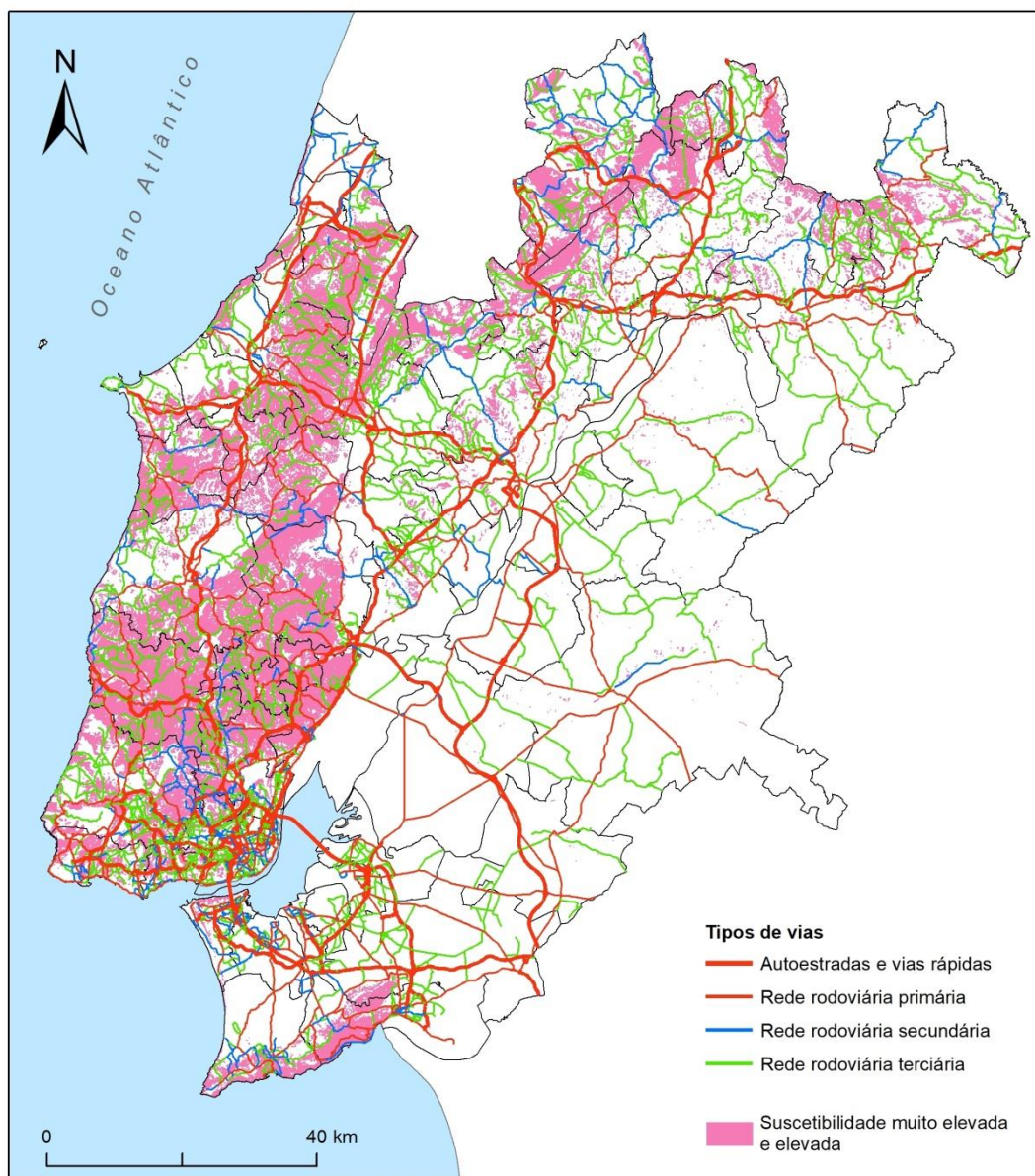


Figura 32 –Vias expostas ao risco de movimentos de massa em vertentes na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 17 - Edifícios, residentes e vias expostos ao risco de movimentos de massa em vertentes

| CONCELHO  | Edifícios | Residentes | Vias (km) |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| ABRANTES  | 18        | 17         | 3,4       |
| ALCANENA  | 54        | 85         | 9,6       |
| ALCOBAÇA  | 771       | 1530       | 24,8      |
| ALCOCHETE | 0         | 0          | 0,0       |
| ALENQUER  | 1115      | 1933       | 33,9      |
| ALMADA    | 22        | 103        | 0,3       |
| ALMEIRIM  | 0         | 0          | 0,0       |
| ALPIARÇA  | 0         | 0          | 0,0       |
| AMADORA   | 370       | 5218       | 25,9      |

|                        |              |              |              |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| ARRUDA DOS VINHOS      | 842          | 2339         | 32,3         |
| AZAMBUJA               | 1,0          | 1            | 0,4          |
| BARREIRO               | 0            | 0            | 0,0          |
| BENAVENTE              | 0            | 0            | 0,0          |
| BOMBARRAL              | 104          | 165          | 5,5          |
| CADAVAL                | 242          | 427          | 19,2         |
| CALDAS DA RAINHA       | 514          | 796          | 30,2         |
| CARTAXO                | 0            | 0            | 0,1          |
| CASCAIS                | 760          | 5579         | 15,6         |
| CHAMUSCA               | 0            | 0            | 0,1          |
| CONSTÂNCIA             | 0            | 0            | 0,2          |
| CORUCHE                | 2            | 1            | 0,1          |
| ENTRONCAMENTO          | 0            | 0            | 0,0          |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 155          | 122          | 9,2          |
| GOLEGÃ                 | 0            | 0            | 0,0          |
| LISBOA                 | 175          | 2421         | 5,6          |
| LOURES                 | 870          | 2780         | 53,8         |
| LOURINHÃ               | 878          | 1439         | 14,4         |
| MAÇÃO                  | 13           | 16           | 10,8         |
| MAFRA                  | 2406         | 6421         | 111,0        |
| MOITA                  | 0            | 0            | 0,0          |
| MONTIJO                | 0            | 0            | 0,0          |
| NAZARÉ                 | 134          | 176          | 3,3          |
| ÓBIDOS                 | 166          | 271          | 9,1          |
| ODIVELAS               | 788          | 10263        | 8,9          |
| OEIRAS                 | 591          | 6667         | 9,2          |
| OURÉM                  | 637          | 1192         | 27,6         |
| PALMELA                | 49           | 107          | 0,3          |
| PENICHE                | 64           | 116          | 2,3          |
| RIO MAIOR              | 141          | 262          | 17,9         |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 0            | 0            | 0,0          |
| SANTARÉM               | 50           | 96           | 8,0          |
| SARDOAL                | 42           | 45           | 6,8          |
| SEIXAL                 | 0            | 0            | 0,0          |
| SESIMBRA               | 603          | 1777         | 11,1         |
| SETÚBAL                | 193          | 557          | 27,1         |
| SINTRA                 | 1738         | 13255        | 46,0         |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 412          | 813          | 16,6         |
| TOMAR                  | 228          | 354          | 8,6          |
| TORRES NOVAS           | 55           | 92           | 5,7          |
| TORRES VEDRAS          | 1015         | 2124         | 35,0         |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 1650         | 7264         | 33,7         |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 0            | 0            | 0,9          |
| <b>LVT</b>             | <b>17868</b> | <b>76827</b> | <b>684,8</b> |

Tabela 18 – Tipologia de vias expostas ao risco de movimentos de massa em vertentes

| <b>Tipos de vias em risco de movimentos de vertente</b> | <b>(km)</b>  | <b>(%)</b>   |
|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Autoestrada e vias rápidas                              | 107,0        | 15,6         |
| Rede rodoviária primária                                | 161,2        | 23,5         |
| Rede rodoviária secundária                              | 89,1         | 13,0         |
| Rede rodoviária terciária                               | 327,5        | 47,8         |
| <b>Total</b>                                            | <b>684,8</b> | <b>100,0</b> |

No total, foram identificados cerca de 685 quilómetros de troços de vias em zonas caracterizadas por suscetibilidade elevada ou muito elevada à ocorrência de movimentos de vertente. A maior parte destas vias (48%) corresponde a troços da rede viária terciária. No entanto, a extensão dos troços de autoestrada e vias rápidas, bem como da rede viária primária, em risco de movimentos de vertente, é bastante significativa (107 km e 161,2 km, respetivamente), representando, em conjunto, cerca de 39% das vias expostas a este perigo.

O município de Mafra destaca-se dos restantes com 111 km (16% do total de LVT) de troços de vias em risco, seguindo-se os municípios de Loures, Sintra, Torres Vedras, Alenquer, Vila Franca de Xira, Arruda dos Vinhos e Caldas da Rainha com extensão de troços de vias em risco de movimentos de vertente entre 54 km e 30 km.

## 9. Degradação e Contaminação de Águas Subterrâneas e Superficiais

### 9.1 Nota Prévia

O perigo de degradação e contaminação das águas subterrâneas e superficiais constitui uma ameaça ambiental que tem um enquadramento no modelo concetual do risco distinto do aplicado à generalidade dos perigos naturais. No caso deste últimos (e.g. sismos, tsunamis, cheias, movimentos de massa em vertentes) o processo perigoso constitui a ameaça e o risco materializa-se pela exposição de pessoas e bens nas zonas impactadas pelo processo perigoso. No caso da degradação e contaminação de águas subterrâneas e superficiais o elemento exposto primordial é o próprio recurso hídrico, que pode ser degradado e/ou contaminado por atividades antrópicas desajustadas. Deste modo, neste tipo de risco ambiental não se justifica uma análise de exposição idêntica à realizada para os riscos naturais, mas antes uma abordagem a potenciais ameaças à qualidade do recurso hídrico.

### 9.2 Enquadramento

A Região de Lisboa e Vale do Tejo localiza-se em duas das zonas morfo-tectónicas de Portugal Continental: a Orla Sedimentar Mesoceno-zóica Ocidental e a Bacia Sedimentar Cenozóica do Tejo e Sado.

Sob o ponto de vista hidrogeológico a Orla Ocidental é caracterizada pela existência de vários sistemas aquíferos importantes, relacionados com formações calcárias e detríticas.

A organização sequencial dos sedimentos e a tectónica, em particular a tectónica salífera, tiveram um papel importante na organização e distribuição daqueles sistemas.

A organização sequencial dos sedimentos individualiza, verticalmente, formações com comportamento hidrogeológico diverso, criando alternâncias, mais ou menos cíclicas de aquíferos, aquíferos e aquíferos. Formam-se, assim, sistemas aquíferos multicamada, com escoamentos por drenância intercamadas, de acordo com o potencial hidráulico local: genericamente descendente nas zonas de recarga e ascendente nas de descarga.

Nalgumas estruturas evaporíticas, encontram-se preservados depósitos detríticos com grande potencial aquífero.

No que respeita à circulação da água subterrânea, individualizam-se dois tipos de sistemas aquíferos: os cársicos e os porosos.

Os primeiros, têm por suporte calcários e dolomitos, fundamentalmente do Liásico inferior, Dogger e Malm inferior. Apresentam circulação, em grande, condicionada por estruturas cársicas, que se desenvolvem pela dissolução dos carbonatos, provocada pelo próprio escoamento no aquífero. A infiltração, quando a superfície se encontra carsificada, é elevada, podendo ser da ordem de 50 a 60 % da precipitação. Também a capacidade de armazenamento e transmissiva dependem da carsificação. Estes aquíferos têm, em regra, poder de auto-regulação limitado, que bem se evidencia pelas grandes variações de caudal das nascentes por onde descarregam e pela amplitude da variação dos níveis da água, entre a época das chuvas e a estação seca.

A infiltração e o escoamento rápido, pelas estruturas cársicas, tornam estes aquíferos particularmente vulneráveis à poluição, com muito baixo poder autodepurador e com propagação rápida das contaminações.

Os sistemas aquíferos porosos, suportados pelas formações detríticas mesozóicas e algumas terciárias, são multicamada. Entre os terrenos mesozóicos, os Arenitos do Carrascal sobressaem pela sua importância hidrogeológica. Algumas manchas

cretácicas, devido às suas características, não foram incluídas em sistemas aquíferos individualizados.

Já os terrenos representativos de outro grande episódio de espessa sedimentação detrítica na Bacia Lusitaniana, ocorrido no Jurássico superior, têm um comportamento hidrogeológico menos relevante.

Na região de LVT na Orla Sedimentar Ocidental, Almeida et al. (2000) delimitaram e caracterizaram os seguintes sistemas aquíferos:

- Sistemas aquíferos cársicos: Penela - Tomar (O9), Sicó - Alvaiázere (O11), Maciço Calcário Estremenho (O20), Cesareda (O24), Ota - Alenquer (O26); Pizões-Atrozela (O28);
- Sistemas aquíferos detríticos: Vieira de Leiria – Marinha Grande (O12), Ourém (O15), Alpedriz (O19), Paço (O23), Torres Vedras (O25) e Caldas da Rainha - Nazaré (O33).

No que respeita às características hidrogeológicas, o modelo conceptual de fluxo na Bacia Sedimentar do Tejo é relativamente simples e inclui dois sub-sistemas aquíferos que têm por suporte: (1) as aluviões e (2) as formações terciárias. Alguns autores (e.g. Almeida et al., 2000) consideram dois sistemas aquíferos terciários distintos, um para cada margem. Devido à forte conexão hidráulica, o rio Tejo provoca efeitos hidrodinâmicos no sub-sistema aluvionar e condiciona a qualidade da sua água.

No sub-sistema aquífero terciário é possível individualizar vários tipos de escoamentos e áreas hidrogeologicamente diferenciadas. Em regime natural, o escoamento tinha uma componente transversal, das "terras altas" marginais em direção ao Tejo, onde descarregava nas aluviões, por drenância ascendente, e uma componente longitudinal em direção ao Oceano Atlântico segundo uma direção que se aproximava da perpendicular à linha de costa, nomeadamente a sul da Cadeia da Arrábida. Na zona central da bacia, o potencial hidráulico no sistema aquífero terciário era superior ao do aquífero aluvionar subjacente, estava acima da superfície do terreno e aumentava com a profundidade.

Atualmente, devido à exploração do sub-sistema terciário em muitas áreas da bacia, o sentido do fluxo está invertido, nomeadamente na parte central, onde o potencial hidráulico no sistema aluvionar é superior ao potencial hidráulico no sistema aquífero terciário.

Além da recarga pela água das precipitações e das trocas com as linhas de água e unidades aluvionares adjacentes, admite-se que o sub-sistema terciário também possa receber recarga lateral proveniente das formações do Maciço Calcário Estremenho e dos calcários de Ota e Alenquer (PNUD, 1980; GESTÁGUA, 1996; Simões, 1998).

Da complexidade litológica e estrutural evidenciada, resulta um conjunto alternante de camadas aquíferas separadas por outras de permeabilidade baixa ou muito baixa (aquitardos e aquiclusos), nalguns locais com predomínio de uma ou outra classe de formações hidrogeológicas. É esta multiplicidade de formações hidrogeológicas que é agrupada e permite considerar (esquematizar) na vertical, grandes conjuntos representativos: dois ou três aquíferos separados por aquitardos.

Na região de Lisboa e Vale do Tejo, Almeida et al. (2000) consideram três sistemas aquíferos: "Sistema Aquífero: Margem Direita (T1)" "Sistema Aquífero: Margem Esquerda (T3)", "Aluviões do Tejo (T7)". Em conjunto estes aquíferos constituem o "Sistema Aquífero do Tejo e Sado", que é o maior e mais importante sistema aquífero português. Ocupa a Bacia Terciária do Tejo e do Sado, numa área aproximada de 8550 km<sup>2</sup> e inclui um sistema multicamada, constituído por depósitos terciários, sobreposto por unidades hidrogeológicas quaternárias. É a origem do abastecimento de água a importantes núcleos populacionais, à indústria e à agricultura.

### 9.3 Metodologia

Considera-se que o potencial de contaminação dos aquíferos é tanto maior quanto mais elevado for o potencial de recarga do aquífero. Neste contexto, utilizou-se um método

paramétrico de cálculo de um índice de infiltração efetiva, que corresponde à média ponderada de 3 parâmetros:

1. **Recarga potencial (Ip)** calculada a nível do solo, utilizada na determinação do índice de vulnerabilidade à poluição, e de que se dispõe de cartografia dos valores calculados por balanço sequencial diário (**Tabela 19**). A cartografia disponível considera os valores deste parâmetro utilizados no cálculo do valor DRASTIC.

**Tabela 19 – Recarga potencial ao nível do solo**

| Recarga potencial<br>(mm/ano) | <51 | 51-102 | 102-178 | 178-254 | >254 |
|-------------------------------|-----|--------|---------|---------|------|
| Índice                        | 1   | 3      | 6       | 8       | 9    |

2. **Declive da superfície topográfica (D)**. O declive da superfície topográfica intervém na medida que promove o escoamento lateral (hipodérmico ou sub-superficial) ao nível do contacto do solo ou do rególito com a rocha subjacente. Aos declives maiores correspondem geralmente vales mais profundos e intersecção da superfície topográfica com maior espessura da zona vadosa, a que corresponde maior probabilidade de drenar aquíferos suspensos e, em geral, escoamentos sub-superficiais. Consideraram-se também os índices utilizados na metodologia DRASTIC (**Tabela 20**).

**Tabela 20 – Declive da superfície topográfica**

| Declive (%) | <2 | 2-6 | 6-12 | 12-18 | >18 |
|-------------|----|-----|------|-------|-----|
| Índice      | 10 | 9   | 5    | 3     | 1   |

3. **Litologia e estrutura da zona vadosa (ZV)**. Este é o fator mais importante que condiciona a recarga efetiva e a diferenciação com o conceito de recarga potencial.

Este parâmetro toma valores de 1 a 10 e reflete a natureza e a permeabilidade vertical da zona vadosa nas formações hidrogeológicas da região de Lisboa e Vale do Tejo (**Tabela 21**).

**Tabela 21 – Índices atribuídos à zona vadosa das várias litologias presentes na região LVT**

| Litologia da zona vadosa                                                                                               | Índice |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Aluviões (lodos e argilas)                                                                                             | 1      |
| Aluviões (arenosos)                                                                                                    | 6-8    |
| Areias e argilas de Pombal e Redinha (Miocénico)                                                                       | 3-5    |
| Arenitos de Ulme                                                                                                       | 3-6    |
| Argilas de Tomar                                                                                                       | 5      |
| Brechas vulcânicas                                                                                                     | 3      |
| Calcários margosos e margas do Cretácico inferior (Belasiano)                                                          | 3-4    |
| Calcários carsificados do Jurássico superior: Camadas de Montejunto, Calcários de Amaral e Calcários de Ota e Alenquer | 6-8    |
| Calcários e calcários dolomíticos e Formação de Candeeiros do Jurássico médio                                          | 6-10   |
| Calcários do Cretácico médio (calcários com rudistas)                                                                  | 4-6    |
| Camadas de Alfeite                                                                                                     | 5-7    |
| Complexo detrítico e calcário do Paleogénico                                                                           | 3      |
| Complexo vulcânico de Lisboa                                                                                           | 2      |
| Cretácico inferior da Arrábida                                                                                         | 3-5    |
| Cretácico inferior de Sintra-Cascais                                                                                   | 3-5    |
| Cretácico inferior da orla ocidental                                                                                   | 3-5    |
| Cretácico médio                                                                                                        | 4-6    |
| Depósitos arenosos da Estremadura                                                                                      | 4      |
| Depósitos do Maciço Calcário Estremenho                                                                                | 2-5    |
| Depósitos do Pliocénico                                                                                                | 3-6    |
| Dolomitos, calcários e calcários dolomíticos do Jurássico inferior                                                     | 6-7    |
| Dunas, areias de duna e de praia                                                                                       | 8-10   |
| Filões e chaminés vulcânicas                                                                                           | 2      |
| Formação de Alcácer do Sal                                                                                             | 6-8    |
| Formação da Marateca                                                                                                   | 5-7    |
| Formação de Dagorda                                                                                                    | 1      |
| Gabros e outras rochas básicas                                                                                         | 3      |
| Granitos                                                                                                               | 2      |
| Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros do Jurássico superior                                             | 3-5    |
| Grés de Silves do Triásico                                                                                             | 2      |
| Miocénico da Bacia do Tejo                                                                                             | 5 -7   |
| Miocénico de Lisboa                                                                                                    | 3-5    |
| Outras formações do Jurássico superior                                                                                 | 3-4    |
| Quartzitos                                                                                                             | 3      |
| Rochas fraturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)                                                                 | 2      |
| Sienitos                                                                                                               | 2      |
| Terraços, areias e cascalheiras                                                                                        | 6-8    |
| Terraços arenosos                                                                                                      | 6-8    |
| Titoniano da Orla Ocidental (Sistema aquífero Atrozela)                                                                | 6      |

Quando a zona vadosa é areia ou calcário muito carsificado o valor da recarga efetiva é igual ao da recarga potencial ( $I_p$ ) e o índice toma o valor 10. Para zonas vadasas de muito baixa permeabilidade, como lodos e argilas, toma o valor 1. Outra situação limite que toma o valor 1 é quando a superfície freática no aquífero principal tem a mesma cota que a superfície da água no solo.

