

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Avaliação da sinistralidade rodoviária no município da
Amadora: influência do encandeamento solar e declive da rede
viária**

Carlos Guilherme Cabral Igreja

Relatório de estágio orientado
pelo Prof. Doutor Ricardo A.C. Garcia

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

2022

Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**Avaliação da sinistralidade rodoviária no município da
Amadora: influência do encandeamento solar e declive da rede
viária**

Carlos Guilherme Cabral Igreja

Relatório de estágio orientado
pelo Prof. Doutor Ricardo A.C. Garcia

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

Júri:

Presidente: Professor Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso do
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Doutora Sandra Cristina Gil Vieira Gomes do Laboratório Nacional de Engenharia Civil
- Professor Doutor Ricardo Alexandre Cardoso Garcia do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

2022

Agradecimentos

Na realização deste relatório de estágio foram imprescindíveis todos os apoios e incentivos que recebi, pois sem eles não seria possível realizá-lo. Tendo em conta, o contexto de pandemia que nos surpreendeu no final do ano de 2019.

Ao professor Doutor Ricardo Alexandre Cardoso Garcia, pela orientação, apoio e disponibilidade, pelas suas sábias sugestões, pela colaboração na ajuda a solucionar os vários problemas que foram surgindo e também, pelas suas incansáveis palavras de incentivo.

Ao Serviço Municipal da Amadora que me abriu as portas para a realização do meu estágio e que me proporcionou ter um contacto direto na área da Proteção Civil. Exemplo disso, foi a participação no simulacro de um acidente rodoviário entre um veículo ligeiro e uma carrinha que transportava substâncias com radiação nuclear realizado no túnel do IC17, que sem dúvida foi das melhores experiências que tive neste estágio. Agradeço especialmente ao Coordenador Municipal de Proteção Civil, o Dr. Luís Carvalho, que sem ele não conseguiria realizar este estágio, tendo sempre me ajudado e integrado da melhor maneira. E agradeço também a todos os Técnicos Superiores, em especial à Assistente Técnica Maria Lourenço, ao António Farinha, ao Carlos Rocha e ao Emanuel Pinhal.

À Doutora Sandra Vieira Gomes do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), por ter estado sempre disponível em ajudar-me sempre que necessitei.

A todos os meus amigos e colegas que me apoiaram neste percurso.

Finalmente, a toda a minha família por todo o carinho e preocupação, pelas palavras de coragem e incentivo ao longo deste percurso, para que os meus objetivos fossem conseguidos.

A todos vós o meu muito e sempre reconhecido obrigado!

Resumo

O presente relatório de estágio, realizado nos Serviços Municipais de Proteção Civil da Amadora (SMPC-Amadora) pretende, através de um estudo de cariz observacional, avaliar a importância e características dos acidentes rodoviários no município da Amadora, entre 2011 e 2019, bem como aferir as relações potenciais de encandeamento solar ou de inclinação das estradas com a ocorrência dos mesmos.

Numa análise geral, verificou-se que ocorreram 4255 acidentes rodoviários, existindo uma média de 354 acidentes/mês, sendo eles na sua maioria colisões, com um total de 2363 ocorrências (56%). Estes são em geral sem vítimas (97%), sendo que ao ocorrerem são os atropelamentos (47%) o tipo de acidente mais relevante. No entanto, embora com gravidade reduzida, o número de acidentes com vítimas está a aumentar.

Em termos de periodicidade, 2019 foi o ano em que ocorreram mais acidentes rodoviários no município (618), tendência de aumento que se registou desde 2015. Mensalmente destaca-se o período de outono/inverno com ocorrências acima da média sendo novembro (425) o mês mais significativo. Diariamente, são as horas de ponta os intervalos críticos, destacando-se o período da tarde (17:00-19:59h), que representa 24,3% do total de acidentes.

No que concerne à localização dos acidentes, estes ocorreram em praticamente todas as vias do município da Amadora, mas destacam-se os itinerários complementares (IC16, IC17 e IC19) e estradas como a Rua Elias Garcia e a Avenida Comandante Luís António da Silva.

Avaliando a influência do encandeamento solar nos acidentes rodoviários verificou-se que cerca de 112 km têm potencial para ocorrerem estas situações. Verificou-se também que, apenas 145 (36%) acidentes revelaram poder ter influência devido ao encandeamento solar. Todavia, a variação anual da relação verificada entre horas de ponta e períodos críticos de encandeamento permite afirmar que este é um problema real.

Quanto à influência da inclinação das vias nos acidentes rodoviários, pode-se verificar que o facto de o declive ser elevado não indica linearmente um maior número de acidentes rodoviários, havendo peso idêntico de acidentes ocorridos quer em estradas com 2-4% e >8%. Isto acontece, porque os troços muito inclinados são em geral poucos

extensos não possuindo os 2-3 km de extensão considerados críticos, para haver uma relação positiva entre direta e proporcional.

Assim, apesar de ausência de uma BD mais significativa, cuja atualização e uniformização é imprescindível, o presente relatório permitiu a identificação de locais críticos que poderão ser alvo de análises detalhadas e tomadas de medidas adaptadas (modelos dinâmicos, sinalização e alerta), contribuindo para um melhor sistema de proteção civil e assim diminuir a sinistralidade rodoviária.

Palavras-chave: acidentes rodoviários, encandeamento solar, inclinação das vias, zonas de acumulação de acidentes rodoviários, Amadora.

Abstract

The present internship report carried out at the Municipal Services of Civil Protection of Amadora intends, through an observational study, to evaluate the importance and characteristics of road accidents in the municipality of Amadora, between 2011 and 2019, as well as assess the potential relationships of solar glare or the inclination of the roads with their occurrence of the same.

In a general analysis, 4255 road accidents occurred, with an average of 354 accidents/month, and they are mostly collisions, with 2363 occurrences (56%). These are generally without victims (97%), and when they occur, the ones that involve pedestrian (47%) are the most relevant type of accident. However, although with reduced severity, the number of accidents with victims is increasing.

In terms of periodicity, 2019 was the year in which more road accidents occurred in the municipality (618), an upward trend that has been registered since 2015. On a monthly basis, the autumn/winter period stands out with above average occurrences, with November (425) being the most significant month. On a daily approach, rush hours are the critical intervals, especially the afternoon period (17:00-19:59h), which represents 24.3% of the total number of accidents.

Regarding the location of accidents, they occurred in almost all roads in the municipality of Amadora, but we highlight the complementary routes (IC16, IC17 and IC19) and roads like Rua Elias Garcia and Avenida Comandante Luís António da Silva.

Assessing the influence of solar glare in road accidents, it was found that about 112 km have the potential for these situations to occur. It was also found that only 145 (36%) accidents revealed that solar chaining could influence them. However, the annual variation of the relationship between rush hours and critical periods of dazzle allows us to state that this is a real problem.

With regard to the influence of the slope of the roads on road accidents, we can verify that the fact that the slope is high does not linearly indicate a greater number of road accidents, with identical weight of accidents occurring either on roads with 2-4% and >8%. This is because steeply sloping sections are generally not very long and the

2-3 km of length considered critical for a positive relationship between direct and proportional are rare in the municipality.

Thus, despite the absence of a more significant and solid DB, whose updating and standardisation is essential, the present report has allowed the identification of critical sites that may be subject to detailed analysis and adapted measures (dynamic models, signalling and warning), contributing to a better civil protection system and thus reducing road accidents.

Keywords: road accidents, solar glare, road slope, *hotspots*, Amadora.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Acidentes Rodoviários: contextualização	1
1.2. Objetivos do Relatório de Estágio	2
1.3. Estrutura do Relatório de Estágio	4
1.4. Enquadramento do Estágio	5
1.5. Entidade de Acolhimento	7
2. Enquadramento	11
2.1. O Município da Amadora	11
2.2. Acidentes Rodoviários: conceitos	14
2.3. Factores Condicionantes dos Acidentes Rodoviários	15
2.4. Estado da Arte na Análise de Sinistralidade Rodoviária	17
3. Metodologia	31
3.1. Base de Dados dos Acidentes Rodoviários	31
3.2. Georreferenciação	36
3.3. Gravidade dos Acidentes Rodoviários	39
3.4. Análise Espacial dos Acidentes Rodoviários	40
3.4.1. Definição de Zonas de Acumulação de Acidentes Rodoviários	40

3.4.2. Relação potencial de inclinação da via e ocorrência Acidentes Rodoviários	41
3.4.3. Relação potencial de encandeamento solar e ocorrência de Acidentes Rodoviários	44
4. Caracterização dos acidentes rodoviários no município da Amadora	51
4.1. Distribuição temporal	51
5. Análise espacial dos acidentes rodoviários no município da Amadora	57
5.1. Distribuição espacial	57
5.2. Zonas de acumulação de Acidentes Rodoviários	60
5.3. Consequências dos Acidentes Rodoviários	66
6. Os acidentes rodoviários e suas condicionantes no município da Amadora	71
6.1. Acidentes rodoviários e relação potencial de inclinação da via	71
6.2. Acidentes rodoviários e relação potencial de encandeamento solar	75
7. Conclusões e Considerações finais	83
Referências Bibliográficas	89
Anexos Cartográficos	93

Índice de Figuras

Figura 1.1. Total de ocorrências no município da Amadora entre 2000 e 2016.	2
Figura 1.2. Objetivos principais do Serviço Municipal da Proteção Civil.	7
Figura 1.3. Organograma dos Serviços Municipais da Proteção Civil da Amadora (SMPC-Amadora).	8
Figura 2.1. Localização geográfica do município da Amadora.	9
Figura 2.2. Superfície (km ²) das freguesias do município da Amadora	10
Figura 2.3. Tipos de via do município da Amadora.	11
Figura 2.4. Esquema dos vários factores que podem estar envolvidos nos acidentes rodoviários.	13
Figura 3.1. Esquema metodológico de criação e preparação da Base de Dados de Acidentes Rodoviários no município da Amadora (BDaCR-Amadora).	29
Figura 3.2. Exemplo de georreferenciação no centro da via. Fonte: Google Earth Pro.	35
Figura 3.3. Exemplo de aplicação da point density tool	39
Figura 3.4. Exemplo de aplicação da kernel density tool	39
Figura 3.5. Esquema dos troços críticos e respetivos azimutes	44
Figura 4.1. Acidentes rodoviários por ano (%), no município da Amadora (2011-2019).	49
Figura 4.2. Acidentes rodoviários por mês, no município da Amadora (2011-2019).	50
Figura 4.3. Acidentes rodoviários por hora, no município da Amadora (2011-2019).	51
Figura 4.4. Tipologia de acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2019).	52
Figura 4.5. Distribuição anual de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019).	52
Figura 4.6. Distribuição mensal de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019)	53
Figura 4.7. Distribuição horária de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019).	54
Figura 5.1. Acidentes rodoviários por freguesia, no município da Amadora (2011-2019).	55
Figura 5.2. Densidade de estradas por freguesia (km/km ²), no município da Amadora	56
Figura 5.3. Densidade de acidentes por via (acidentes/km), no município da Amadora (2011-2019)	57

Figura 5.4 Densidade de acidentes por via (acidentes/km) por tipologia de acidente, no município da Amadora (2011-2019).	58
Figura 5.5. Zonas de acumulação de acidentes rodoviários, no município da Amadora (2011-2019).	59
Figura 5.5.(A). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, na Rua Elias Garcia e Avenida Comandante Luís António da Silva, do município da Amadora (2011-2019).	60
Figura 5.5.(B). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no nó de ligação do IC19 e a Estrada Nacional 117, do município da Amadora (2011-2019).	61
Figura 5.5.(C). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no IC19 (setor E), Avenida da Força Aérea Portuguesa e Avenida da República, do município da Amadora (2011-2019).	61
Figura 5.5.(D). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, Avenida General Humberto Delgado e artérias circundantes, do município da Amadora (2011-2019).	62
Figura 5.5.(E). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no IC17 (nó de acesso), do município da Amadora (2011-2019).	63
Figura 5.5.(F). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, na Praça Doutor Mário Soares, do município da Amadora (2011-2019).	63
Figura 5.6. Acidentes rodoviários com/sem vítimas (A) e acidentes com vítimas por tipologia (B), no município da Amadora (2011-2019).	64
Figura 5.7. Consequências pessoais (A) e vítimas graves por freguesia (B) devido a acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2019).	65
Figura 5.8. Gravidade dos acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2018).	66
Figura 6.1. Declive médio (%) por troço de estrada no município da Amadora (2011-2019).	69
Figura 6.2. Estradas com potencial para encandeamento solar, no município da Amadora (2011-2019).	74
Figura 6.3. Potencial de encandeamento solar matinal e respetivos acidentes rodoviários para os meses de janeiro, fevereiro e março, no município da Amadora (2011-2019).	76
Figura 6.4. Potencial de encandeamento solar matinal e respetivos acidentes rodoviários para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, no município da Amadora (2011-2019).	77
Figura 6.5. Potencial de encandeamento solar vespéral e respetivos acidentes rodoviários para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, no município da Amadora (2011-2019).	78
Figura 6.6. Potencial de encandeamento solar vespéral e respetivos acidentes rodoviários para os meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro, no município da Amadora (2011-2019).	79

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Freguesias do município da Amadora e respetivas áreas em km ² .	10
Tabela 2.2. Tipos de via do município da Amadora e respetivos km e percentagens	11
Tabela 3.1. Variação na frequência de acidentes em resultado de alteração da inclinação dos trainéis	40
Tabela 3.2. Inclinação máxima desejável dos trainéis	40
Tabela 3.3. Azimutes críticos por mês	45
Tabela 3.4. Dados para Encandeamento a cada 15 dias	46
Tabela 3.5. Tempo Médio para Encandeamento Mensal	47
Tabela 3.6. Períodos de potencial encandeamento mensal	47
Tabela 5.1. Gravidade dos Acidentes Rodoviários no município da Amadora (2011-2018)	66
Tabela 6.1. Número de acidentes, quilómetros de vias e densidade de acidentes/km por classe de declive, no município da Amadora (2011-2019).	70
Tabela 6.2. Número de acidentes por tipologia e respetivos acidentes/km para cada classe de declive, no município da Amadora (2011-2019).	71
Tabela 6.3. Percentagens das tipologias dos acidentes em cada classe de declive, tendo em conta o total de acidentes de cada tipologia.	72
Tabela 6.4. Tabela final com os acidentes rodoviários potencialmente encandeados no período da manhã e no período da tarde.	75

1. Introdução

1.1. Acidentes Rodoviários: contextualização

Os acidentes rodoviários são um dos flagelos mais característicos das sociedades modernas (Alves, 2017), sendo considerado no grupo dos perigos tecnológicos, que de acordo com Julião *et al.*, (2009), resultam de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da atividade humana.

No ano de 2019, registaram-se em Portugal 35704 acidentes rodoviários com vítimas, 474 mortos, 2301 feridos graves e 43202 feridos leves (indicadores a 24 horas), segundo dados da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR). A sinistralidade rodoviária em Portugal contém números elevados e posiciona-se no top 10 europeu da lista dos países com maior número de vítimas mortais nas estradas, com uma média de 1,7 mortos/dia e 5,9 feridos graves/dia.

Em 2019, segundo os dados da CARE- Road Accidents Database, mais propriamente do “Relatório estatístico anual sobre segurança rodoviária na UE, 2020”, Portugal foi o oitavo país com maior número de mortos por milhão de habitantes na EU-27 com 63 mortos/milhão de habitantes. Em sentido oposto, a Noruega e a Islândia foram os países com menor número de mortos por milhão de habitantes com 20 mortos/milhão de habitantes e 17 mortos/milhão de habitantes respetivamente, números que indicam a relevância deste fenómeno no nosso país, pois permitem demonstrar que mesmo países onde as condições climáticas poderiam levar a acidentes graves apresentam valores inferiores a menos de metade dos de Portugal.

No que diz respeito ao contexto do município da Amadora, os resultados preliminares de um estudo apresentado em 2019 pelo comandante dos Serviços Municipais de Proteção Civil, Dr. Luís Carvalho, demonstravam que entre 2000 e 2016, os acidentes rodoviários eram o fenómeno que registava maior número de ocorrências no município da Amadora, com cerca de 8000 ocorrências (figura 1.1).

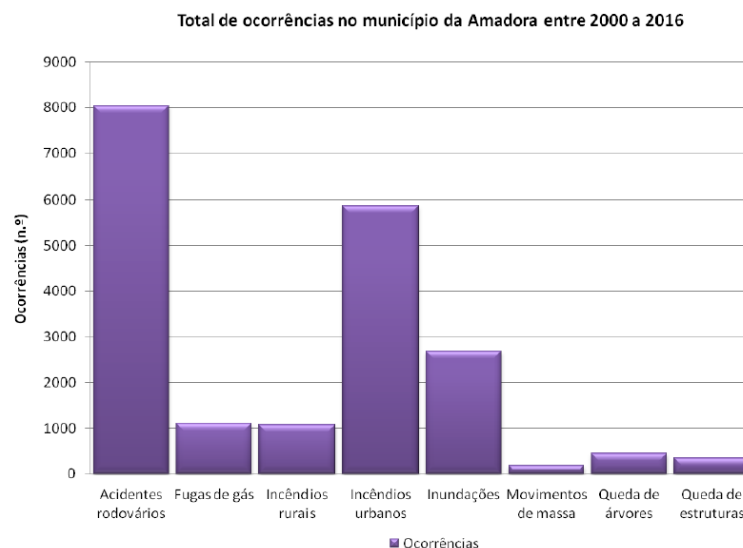


Figura 1.1. Total de ocorrências no município da Amadora entre 2000 e 2016. Fonte: SMPC-Amadora.

Contudo, apesar do elevado número de registos, nem todas as situações, com um ou mais veículos, ocorridas nas vias, são consideradas acidente. Um acidente rodoviário é uma ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo em movimento, do conhecimento das entidades fiscalizadoras (GNR, GNR/BT e PSP) e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais (ANSR, 2018). Por outras palavras, isto quer dizer que todos os acidentes ocorridos na via pública em que não houve necessidade de contactar as entidades fiscalizadoras e por consequência não tomaram conhecimento das ocorrências, ou aqueles onde não houve qualquer vítima e/ou dano material, a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) não considera como acidentes rodoviários.

1.2. Objetivos do Relatório de Estágio

O objetivo geral do presente trabalho, é analisar e avaliar através de um estudo observacional, o perfil dos acidentes rodoviários no município da Amadora e a sua relação potencial com o encandeamento solar ou com o traçado da rede viária.

De modo mais pormenorizado parte-se da hipótese de trabalho de que devido à orientação do traçado de muitos dos eixos principais que atravessam o município da

Amadora, muitos acidentes que ocorrem no município da Amadora podem ter uma relação potencial com fenómenos de encandeamento solar ou com troços de inclinação elevada.

Assim, de modo a provar a validade da hipótese de trabalho inicial definiram-se um conjunto de objetivos específicos agrupados em 4 conjuntos principais com as respetivas perguntas de partida, nomeadamente:

a) Atualização e georreferenciação de base de dados de sinistralidade rodoviária (alfanumérica e cartográfica) entre o período de 2011 a 2019, no município da Amadora. As perguntas de partida principais deste objetivo, focam-se: i) quais as vias onde ocorrem os acidentes rodoviários no município da Amadora?; ii) quais as tipologias e características de acidentes rodoviários na área em estudo?; e iii) como tem sido a distribuição dos acidentes rodoviários nas últimas décadas, em número e tipologia?

b) Avaliação da distribuição espacial e modelação de zonas de acumulação de acidentes rodoviários. Neste objetivo destacam-se as seguintes perguntas de partida: i) quais os locais e o porquê da ocorrência de acidentes rodoviários no município da Amadora?; ii) terão os centros urbanos maior relevância que os itinerários principais?

c) Avaliar a relação potencial de condicionantes ambientais e características das vias na ocorrência de sinistralidade rodoviária no município da Amadora. Neste objetivo pretende-se através de análise espacial analisar e cartografar a eventual potencial relação dos acidentes rodoviários com o ângulo de incidência solar, que potencie o encandeamento, bem como com o declive médio de cada troço de estrada do município da Amadora. As perguntas de partida principais destes objetivos, focam-se na existência ou não de algum padrão espacial na sinistralidade rodoviária na Amadora, relacionado com a tipologia de vias, na existência ou não de algum período específico em que exista maior número de acidentes e avaliar se o traçado é um condicionante significativo na sua ocorrência, seja devido à orientação seja condicionado pela inclinação do traçado. Assim, destacam-se as seguintes questões: i) haverá alguma relação potencial de encandeamento em algumas vias específicas com a ocorrência de acidentes rodoviários? ii) avaliados e classificados os traçados da rede viária quanto ao seu grau de inclinação, identifica-se alguma relação potencial entre a inclinação do traçado da rede viária e as ocorrências de acidentes rodoviários?

d) Avaliar as consequências dos acidentes rodoviários e as características das vítimas no município da Amadora. As perguntas de partida deste objetivo, centram-se nas consequências dos acidentes rodoviários no município da Amadora, na avaliação da gravidade das consequências dos acidentes, nomeadamente: i) têm os acidentes rodoviários ocorridos no município da Amadora um alto grau de gravidade (existência de vítimas graves - mortais e feridos graves)?