O índice de recarga efetiva ( $IR_{ef}$ ) toma a forma de uma média ponderada, calculado através da seguinte expressão:

$$IR_{ef} = (1 \times I_p + 1 \times D + 3 \times ZV) / 5 \quad (12)$$

Onde:  $I_p$  representa a recarga potencial (parâmetro R do índice DRASTC tal como foi calculado para as bacias hidrográficas do Tejo e das ribeiras do Oeste), D é o declive da superfície topográfica e ZV representa o índice da litologia e estrutura da zona vadosa.  $IR_{ef}$  toma o valor mínimo de 1 e o valor máximo de 9,8. Os valores calculados são agrupados em 10 classes (de 1 a 10): a atribuição da classe corresponde ao arredondamento do valor do  $IR_{ef}$  para o inteiro mais próximo; a classe 1 diz respeito à situação de recarga efetiva mínima e a classe 10 indica a situação hidrogeológica com maior capacidade de recarga efetiva.

Para a identificação e cartografia, à escala regional, das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos foi aplicada a seguinte metodologia:

- (i) À partida, apenas foram considerados os 15 sistemas aquíferos, identificados pela APA, na região de LVT (T1, T3 e T7 da Bacia Sedimentar do Tejo; O9, O11, O12, O15, O19, O20, O23, O24, O25, O26, O28 e O33 da Orla Sedimentar Ocidental), pelo que, as áreas com índices de recarga efetiva elevados (de infiltração máxima), desde que não coincidam com os afloramentos dos sistemas aquíferos referidos, foram excluídas;
- (ii) As áreas consideradas estratégicas para a recarga de aquíferos foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios: a) as classes 8 e 9 do Índice de Recarga Efetiva ( $IR_{ef}$ ), independentemente do declive; b) as classes 6 e 7 do  $IR_{ef}$ , apenas em terrenos com declive < 6%.

O potencial de contaminação de águas superficiais foi determinado com recurso a uma série de procedimentos que a seguir se descrevem:

- (i) Identificação e georreferenciação de estabelecimentos PRTR (Registo Europeu de Emissões e Transferência de Poluentes) que têm o potencial de gerar contaminação de solos e águas superficiais em caso de acidente ou descarga accidental;
- (ii) Cenarização de acidente em cada um dos estabelecimentos referidos em 1 e modelação da descarga com a ferramenta “Downslope Influence” do software Taudem;
- (iii) Delimitação das manchas suscetíveis de contaminação do solo;
- (iv) Identificação dos troços de cursos de água potencialmente contamináveis, a partir do local em que o contaminante entra na linha de água;
- (v) Como é desconhecida a quantidade de descarga poluente associada a cada local com potencial de gerar um problema ambiental, não é utilizada qualquer função de atenuação da carga poluente com a distância.

## 9.4 Análise da Suscetibilidade

A **Figura 33** mostra a distribuição das Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos (AEPRAs) na Região de LVT, definidas com base na metodologia descrita na secção anterior. As AEPRAs abrangem uma superfície de 4497,4 km<sup>2</sup> (36,8% da área total de LVT). Para além das manchas que correspondem aos aquíferos cársicos e porosos da Orla Ocidental, destaca-se os aquíferos do Vale do Tejo, em especial o correspondente à Margem Esquerda. A distribuição das AEPRAs pelos municípios da Região de LVT está sumariada na **Tabela 22**.

Os municípios de Alpiarça, Entroncamento, Golegã, Montijo, Palmela e Salvaterra de Magos destacam-se pela extensão territorial máxima das AEPRAs, que corresponde a entre 81% e 97% da área total municipal.

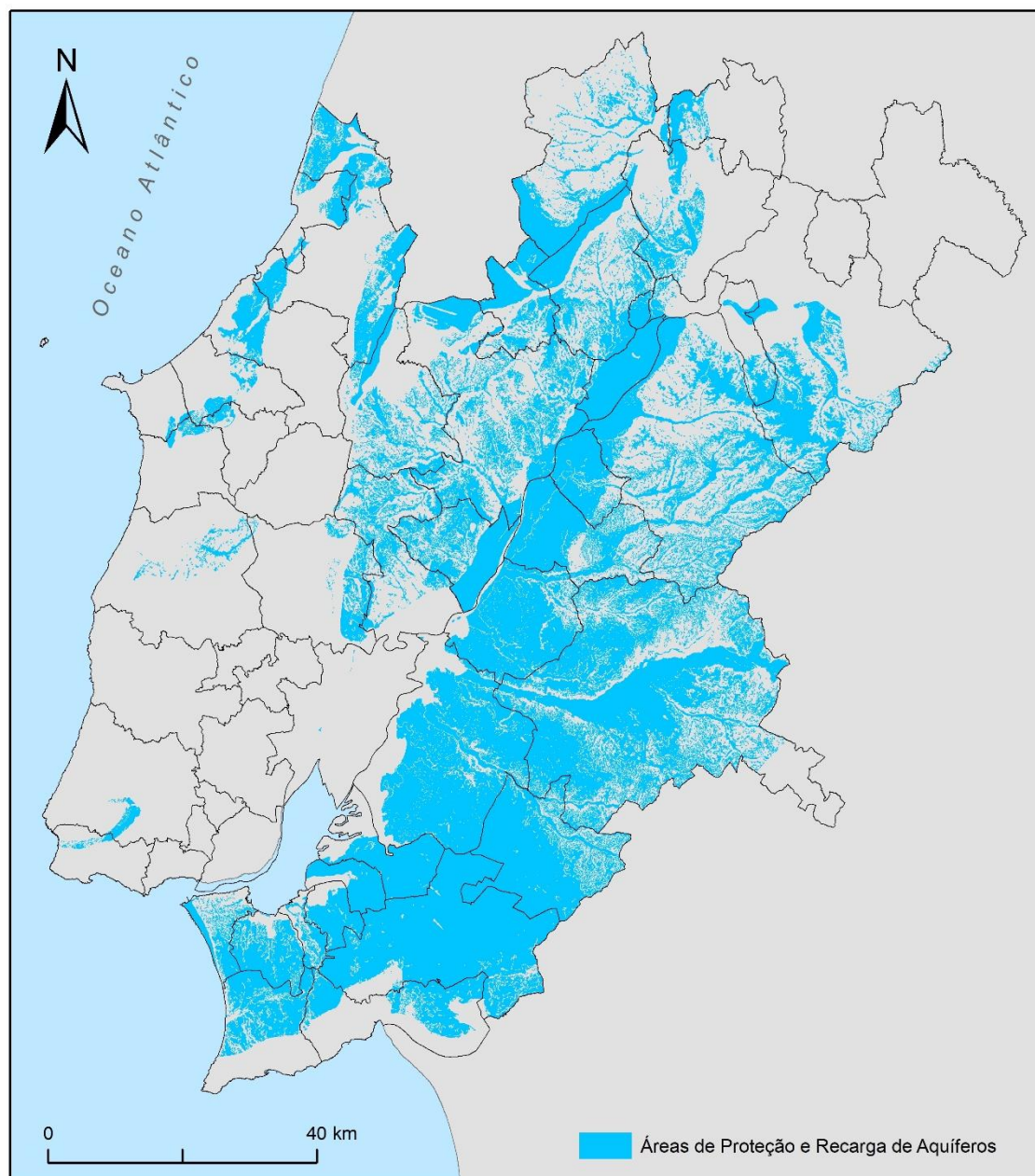


Figura 33 –Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo

Numa posição secundária encontra-se um conjunto de 10 municípios (Alcanena, Alcochete, Almada, Almeirim, Barreiro, Benavente, Cartaxo, Coruche, Moita e Seixal) onde a AEPR varia entre 50% e 80% da área de cada município.

Ainda com uma expressão territorial relevante (entre 20 e 50% do território municipal, encontram-se 14 municípios: Abrantes, Alcobaça, Azambuja, Chamusca, Constância,

Nazaré, Ourém, Rio Maior, Santarém, Sesimbra, Setúbal, Tomar, Torres Novas e Vila Nova da Barquinha.

Nos municípios de Alenquer, Bombarral, Caldas da Rainha, Cascais, Ferreira do Zêzere, Lourinhã, Óbidos, Peniche, Sintra e Torres Vedras a expressão territorial da AEPR varia entre 3% e 20% da área de cada município.

Por fim, nos municípios da Amadora, Arruda dos Vinhos, Cadaval, Lisboa, Loures, Mação, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sardoal, Sobral de Monte Agraço e Vila Franca de Xira, as AEPR são inexistentes ou residuais (0,1% da área do município).

A **Figura 34** mostra a distribuição dos estabelecimentos PRTR (Registo Europeu de Emissões e Transferência de Poluentes), que estão obrigados ao dever de comunicação, das quantidades de emissões e transferências de poluentes e resíduos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 127/2008 de 21 de julho (Diploma PRTR), alterado pelo Decreto-Lei nº 6/2011, de 10 de janeiro.

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) existem 65 atividades PRTR, divididas por 9 grandes setores de atividade:

1. Sector da Energia;
2. Produção e transformação de metais;
3. Indústria de minerais;
4. Indústria química;
5. Gestão dos resíduos e das águas residuais;
6. Produção e transformação de papel e madeira;
7. Produção animal intensiva e aquicultura;
8. Produtos animais e vegetais do sector alimentar e das bebidas;
9. Outras atividades (tais como têxteis, curtumes, tratamento por solventes orgânicos, estaleiros, etc.).

**Tabela 22 – Expressão das Áreas Estratégicas de Proteção e Recarga de Aquíferos e Ameaças nos Municípios da região LVT**

| CONCELHO               | AEPR (km2)    | %           | Edifícios (n) | População (n) | Estab. PRTR (n) |
|------------------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|
| ABRANTES               | 162,1         | 22,7        | 4611          | 9549          | 2               |
| ALCANENA               | 78,4          | 61,6        | 4609          | 9211          | 4               |
| ALCOBAÇA               | 149,1         | 36,5        | 6586          | 12968         | 5               |
| ALCOCHETE              | 86,8          | 67,6        | 3552          | 13930         | 2               |
| ALENQUER               | 40,6          | 13,4        | 2152          | 12807         | 2               |
| ALMADA                 | 36,7          | 52,4        | 19626         | 74730         | 3               |
| ALMEIRIM               | 154,1         | 69,4        | 8876          | 22468         | 3               |
| ALPIARÇA               | 77,6          | 81,3        | 3363          | 7444          | 2               |
| AMADORA                | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| AZAMBUJA               | 78,9          | 30,0        | 4179          | 8768          | 1               |
| BARREIRO               | 18,7          | 51,3        | 5410          | 31204         | 3               |
| BENAVENTE              | 378,7         | 72,6        | 6782          | 20204         | 7               |
| BOMBARRAL              | 6,7           | 7,3         | 427           | 808           | 1               |
| CADAVAL                | 0,2           | 0,1         | 1             | 1             | 0               |
| CALDAS DA RAINHA       | 37,1          | 14,5        | 4998          | 20911         | 0               |
| CARTAXO                | 114,1         | 72,2        | 5652          | 13506         | 3               |
| CASCAIS                | 3,9           | 4,0         | 273           | 1229          | 0               |
| CHAMUSCA               | 311,5         | 41,8        | 2808          | 4714          | 4               |
| CONSTÂNCIA             | 25,5          | 31,7        | 4             | 21            | 0               |
| CORUCHE                | 679,2         | 60,9        | 8559          | 14180         | 5               |
| ENTRONCAMENTO          | 12,6          | 91,6        | 3976          | 19522         | 2               |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 24,6          | 12,9        | 692           | 669           | 0               |
| GOLEGÃ                 | 81,6          | 96,8        | 2339          | 4559          | 0               |
| LISBOA                 | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| LOURES                 | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| LOURINHÃ               | 7,8           | 5,3         | 361           | 572           | 2               |
| MAÇÃO                  | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| MAFRA                  | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| MOITA                  | 41,0          | 74,2        | 10415         | 54808         | 1               |
| MONTIJO                | 293,8         | 84,3        | 10468         | 43476         | 8               |
| NAZARÉ                 | 26,3          | 31,9        | 1178          | 2492          | 0               |
| ÓBIDOS                 | 15,8          | 11,1        | 845           | 1395          | 0               |
| ODIVELAS               | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| OEIRAS                 | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| OURÉM                  | 116,2         | 27,9        | 7105          | 16544         | 0               |
| PALMELA                | 420,3         | 90,4        | 17558         | 50610         | 11              |
| PENICHE                | 3,7           | 4,7         | 253           | 419           | 0               |
| RIO MAIOR              | 83,8          | 30,7        | 4095          | 10206         | 7               |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 198,8         | 81,5        | 9314          | 19550         | 2               |
| SANTARÉM               | 248,7         | 45,0        | 9845          | 21957         | 5               |
| SARDOAL                | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| SEIXAL                 | 70,4          | 73,8        | 24065         | 104108        | 6               |
| SESIMBRA               | 90,2          | 46,1        | 11498         | 28199         | 1               |
| SETÚBAL                | 85,7          | 37,2        | 14322         | 59552         | 18              |
| SINTRA                 | 9,8           | 3,1         | 4381          | 27040         | 3               |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 0,0           | 0,0         | 0             | 0             | 0               |
| TOMAR                  | 70,7          | 20,1        | 6057          | 15606         | 5               |
| TORRES NOVAS           | 131,2         | 48,6        | 7875          | 17672         | 3               |
| TORRES VEDRAS          | 14,1          | 3,5         | 1293          | 3000          | 5               |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 0,3           | 0,1         | 32            | 96            | 0               |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 10,0          | 20,2        | 1650          | 4141          | 0               |
| <b>LVT</b>             | <b>4497,4</b> | <b>36,8</b> | <b>242085</b> | <b>784847</b> | <b>126</b>      |

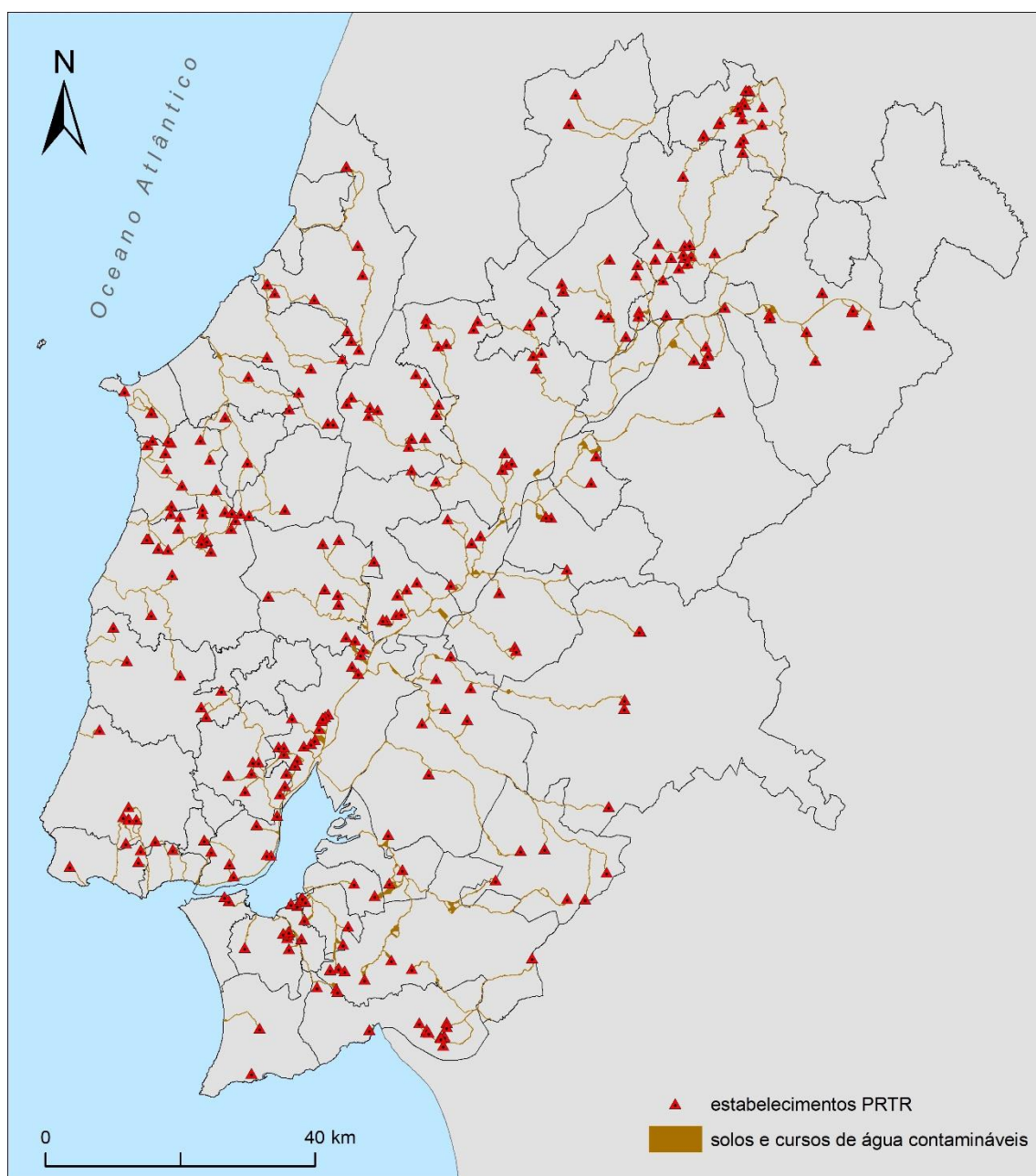


Figura 34 –Solos e cursos de água contamináveis a partir de estabelecimentos PRTR na Região de Lisboa e Vale do Tejo

No total, foram identificados 343 estabelecimentos PRTR (**Tabela 23**), com destaque para os municípios de Ferreira do Zêzere, Setúbal, Torres Vedras e Vila Franca de Xira, onde o número de estabelecimentos por município é superior a 2 dezenas. Numa posição secundária, com um número de estabelecimentos entre 10 e 20, destacam-se

os municípios de Abrantes, Alcobaça, Alenquer, Barreiro, Loures, Lourinhã, Palmela, Rio Maior, Santarém, Tomar, e Torres Novas.

A **Figura 34** mostra também a distribuição dos solos e cursos de água potencialmente contamináveis por acidentes e/ou descargas verificadas em qualquer dos 343 estabelecimentos identificados. A área potencialmente abrangida corresponde a mais de 5.100 hectares e a sua distribuição por município está sumarizada na **Tabela 23**. Vila Franca de Xira e Palmela destacam-se, com 481 e 469 hectares de área afetável, respetivamente. Numa posição secundária, com áreas potencialmente contamináveis entre 175 e 260 hectares encontram-se 9 municípios: Abrantes, Alcochete, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Montijo e Santarém.