1.3. Estrutura do Relatório de Estágio

O presente relatório está dividido em 7 capítulos:

Cap. 1 - Introdução - neste capítulo efetua-se uma breve contextualização sobre o tema, os objetivos do trabalho e estrutura do mesmo. O enquadramento do estágio bem como da entidade de acolhimento, também são discutidos neste ponto.

Cap.2 – Enquadramento – neste capítulo é realizado o enquadramento geral do município da Amadora, os conceitos ligados aos acidentes rodoviários e os factores condicionantes na ocorrência dos mesmos. O estado da arte na análise de sinistralidade rodoviária também é abordado neste ponto.

Cap.3 – Metodologia- neste capítulo aborda-se como foi efectuada a base de dados dos acidentes rodoviários e a respetiva georreferenciação. A análise espacial dos acidentes rodoviários também é discutida neste ponto, abordando o cariz metodológico para a definição de zonas de acumulação acidentes rodoviários e para as potenciais relações de inclinação da via e de encandeamento solar com a ocorrência de acidentes rodoviários.

Cap.4 – Caracterização dos acidentes rodoviários no município da Amadora – neste capítulo é realizada uma análise da distribuição temporal dos acidentes rodoviários e das suas tipologias, utilizando estatística descritiva.

Cap.5 – Análise espacial dos acidentes rodoviários no município da Amadora – neste capítulo é realizada a análise da distribuição espacial dos acidentes rodoviários e as suas respetivas zonas de acumulação, locais que foram identificados como críticos para a ocorrência dos acidentes. As consequências e gravidades dos acidentes rodoviários também são abordadas neste ponto.

Cap.6 – Os acidentes rodoviários e as suas condicionantes no município da Amadora – neste capítulo é efectuada a análise de resultados de forma a que se percebam as relações potenciais entre inclinação da estrada ou encandeamento solar e a ocorrência de acidentes rodoviários no município.

Cap.7 – neste capítulo são apresentadas as principais conclusões e considerações finais sobre os resultados obtidos.

1.4. Enquadramento do Estágio

No âmbito da realização do mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território no Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, optei por efetuar o meu trabalho final de mestrado na modalidade de estágio curricular, decorrido entre dezembro de 2019 e março de 2020 no Serviço Municipal de Proteção Civil do município da Amadora, tendo como tema geral os acidentes rodoviários.

A opção pelo Serviço Municipal de Proteção Civil do município da Amadora, foi tomada após apresentação do seu comandante das estatísticas sobre o tema do trabalho, onde se demonstrava que entre 2000 e 2016, os acidentes rodoviários eram o fenómeno perigoso que registava maior número de ocorrências no município da Amadora, com um total de 8000 ocorrências. Contudo, não tinham os referidos Serviços uma ideia clara quer da sua distribuição espacial quer dos factores que poderão estar a condicionar este número elevado de ocorrências.

Neste contexto, tendo em conta a importância da sinistralidade rodoviária bem como, a disponibilidade do comandante Dr. Luís Carvalho para acolher o estágio no Serviço Municipal de Proteção Civil do município da Amadora e o interesse em apurar os motivos do elevado número de acidentes rodoviários, e eventual proposta de medidas de mitigação, escolheu-se esta temática e como área de estudo o município da Amadora.

Assim, surgiu a hipótese de conjugar os acidentes rodoviários, com eventuais características condicionantes relacionadas com as vias e com ambiente (principalmente, situações de encandeamento), para as quais se pretende analisar o potencial grau de

condicionalismo nos acidentes ocorridos na Amadora. Analisar e avaliar o perfil dos acidentes rodoviários no município da Amadora e, do ponto de vista observacional, a sua relação potencial com condicionantes anteriormente referidos, é o objetivo geral do trabalho desenvolvido. Contudo, o estágio no Serviço Municipal de Proteção Civil da Amadora, teve como objetivo específico a atualização e georreferenciação da base de dados de sinistralidade rodoviária (alfanumérica e cartográfica) entre o período de 2011 a 2019.

O trabalho desenvolvido no Serviço Municipal da Amadora, teve como foco principal a recolha e tratamento de dados em formato Excel dos acidentes rodoviários que ocorreram entre o ano de 2011 e 2019 no município da Amadora. Estes dados foram fornecidos pelo SMPC da Amadora, pelos Bombeiros Voluntários da Amadora em conjunto com o Comando Distrital de Operações de Socorro de Lisboa e também informação dos feridos graves e mortos recolhida dos relatórios disponíveis no site da Autoridade de Segurança Nacional Rodoviária (ANSR). Com a Base de Dados estruturada, realizou-se a georreferenciação de 4133 acidentes com base nas imagens do programa Google Earth Pro.

Adicionalmente ao trabalho efetuado no escritório, houve uma participação em três palestras realizadas a uma turma do 10º ano do ensino profissional da Escola Secundária Seomara da Costa Primo, outra a uma turma do 8º ano da mesma escola e também a uma turma do 3º ano da Escola Básica do 1.º Ciclo e Jardim de Infância Sacadura Cabral. As palestras realizadas às turmas do secundário, teve como tema principal as alterações climáticas e um exercício final onde os alunos tinham de elaborar um slogan relacionado com o tema apresentado, enquanto que na turma do 3º ano o tema principal foi a reciclagem e no fim foram feitas perguntas simples sobre o tema. Não obstante, as sessões, não se relacionaram com a temática desenvolvida, pois o objetivo foi perceber quais as metodologias utilizadas pelo SMPC da Amadora, na sensibilização da comunidade estudantil, para que a proposta de ações sobre acidentes rodoviários possa seguir a mesma linha de raciocínio.

Por último, fiz parte de um simulacro realizado no túnel do IC17, onde demonstrava um acidente rodoviário entre um veículo ligeiro e uma carrinha que transportava substâncias com radiação nuclear que resultaram em duas vítimas. Neste simulacro estiveram presentes Luís Carvalho (Comandante da Proteção civil de Amadora Luís Carvalho), André Fernandes (Segundo Comandante Nacional de Operação de

Socorro da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)), os Bombeiros Voluntários da Amadora, uma equipa da Brisa, o presidente do IMT Eduardo Feio e uma equipa de investigação do Instituto Superior Técnico de Lisboa.

1.5. Entidade de Acolhimento

No que diz respeito ao Serviço Municipal de Proteção Civil, segundo a Lei nº 65/2007 de 12 de novembro define o enquadramento institucional e operacional da proteção civil no âmbito municipal, estabelece a organização dos serviços municipais de proteção civil e determina as competências do comandante operacional municipal (Figura 1.2).

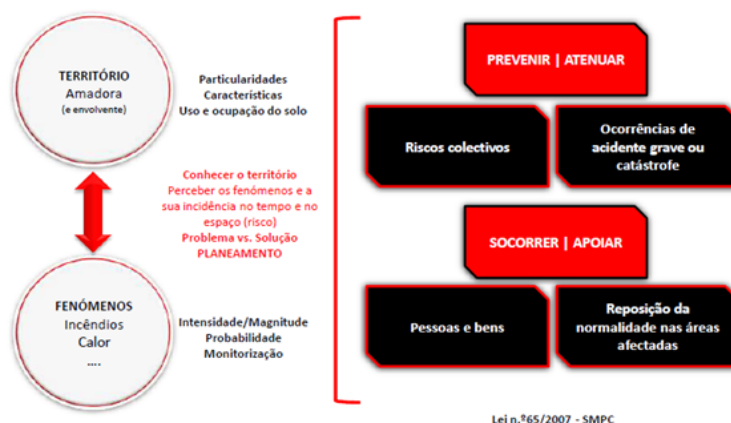


Figura 1.2. Objetivos principais do Serviço Municipal de Proteção Civil. Fonte: SMPC-Amadora.

As competências do Serviço Municipal de Proteção Civil, passa por acompanhar e elaborar o Plano Municipal de Emergência e Planos Especiais, assegurar a funcionalidade e eficácia da sua estrutura, realizar estudos técnicos com vista à identificação, análise e consequências dos riscos naturais, tecnológicos e sociais, informar e sensibilizar a população sobre acidentes graves ou catástrofes, planear o apoio logístico e elaborar planos prévios de intervenção.

Neste contexto, com o objetivo de aumentar o conhecimento que possibilite uma melhor interpretação dos resultados expressos nos Planos Municipais, os SMPC da Amadora, procuram efetuar trabalhos de análise prévia e autónoma, que lhes permitam não só um melhor conhecimento do seu território, mas também das variáveis que

condicionam os diferentes perigos existentes. Com esta informação podem, em conjunto com as restantes entidades, melhorar os procedimentos de preparação, reação e mitigação de danos, mas também focar as suas ações de sensibilização, nos tópicos mais relevantes e direcioná-las aos públicos alvo mais adequados.

No que diz respeito à sua organização, o SMPC da Amadora é coordenado pelo Dr. Luís Carvalho em três setores permanentes de trabalho: Planeamento Operacional e Apoio às Operações, Informação e Sensibilização Pública e Gestão Administrativa e Planeamento Técnico. Nestes três setores de trabalho existem no total treze funcionários permanentes, sendo que quatro deles são os gestores de setor (figura 1.2).

Além destes três setores, existe o Centro de Operações Municipal Integrado (COMI) que é um setor temporário para a gestão do COVID-19 e vai continuar em vigor pelo menos até final do ano de 2021. Este setor é composto por dois operadores e por uma equipa de sensibilização e vigilância covid composta por 15 funcionários. O COMI é ainda dirigido pela presidente da Câmara Municipal da Amadora, a Dra. Carla Maria Nunes Tavares e pelo coordenador do SMPC da Amadora, o Dr. Luís Carvalho e também suportado pelo setor do Planeamento Operacional e Apoio às Operações (Figura 1.3).

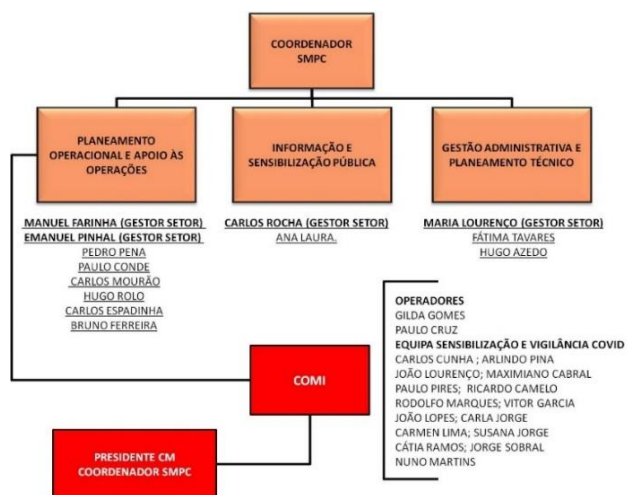


Figura 1.3. Organograma dos Serviços Municipais da Proteção Civil da Amadora (SMPC-Amadora).

O presente trabalho é inserido nos três sectores permanentes do SMPC da Amadora, pois no teatro de operações aquando de uma ocorrência de um acidente rodoviário, o sector do Planeamento Operacional e Apoio às Operações é que ajuda na atuação dos Bombeiros e da Proteção Civil. Relativamente à sensibilização feita à população há cerca dos acidentes rodoviários, é importante que haja informação

relacionada com esse tema como é o caso do presente trabalho e o sector da Informação e Sensibilização Pública é também responsável por essa canalização de informação e por último, a cartografia e o respetivo levantamento estatístico dos acidentes rodoviários é da responsabilidade do sector da Gestão Administrativa e Planeamento Técnico.

2. Enquadramento

2.1. O Município da Amadora

O município da Amadora localiza-se no distrito de Lisboa e confina a Nordeste com o concelho de Odivelas, a Sudeste pelo concelho de Lisboa, a Sul e a Oeste pelo concelho de Oeiras e a Oeste e Norte pelo concelho de Sintra (figura 2.1). No que diz respeito às regiões NUTS (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) o município encontra-se inserido nas NUTS de nível II e III da Área Metropolitana de Lisboa (CMA, 2021).

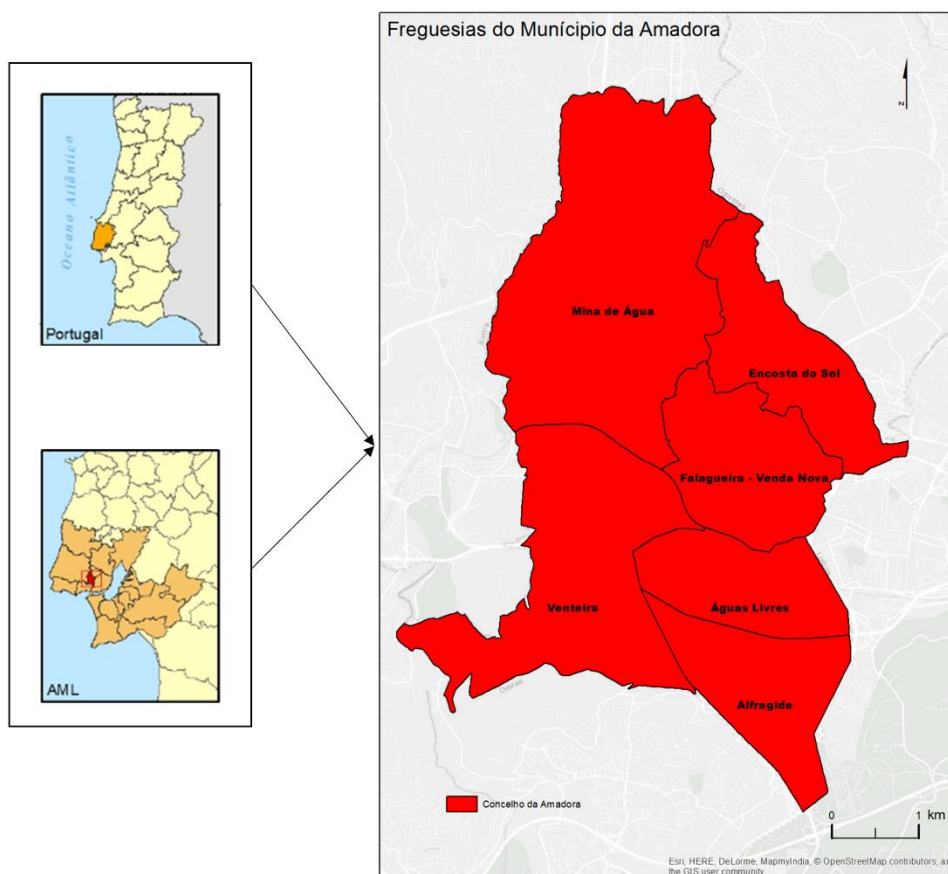


Figura 2.1. Localização geográfica do município da Amadora.

A área total do município é de 23,78 km² e conta com 6 freguesias: Águas Livres, Alfragide, Encosta do Sol, Falagueira-Venda Nova, Mina de Água e Venteira (tabela 1.1) e (figura 1.5). No que se refere à população, o município tem uma população residente de 171 719 habitantes (INE, 2021), sendo o décimo primeiro município mais populoso de

Portugal (INE, 2021) e tal como nos censos de 2011 (CMA, 2014) um dos municípios mais densamente povoado, com 7 221 habitantes/km².

Tabela 2.1. Freguesias do município da Amadora e respetivas áreas em km². Fonte: SMPC-Amadora.

Freguesia	Área em km ²
Águas Livres	2,21
Alfragide	2,51
Encosta do Sol	2,80
Falagueira-Venda Nova	2,86
Mina de Água	8,09
Venteira	5,31
Total	23,78

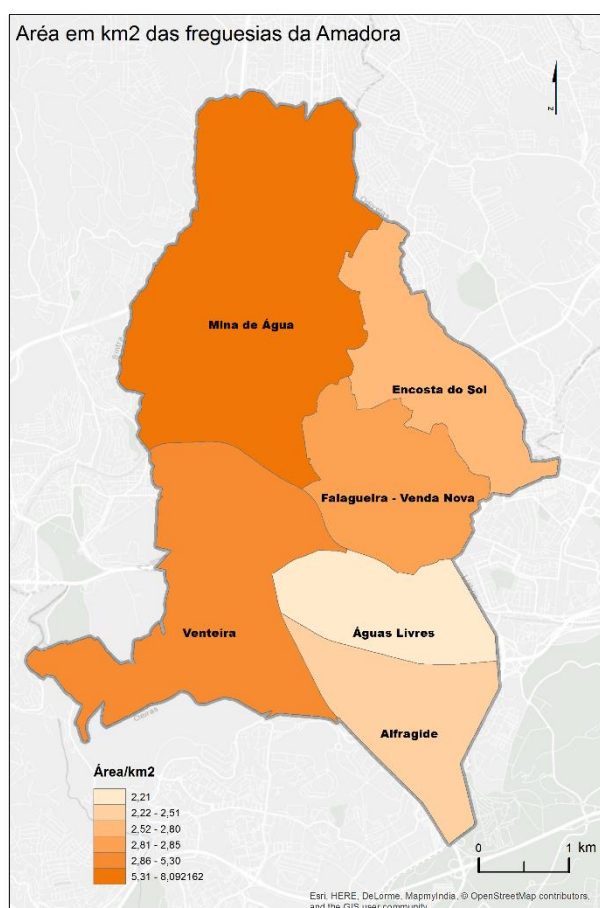


Figura 2.2. Superfície (km²) das freguesias do município da Amadora.

Relativamente às estradas que compõem o município, estas têm uma dimensão total de 378 km e estão divididas por quatro tipo de vias e ainda por 3 itinerários complementares (tabela 1.2 e figura 2.3). A via municipal local, com 226 km é o tipo de via mais representativo, representando 59,83 % das estradas do município da Amadora.

As vias nacionais (24 km; 6,40%) são a hierarquia superior da rede viária, no município da Amadora, onde se destacam troços de 3 itinerários principais (16 km; 4,30%) e de 1 autoestrada, nomeadamente: IC19 e IC16 (que atravessam o município na direção este-oeste nos sectores sul e norte, respetivamente) e tramos de cerca de 2 quilómetros do IC17 (a nordeste) e da A9-CREL (a noroeste). Não obstante a sua pequena representatividade, quando comparada com os restantes tipos de via, estas têm especial relevância uma vez que nestes 4 eixos viários circulam mais de 250.000 veículos/dia (IMT, 2019).

Tabela 2.2. Tipos de via do município da Amadora e respetivos km e percentagens

Tipo de Via	km	%
Via Nacional	24	6,40
Via Municipal Principal	59	15,74
Via Municipal Secundária	52	13,73
Via Municipal Local	226	59,83
IC – Itinerário Complementar	16	4,30
Total	378	100

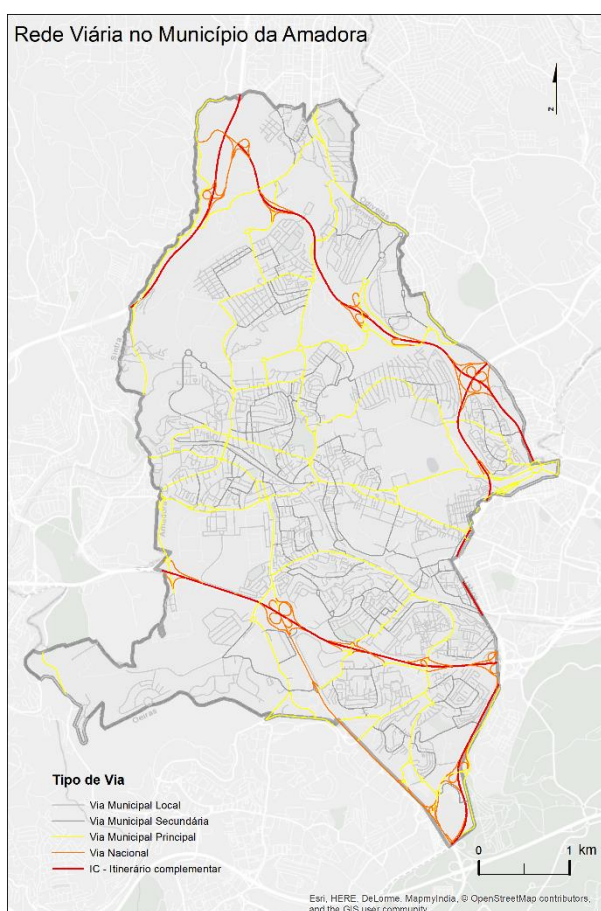


Figura 2.3. Tipos de via do município da Amadora.