**Tabela 23 – Expressão dos Solos e Cursos de Água contamináveis por acidentes em estabelecimentos**

**PRTR nos Municípios da região LVT**

| <b>CONCELHO</b>        | <b>Estab. PRTR totais (n)</b> | <b>solos e cursos de água contamináveis (hectares)</b> |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| ABRANTES               | 10                            | 223,86                                                 |
| ALCANENA               | 4                             | 15,39                                                  |
| ALCOBAÇA               | 10                            | 130,3                                                  |
| ALCOCHETE              | 2                             | 196,75                                                 |
| ALENQUER               | 11                            | 146,19                                                 |
| ALMADA                 | 4                             | 8,75                                                   |
| ALMEIRIM               | 3                             | 80,52                                                  |
| ALPIARÇA               | 2                             | 189,27                                                 |
| AMADORA                | 2                             | 13,77                                                  |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 0                             | 0,13                                                   |
| AZAMBUJA               | 9                             | 235,15                                                 |
| BARREIRO               | 10                            | 29,22                                                  |
| BENAVENTE              | 9                             | 257,91                                                 |
| BOMBARRAL              | 2                             | 40,79                                                  |
| CADAVAL                | 3                             | 25,28                                                  |
| CALDAS DA RAINHA       | 6                             | 74,76                                                  |
| CARTAXO                | 4                             | 172,22                                                 |
| CASCAIS                | 3                             | 26,76                                                  |
| CHAMUSCA               | 7                             | 190,91                                                 |
| CONSTÂNCIA             | 1                             | 11,14                                                  |
| CORUCHE                | 5                             | 89,23                                                  |
| ENTRONCAMENTO          | 2                             | 76,33                                                  |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 20                            | 120,77                                                 |
| GOLEGÃ                 | 0                             | 50,2                                                   |
| LISBOA                 | 6                             | 65,58                                                  |
| LOURES                 | 11                            | 81,27                                                  |
| LOURINHÃ               | 12                            | 78,08                                                  |
| MAÇÃO                  | 0                             | 0                                                      |
| MAFRA                  | 8                             | 45,61                                                  |
| MOITA                  | 1                             | 123,98                                                 |
| MONTIJO                | 9                             | 179,33                                                 |
| NAZARÉ                 | 0                             | 13,91                                                  |
| ÓBIDOS                 | 2                             | 44,1                                                   |
| ODIVELAS               | 0                             | 0                                                      |
| OEIRAS                 | 1                             | 39,51                                                  |
| OURÉM                  | 2                             | 50,98                                                  |
| PALMELA                | 11                            | 469,06                                                 |
| PENICHE                | 3                             | 49,39                                                  |
| RIO MAIOR              | 14                            | 79,13                                                  |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 3                             | 100,26                                                 |
| SANTARÉM               | 16                            | 207,88                                                 |
| SARDOAL                | 0                             | 0                                                      |
| SEIXAL                 | 9                             | 69,62                                                  |
| SESIMBRA               | 2                             | 19,65                                                  |
| SETÚBAL                | 24                            | 76,31                                                  |
| SINTRA                 | 8                             | 96,22                                                  |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 0                             | 0,73                                                   |
| TOMAR                  | 13                            | 120,8                                                  |
| TORRES NOVAS           | 10                            | 88,54                                                  |
| TORRES VEDRAS          | 22                            | 129,82                                                 |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 25                            | 481,39                                                 |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 2                             | 26,47                                                  |
| <b>LVT</b>             | <b>343</b>                    | <b>5143,2</b>                                          |

## 9.5 Ameaças Potenciais à Qualidade dos Recursos Hídricos

A análise a potenciais ameaças à qualidade dos recursos hídricos foi efetuada para os aquíferos, a partir da interseção das Áreas Estratégicas de Proteção e Recarga de Aquíferos com os edifícios e população residente (**Figura 35; Tabela 22**) e com os estabelecimentos PRTP (**Figura 36; Tabela 23**), suscetíveis de geral degradação e/ou contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, em caso de acidente ou derrame.

Existem 242.085 edifícios situados em AEPR na Região de LVT, a que corresponde uma população residente estimada de 784.847 indivíduos.

Os municípios de Almada, Moita, Montijo, Palmela, Seixal e Setúbal destacam-se pelo número elevado de edifícios e pelos quantitativos de população residente em AEPR. O município de Santarém destaca-se também no caso do número de edifícios, sendo acompanhado pelo Barreiro no caso da população residente.

Do total de estabelecimentos PRTR existentes na Região de LVT (343), 126 localizam-se em AEPR. Os municípios de Setúbal e Palmela destacam-se dos restantes com 18 e 11 estabelecimentos, respetivamente. Numa posição secundária, com número de estabelecimentos PRTR em AEPR entre 5 e 8 encontram-se 9 municípios: Alcobaça, Benavente, Coruche, Montijo, Rio Maior, Santarém, Seixal, Tomar e Torres Vedras.

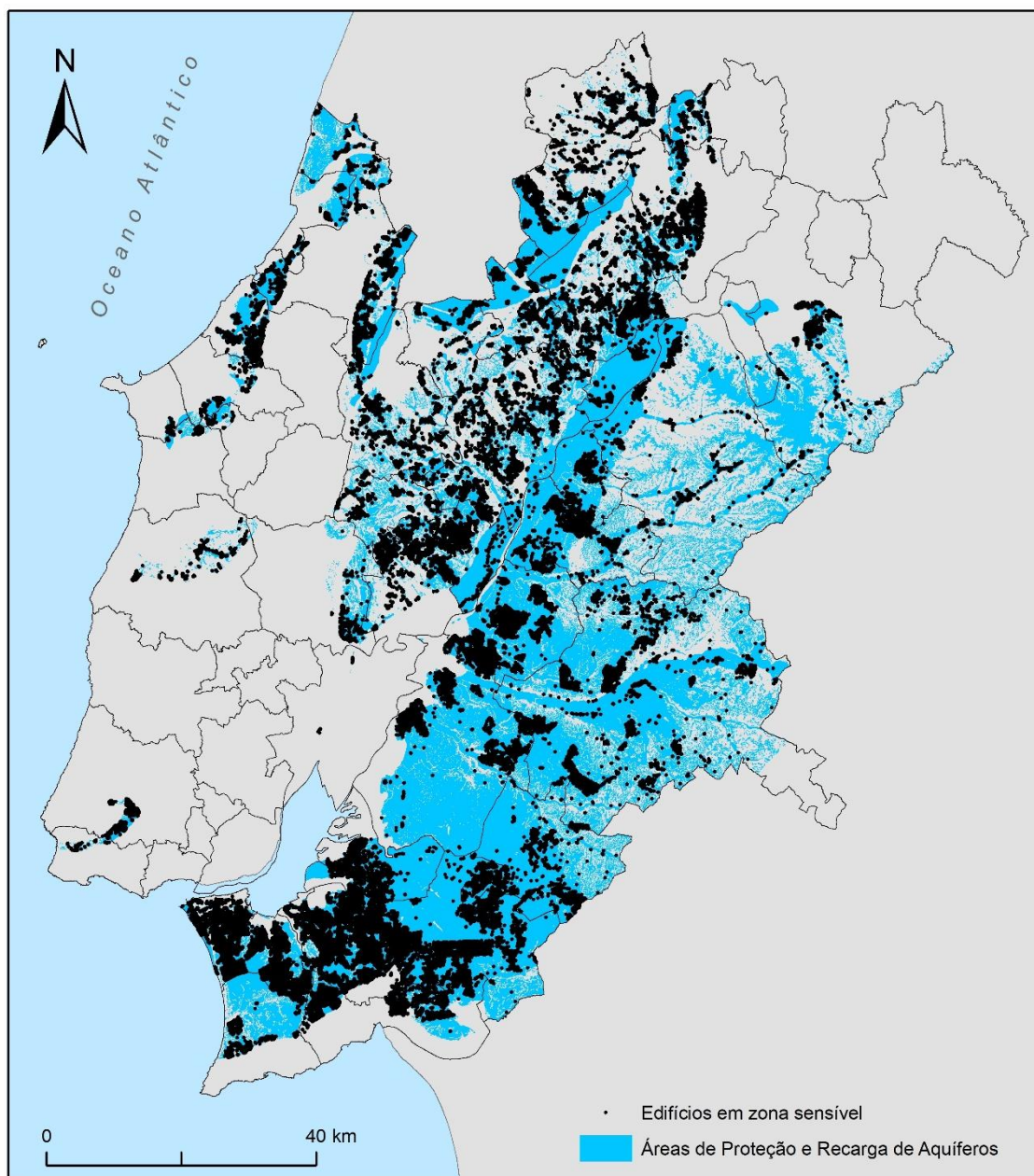


Figura 35 –Edifícios em Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo

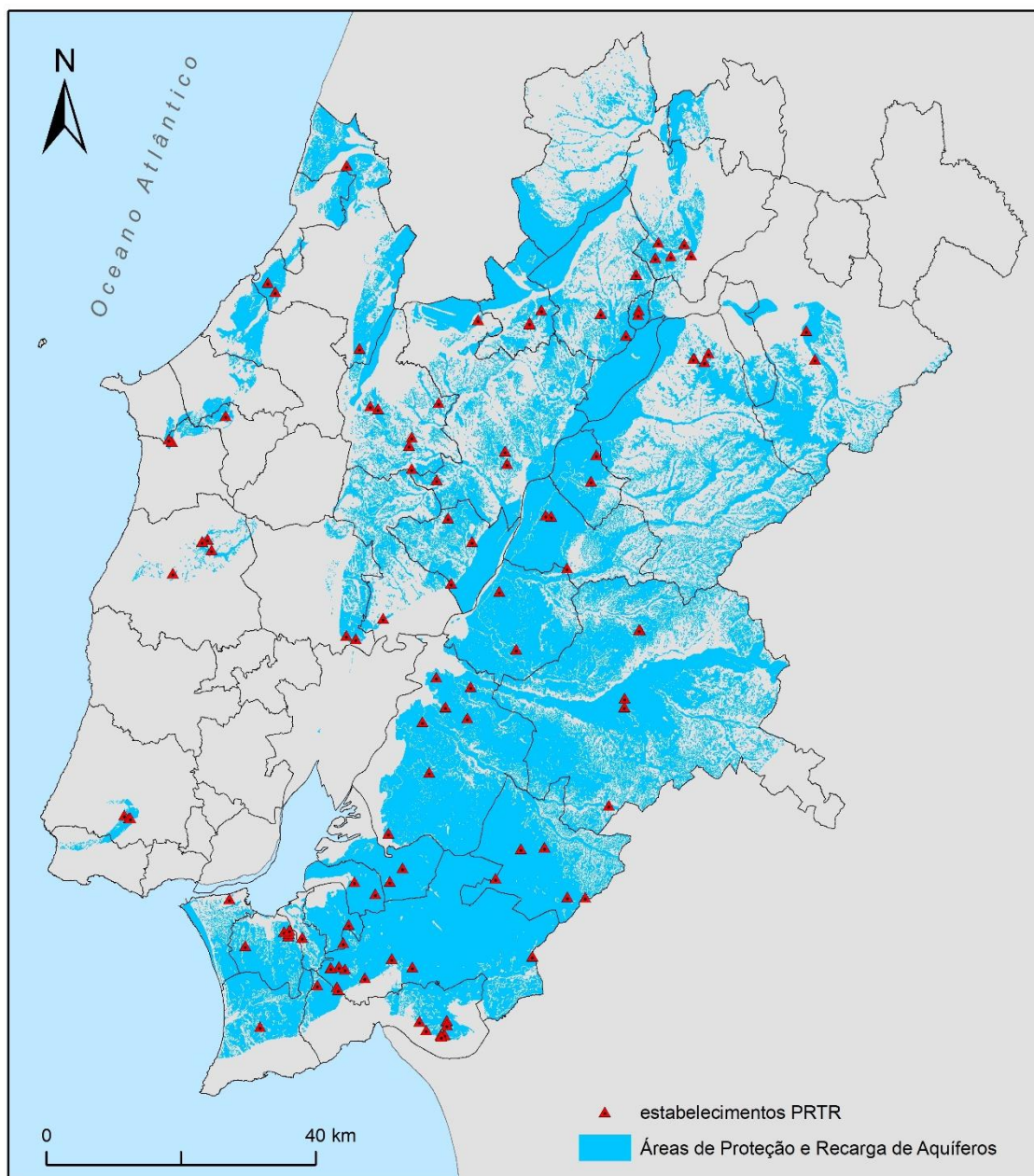


Figura 36 –Estabelecimentos PRTP em Áreas de Proteção e Recarga de Aquíferos na Região de Lisboa e Vale do Tejo

## 10. Cheias e Inundações

### 10.1 Enquadramento

As cheias são fenómenos naturais extremos e temporários, quase sempre provocados por precipitações excessivas que fazem aumentar o caudal dos cursos de água, originando o transbordo do leito ordinário e a inundação das margens e áreas circunvizinhas, que se encontram frequentemente ocupadas por atividades humanas.

Na região de Lisboa e Vale do Tejo, as cheias podem ser desencadeadas por: (i) períodos chuvosos que se prolongam por várias semanas, diminuindo drasticamente o efeito regularizador das barragens, que podem potenciar picos de cheia com as respetivas descargas; (ii) episódios de precipitação muito intensa e concentrada em algumas horas.

No primeiro caso, as cheias são do tipo progressivo e verificam-se no Rio Tejo que, durante as cheias de maior magnitude, invade os fundos de vale dos seus afluentes originando o fenómeno das “cheias de jusante”. O carácter progressivo destas cheias permite acionar, em devido tempo, os sistemas de alerta, possibilitando à população salvar os seus bens e diminuir o grau de risco. Estas cheias originam cortes de diversas estradas nacionais e municipais, interrupção da circulação ferroviária, alagamento de campos agrícolas e isolamento de populações. No entanto, a cheia do Tejo é um fenómeno conhecido das populações ribeirinhas, que desenvolveram estratégias de adaptação bem conseguidas às inundações de baixa-média magnitude.

No segundo caso, ocorrem cheias rápidas, as quais afetam bacias hidrográficas com pequena e média dimensão e com tempo de concentração limitado, que podem ser mortíferas, especialmente nas áreas densamente urbanizadas e com ocupação indevida dos leitos de cheia. Este tipo de cheia pode interromper períodos secos, sendo de difícil

previsão e, como aparece de forma repentina, torna muito difícil o acionamento de sistemas de alerta, pelo que é particularmente importante o correto ordenamento das áreas ribeirinhas no sentido de minimizar o grau de risco a elas associado.

Adicionalmente, podem verificar-se cheias por rutura de barragens, que constituem um risco tecnológico com probabilidade de ocorrência muito baixa, que saem fora do âmbito deste trabalho.

## 10.2 Metodologia

A avaliação da suscetibilidade a cheias teve em consideração a documentação disponível a partir de trabalhos anteriores, nomeadamente: (i) as zonas ameaçadas pelas cheias delimitadas no âmbito do Quadro Regional da Reserva Ecológica Nacional da AML; (ii) as zonas inundáveis definidas nos Planos de Gestão dos Riscos de Inundações, disponibilizadas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA); (iii) a delimitação da inundação associada à cheia de 1979 no rio Tejo e a delimitação da cheia centenária na zona do estuário do Sado, produzidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC); (iv) a extensão da inundação no estuário do Tejo proposta por Guerreiro et al. (2015), com base em modelação hidrodinâmica; e (v) um conjunto de zonas ameaçadas pelas cheias traçadas ao nível municipal, no âmbito da delimitação da Reserva Ecológica Nacional. Foram ainda identificadas lagoas e albufeiras como corpos de água permanente.

Quanto aos processos de cheia, foram distinguidas as situações de cheia progressiva, associada aos principais cursos de água da região (e.g. rio Tejo), dos casos de cheia rápida, que ocorrem em bacias hidrográficas de pequena e média dimensão. Foram ainda consideradas separadamente as inundações de estuário, nos rios Tejo e Sado.

A identificação das linhas de água com maior propensão para a geração de cheias foi realizada com recurso ao método descrito em Reis (2011), bem como em diversa literatura científica nacional e internacional. Segundo o modelo adotado, as variáveis

condicionantes descritivas da área de drenagem acumulada, do declive e da permeabilidade relativa são recolhidas em formato matricial para a totalidade das bacias drenantes. Seguidamente, por Análise Multicritério e segundo um processo iterativo – que inclui a sua validação no terreno e por evidências históricas –, é aferida a ponderação a utilizar no modelo final de suscetibilidade dos cursos de água para a ocorrência de cheias. Para estes cursos de água assim identificados, no pormenor, a delimitação das áreas inundáveis por cheias considerou a área contígua às margens dos cursos de água que se estende até à linha alcançada pela cheia máxima, interpretada através de critérios geomorfológicos, apoiados em informação topográfica, pedológica e interpretação de ortofotomapas digitais.

A delimitação apresentada para as zonas suscetíveis a cheias está ajustada à escala regional e não deve ser interpretada a escalas de maior detalhe.

A avaliação da exposição ao risco de cheias foi efetuada para vias, edifícios e população residente, considerando como zona perigosa de referência as áreas de suscetibilidade previamente identificadas.

### 10.3 Análise da Suscetibilidade

Na Região de LVT, as áreas de suscetibilidade a cheias totalizam 1656,1 km<sup>2</sup> (**Tabela 24**), correspondendo a maior parte a áreas suscetíveis a cheias progressivas (44,3%) associadas ao vale do rio Tejo. As áreas suscetíveis a processos de cheia rápida correspondem a 28,6% da área total de suscetibilidade (473,7 km<sup>2</sup>). Destaca-se ainda a elevada área suscetível a inundação de estuário (415,9 km<sup>2</sup>), correspondente aos estuários dos rios Tejo e Sado, que inclui o leito dos respetivos rios, para além das margens sujeitas a inundação.

Tabela 24 – Tipologia de áreas suscetíveis a cheias no território Lisboa e Vale do Tejo

| <b>Tipo de suscetibilidade a cheia</b> | <b>km2</b>    | <b>%</b>     |
|----------------------------------------|---------------|--------------|
| Cheia progressiva                      | 733,1         | 44,3         |
| Cheia rápida                           | 473,7         | 28,6         |
| Inundação de estuário                  | 415,9         | 25,1         |
| Albufeira                              | 26,1          | 1,6          |
| Lagoa                                  | 7,3           | 0,4          |
| <b>Total</b>                           | <b>1656,1</b> | <b>100,0</b> |

Se for considerada a totalidade da área dos 52 municípios que compõem a Região de LVT (12216,4 km<sup>2</sup>), a área de suscetibilidade a cheias progressivas e cheias rápidas corresponde, respetivamente, a 6 % e a 3,9 % do território.

A **Figura 37** ilustra a distribuição da suscetibilidade a cheias no território de Lisboa e Vale do Tejo. As cheias progressivas, ou lentas, são processos de inundação de origem fluvial característicos das grandes bacias hidrográficas. Na área em estudo, a suscetibilidade a cheias progressivas ocorre sobretudo associada ao rio Tejo. Nas últimas décadas, a ocorrência de grandes cheias no Tejo encontra-se condicionada pela regularização introduzida pelas barragens (no caso do Vale do Tejo, essencialmente das barragens de Alcântara e Castelo do Bode). Quando ocorrem, as cheias do rio Tejo afetam igualmente os setores vestibulares das pequenas e médias bacias dos rios seus tributários, num processo hidrológicamente designado de “cheias de jusante”. As cheias rápidas ocorrem em bacias cujo tempo de concentração é reduzido, e em resposta a episódios curtos de precipitação intensa. Ocorrem nos já referidos tributários do rio Tejo, nos cursos de água das bacias designadas comumente por Ribeiras do Oeste (na fachada Atlântica a norte do Cabo da Roca), nas bacias que drenam a Península de Setúbal e nas pequenas bacias de percurso sobretudo urbano que atravessam os municípios de Cascais, Oeiras, Amadora e Lisboa. Em outro contexto, as inundações verificadas nos estuários dos rios Tejo e Sado afetam essencialmente os municípios da Península de Setúbal.

A **Figura 37** salienta ainda a principal albufeira de Lisboa e Vale do Tejo – a albufeira da Barragem de Castelo de Bode, no rio Zêzere – que, na área em análise, cobre porções dos territórios de Abrantes, Ferreira do Zêzere e Tomar. Finalmente, individualiza-se a última tipologia considerada (lagoas), representada pela Lagoa de Albufeira no

município de Sesimbra e pela Lagoa de Óbidos que, para além das águas do mar, recebe ainda o escoamento dos rios Arnóia, Cal e Real, cujas bacias cobrem parte dos municípios de Caldas da Rainha e Óbidos.

A **Figura 38** mostra a proporção do território municipal com suscetibilidade a cheias. Os municípios da Golegã e de Vila Franca de Xira destacam-se pelas elevadas proporções das suas áreas com suscetibilidade a cheias (80,3% e 68,3%, respetivamente), com predominância da tipologia de cheias progressivas (**Tabela 25**).

Com entre 25 e 50% do território suscetível a cheias, identificam-se os municípios de Alcochete, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo e Moita. Num terceiro nível de suscetibilidade – entre 10 e 20% da área – listam-se os municípios de Almeirim, Constância, Loures, Óbidos, Odivelas, Nazaré, Salvaterra de Magos, Santarém e Seixal. Num quarto nível de suscetibilidade a cheias, com entre 5 e 10% da área, situam-se os municípios de Abrantes, Alcobaça, Alenquer, Barreiro, Bombarral, Caldas da Rainha, Chamusca, Coruche, Lisboa, Mafra, Montijo, Oeiras, Palmela, Peniche, Setúbal, Tomar, Torres Novas, Torres Vedras e Vila Nova da Barquinha. Finalmente, em contexto de reduzida suscetibilidade – inferior a 5% da área do município – encontram-se os municípios de Amadora, Alcanena, Almada, Arruda dos Vinhos, Cadaval, Cascais, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Lourinhã, Mação, Ourém, Rio Maior, Sardoal, Sesimbra, Sintra e Sobral de Monte Agraço.