2.2. Acidentes Rodoviários: conceitos

No presente trabalho, adotou-se uma definição de acidente rodoviário, suportada no conceito da ANSR, *i.e.* só são considerados acidentes rodoviários aqueles que implicaram alguma intervenção, e conseqüente registo, por parte das entidades de segurança e fiscalização (GNR, GNR/BT e PSP) ou socorro (SMPC, Bombeiros, etc.). Deste modo consegue-se:

- i) garantir a coerência e relacionamento entre a Base de Dados (BD) produzida e as análogas elaboradas por outras entidades oficiais;
- ii) garantir a comparabilidade da BD do SMPC-Amadora com outras;
- iii) diminuir o número de ocorrências cujo detalhe da informação recolhida incrementa a subjetividade e ruído na BD, quer por falhas de preenchimento quer por falta de uniformização de dados.

Um acidente rodoviário pode ter diversas conseqüências, podendo resultar vários tipos de vítimas: vítimas mortais, feridos graves e feridos leves. A Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), usa valores a 24 horas ou a 30 dias para o registo dessas mesmas vítimas, sendo que para este relatório foram utilizados os valores a 24 horas.

Uma vítima mortal a 24 horas, é uma vítima cujo óbito ocorra no local do acidente ou durante o percurso até à unidade de saúde (ANSR, 2019). Um ferido grave a 24 horas é uma vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização igual ou superior a 24 horas (ANSR, 2019). Por último, um ferido leve a 24 horas, é uma vítima de acidente que não necessite de ser hospitalizada ou cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização inferior a 24 horas (ANSR, 2019).

No que diz respeito a índices ou indicadores, foram utilizados no presente trabalho os seguintes:

- a) O índice de gravidade que consiste no número de mortos por 100 acidentes com vítimas (ANSR, 2011-2018);
- b) O índice de vítimas graves que é idêntico ao índice anterior, mas consiste no número de mortos e no número de feridos graves por 100 acidentes com vítimas;

- c) O indicador de gravidade que é igual à soma ponderada por tipologia de vítima: número de mortos (100), número de feridos graves (10) e feridos leves (3) (ANSR, 2011-2018).

2.3. Factores Condicionantes dos Acidentes Rodoviários

Na condução automóvel existem três elementos que se interligam e influenciam o modo como esta é efetuada: o meio envolvente, o veículo e o condutor (Pinto, 2006) (figura 2.4).

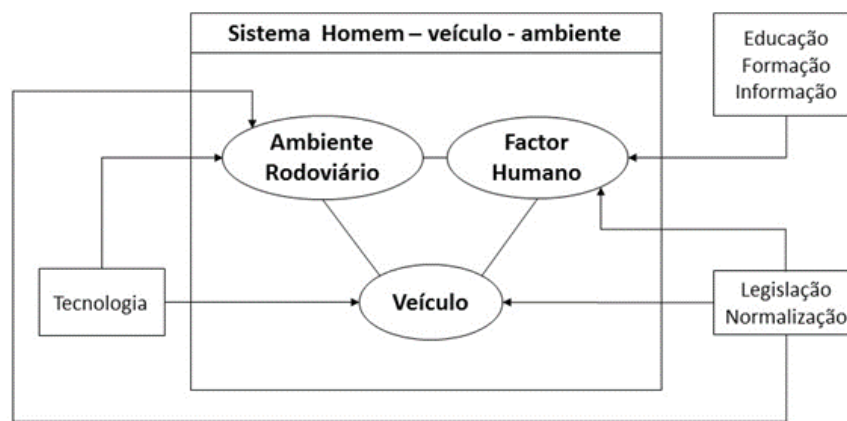


Figura 2.4. Esquema dos vários factores que podem estar envolvidos nos acidentes rodoviários. Adaptado de Macedo, A. L. (1999, p. 47).

O meio envolvente ou ambiente da condução contempla:

i) as características das vias de trânsito e as suas condições (*e.g.*, inclinação, velocidade, sinuosidade, tipo de pavimento e estado de conservação);

ii) a sinalização;

iii) as condições de iluminação e visibilidade, bem como as condições meteorológicas;

iv) as condições e características dos outros veículos ou utilizadores rodoviários (Pinto, 2006), que circulam simultaneamente na mesma via. O veículo, além de ser um simples meio de transporte utilizado pelo condutor, possui características próprias que segundo a autora Pinto (2006) condicionam a sua performance, nomeadamente:

i) antiguidade e estado de conservação;

- ii) manutenção;
- iii) potência de motor;
- iv) travões e sistemas de segurança;
- v) volume;
- vi) tipo de carroçaria;

vi) entre muitos outros aspetos, que poderão influenciar as características da condução.

Por último, de acordo com Soler e Tortosa citados por Pinto (2006, p. 112) “o condutor é o elemento humano, e o mais complexo, que deve controlar todo o sistema de condução.”. O condutor, pela sua individualidade é o mais complexo dos três elementos mencionados anteriormente. Por um lado, o condutor, tem responsabilidade e interação com o meio, tais como, as capacidades perceptivas e de atenção necessárias, a tomada de decisões e a execução dos comportamentos decididos e por outro as capacidades de resposta às necessidades de controlo da condução (Pinto, 2006). Acresce a esta incerteza e complexidade, o facto de um mesmo condutor, com as mesmas condições de veículos e ambiente, puder ter decisões ou velocidades de reação completamente distintas, por exemplo, devido a cansaço, consumo de substâncias inebriantes, estado de espírito, entre muitos outros factores.

Neste contexto, de acordo com CEMT (1994), no que diz respeito à influência destes três elementos como condicionantes em acidentes rodoviários, existe uma clara tendência entre os muitos estudos sobre a causalidade da sinistralidade rodoviária, que aponta o elemento humano como principal causa dos acidentes comparativamente com os outros tipos de causas. No entanto, de acordo com Rodrigues (1997) citado por Pinto (2006, p. 121) “os erros dos utentes rodoviários são influenciados e condicionados pelas infraestruturas e restantes factores envolventes, incluindo os outros utentes das estradas”, ou seja, o elemento humano é fortemente condicionado pelos outros elementos.

Concluindo, pode afirmar-se que os erros do elemento humano apesar de serem apontados como principal causa dos acidentes rodoviários, não são a única causa, pois o veículo e o meio envolvente estão sempre presentes no sistema rodoviário e a sua interação é permanente.

2.4. Estado da Arte na Análise de Sinistralidade Rodoviária

A literatura científica sobre a temática dos acidentes rodoviários revela uma enorme diversidade de abordagens. Nestes podem identificar-se 3 grandes conjuntos de diferenças que se referem a: escala, tipo de variáveis e modelos de análise.

No que se refere à escala de análise variou consoante os autores. Uns preferiram aplicar a análise à escala de diversos países, outros somente a um país. A análise a uma escala internacional diz assim respeito à abrangência de diversos países e foi utilizada por autores que pretendiam comparar as realidades de diferentes países (Bergel-Hayat *et al.*, 2013; Theofilatos *et al.*, 2014). Por outro lado, a escala nacional pretendeu direcionar a temática dos acidentes rodoviários focada nessa realidade e contrastes do país (Hermans *et al.*, 2006; Brijs *et al.*, 2008; Fu *et al.*, 2011; Malin *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2019; Wen *et al.*, 2019).

As escalas de análise mais pormenorizadas foram utilizadas, por exemplo diferenciando áreas rurais (Malin *et al.*, 2019) ou cidades (Hermans *et al.*, 2006; Brijs *et al.*, 2008), sendo que existem trabalhos que optaram por articular estas duas vertentes (Fu *et al.*, 2011; Bergel-Hayat *et al.*, 2013; Theofilatos *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2019; Wen *et al.*, 2019), chegando mesmo a incidir apenas numa determinada via, como por exemplo, a autoestrada de Kaiyang na província de Guangdong da China (Wen *et al.*, 2019).

No que respeita aos países abrangidos pelas escalas internacionais sobressaíram a França, Países Baixos e a cidade de Atenas (Bergel-Hayat *et al.*, 2013). Além destes destacaram-se os Estados Unidos da América, Grécia, Holanda, Reino Unido, Dinamarca, Israel, Itália, Taiwan, Canadá, Bélgica, Suécia, Hong Kong e países nórdicos (Theofilatos *et al.*, 2014). Na escala nacional evidenciou-se a Holanda (Hermans *et al.*, 2006), nomeadamente as cidades de Dordrecht, Haarlemmermeer e Utrecht (Brijs *et al.*, 2008); China (Fu *et al.*, 2011); Finlândia (Malin *et al.*, 2019); Portugal (Gomes *et al.*, 2019).

Muitos dos estudos realizados procuram, correlacionar os acidentes rodoviários e os factores climáticos que os podem ou não condicionar, sendo diversas as variáveis consideradas pelos autores.

Hermans *et al.*, (2006) utilizam dois tipos de dados no seu estudo: as horas da ocorrência dos acidentes e os dados de medição de 37 estações meteorológicas. No total 26940 colisões com danos materiais e/ou físicos ocorreram, a maioria delas, entre 6-10h

e 15-18h. Isso indicou que parte da variação nos dados podia ser atribuído à intensidade do tráfego. A radiação horária global, cobertura total da superfície do céu, humidade relativa e precipitação foram as variáveis climáticas utilizadas. Enquanto a radiação horária global foi expressa em Joule por centímetro quadrado e media a quantidade de energia solar numa hora que atingia a superfície da Terra. Por outro lado, outra variável descrevia, em décimos de hora, quanto tempo o sol brilhou. Na variável N, o valor '0' representava um céu aberto e o valor '8' apontou para um céu totalmente nublado. Relativamente à precipitação horária, foi medida em décimos de hora.

As principais conclusões obtidas neste estudo demonstram que aquando de um aumento na rajada máxima de vento existe um aumento no número de acidentes, assim como o efeito da nebulosidade na ocorrência de acidentes foi considerado positivo. Relativamente à precipitação, o estudo conclui que dez minutos extras de precipitação aumentam em média o número de acidentes em 6,5%, ao contrário de uma quantidade maior de precipitação tem um impacto menor na ocorrência de acidentes. No caso da radiação global e o número de horas com sol, tiveram um impacto negativo significativo na segurança rodoviária.