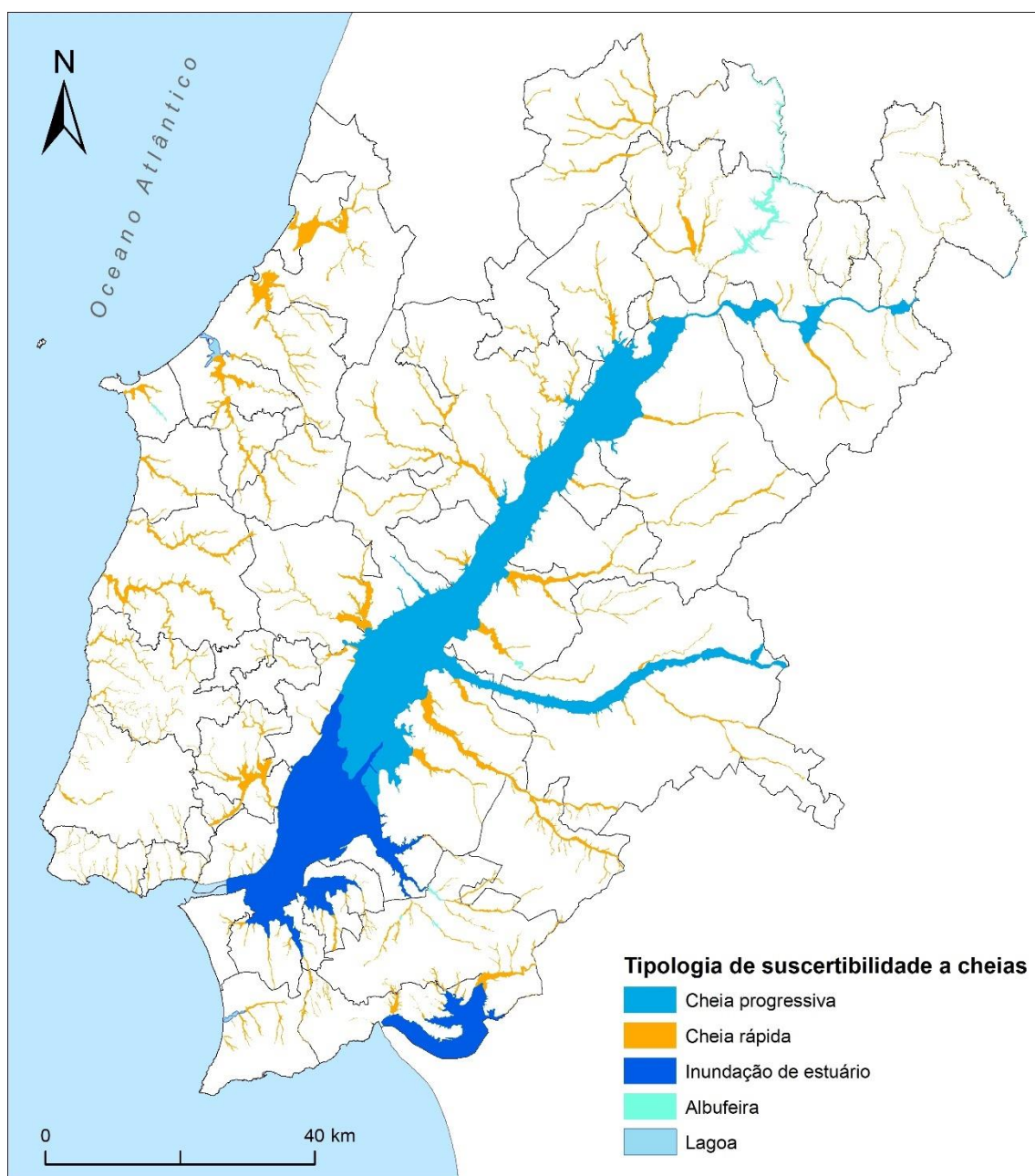


Figura 37 –Suscetibilidade a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo

A tipologia de cheia progressiva tem maior expressão, para além dos já referidos municípios de Golegã e Vila Franca de Xira, nos municípios adjacentes ao vale do rio Tejo. A tipologia de cheia rápida tem maior expressão percentual nos municípios de Loures, Nazaré e Odivelas, com valores ligeiramente superiores a 10% do território municipal (**Tabela 25**).

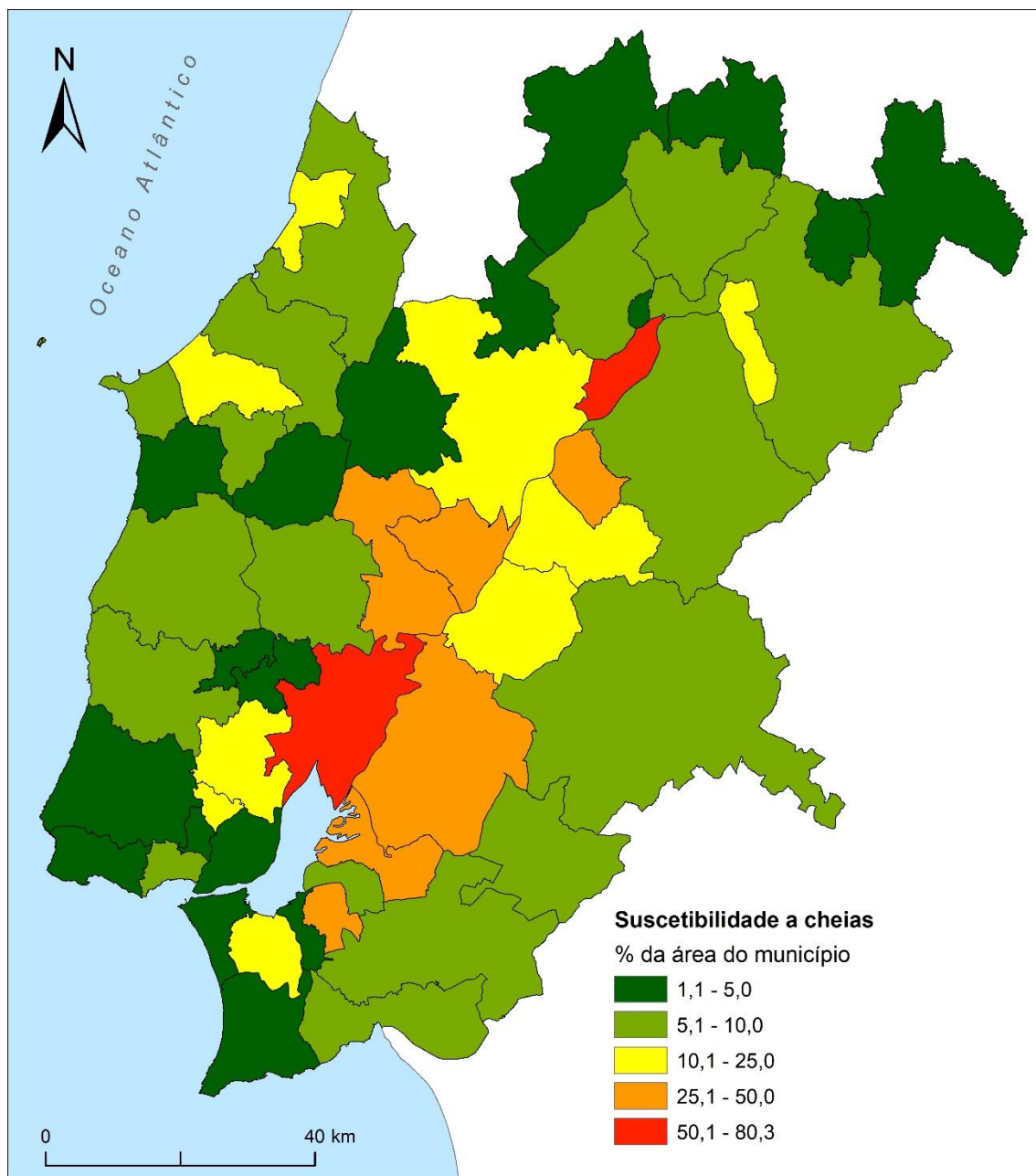


Figura 38 –Suscetibilidade a cheias nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 25 – Tipologia de áreas suscetíveis a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo

| Município              | Área município<br>(km <sup>2</sup> ) | Cheia progressiva |             | Cheia rápida    |             | Inundação de estuário |             | albufeira       |             | lagoa           |             | Áreas suscetíveis a cheias |              |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------------|--------------|
|                        |                                      | km <sup>2</sup>   | %           | km <sup>2</sup> | %           | km <sup>2</sup>       | %           | km <sup>2</sup> | %           | km <sup>2</sup> | %           | km <sup>2</sup>            | %            |
| ABRANTES               | 714,69                               | 27,57             | 3,86        | 13,70           | 1,92        | 0,00                  | 0,00        | 8,65            | 1,21        | 0,00            | 0,00        | 49,92                      | 6,99         |
| ALCANENA               | 127,33                               | 0,00              | 0,00        | 1,86            | 1,46        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 1,86                       | 1,46         |
| ALCOBAÇA               | 408,14                               | 0,00              | 0,00        | 23,63           | 5,79        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 23,63                      | 5,79         |
| ALCOCHETE              | 128,36                               | 0,00              | 0,00        | 0,20            | 0,15        | 53,84                 | 41,94       | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 54,04                      | 42,10        |
| ALENQUER               | 304,22                               | 7,13              | 2,34        | 16,28           | 5,35        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 23,41                      | 7,69         |
| ALMADA                 | 70,01                                | 0,00              | 0,00        | 0,74            | 1,06        | 0,48                  | 0,68        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 1,22                       | 1,75         |
| ALMEIRIM               | 222,12                               | 36,69             | 16,52       | 5,91            | 2,66        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 42,59                      | 19,17        |
| ALPIARÇA               | 95,36                                | 30,34             | 31,82       | 2,20            | 2,31        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 32,54                      | 34,12        |
| AMADORA                | 23,78                                | 0,00              | 0,00        | 0,27            | 1,16        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,27                       | 1,16         |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 77,96                                | 0,00              | 0,00        | 1,12            | 1,44        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 1,12                       | 1,44         |
| AZAMBUJA               | 262,66                               | 63,27             | 24,09       | 9,45            | 3,60        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 72,72                      | 27,69        |
| BARREIRO               | 36,39                                | 0,00              | 0,00        | 0,87            | 2,39        | 1,26                  | 3,47        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 2,13                       | 5,86         |
| BENAVENTE              | 521,38                               | 91,31             | 17,51       | 31,81           | 6,10        | 21,05                 | 4,04        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 144,17                     | 27,65        |
| BOMBARRAL              | 91,29                                | 0,00              | 0,00        | 7,89            | 8,65        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 7,89                       | 8,65         |
| CADAVAL                | 174,89                               | 0,00              | 0,00        | 7,15            | 4,09        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 7,15                       | 4,09         |
| CALDAS DA RAINHA       | 255,69                               | 0,00              | 0,00        | 14,14           | 5,53        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 3,57            | 1,40        | 17,71                      | 6,93         |
| CARTAXO                | 158,17                               | 58,29             | 36,85       | 2,50            | 1,58        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 60,79                      | 38,43        |
| CASCAIS                | 97,40                                | 0,00              | 0,00        | 4,52            | 4,64        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 4,52                       | 4,64         |
| CHAMUSCA               | 746,01                               | 55,66             | 7,46        | 16,16           | 2,17        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 71,82                      | 9,63         |
| CONSTÂNCIA             | 80,37                                | 7,78              | 9,68        | 0,74            | 0,92        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 8,52                       | 10,60        |
| CORUCHE                | 1115,72                              | 63,52             | 5,69        | 20,37           | 1,83        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 83,89                      | 7,52         |
| ENTRONCAMENTO          | 13,73                                | 0,00              | 0,00        | 0,31            | 2,23        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,31                       | 2,23         |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 190,38                               | 0,00              | 0,00        | 1,02            | 0,54        | 0,00                  | 0,00        | 5,76            | 3,02        | 0,00            | 0,00        | 6,78                       | 3,56         |
| GOLEGÃ                 | 84,32                                | 67,69             | 80,28       | 0,01            | 0,01        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 67,70                      | 80,30        |
| LISBOA                 | 100,05                               | 0,00              | 0,00        | 2,80            | 2,80        | 2,23                  | 2,22        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 5,03                       | 5,03         |
| LOURES                 | 167,24                               | 0,01              | 0,01        | 18,50           | 11,06       | 2,11                  | 1,26        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 20,61                      | 12,33        |
| LOURINHÃ               | 147,17                               | 0,00              | 0,00        | 5,95            | 4,04        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 5,95                       | 4,04         |
| MAÇÃO                  | 399,98                               | 2,24              | 0,56        | 7,04            | 1,76        | 0,00                  | 0,00        | 0,58            | 0,15        | 0,00            | 0,00        | 9,87                       | 2,47         |
| MAFRA                  | 291,65                               | 0,00              | 0,00        | 16,33           | 5,60        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 16,33                      | 5,60         |
| MOITA                  | 55,26                                | 0,00              | 0,00        | 3,02            | 5,46        | 15,09                 | 27,30       | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 18,10                      | 32,76        |
| MONTIJO                | 348,62                               | 0,00              | 0,00        | 16,83           | 4,83        | 8,43                  | 2,42        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 25,26                      | 7,24         |
| NAZARÉ                 | 82,43                                | 0,00              | 0,00        | 10,51           | 12,76       | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 10,51                      | 12,76        |
| ÓBIDOS                 | 141,55                               | 0,00              | 0,00        | 12,08           | 8,54        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 2,21            | 1,56        | 14,29                      | 10,09        |
| ODIVELAS               | 26,54                                | 0,00              | 0,00        | 3,07            | 11,57       | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 3,07                       | 11,57        |
| OEIRAS                 | 45,88                                | 0,00              | 0,00        | 2,58            | 5,62        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 2,58                       | 5,62         |
| OURÉM                  | 416,68                               | 0,00              | 0,00        | 20,45           | 4,91        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 20,45                      | 4,91         |
| PALMELA                | 465,12                               | 0,00              | 0,00        | 21,36           | 4,59        | 3,61                  | 0,78        | 1,71            | 0,37        | 0,00            | 0,00        | 26,68                      | 5,74         |
| PENICHE                | 77,55                                | 0,00              | 0,00        | 3,92            | 5,05        | 0,00                  | 0,00        | 0,79            | 1,02        | 0,00            | 0,00        | 4,71                       | 6,07         |
| RIO MAIOR              | 272,76                               | 0,00              | 0,00        | 13,02           | 4,77        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 13,02                      | 4,77         |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 243,93                               | 27,57             | 11,30       | 18,22           | 7,47        | 0,00                  | 0,00        | 0,90            | 0,37        | 0,00            | 0,00        | 46,70                      | 19,14        |
| SANTARÉM               | 552,54                               | 42,35             | 7,66        | 22,40           | 4,05        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 64,75                      | 11,72        |
| SARDOAL                | 92,15                                | 0,00              | 0,00        | 1,99            | 2,16        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 1,99                       | 2,16         |
| SEIXAL                 | 95,45                                | 0,00              | 0,00        | 3,33            | 3,49        | 10,71                 | 11,22       | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 14,03                      | 14,70        |
| SESIMBRA               | 195,72                               | 0,00              | 0,00        | 7,30            | 3,73        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 1,48            | 0,76        | 8,78                       | 4,49         |
| SETÚBAL                | 230,33                               | 0,00              | 0,00        | 8,59            | 3,73        | 13,70                 | 5,95        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 22,29                      | 9,68         |
| SINTRA                 | 319,23                               | 0,00              | 0,00        | 5,81            | 1,82        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 5,81                       | 1,82         |
| SOBRAL DE MONTE AGRÃO  | 52,10                                | 0,00              | 0,00        | 0,94            | 1,81        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,94                       | 1,81         |
| TOMAR                  | 351,20                               | 0,00              | 0,00        | 17,28           | 4,92        | 0,00                  | 0,00        | 7,72            | 2,20        | 0,00            | 0,00        | 24,99                      | 7,12         |
| TORRES NOVAS           | 270,00                               | 5,28              | 1,96        | 9,30            | 3,45        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 14,59                      | 5,40         |
| TORRES VEDRAS          | 407,15                               | 0,00              | 0,00        | 30,67           | 7,53        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 30,67                      | 7,53         |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 318,19                               | 144,27            | 45,34       | 5,25            | 1,65        | 67,66                 | 21,26       | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 217,18                     | 68,25        |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 49,53                                | 2,15              | 4,34        | 1,51            | 3,04        | 0,00                  | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 3,66                       | 7,38         |
| <b>LVT</b>             | <b>12216,40</b>                      | <b>733,13</b>     | <b>6,00</b> | <b>472,92</b>   | <b>3,87</b> | <b>200,16</b>         | <b>1,64</b> | <b>26,12</b>    | <b>8,33</b> | <b>7,26</b>     | <b>0,06</b> | <b>1439,58</b>             | <b>11,78</b> |

## 10.4 Análise da Exposição

Todas as áreas de suscetibilidade a cheias, independentemente da sua tipologia – progressiva, rápida e inundação de estuário– foram consideradas para a análise da exposição ao risco de cheias. Assim, considera-se como área de suscetibilidade a cheias no território de Lisboa e Vale do Tejo uma extensão de 1439,6 km<sup>2</sup> que equivale a 11,8% da área total da Região LVT. Existindo suscetibilidade a cheias e exposição, assume-se que existe uma situação de risco cuja recorrência não é, contudo, estimada. Por este motivo, a população residente, os edifícios e os troços da rede rodoviária sobrepostos com áreas de suscetibilidade são referidos na análise como estando em risco de cheia.

Os edifícios expostos ao risco de cheia estão representados na **Figura 39**. Como referido, através de distribuição dissimétrica da população residente pelos edifícios da BGE, foi possível estimar o número de residentes em áreas de risco, cujos dados estão sintetizados na **Tabela 26**.

No total, foram identificados mais de 26 mil edifícios residenciais situados em áreas de suscetibilidade a cheias. Por ordem decrescente, os municípios de Abrantes, Lisboa, Golegã, Setúbal, Benavente, Odivelas, Torres Vedras, Salvaterra de Magos e Vila Franca de Xira são os que apresentam maior número de edifícios expostos, todos acima de 1000 edifícios. Verifica-se que os 52 municípios têm todos um ou mais edifícios expostos a cheias. No entanto, quando se analisa a população residente exposta, verifica-se que alguns edifícios – tendo exclusiva ou parcialmente a função residencial –, apresentam-se desocupados. No entanto todos os 52 municípios têm população exposta a cheias, que ascende a um total estimado acima de 115 mil residentes. De entre eles, destacam-se Lisboa, Setúbal e Odivelas, com um número estimado de residentes expostos superior a 10 mil. No caso das cheias progressivas, destacam-se os municípios de Benavente, Abrantes, Golegã, Azambuja, Salvaterra de Magos e Almeirim, cada um com mais de mil residentes expostos. Quando às cheias rápidas e inundações urbanas que as acompanham realçam-se os municípios de Lisboa, Setúbal, Odivelas e Sintra, cada um com mais de 5 mil residentes expostos.

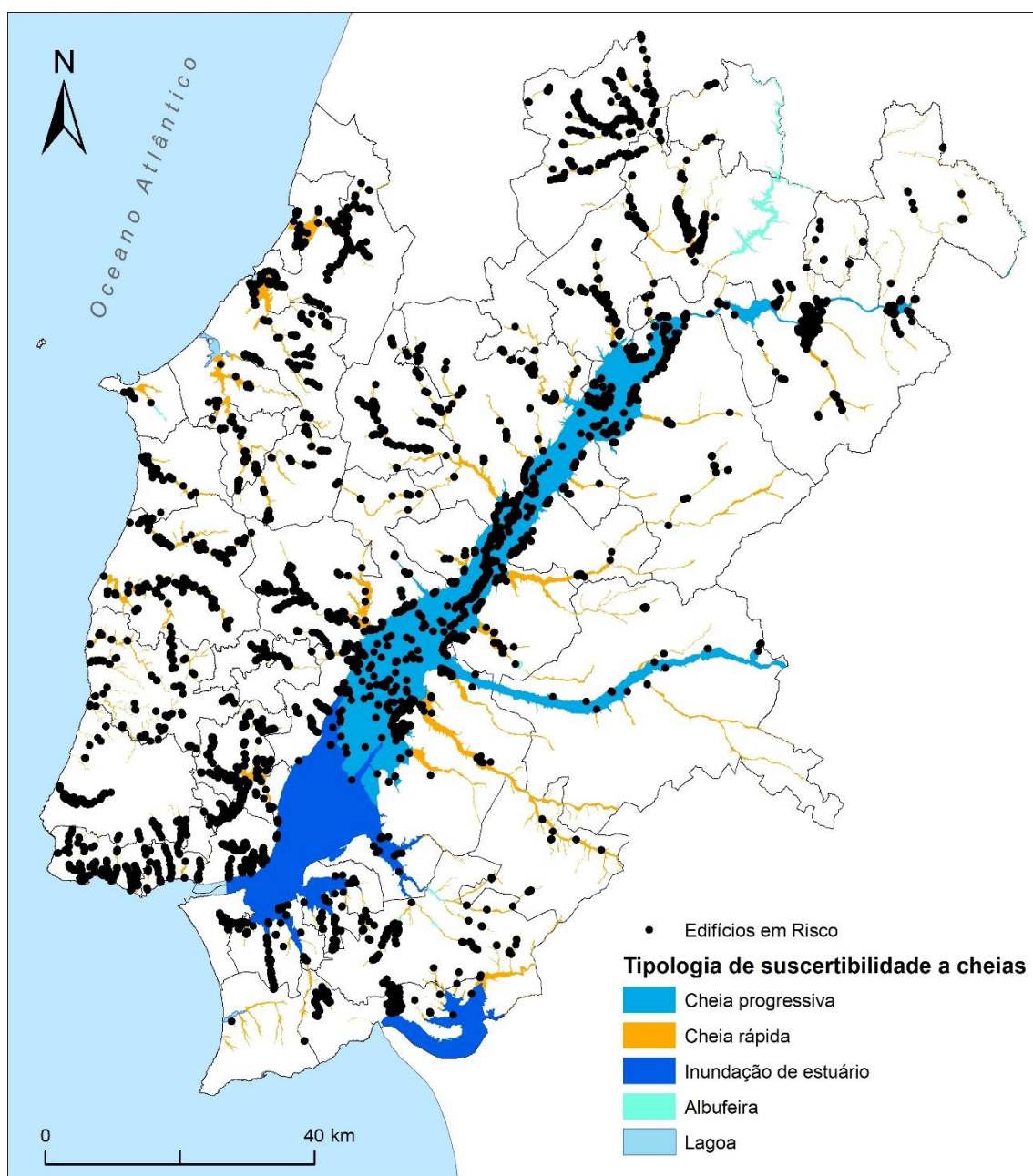


Figura 39 –Edifícios em risco de cheia no território de Lisboa e Vale do Tejo

As vias expostas a cheias estão representadas na **Figura 40** e a distribuição por município está sumarizada na **Tabela 26**. Deve-se reconhecer que algumas das vias identificadas que atravessam o vale do rio Tejo, mas não só, sobretudo as autoestradas construídas sobre aterros ou pilares elevados (como é o caso da A10 e A13, por exemplo) dificilmente verão o seu tráfego afetado em situação de cheia. Não obstante, numa

atitude precaucionaria, tal contabilidade deve ser mantida em face dos danos que o escoamento pode provocar sobre as infraestruturas ao longo do tempo.

Sendo a Lezíria do Tejo uma das principais áreas de suscetibilidade na Região de Lisboa e Vale do Tejo, os seus municípios ribeirinhos são aqueles que apresentam maior extensão de via rodoviária sobreposta, acima de 30 km: Lisboa (43,3 km), Loures (42,5 km), Vila Franca de Xira (36,1 km), Santarém (33,5 km) Torres Vedras (33,4 km), Golegã (31,1 km) e Alenquer (30,2 km). No outro extremo da hierarquia, os municípios de Alcanena, Ferreira do Zêzere e Entroncamento são aqueles com menor extensão de rede rodoviária afetada (inferior a 1 km).

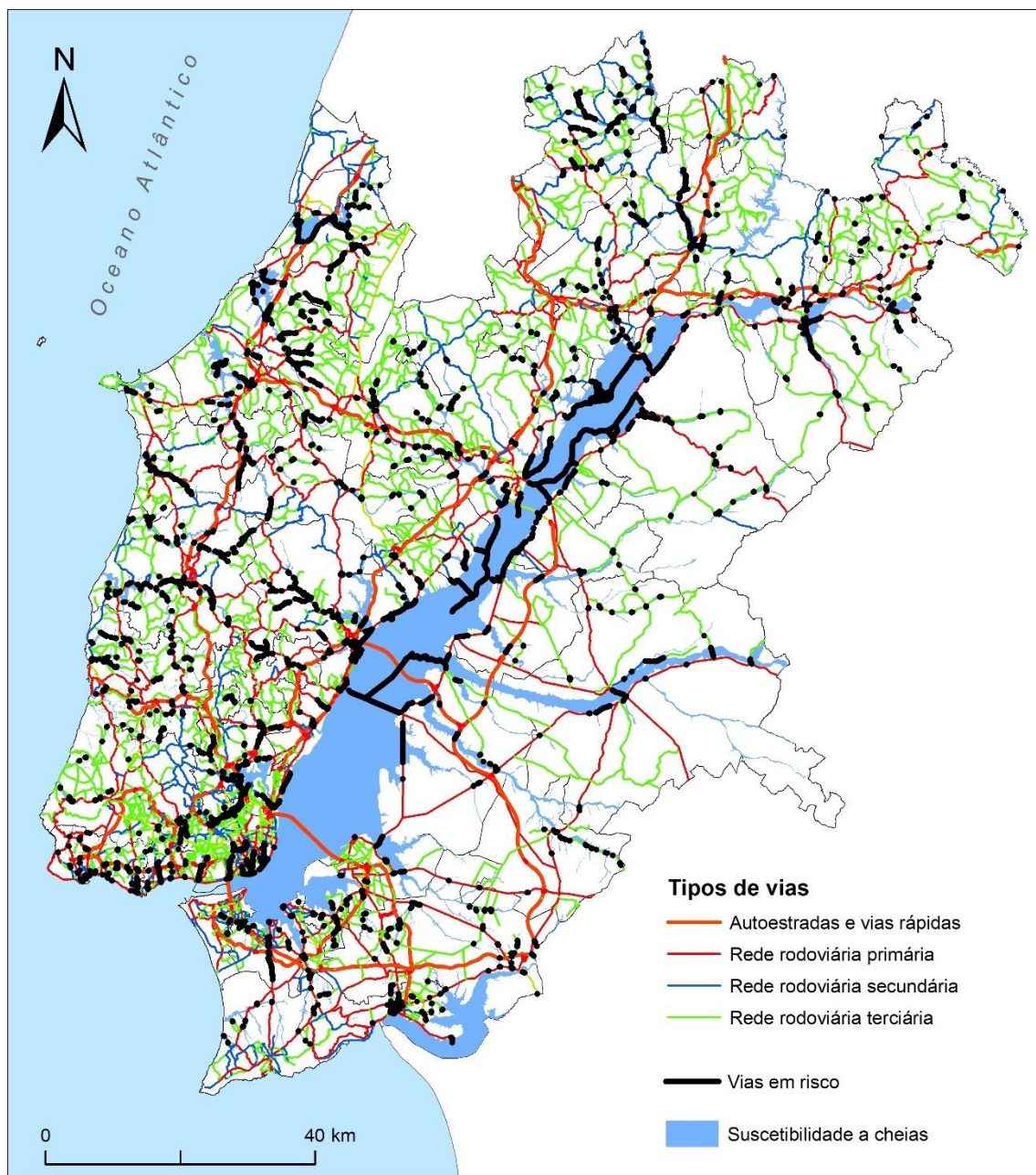


Figura 40 –Vias em risco de cheia no território de Lisboa e Vale do Tejo

Tabela 26 - Edifícios, residentes e vias expostos a suscetibilidade a cheias na Região de Lisboa e Vale do Tejo

| Município              | Edifícios           |                |                    |              | Residentes          |                |                    |               | Vias (km)    |
|------------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------|
|                        | Cheias progressivas | Cheias rápidas | Inundação estuário | Total        | Cheias progressivas | Cheias rápidas | Inundação estuário | Total         |              |
| ABRANTES               | 1639                | 264            | 0                  | 1903         | 3676                | 425            | 0                  | 4101          | 21,7         |
| ALCANENA               | 0                   | 4              | 0                  | 4            | 0                   | 7              | 0                  | 7             | 0,6          |
| ALCOBAÇA               | 0                   | 893            | 0                  | 893          | 0                   | 2351           | 0                  | 2351          | 25,4         |
| ALCOCHETE              | 0                   | 0              | 12                 | 12           | 0                   | 0              | 23                 | 23            | 2,6          |
| ALENQUER               | 4                   | 608            | 0                  | 612          | 5                   | 1744           | 0                  | 1749          | 30,2         |
| ALMADA                 | 0                   | 194            | 0                  | 194          | 0                   | 888            | 0                  | 888           | 1,6          |
| ALMEIRIM               | 720                 | 143            | 0                  | 863          | 1438                | 280            | 0                  | 1718          | 16,5         |
| ALPIARÇA               | 103                 | 1              | 0                  | 104          | 223                 | 2              | 0                  | 225           | 15,2         |
| AMADORA                | 0                   | 28             | 0                  | 28           | 0                   | 227            | 0                  | 227           | 1,4          |
| ARRUDA DOS VINHOS      | 0                   | 103            | 0                  | 103          | 0                   | 773            | 0                  | 773           | 1,8          |
| AZAMBUJA               | 345                 | 30             | 0                  | 375          | 2093                | 43             | 0                  | 2136          | 20,3         |
| BARREIRO               | 0                   | 39             | 54                 | 93           | 0                   | 184            | 143                | 327           | 3,1          |
| BENAVENTE              | 1685                | 72             | 4                  | 1761         | 5421                | 109            | 10                 | 5540          | 24,0         |
| BOMBARRAL              | 0                   | 112            | 0                  | 112          | 0                   | 222            | 0                  | 222           | 10,5         |
| CADAVAL                | 0                   | 169            | 0                  | 169          | 0                   | 296            | 0                  | 296           | 4,5          |
| CALDAS DA RAINHA       | 0                   | 338            | 0                  | 338          | 0                   | 688            | 0                  | 688           | 22,8         |
| CARTAXO                | 708                 | 14             | 0                  | 722          | 995                 | 26             | 0                  | 1021          | 25,2         |
| CASCAIS                | 0                   | 780            | 0                  | 780          | 0                   | 3305           | 0                  | 3305          | 11,8         |
| CHAMUSCA               | 419                 | 89             | 0                  | 508          | 626                 | 118            | 0                  | 744           | 28,2         |
| CONSTÂNCIA             | 6                   | 9              | 0                  | 15           | 2                   | 22             | 0                  | 24            | 1,8          |
| CORUCHE                | 30                  | 50             | 0                  | 80           | 34                  | 73             | 0                  | 107           | 12,3         |
| ENTRONCAMENTO          | 0                   | 1              | 0                  | 1            | 0                   | 3              | 0                  | 3             | 0,2          |
| FERREIRA DO ZÉZERE     | 0                   | 12             | 0                  | 12           | 0                   | 12             | 0                  | 12            | 0,6          |
| GOLEGÃ                 | 1808                | 0              | 0                  | 1808         | 3397                | 0              | 0                  | 3397          | 31,1         |
| LISBOA                 | 0                   | 1792           | 50                 | 1842         | 0                   | 17258          | 648                | 17906         | 43,3         |
| LOURES                 | 0                   | 992            | 0                  | 992          | 0                   | 3505           | 0                  | 3505          | 42,5         |
| LOURINHÃ               | 0                   | 240            | 0                  | 240          | 0                   | 794            | 0                  | 794           | 10,3         |
| MAÇÃO                  | 42                  | 23             | 0                  | 65           | 46                  | 20             | 0                  | 66            | 6,0          |
| MAFRA                  | 0                   | 255            | 0                  | 255          | 0                   | 524            | 0                  | 524           | 18,1         |
| MOITA                  | 0                   | 103            | 21                 | 124          | 0                   | 208            | 27                 | 236           | 6,0          |
| MONTIJO                | 0                   | 29             | 10                 | 39           | 0                   | 47             | 19                 | 66            | 5,2          |
| NAZARÉ                 | 0                   | 126            | 0                  | 126          | 0                   | 317            | 0                  | 317           | 10,8         |
| ÓBIDOS                 | 0                   | 46             | 0                  | 46           | 0                   | 72             | 0                  | 72            | 8,9          |
| ODIVELAS               | 0                   | 1314           | 0                  | 1314         | 0                   | 13419          | 0                  | 13419         | 22,0         |
| OEIRAS                 | 0                   | 341            | 0                  | 341          | 0                   | 2729           | 0                  | 2729          | 11,2         |
| OURÉM                  | 0                   | 730            | 0                  | 730          | 0                   | 1045           | 0                  | 1045          | 21,2         |
| PALMELA                | 0                   | 336            | 0                  | 336          | 0                   | 877            | 0                  | 877           | 11,0         |
| PENICHE                | 0                   | 14             | 0                  | 14           | 0                   | 33             | 0                  | 33            | 4,3          |
| RIO MAIOR              | 0                   | 493            | 0                  | 493          | 0                   | 3180           | 0                  | 3180          | 13,9         |
| SALVATERRA DE MAGOS    | 1034                | 12             | 0                  | 1046         | 2030                | 11             | 0                  | 2041          | 11,0         |
| SANTARÉM               | 368                 | 200            | 0                  | 568          | 634                 | 351            | 0                  | 984           | 33,5         |
| SARDOAL                | 0                   | 32             | 0                  | 32           | 0                   | 36             | 0                  | 36            | 1,7          |
| SEIXAL                 | 0                   | 510            | 21                 | 531          | 0                   | 4659           | 28                 | 4687          | 17,5         |
| SESIMBRA               | 0                   | 5              | 0                  | 5            | 0                   | 5              | 0                  | 5             | 2,6          |
| SETÚBAL                | 0                   | 1779           | 3                  | 1782         | 0                   | 14480          | 19                 | 14499         | 19,4         |
| SINTRA                 | 0                   | 577            | 0                  | 577          | 0                   | 5311           | 0                  | 5311          | 6,9          |
| SOBRAL DE MONTE AGRAÇO | 0                   | 58             | 0                  | 58           | 0                   | 127            | 0                  | 127           | 4,2          |
| TOMAR                  | 0                   | 896            | 0                  | 896          | 0                   | 2063           | 0                  | 2063          | 21,5         |
| TORRES NOVAS           | 109                 | 308            | 0                  | 417          | 239                 | 739            | 0                  | 978           | 13,2         |
| TORRES VEDRAS          | 0                   | 1189           | 0                  | 1189         | 0                   | 4847           | 0                  | 4847          | 33,4         |
| VILA FRANCA DE XIRA    | 196                 | 823            | 17                 | 1036         | 469                 | 4040           | 12                 | 4521          | 36,1         |
| VILA NOVA DA BARQUINHA | 168                 | 11             | 0                  | 179          | 238                 | 19             | 0                  | 257           | 1,9          |
| <b>LVT</b>             | <b>9384</b>         | <b>17187</b>   | <b>192</b>         | <b>26763</b> | <b>21564</b>        | <b>92515</b>   | <b>930</b>         | <b>115010</b> | <b>751,7</b> |

Os dados por tipo de via estão sistematizados na **Tabela 27**. Do total de rede rodoviária (11079,4 km), 751,7 km encontram-se sobrepostos a áreas de suscetibilidade a cheias. A rede rodoviária primária concentra 39,4% desse total, facto que não deixa de ser preocupante pois corresponde a quase 300 km de rodovia na Região de Lisboa e Vale do Tejo. Ao nível da conectividade local e urbana, representada pela rede rodoviária secundária e terciária, é de notar a extensão de cerca de 336 km de via em área de suscetibilidade (44,8% do total de rede afetada). Finalmente, observa-se que as autoestradas e vias rápidas totalizam 118,5 km de extensão sobrepostos a fundos de vale, sobretudo localizados no vale do rio Tejo.

Tabela 27 – Tipologia de vias expostas a suscetibilidade a cheias

| <b>Tipos de via em risco de cheia</b> | <b>km</b>    | <b>%</b>     |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
| Autoestradas e vias rápidas           | 118,5        | 15,8         |
| Rede rodoviária primária              | 296,4        | 39,4         |
| Rede rodoviária secundária            | 86,6         | 11,5         |
| Rede rodoviária terciária             | 250,2        | 33,3         |
| <b>Total</b>                          | <b>751,7</b> | <b>100,0</b> |

## 11. Perigos Tecnológicos: Acidentes que Envolvam Substâncias Perigosas (Diretiva Seveso III)

### 11.1 Enquadramento

O Decreto-Lei 150/2015, de 5 de agosto estabelece o regime de prevenção de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para a saúde humana e para o ambiente, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2012/18/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas.

De acordo com o referido Decreto-Lei, considera-se “Acidente grave”, um acontecimento, designadamente uma emissão, um incêndio ou uma explosão, de graves proporções, resultante de desenvolvimentos não controlados durante o funcionamento de um estabelecimento abrangido pelo presente decreto-lei, e que provoque um perigo grave, imediato ou retardado, para a saúde humana, no interior ou no exterior do estabelecimento, ou para o ambiente, e que envolva uma ou mais substâncias perigosas.

Tendo por base a experiência decorrente da aplicação do Decreto-Lei n.º 254/2007, de 12 de julho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 42/2014, de 18 de março, o Decreto-Lei 150/2015 de 5 de agosto introduz alterações que têm como objetivo a melhoria da eficiência dos procedimentos administrativos e dos instrumentos de prevenção de acidentes graves. A principal alteração é a adaptação do anexo I da Diretiva Seveso III, que prevê as categorias de substâncias perigosas, ao sistema de classificação de substâncias e misturas definido pelo Regulamento (CE) n.º 1272/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008.

As alterações decorrentes da Diretiva Seveso III visam o reforço da informação ao público e a definição de um procedimento para a participação do público interessado na tomada de decisão. São igualmente integradas clarificações no que se refere ao ordenamento do território prevendo-se que, nos novos desenvolvimentos e a longo prazo, haja uma separação entre os estabelecimentos abrangidos e os elementos sensíveis do território.

Num esforço de simplificação administrativa é eliminada a obrigatoriedade de apresentação às entidades do plano de emergência interno, um documento operacional que não era sujeito a aprovação, e procede-se ao alinhamento da avaliação de compatibilidade de localização com o disposto na Diretiva Seveso III, passando este procedimento a aplicar-se apenas a novos estabelecimentos e alterações substanciais.

Em termos de ocupação das zonas de perigosidade, o artigo 7º estabelece que devem ser mantidas distâncias de segurança adequadas entre os estabelecimentos abrangidos pelo presente decreto-lei e as zonas residenciais, locais de utilização pública, vias de comunicação e, quando aplicável, as zonas ambientalmente sensíveis.

A manutenção das distâncias de segurança (artigo 8º do referido decreto-lei) é feita através da avaliação de compatibilidade de localização das situações seguintes, com base nos critérios de ocupação e das condições fixadas na portaria prevista no n.º 3 do artigo anterior: a) Projeto de implantação de novo estabelecimento; b) Projeto de alteração substancial que implique um aumento dos perigos de acidente grave do estabelecimento. Neste âmbito, a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA), avalia e decide relativamente à compatibilidade de localização nos termos do procedimento administrativo, tendo disponível a lista dos estabelecimentos abrangidos pelos regimes de proteção de acidentes graves na sua página da internet (<https://apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=304&sub2ref=611>).

## 11.2 Metodologia

Neste trabalho foi tomada em consideração a lista de estabelecimentos com classificação Seveso III (Níveis Superior e Inferior de Perigosidade), disponibilizada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Os estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, apresentam diferentes níveis de perigosidade em função da quantidade e da perigosidade das substâncias processadas e/ou armazenadas, e a inventariação detalhada das mesmas não é um processo expedito. Adicionalmente, estes estabelecimentos devem manter distâncias de segurança adequadas para as zonas residenciais, locais de utilização pública, vias de comunicação e, quando aplicável, as zonas ambientalmente sensíveis. As respetivas distâncias de segurança a cada um dos estabelecimentos ainda não se encontram reguladas em portaria específica, prevista no nº 3 do artigo 7º do Dec. Lei 150/2015.

Neste contexto, a análise da exposição de população residente e edifícios expostos ao perigo de acidentes com substâncias perigosas baseou-se na distância máxima recomendada para o ordenamento do território sem conhecimento técnico detalhado, aplicada às indústrias SEVESO na Alemanha (ver KAS-18 em [www.kas-bmu.de](http://www.kas-bmu.de)), e tendo em conta as melhores práticas do setor a nível europeu. Assim, foi aplicada uma área de influência de 1500 m em torno dos estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III em Lisboa e Vale do Tejo.

## 11.3 Análise da Perigosidade

Na listagem dos estabelecimentos com classificação Seveso III (Níveis Superior e Inferior de Perigosidade) publicada em novembro de 2020 pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) estão identificados 54 estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves na área de Lisboa e Vale do Tejo (**Figura 41, Tabela 28**).