O estudo revela ainda que de todos estes indicadores climáticos categóricos mencionados acima, a precipitação é que tem o impacto mais significativo e que para as outras variáveis foram obtidas relações pouco significativas ou inequívocas.

Por sua vez, Brijs *et al.*, (2008) analisam as informações sobre a exposição diária ao tráfego. A consideração da extensão dos segmentos de estradas permitiu calcular a quantidade total diária de quilómetros percorridos na rede viária principal de cada região da cidade. Em relação aos dados das condições meteorológicas, as variáveis consideradas como base, foram médias diárias de: vento, temperatura, luz solar, precipitação, pressão atmosférica e visibilidade. No que respeita ao vento, geralmente não é considerado significativo. Contudo foi usada a direção do vento em 5 classes, 4 quadrantes principais e “calmo”, quando havia ausência de vento. A luz solar pode fornecer informações importantes sobre a previsão de acidentes. Desse modo, usou-se a percentagem da duração máxima de luz solar possível. Além disso, uma variável fictícia adicional foi criada para contabilizar os efeitos da luz solar. Essa variável fictícia assumiu o valor de 1 nas seguintes condições: mês entre setembro e fevereiro; duração máxima possível do sol de mais de 70% e cobertura de nuvens inferior a 4, aproximando-se dessa forma de um dia claro com muito sol durante o outono ou inverno e 0 nos restantes meses. Na

precipitação os autores tiveram em conta, a duração do evento chuvoso a cada hora e a quantidade de precipitação diária. Além disso, foi criada uma variável adicional que expressa a intensidade da chuva, calculada como a razão entre a quantidade de precipitação dividida pela duração da mesma. Valores altos para esta variável indicaram chuvas fortes durante pequenos períodos. Outra variável utilizada indicava o número de dias desde a última vez que choveu. No que respeita à pressão atmosférica, utilizaram a pressão superficial média diária. Por fim, na visibilidade foi considerado como valor 0 (menos de 100 m); 1 (entre 100 –200 m); 2 (entre 200 –300 m) e assim sucessivamente. Na cobertura de nuvens, o valor 9 representava o céu invisível, seguindo a escala de medição internacional.

No que diz respeito às principais conclusões deste artigo, os autores revelam que, do ponto de vista prático, as condições climáticas influenciam a ocorrência de acidentes rodoviários, mas dependendo da operacionalização das variáveis podem ser encontrados diferentes efeitos. Portanto, os autores referem que mais pesquisas devem ser efetuadas com mais conjuntos de dados, e variáveis diferentes, diferentes escalas de análise do ponto de vista temporal e espacial, para que se consiga distinguir os diferentes impactos que o clima pode causar na ocorrência dos acidentes. Os resultados destas pesquisas poderão ser utilizados para a gestão do tráfego e campanhas de sensibilização.

Por último, referem que em caso de condições climáticas adversas, existem medidas que poderão ser tomadas temporariamente e localmente através de sinais de mensagem variável instalados nas estradas ou através de sistemas de navegação a bordo onde indicariam uma velocidade máxima mais baixa ou alertando para visibilidade reduzida.

Bergel-Hayat *et al.*, (2013) no seu estudo recolheram os números de acidentes com ferimentos através de fontes policiais, em 3 períodos:1975-2000 na França, 1987-2005 na Holanda e 1985-2005 na região de Atenas, sendo que esses números foram correlacionados com a precipitação, a temperatura e geada, como factores de risco e factores condicionadores de mobilidade. Os factores meteorológicos foram medidos diariamente em três variáveis: a precipitação, medida em milímetros; a temperatura máxima, medida em °C e a ocorrência de geada por meio de uma variável binária (1/0). Os valores médios e extremos destas três variáveis também foram utilizados. Além disso, consoante o país em análise as variáveis foram medidas de forma diferente, nomeadamente: em França, as variáveis climáticas diárias foram calculadas pela média

das variáveis diárias medidas nos cem pontos de observação meteorológica espalhados por todo o país, enquanto nos Países Baixos e na região de Atenas, as variáveis foram medidas num ponto único, sendo respetivamente a estação de Bilt e o antigo aeroporto de Hellenikon. Importa ainda salientar que as variáveis de atipicidade (anomalias) também foram derivadas, sendo que primeiramente foi calculada, a temperatura média diária típica para cada dia do ano. O desvio padrão dessa temperatura para cada dia em um ano típico também foi calculado, de maneira a que fossem desenvolvidas variáveis simuladas, capturando os dias em que a temperatura média diária era mais baixa ou mais alta do que a média diária típica para esse dia do ano. O mesmo processo foi repetido para a precipitação. Essas variáveis foram então somadas ao longo do mês, originando variáveis de atipicidade que contam o número de dias num mês com temperaturas invulgarmente baixas ou altas e com uma quantidade invulgar de precipitação.

Quanto às conclusões obtidas, os autores destacam que a escolha do tipo de modelo usado não deve influenciar os resultados e dão como exemplo a França, onde foi demonstrado que nos diferentes Modelos ARIMA usados com as mesmas variáveis meteorológicas para ajustar o número agregado de acidentes com feridos forneceu resultados consistentes.

Relativamente à comparabilidade dos resultados, os autores constataram que dada a similaridade dos resultados da França e da Holanda, estes podem ser estendidos a outros países europeus ou regiões com clima semelhante. Pelo contrário, foi observado que as chuvas levam a uma diminuição dos acidentes rodoviários na área urbana de Atenas, onde as chuvas são menos frequentes, e isso deve ser testado para outras redes urbanas.

Concluíram ainda que no caso da rede interurbana em França, o efeito da chuva parece apresentar uma relação direta nos acidentes em autoestradas. Contudo, destacam a limitação dos efeitos das condições meteorológicas extremas (chuva forte, baixas e altas temperaturas) cuja modelação ainda não é efetuada de forma sistemática, devendo ser testada em países com climas semelhantes.

Theofilatos *et al.*, (2014) também abordaram as características meteorológicas e os seus efeitos sobre a segurança rodoviária. Nessas características destacaram, a temperatura, precipitação, número de dias com chuva, radiação solar, período de seca, velocidade do vento, humidade, baixa visibilidade e queda de neve. As variáveis meteorológicas foram correlacionadas com as variáveis dependentes (risco de acidente e

acidentes graves). Também foram analisadas variáveis de tráfego, tal como fluxo, densidade, ocupação, velocidade, variações de velocidade, limites de velocidade, congestionamento e taxa de saturação. Essas variáveis foram igualmente correlacionadas com as dependentes. Posteriormente associaram as variáveis meteorológicas e as de tráfego em tempo real com a probabilidade de acidentes, acidentes severos e frequência de acidentes.

Segundo os autores, a revisão de literatura constata que muitos dos parâmetros relacionados com “tráfego de veículos” não demonstra uma relação evidente com a segurança rodoviária, quer no número de acidentes quer na sua gravidade pelo que mais estudos devem ser efetuados de modo a melhorar estes resultados por vezes contraditórios.

Fu *et al.*, (2011) focaram-se somente na influência dos declives das vias. Para tal, analisaram a taxa de acidentes de trânsito em vias descendentes. Nesse sentido, 6 seções típicas foram selecionadas como objetos de pesquisa. Em cada seção foi averiguado o comprimento, inclinação média, inclinação máxima, número de meses em que ocorreram acidentes, número de acidentes e taxa de acidentes. Todas as seções tinham mais de 6 km e no total 1413 acidentes de trânsito foram contabilizados num trecho de 85,43 km. Todos os dados de acidentes de trânsito foram obtidos através da polícia local, sendo que incluíam acidentes mortais, ferimentos e danos. As seções 1, 2 e 3 eram seções de quatro vias com separador central, sendo que a 1 e 2 não tinham acesso para peões ou intersecção da estrada e a seção 3 cruzava a área residencial. As seções 4, 5 e 6 eram seções de duas vias localizadas em áreas montanhosas sem separador central. Constataram que a taxa de acidentes na seção 1 era significativamente maior do que nas seções 2 e 3, enquanto as seções 4, 5 e 6 tinham aproximadamente a mesma taxa de acidentes. No entanto, os declives médios e máximos para essas três seções eram consideravelmente diferentes.

No que diz respeito às conclusões deste artigo, os autores constataram que a inclinação média em seções de 2–3 km de estrada descendente é o parâmetro de perfil de estrada chave que afeta a taxa de acidentes rodoviários, sendo que esta taxa aumenta com a inclinação média. Descobriram também que estradas mais íngremes por si só nem sempre resultam em taxas de acidentes mais altas, pois são apenas troços de estrada descendentes longos e inclinados de modo contínuo que resultam em taxas de acidentes mais altas.

Malin, *et al.*, (2019) analisaram os acidentes rodoviários ocorridos em 43 estradas principais finlandesas entre os anos de 2014 e 2016. Os dados dos acidentes incluíram treze tipos de acidentes, mas o estudo foi limitado aos seguintes tipos de acidentes: acidente com um único veículo, acidente em viragem, acidente em ultrapassagem, acidente num cruzamento, colisão frontal, colisão traseira e outro tipo de acidente. Os dados de acidentes utilizados consistiram em 10646 acidentes com um ou vários veículos. O país também foi dividido em diferentes regiões: área costeira, sul do interior e norte do interior. Por outro lado, os dados meteorológicos incluíam informações sobre a temperatura da superfície da estrada, direção do vento, velocidade do vento, código do clima da estrada e categoria do clima da estrada. Contudo, neste estudo apenas foi focada a análise do código do clima de estrada e a categoria do clima de estrada. O código do clima da estrada abordava a nebulosidade, o tipo de precipitação e a intensidade de precipitação, sendo que este código foi expresso através de quatro caracteres: uma letra e três números. A letra indicava se o estado de tempo aquando do acidente era durante o dia (d) ou durante a noite (n); o primeiro número indica a nebulosidade: limpo (0), quase limpo (1), meio nublado (2), nublado (3) e encoberto (4); o segundo, a taxa de precipitação: inexistência de precipitação (0), ligeira precipitação (1), aguaceiros (2), precipitação (3) e trovoada (4) e o terceiro, o tipo de precipitação: chuva (0), granizo (1) e neve (2). A categoria do clima da estrada, por outro lado, indica a condição da estrada e continha 38 condições diferentes classificadas em três grupos: verde = normal, amarelo = mau e vermelhas = condições meteorológicas perigosas. As categorias meteorológicas de estradas potencialmente perigosas também foram agrupadas. Neste caso em cinco condições diferentes: estrada escorregadia, estrada muito escorregadia, pouca visibilidade, gelo e lama. Além das condições meteorológicas foram também considerados os atributos da estrada, tal como o limite de velocidade dos segmentos de estrada e tipo de estrada (duas vias, vias múltiplas ou autoestrada). Das estradas incluídas, 36 eram de duas vias, 4 eram principalmente autoestradas e 3 eram principalmente estradas de vias múltiplas. No total, 21 das 43 estradas incluídas estavam parcialmente equipadas com limites de velocidade variável, sendo que as regras finlandesas do controlo de limite de velocidade variável estavam divididas em 4 categorias: A = condições normais, B = condições adversas, C = condições reduzidas e D = condições perigosas.