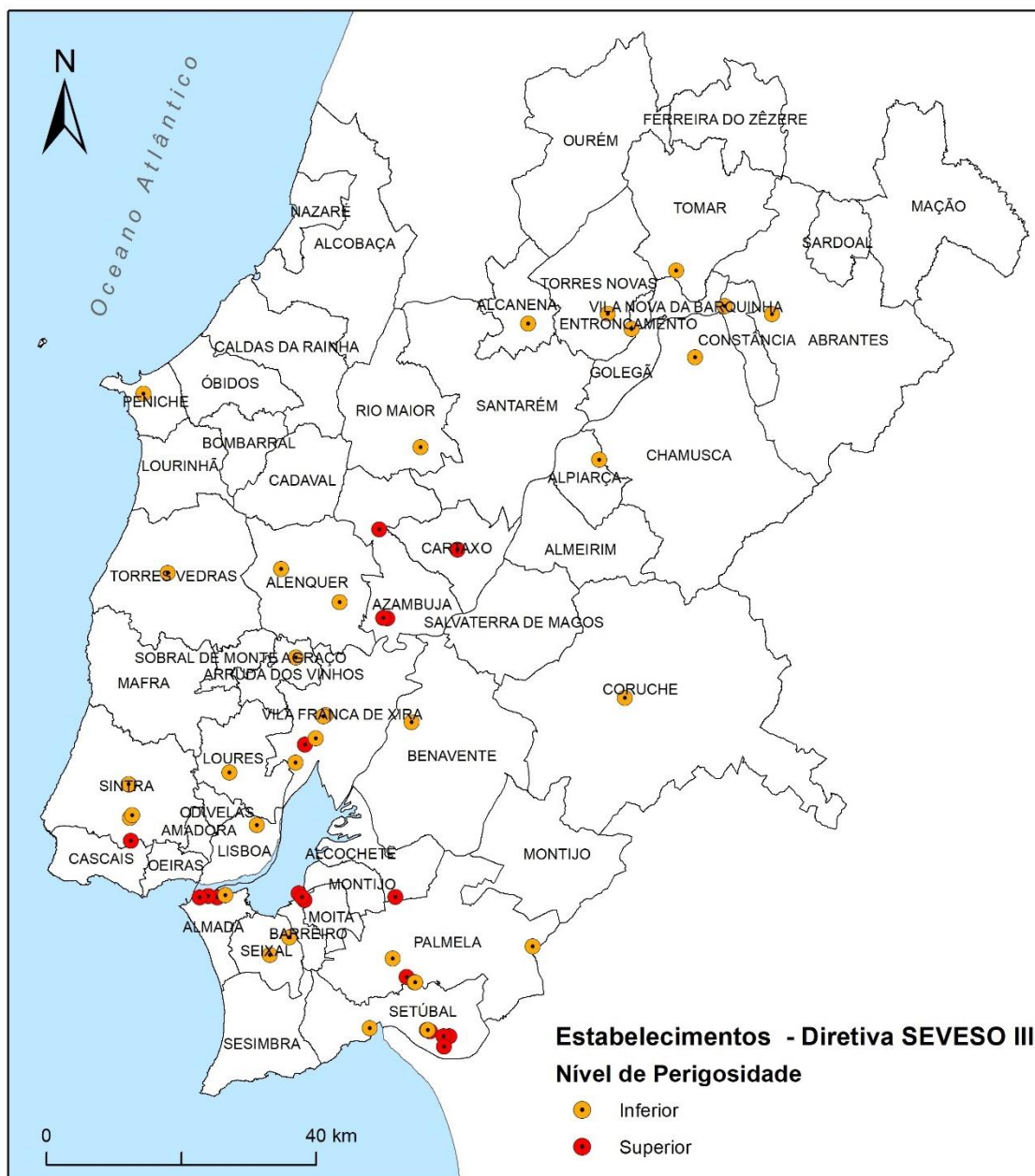


Figura 41 – Localização dos estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, por níveis de perigosidade, no território Lisboa e Vale do Tejo

**Tabela 28 – Número de estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III, por níveis de perigosidade, nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo**

| Município              | N.º de estabelecimentos        |                                |           |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|
|                        | Nível de Perigosidade Inferior | Nível de Perigosidade Superior | Total     |
| Abrantes               | 1                              | -                              | 1         |
| Alcanena               | 1                              | -                              | 1         |
| Alcobça                | -                              | -                              | 0         |
| Alcochete              | -                              | 1                              | 1         |
| Alenquer               | 2                              | -                              | 2         |
| Almada                 | 1                              | 3                              | 4         |
| Almeirim               | -                              | -                              | 0         |
| Alpiarça               | 1                              | -                              | 1         |
| Amadora                | -                              | -                              | 0         |
| Arruda dos Vinhos      | 1                              | -                              | 1         |
| Azambuja               | -                              | 3                              | 3         |
| Barreiro               | -                              | 3                              | 3         |
| Benavente              | 1                              | -                              | 1         |
| Bombarral              | -                              | -                              | 0         |
| Cadaval                | -                              | -                              | 0         |
| Caldas da Rainha       | -                              | -                              | 0         |
| Cartaxo                | -                              | 1                              | 1         |
| Cascais                | -                              | -                              | 0         |
| Chamusca               | 1                              | -                              | 1         |
| Constancia             | 1                              | -                              | 1         |
| Coruche                | 1                              | -                              | 1         |
| Entroncamento          | -                              | -                              | 0         |
| Ferreira do Zêzere     | -                              | -                              | 0         |
| Golegã                 | -                              | -                              | 0         |
| Lisboa                 | 1                              | -                              | 1         |
| Loures                 | 1                              | -                              | 1         |
| Lourinhã               | -                              | -                              | 0         |
| Mação                  | -                              | -                              | 0         |
| Mafra                  | -                              | -                              | 0         |
| Moita                  | -                              | -                              | 0         |
| Montijo                | -                              | -                              | 0         |
| Nazaré                 | -                              | -                              | 0         |
| Óbidos                 | -                              | -                              | 0         |
| Odivelas               | -                              | -                              | 0         |
| Oeiras                 | -                              | -                              | 0         |
| Ourém                  | -                              | -                              | 0         |
| Palmela                | 4                              | 1                              | 5         |
| Peniche                | 1                              | -                              | 1         |
| Rio Maior              | 1                              | -                              | 1         |
| Salvaterra de Magos    | -                              | -                              | 0         |
| Santarém               | -                              | -                              | 0         |
| Sardoal                | -                              | -                              | 0         |
| Seixal                 | 2                              | -                              | 2         |
| Sesimbra               | -                              | -                              | 0         |
| Setúbal                | 2                              | 5                              | 7         |
| Sintra                 | 3                              | 2                              | 5         |
| Sobral de Monte Agraço | -                              | -                              | 0         |
| Tomar                  | 1                              | -                              | 1         |
| Torres Novas           | 2                              | -                              | 2         |
| Torres Vedras          | 1                              | -                              | 1         |
| Vila Franca de Xira    | 4                              | 1                              | 5         |
| Vila Nova da Barquinha | -                              | -                              | 0         |
| <b>LVT</b>             | <b>34</b>                      | <b>20</b>                      | <b>54</b> |

No total estão identificados 20 estabelecimentos de Nível Superior de Perigosidade, com atividades relacionadas com armazenamento de combustíveis, indústria química, fertilizantes, celulose e terminais marítimos, localizados principalmente nos municípios de Setúbal, Almada, Barreiro e Azambuja. Nos estabelecimentos de Nível Inferior de Perigosidade destacam-se os municípios de Palmela e Vila Franca de Xira, com 4 estabelecimentos em cada um (**Tabela 28**).

O nível de perigosidade dos municípios a acidentes que envolvam substâncias perigosas foi determinado com base no número de estabelecimentos industriais ao abrigo da Diretiva SEVESO. A perigosidade muito elevada verifica-se apenas no município de Setúbal, com 7 estabelecimentos industriais, e a perigosidade elevada nos municípios de Sintra, Vila Franca de Xira, Palmela (5) e Almada (4) (**Figura 42**).



## 11.4 Análise da Exposição

Para analisar a exposição a acidentes que envolvam substâncias perigosas foi aplicada uma área de influência de 1500 m em torno dos 54 estabelecimentos abrangidos pela Diretiva SEVESO III em Lisboa e Vale do Tejo, independente do seu nível de perigosidade. Esta área de influência abrange 31 municípios e ocupa 305 km<sup>2</sup> (**Figura 43**).

Os edifícios expostos ao perigo de acidentes que envolvam substâncias perigosas estão representados na **Figura 43** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 29**.

No total, foram identificados 35.676 edifícios residenciais situados em zonas de perigosidade. Destacam-se os municípios de Sintra e Vila Franca de Xira, que em conjunto abrangem 32,9% do total de edifícios expostos.

A população residente diretamente exposta ao perigo de acidentes que envolvam substâncias perigosas foi estimada em 231.544 pessoas, com destaque para Vila Franca de Xira, onde se estimam 70.184 pessoas expostas (30 % do total). O número de pessoas expostas é também relevante no município de Sintra, ascendendo a 47.953 residentes (20,7% do total de população exposta).

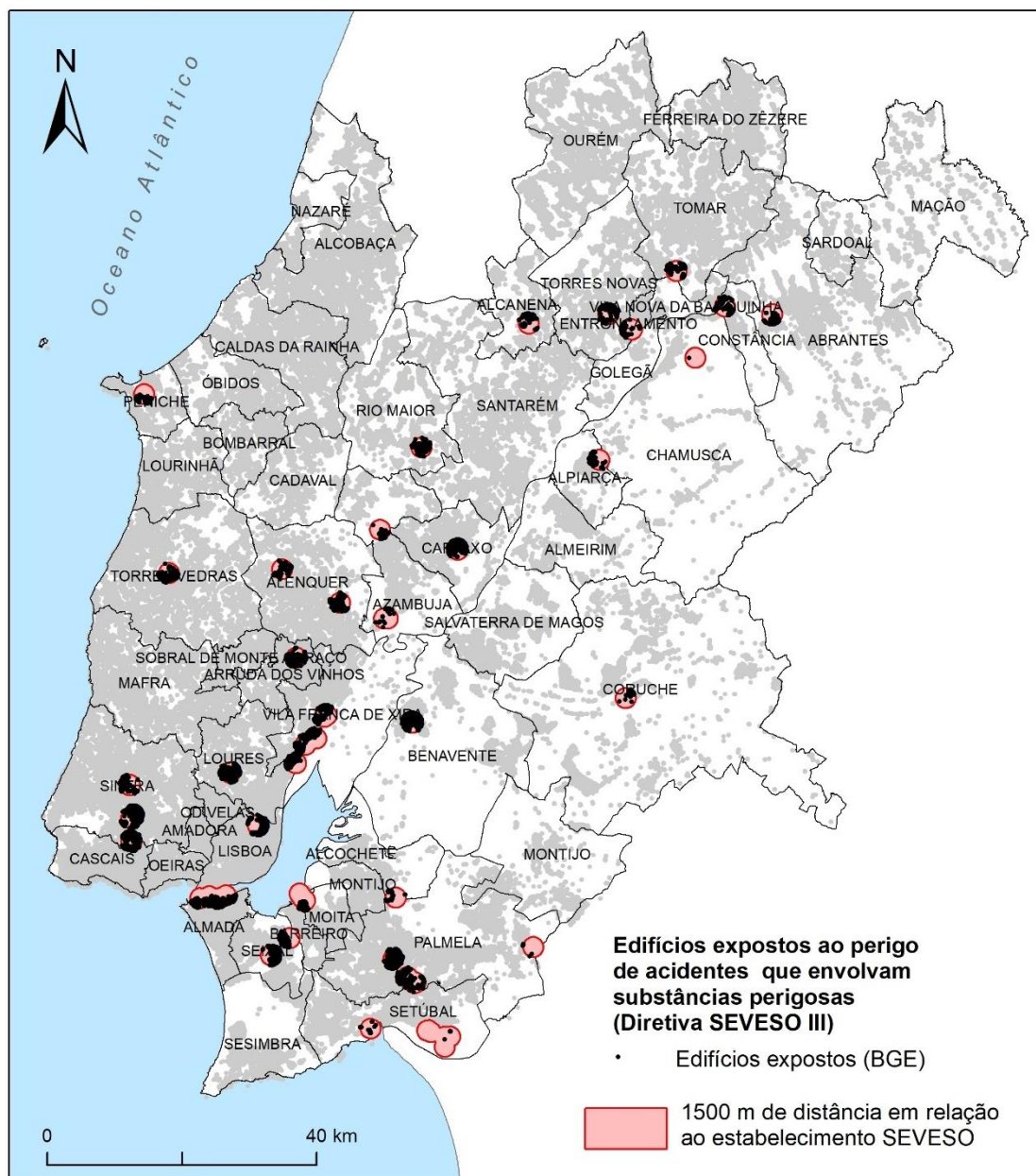


Figura 43 – Edifícios expostos a acidentes que envolvam substâncias perigosas nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

**Tabela 29 – Número de residentes e edifícios expostos ao perigo de acidentes que envolvam substâncias perigosas abrangidos pela Diretiva SEVESO III, nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo**

| <b>Município</b>       | <b>Número de residentes</b> | <b>Número de edifícios</b> |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Abrantes               | 2507                        | 1422                       |
| Alcanena               | 2188                        | 782                        |
| Alcobaça               | -                           | -                          |
| Alcochete              | 53                          | 34                         |
| Alenquer               | 1681                        | 854                        |
| Almada                 | 22324                       | 2937                       |
| Almeirim               | -                           | -                          |
| Alpiarça               | 362                         | 170                        |
| Amadora                | -                           | -                          |
| Arruda dos Vinhos      | 2721                        | 539                        |
| Azambuja               | 177                         | 94                         |
| Barreiro               | 9510                        | 1189                       |
| Benavente              | 2099                        | 730                        |
| Bombarral              | -                           | -                          |
| Cadaval                | -                           | -                          |
| Caldas da Rainha       | -                           | -                          |
| Cartaxo                | 2022                        | 736                        |
| Cascais                | 1486                        | 385                        |
| Chamusca               | 4                           | 4                          |
| Constancia             | 1124                        | 537                        |
| Coruche                | 323                         | 157                        |
| Entroncamento          | 0                           | 2                          |
| Ferreira do Zêzere     | -                           | -                          |
| Golegã                 | 2                           | 1                          |
| Lisboa                 | 18835                       | 2120                       |
| Loures                 | 10589                       | 2363                       |
| Lourinhã               | -                           | -                          |
| Mação                  | -                           | -                          |
| Mafra                  | -                           | -                          |
| Moita                  | 7379                        | 1134                       |
| Montijo                | -                           | -                          |
| Nazaré                 | -                           | -                          |
| Óbidos                 | -                           | -                          |
| Odivelas               | -                           | -                          |
| Oeiras                 | -                           | -                          |
| Ourém                  | -                           | -                          |
| Palmela                | 5405                        | 1730                       |
| Peniche                | 1532                        | 726                        |
| Rio Maior              | 720                         | 429                        |
| Salvaterra de Magos    | -                           | -                          |
| Santarém               | -                           | -                          |
| Sardoal                | -                           | -                          |
| Seixal                 | 15154                       | 2756                       |
| Sesimbra               | -                           | -                          |
| Setúbal                | 110                         | 82                         |
| Sintra                 | 47953                       | 5948                       |
| Sobral de Monte Agraço | -                           | -                          |
| Tomar                  | 761                         | 463                        |
| Torres Novas           | 2336                        | 789                        |
| Torres Vedras          | 1982                        | 732                        |
| Vila Franca de Xira    | 70184                       | 5807                       |
| Vila Nova da Barquinha | 22                          | 24                         |
| <b>LVT</b>             | <b>231544</b>               | <b>35676</b>               |

## 12. Risco Tecnológico: Acidentes em Infraestruturas Fixas de Transporte de Produtos Perigosos

### 12.1 Enquadramento

O transporte de produtos perigosos em infraestruturas fixas é realizado em elevada pressão através de oleodutos e gasodutos. Estes é o meio mais seguro para transportar produtos petrolíferos ou gás, cuja conceção, desenho, materiais utilizados, medidas de proteção e segurança garantem a sua fiabilidade e operacionalidade com elevados parâmetros de segurança em relação às pessoas e ao ambiente.

A Companhia Logística de Combustíveis (CLC) é o operador do oleoduto que liga a Refinaria de Sines da Petrogal ao Parque de Aveiras ao longo de 147 km de extensão. Esta infraestrutura é composta por uma tubagem inteiramente soldada, revestida exteriormente por 3 camadas de polietileno. Ao longo do seu percurso possui 5 válvulas de seccionamento comandadas remotamente a partir da Sala de Controlo em Aveiras de Cima, no município da Azambuja.

Atualmente, o oleoduto tem uma capacidade de transporte de 4 milhões de toneladas por ano e é o primeiro na Europa a transportar combustíveis líquidos e gases de petróleo liquefeitos, de forma sequencial e por ciclos (Gasóleo > Gasolina s/pb 95 > Butano > Propano > Butano > Gasolina s/pb 98 > Gasolina s/pb 95 > Gasóleo > Jet A1 > Gasóleo >), que são recebidos, armazenados e distribuídos a partir da instalação da CLC em Aveiras de Cima.

O exercício da atividade de transporte por conduta (oleoduto) não carece de licenciamento autónomo, mas depende do licenciamento das instalações a conceder

pelo membro do Governo responsável pela área da energia, assim como da certificação do interveniente no âmbito do Sistema Petrolífero Nacional.

O regulamento de segurança atualmente em vigor relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção de oleodutos de transporte de hidrocarbonetos líquidos e liquefeitos está publicado no Anexo da Portaria n.º 765/2002, de 1 de julho. Esta inclui também as suas distâncias de segurança em relação às edificações.

De acordo com o artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 152/94, de 26 de maio, à aprovação de um projeto de traçado de um oleoduto aplica-se o disposto nos números 2 e 3 do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 232/90, de 16 de julho, com a redação que lhe foi conferida pelo Decreto-Lei n.º 183/94, de 1 de julho e pelo Decreto-Lei n.º 7/2000, de 3 de fevereiro.

Em Portugal todo o gás natural consumido é originário de países terceiros, sendo uma parte recebida por gasoduto de alta pressão por via terrestre, outra parte por via marítima, sob a forma de gás natural liquefeito (GNL). A REN Gasodutos opera a Rede Nacional de Transporte de Gás Natural (RNTGN) que recebe o gás natural na fronteira espanhola, na saída das instalações de armazenagem (REN Armazenagem) ou no terminal de regaseificação (REN Atlântico) e o entrega aos distribuidores ou aos clientes finais de alta pressão. A REN Gasodutos detém a concessão para o transporte de gás natural em alta pressão, que inclui a gestão técnica global do Sistema Nacional de Gás Natural (SNGN) através da qual assegura a coordenação do funcionamento das infraestruturas de distribuição e transporte de gás natural que garantem a continuidade e a segurança do abastecimento. As atividades de receção, de armazenamento e regaseificação de GNL, de armazenamento subterrâneo de gás natural e de transporte de gás natural são realizadas ao abrigo de contratos de concessão estabelecidos com o Estado Português e obedecem a regimes específicos de âmbito técnico e regulamentar que têm como objetivo assegurar continuidade e qualidade no serviço de fornecimento de gás.

Os principais componentes deste sistema são: Rede Nacional de Transporte (gasoduto); Rede de Distribuição de Gás Natural (rede primária e rede secundária); Unidades Autónomas de Gás - UAG (reservatórios); Instalações de Armazenamento Subterrâneo (cavernas) e Terminais de Gás Natural Liquefeito - GNL (terminal marítimo).

Em termos legislativos o Decreto-lei 152/94 de 26 de maio define o regime jurídico das servidões necessárias à implantação de oleodutos-gasodutos para o transporte de gás petróleo liquefeito e produtos refinados. A Portaria n.º390/94 aprova o regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção de gasodutos de transporte de gases combustíveis, e a Portaria n.º 376/94 aprova o regulamento técnico relativo à instalação, exploração e ensaio dos postos de redução de pressão a instalar nos gasodutos de transporte e nas redes de distribuição de gases combustíveis.

## 12.2 Metodologia

Os acidentes com oleodutos são raros, no entanto podem ser causados por trabalhos exteriores executados sem as devidas precauções. Para os evitar é necessário saber a localização exata do oleoduto e conhecer as normas de segurança a respeitar durante a execução de trabalhos nas suas proximidades.

Os perigos associados a acidentes que possam ocorrer no oleoduto incluem: (i) libertações de gases inflamáveis e formação de misturas explosivas (gasolina, butano e propano); (ii) derrame de substâncias perigosas (combustíveis líquidos); (iii) incêndios; e (iv) explosões. No caso de derrames de combustíveis líquidos a possibilidade de risco de contaminação na água e nos solos é muito elevada.

Os perigos associados a acidentes que possam ocorrer no gasoduto incluem fugas de gás, decorrentes de perfuração em escavações; interferências de dragagens, arrastamentos de terrenos e/ou amarrações; corrosão; acidentes rodoviários ou ferroviários; movimentos de massa; sismo, etc.). Como consequência desses perigos podem ocorrer: (i) asfixia provocada pelo gás na ausência de ignição; (ii) incêndio originado pela ignição do gás e da sua regressão ao ponto de fuga; (iii) elevados níveis de radiação térmica associados a uma chama ancorada no orifício da fuga; e (iv) sobrepressão resultante da explosão, se esta ocorrer.

Neste trabalho foi tomados em consideração os traçados do oleoduto e da rede de gasoduto que cruzam a Região de Lisboa e Vale do Tejo.

De acordo com o ponto 1 do artigo 23º da Portaria n.º 765/2002, relativo às distâncias de segurança nos oleodutos de transporte de hidrocarbonetos líquidos e liquefeitos, a distância entre qualquer edifício e o eixo longitudinal do oleoduto em que seja previsto o transporte de GPL deve ser, no mínimo, de: a) 25 m, no caso dos edifícios habitados; b) 75 m, no caso de edifícios que recebem público ou que apresentem riscos particulares, nomeadamente em caso de incêndio ou explosão.

Tendo em conta a multiplicidade de cenários de acidentes que podem ocorrer nestas infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (fuga, incêndio, explosão), na ausência da modelação de diferentes cenários e das suas respetivas áreas afetadas, e tendo em conta também as possíveis consequências para a vida humana (toxicidade, queimaduras, morte), aplicou-se por uma questão de precaução uma distância máxima de 150 m em torno dos oleoduto e gasoduto para avaliar a exposição da população e edifícios.

### 12.3 Análise da Suscetibilidade

No território de Lisboa e Vale do Tejo o oleoduto atravessa no sentido sul-norte os municípios de Palmela, Montijo, Benavente, Salvaterra de Magos e Azambuja. O gasoduto da rede principal também atravessa o território de LVT no sentido norte-sul, entrando em Setúbal até Alcobaça, e no sentido sudeste-noroeste, entrando em Abrantes e seguindo até Ourém (**Figura 44**).

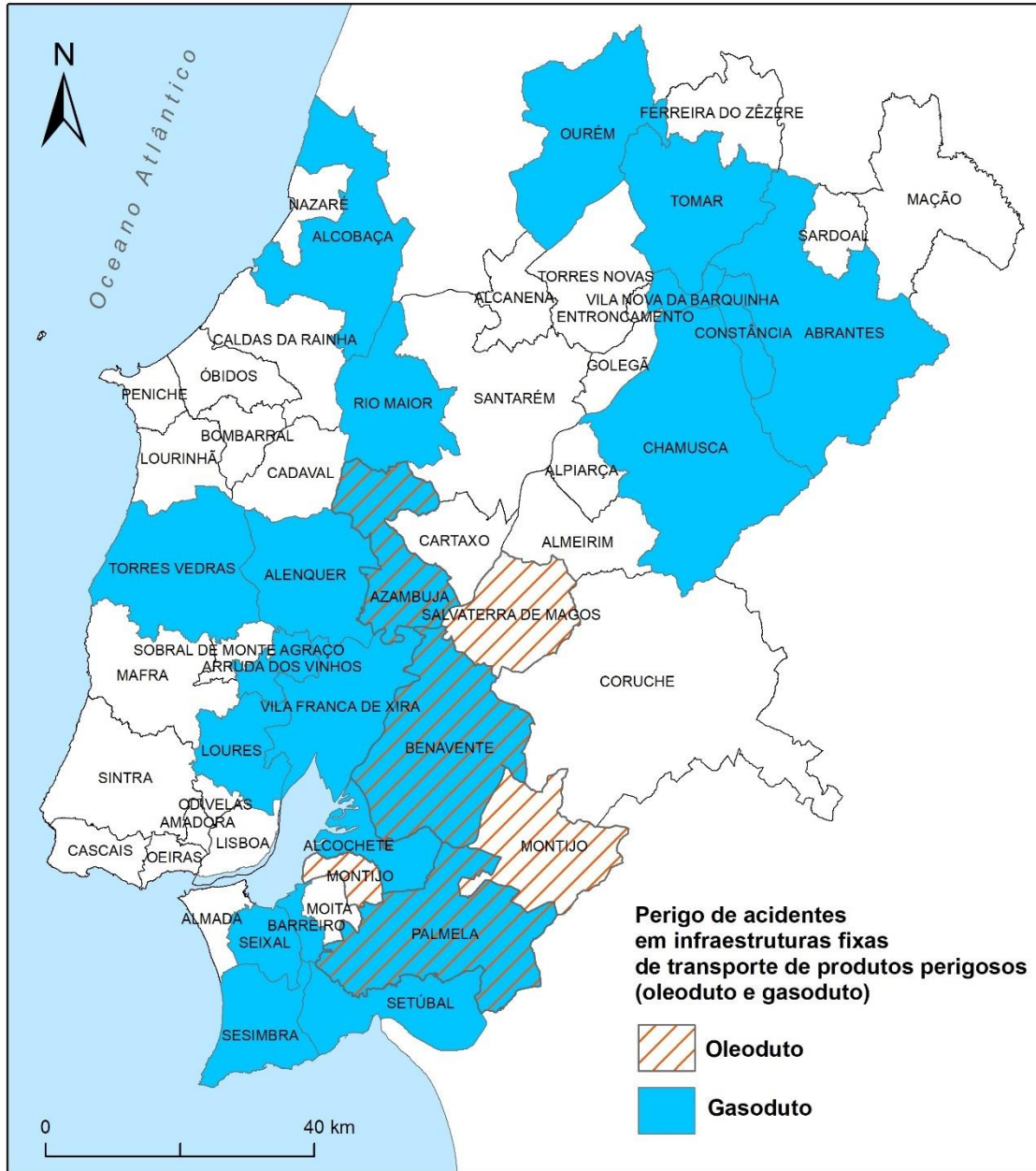
Os municípios onde existe o perigo de acidente em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) estão assinalados na **Figura 45**, sem que tenham sido atribuídos diferentes níveis de perigosidade associados ao seu funcionamento.



Figura 44 – Localização das infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo

No caso do gasoduto existem 21 municípios onde existe o perigo de acidente em infraestruturas fixas de transporte, que correspondem aos municípios atravessados por esta infraestrutura e no caso do oleoduto estão identificados apenas 4 municípios onde pode existir esse perigo. Os municípios de Palmela, Benavente e Azambuja são os que

acumulam a perigosidade pela presença simultânea do oleoduto e do gasoduto (**Figura 45**).



**Figura 45 – Perigosidade a acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

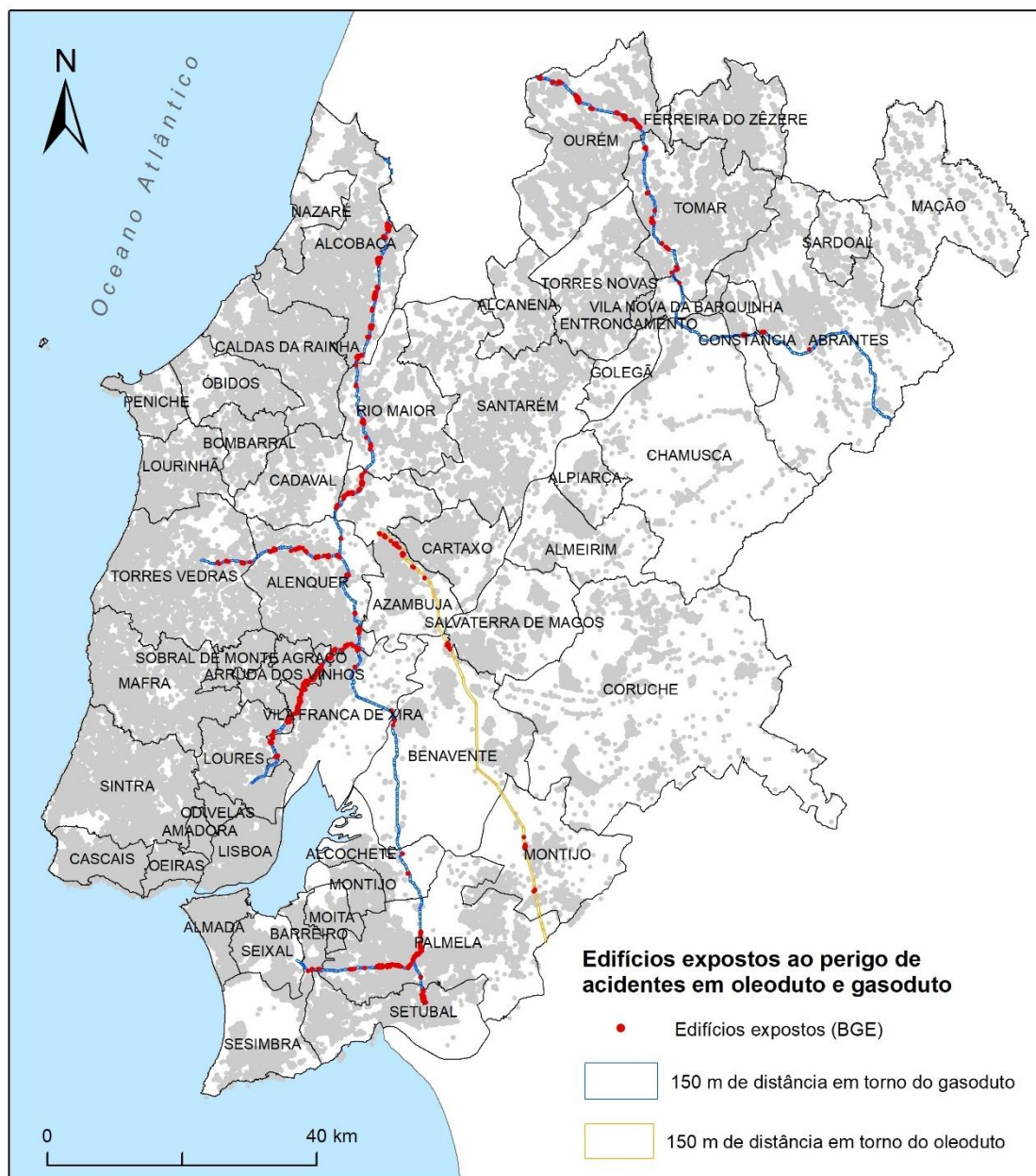
## 12.4 Análise da Exposição

Tomando com referência a distância máxima de 150 m em torno dos oleoduto e gasoduto, verifica-se que a área de influência no caso do gasoduto abrange 18 municípios e ocupa 131,4 km<sup>2</sup>, enquanto no caso do oleoduto abrange apenas 4 municípios e uma área de 22,5 km<sup>2</sup> (**Figura 46**).

Os edifícios expostos ao perigo de acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) estão representados na **Figura 46** e os dados correspondentes, assim como da população residente exposta estimada, estão sistematizados na **Tabela 30**.

No total foram identificados 1176 edifícios residenciais situados em zonas de perigosidade a acidentes com gasoduto e 77 edifícios residenciais relativamente a acidentes com oleoduto. Destacam-se os municípios de Vila Franca de Xira, Alcobaça e Alenquer, que em conjunto abrangem 43,7% do total de edifícios expostos aos acidentes em gasoduto. O município da Azambuja destaca-se pelos valores mais elevados de exposição ao oleoduto, devido à localização da Companhia Logística de Combustíveis, SA no seu território.

A população residente diretamente exposta ao perigo de acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos em gasoduto foi estimada em cerca de 2.492 pessoas, com destaque para os municípios de Vila Franca de Xira, Alcobaça e Alenquer, que em conjunto integram 44,8% do total de população exposta. No oleoduto destaca-se uma vez mais o município da Azambuja, por incluir 65,6% da população exposta a acidentes no oleoduto, na Região de Lisboa e Vale do Tejo.



**Figura 46 – Edifícios expostos a acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

**Tabela 30 – Número de residentes e edifícios expostos ao perigo de acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleoduto e gasoduto) na Região de Lisboa e Vale do Tejo**

| Município              | GASODUTO             |                     | OLEODUTO             |                     |
|------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                        | Número de residentes | Número de edifícios | Número de residentes | Número de edifícios |
| Abrantes               | 15                   | 7                   | -                    | -                   |
| Alcanena               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Alcobaça               | 377                  | 169                 | -                    | -                   |
| Alcochete              | 29                   | 19                  | -                    | -                   |
| Alenquer               | 300                  | 150                 | -                    | -                   |
| Almada                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Almeirim               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Alpiarça               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Amadora                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Arruda dos Vinhos      | 155                  | 91                  | -                    | -                   |
| Azambuja               | 272                  | 57                  | 90                   | 48                  |
| Barreiro               | 17                   | 4                   | -                    | -                   |
| Benavente              | 3                    | 2                   | 2                    | 1                   |
| Bombarral              | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Cadaval                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Caldas da Rainha       | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Cartaxo                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Cascais                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Chamusca               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Constancia             | 15                   | 8                   | -                    | -                   |
| Coruche                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Entroncamento          | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Ferreira do Zêzere     | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Golegã                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Lisboa                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Loures                 | 73                   | 31                  | -                    | -                   |
| Lourinhã               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Mação                  | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Mafra                  | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Moita                  | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Montijo                | -                    | -                   | 20                   | 15                  |
| Nazaré                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Óbidos                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Odivelas               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Oeiras                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Ourém                  | 175                  | 135                 | -                    | -                   |
| Palmela                | 252                  | 136                 | -                    | -                   |
| Peniche                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Rio Maior              | 55                   | 30                  | -                    | -                   |
| Salvaterra de Magos    | -                    | -                   | 25                   | 13                  |
| Santarém               | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Sardoal                | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Seixal                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Sesimbra               | 1                    | 1                   | -                    | -                   |
| Setúbal                | 210                  | 80                  | -                    | -                   |
| Sintra                 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Sobral de Monte Agraço | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Tomar                  | 57                   | 34                  | -                    | -                   |
| Torres Novas           | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Torres Vedras          | 48                   | 27                  | -                    | -                   |
| Vila Franca de Xira    | -                    | -                   | -                    | -                   |
| Vila Nova da Barquinha | 439                  | 195                 | -                    | -                   |
| <b>LVT</b>             | <b>2492</b>          | <b>1176</b>         | <b>138</b>           | <b>77</b>           |

## 13. Erosão Hídrica do Solo

### 13.1 Enquadramento

A degradação do solo, embora sendo um fenómeno que pode ocorrer naturalmente, está intrinsecamente relacionada com o tipo de ocupação/atividade que nela é efetuada (Bridges & Oldeman, 1999). No contexto da União Europeia, e em Portugal, a erosão hídrica do solo é a principal ameaça, com impactos negativos significativos ao nível dos serviços de ecossistemas, produtividade agrícola, armazenamento de carbono ou mesmo na disponibilidade de água potável (Panagos *et al.*, 2015). Assim, torna-se de especial relevância a avaliação do potencial de erosão do solo, para que o uso e ocupação do território não comprometa este bem essencial. Ao contrário de outros perigos naturais, cujas situações de risco ocorrem se houver interação entre o fenómeno perigoso e algum elemento que se encontre exposto no território (e.g., pessoas, infraestruturas, habitações, etc.) no caso da erosão de solo, o elemento exposto é o próprio solo, pela que a sua análise de risco advém, não da sua interação com outros elementos, mas sim do maior ou menor potencial que um determinado território apresenta para a perda de solo devido à escorrência superficial.

### 13.2 Metodologia

A proposta apresentada, cujo objetivo é a identificação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo (AEREHS) através de aplicação metodológica baseada na Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), está em concordância com as Orientações

Estratégias para delimitação da Reserva Ecológica Nacional e diretrizes para a sua delimitação, da Direção Geral do Território.

Assim, a metodologia adotada expressa a erosão potencial do solo (A), em ton/ha.ano, obtida através da seguinte fórmula:

$$A = R \cdot K \cdot LS \quad (13)$$

onde:

R — Fator de erosividade da precipitação, baseado na informação fornecida pelo *European Soil Data Centre (ESDAC), Joint Research Centre* (Anexo I), em unidades SI (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

K — Fator da erodibilidade dos solos, suportada na Carta dos Solos de Portugal, SROA / CNROA / IEADR / IHERA / IDRHa / DGADR (1:25 000) (t h ha MJ<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

LS — Fator topográfico, adimensional, derivado do modelo digital de terreno suportado na Carta Militar de Portugal, Instituto Geográfico do Exército (1:25 000).

### **Fator R - Erosividade da precipitação**

Como referido anteriormente, o fator da erosividade da precipitação, em unidades do Sistema Internacional (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), foi suportado na informação disponibilizada pelo ESDAC/JRC, cartografia *Rainfall erosivity in Europe, Joint Research Center*, cuja resolução original é de 500 m.

Contudo, para que a informação se ajuste à resolução mais detalhada (10 m dimensão utilizada durante este processo) e para colmatação de algum valor em falta foi efetuado um procedimento de adaptação através das seguintes operações:

- i) Conversão da estrutura matricial original para vetorial (pontos);
- ii) Interpolação dos pontos com base no método IDW (*Inverse Distance Weight*) expressa por:

$$Vd = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^\alpha} v_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^\alpha}} \quad (14)$$

onde:

$Vd$  – é o valor desconhecido;

$n$  – é o número de células com valor conhecido consideradas no cálculo;

$di$  – é a distância do centro da célula com valor desconhecido até à célula  $i$  com valor conhecido;

$\alpha$  – é o valor de potência que representa a importância atribuída à distância.

Esta função calcula uma média ponderada pela distância, isto é, atribui às células com valor conhecido uma importância tanto maior quanto menor a sua distância à célula com ausência de informação que se procura colmatar. Assim, as áreas onde a informação é omissa obtêm valores semelhantes aos da sua vizinhança ( $n = 12$ ), mas contemplando também, embora com menor importância ( $\alpha = 1$ ), os mais distantes. A aplicação desta metodologia permite a criação de uma superfície suavizada com maior resolução (10 m), mas que mantém os valores originais nos pontos advindos da cartografia de base.

#### **Fator K - Erodibilidade do solo**

A erodibilidade do solo foi suportada na Carta dos Solos de Portugal e nos valores (K) indicados por Pimenta (1999). Assim, com base na Carta de Solos de Portugal, foi classificado o valor de erodibilidade (valores SI) para cada um dos mais de 300 tipos de solo existentes, considerando apenas o tipo de solo, mas não efetuando diferenciação quanto às suas fases. Nos casos em que havia ausência de informação no trabalho de Pimenta (1999) foi atribuído um valor semelhante ao de um solo com características idênticas (“família”) cujo nível de K fosse conhecido. A exceção a este procedimento diz respeito aos solos Castanzemes, inexistentes no trabalho referido anteriormente,

recorrendo-se nestes casos ao estudo de Sanroque e colaboradores (1990), que avaliam os graus de erodibilidade deste tipo de solos na província de Valência (Espanha).

Uma vez que, na cartografia de base, é frequente a ocorrência de mais do que um tipo de solo em cada unidade cartográfica, o valor de erodibilidade final associado a cada uma dessas unidades resulta do cálculo da média aritmética ponderada de K, dos solos presentes nessa unidade.

### **Fator Topográfico LS – comprimento e inclinação da vertente**

O fator LS procura, de forma adimensional, exprimir a importância conjugada do comprimento da vertente (L) e do seu declive (S), aferidos à geometria normalizada dos talhões experimentais (L = 22,5 m; S = 9 %), resultando do seu produto.

O fator L é determinado pela expressão:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22,3} \right)^m \quad (15)$$

em que  $\lambda$  é o comprimento do desnível em metros e m o coeficiente dependente do declive, obtido através da seguinte reclassificação (**Tabela 31**):

**Tabela 31 – Limiares de declive (%) e valor do expoente (m)**

| <b>Declive (%)</b> | <b>m</b> |
|--------------------|----------|
| ≥ 5                | 0,54     |
| [3 – 5[            | 0,4      |
| [1 – 3[            | 0,3      |
| < 1                | 0,2      |

O parâmetro  $\lambda$ , correspondente ao comprimento do desnível em metros, foi derivado do modelo digital de elevação, suportado na Carta Militar de Portugal, à escala 1:25 000, com a correção de depressões artificiais, utilizando os seguintes critérios e procedimentos:

- extração do comprimento das vertentes baseada no mapa de sentido de fluxos e, como consequência, no mapa de fluxo acumulado, utilizado como indicador da extensão das vertentes em cada local (comprimento vertente = n.º células acumuladas x 10 m) e;
- adoção de um limite de 310 m como comprimento máximo das vertentes, como indicado nas Orientações Estratégicas da Reserva Ecológica Nacional, pelo que todos os valores superiores a este limiar foram convertidos para 310 m, permitindo assim, por exemplo, a mitigação da influência da erosão que se pode verificar em fundos de vale, e cuja a metodologia adotada não é adequada.

O fator S é condicionalmente determinado pelas expressões:

a) se declive < 9%,  $S = 10,8 \sin\theta + 0,03$

b) se declive  $\geq 9\%$ ,  $S = 16,8 \sin\theta - 0,5$

sendo  $\theta$  o ângulo associado à inclinação do desnível (em radianos).

A proposta final apresentada considera a classificação qualitativa da perda potencial de solo com os limiares expressos na **Tabela 32**.

**Tabela 32 – Classificação do risco de Erosão Potencial do Solo**

| <b>Gricode</b> | <b>Erosão potencial do solo</b> | <b>ton/ha.ano</b> |
|----------------|---------------------------------|-------------------|
| 4              | Muito elevada                   | $\geq 55$         |
| 3              | Elevada                         | 25 – 55           |
| 2              | Moderada                        | 10 – 25           |
| 1              | Reduzida                        | <10               |

A definição do nível de risco de erosão potencial do solo é obtida pela relevância das classes “Muito elevada” e “Elevada”, *i.e.* a importância relativa de áreas com perda potencial de solo superior ou igual a 25 ton/ha.ano.