Os autores elaboraram as conclusões para este artigo com base nas condições atmosféricas, nos tipos de estradas e por último, nos tipos de acidentes.

Em primeiro lugar, verificaram através dos resultados que os riscos relativos de acidentes eram maiores para a neve, chuva gelada e condições de estrada escorregadias e muito escorregadias. Relativamente ao risco de acidente com base no tipo de estrada verificaram que os riscos relativos de acidentes eram no geral mais elevados nas autoestradas do que nas estradas de duas e múltiplas vias.

Por último, concluíram que os riscos relativos de acidentes estavam na generalidade mais altos para acidentes com um único veículo do que em acidentes com vários veículos.

Gomes *et al.*, (2019), à semelhança de Fu *et al.*, (2011) também se centraram na influência dos declives das vias. Basearam-se nos trabalhos de outros autores, de forma a compilar informação que permita demonstrar que os níveis de segurança são afetados por parâmetros geométricos das estradas. Nesses parâmetros destacaram variáveis como alinhamentos retos, curvos, perfil longitudinal e transversal. Assim, ao citarem Lamm *et al.*, (1999) constataram que os trechos de trainéis com inclinações até 6% estavam associados a níveis de sinistralidade semelhantes aos de outros trechos menos inclinados, verificando-se aumentos substanciais para inclinações superiores a 6%. Nesse sentido, de acordo com Elvik *et al.*, (2009), o nível de sinistralidade em aclives foi inferior (em cerca de 7%) ao que se verificou em declives. Além disso, a taxa de mortalidade em declives foi 13% mais elevada do que a verificada em aclives. De forma a calcularem a frequência de acidentes em resultado da alteração dos trainéis, Elvik *et al.*, (2009) apresentaram valores, tendo em conta o intervalo de confiança de 95 %. Para Gomes *et al.*, (2019) a inclinação máxima dos trainéis dependia da velocidade base da estrada, sendo os valores máximos desejáveis: 40 km/h para inclinação máxima de 8 %; 60 km/h para inclinação máxima de 7% e 80 km/h para inclinação máxima de 6 %. Contudo, ainda de acordo com os autores anteriormente mencionados, em terrenos montanhosos, a adoção de inclinações longitudinais superiores aos valores desejáveis podia permitir reduções significativas nos custos de construção ou ambientais, apesar de resultarem custos de utilização mais elevados.

Por fim, Wen *et al.*, (2019) utilizaram dados de 2014 sobre a incidência de acidentes, desenho geométrico, fluxo de tráfego e condições climáticas. Os segmentos de estrada eram associados a uma das três estações meteorológicas utilizadas, tendo em conta a distância mais próxima entre o segmento de estrada e a estação meteorológica. As variáveis meteorológicas consideradas foram a velocidade do vento, precipitação e

visibilidade. Além destas, foram também analisadas os acidentes, os quilómetros/ mês, a classe do veículo e as características da estrada (curva ou declive). Nestes dados foi calculado o valor mínimo, máximo e a média. No ano analisado ocorreram 692 acidentes, sendo que cada um foi mapeado pela unidade de observação correspondente usando a abordagem do Sistema de Informação Geográfica. Os valores foram fixados para as vias, incluindo tipo de pavimentação, número de vias, largura da via, tipo e largura do separador central, tipo e largura da berma da via e limite de velocidade.

No que diz respeito às conclusões deste artigo, os autores revelam que os resultados obtidos no modelo espaço-temporal Bayesiano mostram que o aumento na velocidade do vento, a redução na precipitação e o aumento na visibilidade podem agravar o impacto negativo na segurança em troços de estradas com inclinações maiores. Por outro lado, o aumento da proporção de veículos pesados poderia mitigar o impacto negativo dessas inclinações. Além disso, revelam que o aumento da precipitação pode agravar o impacto negativo das curvas horizontais. Os autores referem ainda que as condicionantes acima referidas podem ser atribuídas ao comportamento de compensação de risco pelo condutor e às “habilidades de condução” dos condutores profissionais.

Por último, indicam a importância de gestão de tráfego em tempo real e dos sinais de mensagem variável, que podem ser instalados nas secções curvas da estrada e em terrenos difíceis, enquanto o aviso poderia ser disseminado quando ocorressem condições climáticas adversas, como chuvas intensas e baixa visibilidade, contribuindo assim para melhorar a segurança rodoviária.

Contudo, como referido, a diversidade não se fica apenas pelas escalas de análise ou de variáveis utilizadas, mas também nos modelos utilizados e com que objetivo esses modelos foram usados.

Hermans *et al.*, (2006) aplicam modelos estatísticos probabilísticos, com o objetivo de constatar a probabilidade de ocorrência de acidentes.

Os autores procuraram assim, com base no fluxo de tráfego e registo de acidentes, calcular a probabilidade de acertos em N tentativas independentes, considerando também no seu modelo a probabilidade de não ocorrerem acidentes. Para tal, suportaram-se no modelo de Poisson, derivado de outros modelos (modelo Hurdle e modelo Zero-inflated) procurando identificar e estimar os efeitos de factores sistemáticos nas contagens de acidentes.

Brijs *et al.*, (2008) utilizaram modelos matemáticos, com o objetivo de estimar o número de acidentes que poderiam ocorrer, suportado no modelo e coeficientes de regressão de Poisson. Este modelo foi aplicado em locais diferentes, o que originou também diferentes auto correlações. Nenhuma covariável de exposição ou clima foi usada, a fim de evitar confusão sobre o efeito das condições climáticas e exposição na contagem média de acidentes. Neste modelo foi estimado apenas um parâmetro para cada efeito do clima e exposição para todas as cidades. Contudo, assumiu-se diferentes parâmetros de regressão para cada cidade. Alternativamente, tal efeito pode ser incorporado ao modelo usando variáveis fictícias. No entanto, a análise preliminar dos dados, não mostrou tal efeito. Importa ainda destacar que para aquelas variáveis que se referiam à mesma característica climática (*e.g.*, temperatura mínima e máxima durante o dia) foi adotado um procedimento de seleção gradual durante a estimação do modelo.

Bergel-Hayat *et al.*, (2013) usaram um modelo estrutural para efeitos climáticos médios, sendo considerados os dados de acidentes mensais com existência de vítimas ou feridos. Esse modelo considerava assim: o número mensal de acidentes com lesões nos ocupantes das viaturas; um indicador de exposição ao risco; e as variáveis meteorológicas. Adicionalmente, também incorporava a tendência registada; e ruídos (*e.g.* falta de algum dado ou dados que não estavam correlacionados entre si). Este modelo estrutura-se em 2 etapas. A primeira descreve a tendência linear local e um modelo sazonal para o número mensal de acidentes. A segunda o modelo anterior com uma variável adicional que mede a exposição. Nesse sentido, a exposição foi assim controlada e os parâmetros das variáveis meteorológicas foram usados para quantificar os efeitos sob exposição constante.

Para os efeitos climáticos extremos, foram utilizados modelos lineares generalizados. As variáveis de dados diários foram incluídas no modelo como factores, mantendo o nível mais baixo. Por exemplo, no agrupamento de temperatura, o nível de referência foi o número de dias com uma temperatura média de menos do que 5°C e cada um dos outros níveis foi introduzido na formulação como um factor. Da mesma forma, para as variáveis de precipitação, o número de dias sem precipitação foi usado como caso de referência. O mesmo ocorreu na identificação do impacto das condições extremas mensais.

Ao contrário dos outros autores, que ainda que baseados da teoria de Poisson, procuraram desenvolver modelos ajustados às suas realidades, Theofilatos *et al.*, (2014) usam a revisão da literatura, de modo a calcular o risco de acidente e os acidentes graves,

nomeadamente com que frequência e probabilidade ocorrem. A revisão da literatura baseou-se em diversos autores de diferentes países e vários anos foram considerados, sendo o mais antigo 1982 e o mais recente 2013. A revisão efetuada mostra que a maioria dos parâmetros de tráfego apresentam efeitos mistos na segurança rodoviária, consoante os casos, por isso, a investigação e análise sobre a sua influência tem que continuar. Em relação ao fluxo de tráfego, pareceu estar relacionado não linearmente com as taxas de acidentes. Contudo, alguns estudos utilizaram a correlação linear com o número de acidentes. Adicionalmente, o efeito do fluxo de tráfego e do congestionamento na gravidade do acidente não foi claro, necessitando de um reforço de estudos sobre estas relações. Vale ressaltar que a densidade de tráfego e a ocupação recebeu menos atenção dos investigadores do que o fluxo do tráfego. Da mesma forma, os estudos também investigaram o efeito dos limites de velocidade para medir indiretamente o efeito das mudanças na velocidade. Concluíram assim, que os limites de velocidade influenciam o acidente de uma forma mais direta, sendo que a maioria dos estudos foram realizados nos Estados Unidos da América, pelo que a temática carece de confirmação em países europeus ou em países menos desenvolvidos. Em relação às características climáticas, a grande maioria da literatura investigou o impacto da precipitação mensal ou diária. Em geral, pareceu ter um efeito consistente sobre a segurança rodoviária, mas alguns estudos apresentaram resultados contraditórios. Outros parâmetros como temperatura e velocidade do vento não foram suficientemente examinados enquanto outros (baixa visibilidade) tinham um efeito mais consistente.