Uma vez que é reconhecida a falta de atualidade da cartografia de solos disponível, o resultado cartográfico obtido por modelação foi cruzado com a cartografia COS 2018,

tendo sido reclassificadas como territórios artificializados todas as áreas que correspondem a zonas urbanizadas e impermeabilizadas artificialmente (e.g. com betão ou alcatrão), onde o solo potencialmente erodível foi selado por intervenção antrópica.

### 13.3 Análise da Suscetibilidade

No que diz respeito aos resultados obtidos, em termos médios, o território em estudo apresenta valores de erosão potencial de 45 ton/ha.ano. De facto cerca de 35% do território apresenta valores de erosão potencial do solo elevada ou muito elevada (Tabela 33), resultante da conjugação de uma erosividade da precipitação (máximo de 1304 MJ mm / ha h ano na região da AML Norte) considerada média-alta no contexto europeu (Panagos *et al.*, 2015b), um relevo ondulado e solos de erodibilidade moderada a alta (média europeia 0,038 t ha h / ha MJ mm; Panagos *et al.*, 2014), dos quais se destacam os litossolos (Ec) e solos calcários pardos (Ptc), associados a climas de regime xérico, e os solos litólicos (Pt), que apresentam valores de erodibilidade superiores a 0,052 t ha h / ha MJ mm.

**Tabela 33 – % área por classe de risco de Erosão Potencial do Solo, na Região de Lisboa e Vale do Tejo.**

| <b>Classes de risco de erosão potencial</b> | <b>ton/ha.ano</b> | <b>Área da classe (% do total)</b> |
|---------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| Muito elevada                               | $\geq 55$         | 22,3                               |
| Elevada                                     | 25 – 55           | 12,7                               |
| Moderada                                    | 10 – 24           | 11,8                               |
| Reduzida                                    | $<10$             | 43,0                               |
| Territórios artificializados                | -                 | 10,2                               |

Contudo, o território analisado apresenta uma clara distinção geográfica nos níveis de risco de erosão potencial do solo (**Figura 47**), com a clara evidência da importância do contexto topográfico, nos níveis de risco observados. Os valores de erosão potencial reduzida, cerca de 43 % do território analisado (**Tabela 33**), estão, sobretudo, associados

a relevos menos vigorosos, nas planícies aluviais dos rios Tejo e Sorraia, na margem esquerda do Tejo, em geral, e na Península de Setúbal (com exceção das áreas correspondentes ao Complexo da Arrábida e arribas de Almada que apresentam valores muito elevados). Os territórios artificializados, com solos selados ocupam cerca de 10% da região LVT, com particular destaque na Área Metropolitana de Lisboa.

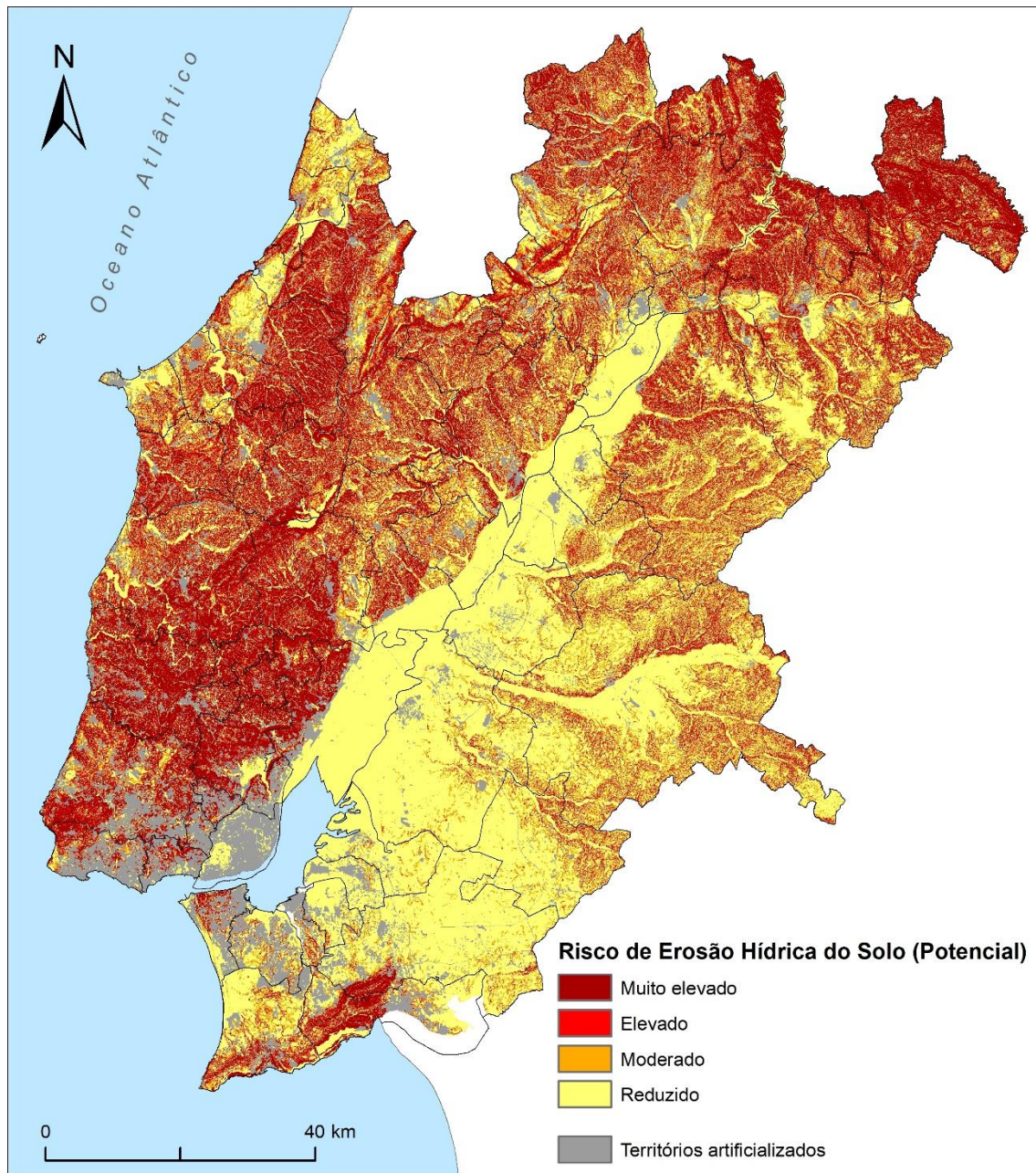


Figura 47 –Erosão Hídrica do Solo (Potencial) no território Lisboa e Vale do Tejo

Na **Figura 48** pode observar-se a classificação, ao nível municipal, da importância territorial das classes de risco de erosão do solo (potencial).

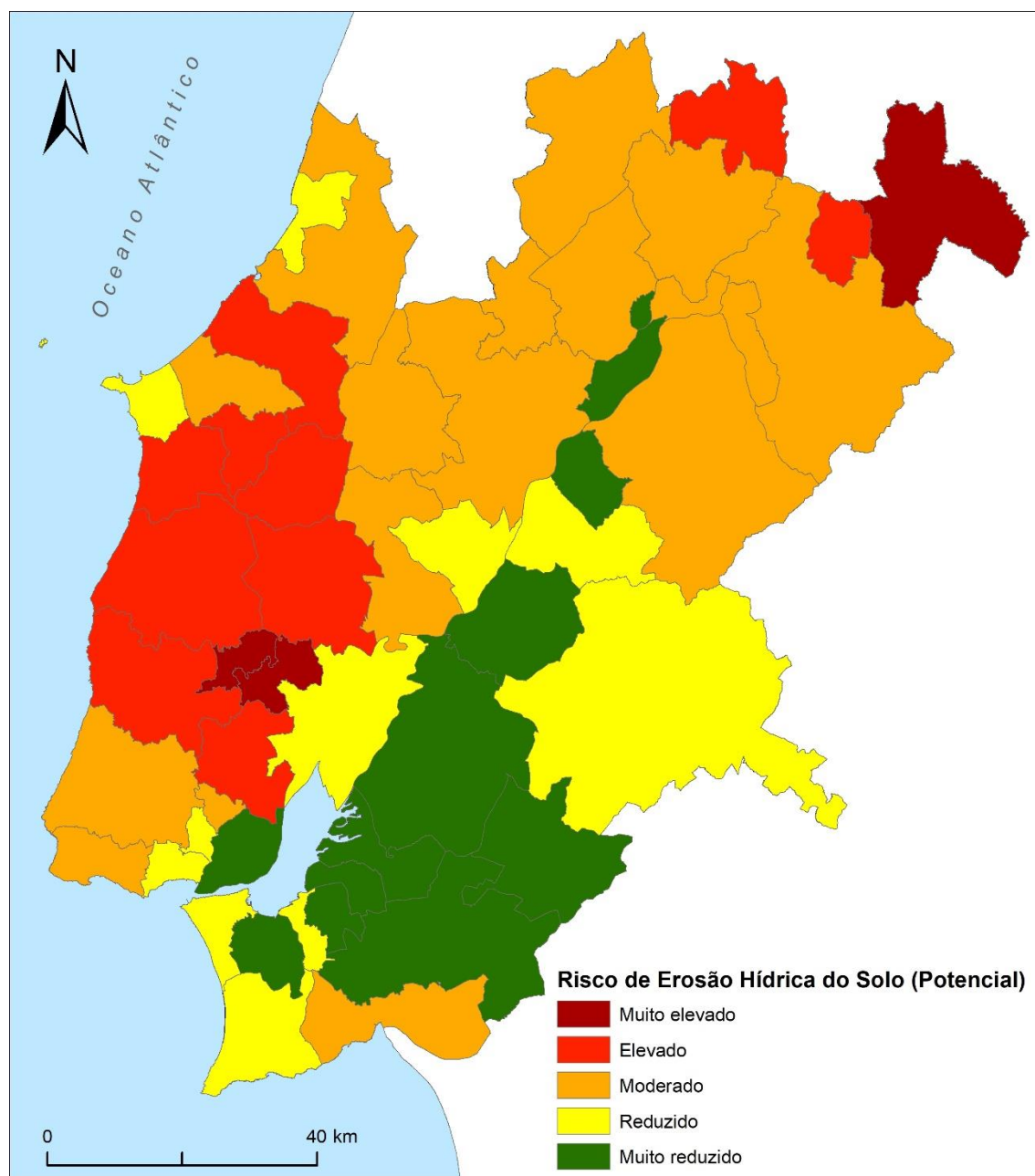


Figura 48 – Erosão Hídrica do Solo (Potencial) nos municípios da Região de Lisboa e Vale do Tejo

A análise da figura evidencia que, embora em número reduzido (**Tabela 34**), os municípios de Sobral de Monte Agraço, Arruda dos Vinhos e Mação como os territórios mais preocupantes no que diz respeito a esta temática com mais de 75% das suas

superfícies com elevado potencial para serem gravemente afetadas por fenómenos erosivos.

Numa posição secundária destacam-se 10 municípios onde as classes de erosão do solo potencial mais elevadas (muito elevado e elevado), apresentam valores entre 50 % e 75 % do seu território, nomeadamente: Alenquer, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Ferreira do Zêzere, Loures, Lourinhã, Mafra, Sardoal, e Torres Vedras.

Tabela 34 – Relevância de risco de erosão do solo potencial por município, na região de Lisboa e Vale do Tejo.

| <b>Relevância risco de erosão do solo</b> | <b># municípios</b> | <b>% de municípios</b> |
|-------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Muito elevada                             | 3                   | 5,8                    |
| Elevada                                   | 10                  | 19,2                   |
| Moderada                                  | 17                  | 32,7                   |
| Reduzida                                  | 11                  | 21,2                   |
| Muito reduzido                            | 11                  | 21,2                   |

No nível de risco com relevância moderada, *i.e.* com uma fração de território afetado por erosão do solo potencial entre 25 e 50 %, encontram-se a generalidade dos municípios do setor norte da área de estudo (Ourém, Tomar, Abrantes, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha, Alcanena, Santarém, Chamusca, Constância, Rio Maior, Azambuja, Alcobaça e Óbidos) e os municípios de Sintra, Cascais, Odivelas e Setúbal.

No conjunto dos municípios onde os problemas de erosão do solo existem e deverão ser considerados na sua gestão de ocupação, mas cuja fração do território que ocupam não é tão significativa como nos conjuntos anteriores (entre 10% e os 25% do território), encontram-se 11 municípios, designadamente: Nazaré, Peniche, Oeiras, Amadora, Vila Franca de Xira, Almeirim, Cartaxo, Coruche, Almada, Barreiro e Sesimbra.

Nos restantes municípios a expressão territorial das duas classes de perigosidade mais altas é inferior a 10% dos territórios municipais. Encontram-se nesta situação 11 municípios, que com a exceção de Montijo (Este) e Palmela, estão em geral associados à relevância das planícies aluviais dos rios Tejo e/ou Sorraia (Entroncamento, Golegã, Alpiarça, Salvaterra de Magos e Benavente) ou de áreas de sapal estuarino (Alcochete,

Seixal, Montijo (Oeste) e Moita). Acresce a este grupo, embora por razões associadas com o grau de cobertura de áreas urbanas, o município de Lisboa.

## Referências

- Almeida, C.; Mendonça, J.J.L.; Jesus, M.R. & Gomes, A.J. (2000). Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Centro de Geologia da Fac. Ciências Univ. Lisboa, Instituto da Água, vol. II e III.
- Antunes A (2011). Variação actual do NMM em Cascais. VII CNCG – Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Porto, 11p.
- Bridges, E. M., & Oldeman, L. R. (1999). Global assessment of human-induced soil degradation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13(4), 319-325.
- Carvalho, J.; Cabral, J.; Gonçalves, R.; Torres, L.; Mendes-Victor, L. (2006). Geophysical methods applied to fault characterization and earthquake potential assessment in the Lower Tagus Valley, Portugal. *Tectonophysics*, 418, 277-297.
- Dias JA (1993). Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira), Liga para a Protecção da Natureza / Ministério do Ambiente, Lisboa
- GESTÁGUA (1996). Plano director de desenvolvimento do sistema de abastecimento da EPAL - Avaliação das disponibilidades - Origens subterrâneas. Consórcio PROCESL, Compagnie Generale de Eaux Portugal, Profabril. Lisboa.
- Grácia, E.; Donabeitia, J.; Vergés, J.; PARSIFAL Team (2003). Mapping active faults offshore Portugal (36°N-38°N): Implications for seismic hazard assessment along the southweast Iberian margin. *Geology*, 31, 1: 83-86.
- GTL – Grupo de Trabalho para o Litoral (2014). Gestão da Zona Costeira. O desafio da mudança. Lisboa.
- Guerreiro, M.; Fortunato, A.B.; Freire, P.; Rilo, A.; Taborda, R.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Silva, T.; Rodrigues, M.; Bentin, X.; Azevedo, A. (2015). Evolution of the

hydrodynamics of the Tagus estuary (Portugal) in the 21st century. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(1), 65-80.

Imamura, F. (1995). Review of tsunami simulation with a finite difference method. In *Long-Wave Runup Models*; World Scientific: Singapore, pp. 25–42.

Lira C (2014). Análise da evolução da linha de costa em litoral baixo arenoso nos últimos 50 anos. Relatório técnico de apoio ao estudo do grupo de trabalho do litoral – GTL, Lisboa

Marques, F.; Andrade, C.; Taborda, R.; Freitas, C.; Antunes, C.; Mendes, T.; Carreira, D. (2009). Zonas Costeiras in F.D.Santos (edit.) *Plano Estratégico do Concelho de Sintra Face às Alterações Climáticas*, Câmara Municipal de Sintra, 62 pp.

Marques, F.; Penacho, N.; Queiroz, S.; Gouveia, L.; Matildes, R.; Redweik, P. (2013). Estudo da adequabilidade das faixas de risco/salvaguarda definidas no POOC em vigor, Entregável 1.3.3.a, Estudo do litoral na área de intervenção da APA, I.P. /ARH do Tejo, Agência Portuguesa do Ambiente.

Montilla, J.A.; Casado, C.L. (2002). Seismic Hazard Estimate at the Iberian Peninsula, *Pure and Applied Geophysics*, 159: 2699–2713.

NORMA PORTUGUESA (2010). Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios.

Okada, Y. (1985). Surface Deformation due to Shear and Tensile Faults in a Half Space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 1135–1154.

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 54: 438-447.

Panagos, P.; Ballabio, C.; Borrelli, P.; Meusburger, K.; Klik, A.; Rousseva, S.; Tadic, M.P.; Michaelides, S.; Hrabalíková, M.; Olsen, P.; Aalto, J.; Lakatos, M.; Rymaszewicz, A.; Dumitrescu, A.; Beguería, S.; Alewell, C. (2015b). Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511: 801-814.

Panagos, P.; Meusburger, K.; Ballabio, C.; Borrelli, P.; Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the Total Environment*, 479-480: 189-200.

Penacho, N.; Marques, F.; Queiroz, S.; Gouveia, L.; Matildes, R.; Redweik, P.; Garzón, V. (2013a). Inventário de instabilidades nas arribas obtido por fotointerpretação, Entregável 1.2.2.1.a, Estudo do litoral na área de intervenção da APA, I.P. /ARH do Tejo, Agência Portuguesa do Ambiente.

Penacho, N.; Marques, F.; Queiroz, S.; Gouveia, L.; Matildes, R.; Redweik, P.; Garzón, V. (2013b). Determinação e cartografia da perigosidade associada à ocorrência de fenómenos de instabilidade em arribas à escala regional, Entregável 1.3.1.a, Estudo do litoral na área de intervenção da APA, I.P. /ARH do Tejo, Agência Portuguesa do Ambiente.

Pimenta, M. T. (1999). *Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K*. <http://snirh.pt>.

PNUD (1980). Étude des eaux souterraines de la péninsule de Setúbal (système aquifère Mio-Pliocène du Tejo et du Sado). Rapport final sur les résultats du projet, conclusions et recommandations. Programme des Nations Unies pour le Développement, Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa.

Ramos-Pereira A (2004). O espaço litoral e a sua vulnerabilidade. *Geoinova* 9:33-43.

Reis, E. (2011). Análise de bacias hidrográficas, susceptibilidade à ocorrências de cheias e sistemas de informação geográfica: da definição do quadro conceptual até à proposta de um modelo de avaliação. VIII Congresso da Geografia Portuguesa (p. 1–6). Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa

Sanroque, P.; Rubio, J.L.; Izquierdo, L. (1990). Relaciones entre la erosionabilidad, el material de origen y el tipo de suelo en zonas de la provincia de valencia (España), *Soil Technology*, 3(4), 373-384.

Santos, A., Koshimura, S., Imamura, F. (2009). The 1755 Lisbon Tsunami: Tsunami source determination and its validation, *Journal Disaster Research*, 4, 1, 41-52.

Santos, F. e Miranda, P. (edit.) (2006). Alterações climáticas em Portugal. Cenários, impactos e medidas de adaptação. Projecto SIAM II, Gradiva, Lisboa.

Silva, A.N.; Taborda, R.; Lira, C.; Andrade, C.F.; Silveira, T.M.; Freitas, M.C. (2013a). Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico. Entregável 1.3.2.a, Estudo do litoral na área de intervenção da APA, I.P. /ARH do Tejo, Agência Portuguesa do Ambiente.

Silva, A.N.; Taborda, R.; Lira, C.; Andrade, C.F.; Silveira, T.M.; Freitas, M.C. (2013b). Determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico na Costa da Caparica. Entregável 2.4.a, Estudo do litoral na área de intervenção da APA, I.P. /ARH do Tejo, Agência Portuguesa do Ambiente.

Simões, M.M.M. (1998). Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do Cenozóico na Bacia do Baixo Tejo. Tese de Doutoramento. Universidade Nova de Lisboa.

Taborda, R.; Andrade, C.; Marques, F.; Freitas, M.; Rodrigues, R.; Antunes, C.; Pólvora, C. (2010). Plano estratégico de Cascais face às alterações climáticas - Sector zonas costeiras.

Teixeira T (2014). Obras costeiras e gestão da posição da linha de costa do litoral de Espinho ao Cabo Mondego. Ingenium II, 141

Valle, A.S. (2014). Perda de Território por Ação do Mar: Uma Questão Nacional. Ingenium II, 141

Zêzere, J.; Pereira, A.R.; Morgado, P. (2006). Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal continental. Apontamentos de Geografia, Série investigação, nº 19, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

Zêzere, J.L. (2002). Landslide susceptibility assessment considering landslide typology. A case study in the area north of Lisbon (Portugal). Natural Hazards and Earth System Sciences, vol. 2, 1/2, p.73-82.

Zêzere, J.L. (2020). Geomorphological Hazards. In Landscapes and Landforms of Portugal (pp. 47-62). Springer, Cham.

Zêzere, J.L.; Ramos-Pereira, A.; Morgado, P. (2007). Perigos Naturais em Portugal e Ordenamento do Território. E depois do PNPOT? *Geophilia - O sentir e os sentidos da Geografia*, C.E.G., Lisboa, p.529-542.