Fu *et al.*, (2011) elaboram diagramas de dispersão para explorar os efeitos dos parâmetros de perfil na distribuição dos acidentes rodoviários. Para tal selecionaram parâmetros como o declive nos locais dos acidentes, nomeadamente o declive médio por km. Também foram realizadas as análises de regressão exponencial e de correlação entre taxas de acidentes e parâmetros de perfil. Os resultados demonstraram que a taxa de acidentes aumentava exponencialmente com a inclinação vertical média. Além disso, as diferenças entre a taxa de acidentes e diferentes parâmetros de perfil eram significativas. Os resultados indicaram igualmente que a taxa de acidentes tinha uma boa relação exponencial com declives médios quando uma seção tinha uma inclinação significativa por 2 km ou 3 km pouco antes dos locais do acidente, ou seja, a taxa de acidentes numa seção específica numa estrada descendente contínua estava relacionada com o declive médio em seções descendentes de 2–3 km imediatamente antes do local do acidente.

Malin *et al.*, (2019) utilizaram a probabilidade de Palm, de modo a estudar o risco de acidentes. Esta metodologia calcula a probabilidade para o vetor de condição da estrada e a distribuição empírica das condições das estradas por acidentes. Por sua vez, o risco de acidente empírico relativo em qualquer condição de estrada é definida como a razão entre estas duas probabilidades.

Este estudo apresentou 2 desafios: (i) o volume de tráfego foi medido continuamente somente numa pequena minoria de segmentos da estrada, e (ii) o alto número de segmentos de estradas tornou a distribuição completa de Palm muito grande para ser convenientemente tratada como um objeto único. De forma a resolver essa situação, o volume do tráfego por hora foi calculado, considerando o tráfego médio diário anual das estradas, o factor de variabilidade sazonal, o factor de variação em fim de semana e o factor de variação consoante a hora do dia.

Gomes *et al.*, (2019) tal como Theofilatos *et al.*, (2014) recorreram à revisão da literatura para correlacionar os níveis de segurança com os parâmetros geométricos das estradas. Neste contexto, os autores procuram formular uma expressão que permita relacionar a inclinação e comprimento dos troços. Na sua avaliação consideraram a totalidade da descida com inclinação longitudinal superior a 3%. Quando existiu um trainel, curto, com inclinação menor que 3%, entre dois trainéis sucessivos com inclinação superior a 3%, o comprimento do trainel intermédio foi adicionado ao valor de comprimento a considerar. Em vias urbanas, nas zonas de transição da sobrelevação em curva, a inclinação do trainel devia ser superior à obliquidade, de modo a assegurar condições de drenagem superficial e mitigar o risco de hidroplanagem. Neste sentido, na zona de influência das intersecções, a inclinação longitudinal do trainel da estrada principal tinha que estar limitada ao valor máximo de 4%.

Por fim, Wen *et al.*, (2019) usaram três modelos: efeito aleatório; espacial e espaço-temporal, de modo a estimarem o número de acidentes rodoviários. No modelo de efeito aleatório, integra a contagem de acidentes observada; o segmento de autoestrada e o mês, procurando seguir uma distribuição de Poisson. Assim, procuram definir a exposição ao acidente no segmento i durante um determinado período t , variáveis explicativas, efeitos aleatórios específicos do local obtidos pelas observações (intra e inter mensais), assumindo-se uma distribuição normal com média zero e variação $\sigma_h (> 0)$.

No modelo espacial, as unidades de observação são apresentadas como segmentos consecutivos na mesma estrada. Para dar o efeito da correlação espacial, um termo residual autorregressivo condicional foi adicionado. Nesse caso e considerado o peso de adjacência entre os segmentos, identificou-se que estes se encontravam conectados ou não conectados.

O modelo espaço-temporal procurou então representar o coeficiente de auto correlação e o parâmetro de variância da correlação temporal. Além disso, a interação espaço-temporal foi formulada como o produto de uma tendência temporal e um termo espacial com um parâmetro de variância do componente espacial da interação espaço-temporal. Para cada modelo executaram uma cadeia de 100.000 interações. Os resultados demonstraram 6 termos de interação: (i) Curva \times Velocidade do vento; (ii) Curva \times Precipitação; (iii) Curva \times Visibilidade; (iv) Declive \times Velocidade do vento; (v) Inclinação \times Precipitação e (vi) Declive \times Visibilidade.

O presente trabalho apesar de também procurar avaliar as possibilidades de ocorrências de acidentes rodoviários deparou-se com algumas limitações para aplicação dos modelos acima referidos, nomeadamente:

- falta de dados climáticos – de facto não existem estações que pudessem servir de referência ao município da Amadora e que disponibilizassem dados climáticos, com uma resolução temporal adequada e ajustada ao pormenor dos dados de acidentes rodoviários (no mínimo dados horários) para analisar a sua influência efetiva na ocorrência de acidentes. Conseguiu-se alguns dados diários da precipitação para o município da Amadora. Contudo, não cobria a totalidade do período em análise e mostravam lacunas em alguns dias. Adicionalmente, não se conseguiu obter dados para outras variáveis importantes na ocorrência de acidentes rodoviários como demonstrado nos trabalhos anteriores, *e.g.* nevoeiro, vento;

- a utilização de modelos matemáticos/probabilísticos têm na generalidade dos casos o objetivo de prever o número de ocorrências. Contudo, muitos destes necessitam, por exemplo, do conhecimento do número de veículos que circulam em cada uma das vias para que se calcule a probabilidade de ocorrência. Por outro lado, a espacialização de alguns destes modelos, não é uma tarefa simples e no contexto deste relatório a identificação espacial de troços críticos é importante;

- muitos dos trabalhos efetuados têm também uma visão, mais do ponto de vista da engenharia, necessitando de alguns parâmetros estruturais pormenorizados das características das vias.

Assim, tendo em conta que o objetivo do trabalho é de efetuar uma avaliação, em todas as vias do município da Amadora, que permita a espacialização da relação dos acidentes rodoviários com as características condicionantes da via (declive) e da visibilidade (encandeamento), mas existem limitações de acesso ou inexistência de alguns dos dados anteriormente referidos, o presente trabalho segue um cariz observacional e experimental. Deste modo, adopta uma análise suportada apenas na relação espacial entre as características consideradas condicionantes e a ocorrência de acidentes rodoviários, permitindo identificar locais onde ocorrem acidentes com maior frequência (através da densidade de pontos), mas também a identificação de vias críticas onde futuros estudos, com maior pormenor e quantidade de dados, possam ser prioritários.

3. Metodologia

3.1. Base de Dados dos Acidentes Rodoviários

A base de dados de acidentes rodoviários na Amadora (BDAcR-Amadora), utilizada neste trabalho foi estruturada quer numa componente de registos alfanuméricos quer cartográficos. A figura 3.1, apresenta o esquema metodológico geral das várias etapas para criação e estruturação da BDAcR-Amadora.

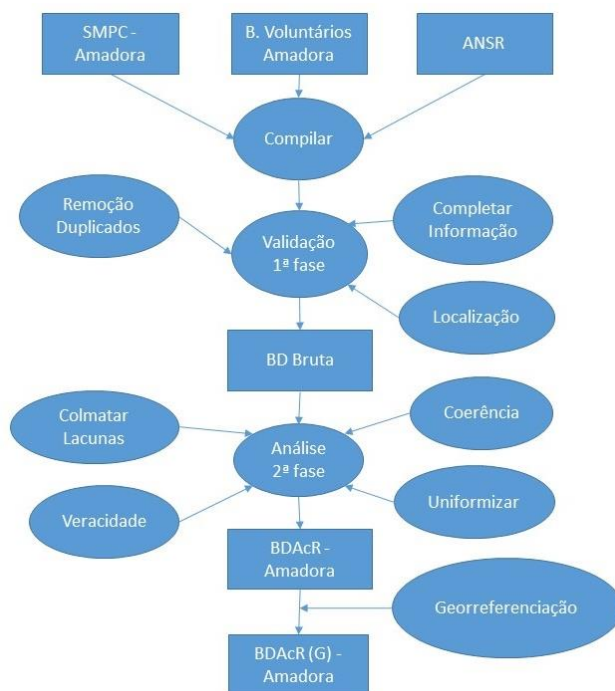


Figura 3.1. Esquema metodológico de criação e preparação da Base de Dados de Acidentes Rodoviários no município da Amadora (BDAcR-Amadora).

A tarefa inicial da componente alfanumérica foi a de pré-análise da informação existente nos Serviços Municipais de Proteção Civil da Amadora (SMPC- Amadora). Esta primeira tarefa, permitiu não só a observação da estruturação dos dados existentes (*e.g.* ficheiros excel, campos), bem como a cobertura temporal existente. Com o objetivo de manter a coerência com as bases anteriores, optou-se por manter uma estrutura de dados semelhante à existente e complementar a BDAcR-Amadora, para o período compreendido entre 2011 e 2019.

Assim, a BDAcR-Amadora existente nos Serviços Municipais de Proteção Civil da Amadora, é baseada em duas fontes de base de dados e registos: a Corporação dos Bombeiros Voluntários da Amadora (CBV Amadora) e nos próprios Serviços Municipais

de Proteção Civil da Amadora (SMPC- Amadora), comparados também com os registos existentes na BD Distrital da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. Além da compilação destes dados, também foram utilizados os dados disponibilizados pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), nomeadamente dos feridos graves e mortos em acidentes rodoviários no município da Amadora.

A utilização de fontes de registos diversificadas teve como vantagens:

- i) Permitir a confirmação de datas/horas locais nos acidentes que aparecem nas diferentes fontes;
- ii) Corrigir ou complementar a informação existente para cada um dos registos.

Contudo, a diversidade de fontes também acarreta alguns problemas, nomeadamente, possibilidade de repetição de informações, a falta de uniformização dos dados, etc. Assim, a primeira fase de tratamento dos dados recolhidos, foi a tarefa de verificação geral das informações, para que no final permanecessem apenas os dados relevantes para o estudo e para que não houvessem repetições. Os critérios utilizados na verificação dos dados, tiveram em conta:

- a) as horas de início dos acidentes;
- b) a designação (classificação da tipologia do acidente);
- c) a informação de feridos graves e mortos;
- d) a localização do acidente (optando-se pela mais detalhada em caso de repetição) e também da seleção apenas dos acidentes ocorridos no município da Amadora, pois nos dados de 2017 a 2019, havia acidentes que não pertenciam ao município da Amadora (estas situações estão relacionadas com ocorrências fora do município da Amadora, mas que pela proximidade e/ou magnitude, foram chamados ao local os Serviços deste município).

Assim, quando a hora de início dos acidentes eram próximas (diferença de minutos) e a designação (colisão, atropelamento...) era igual, contava o acidente que tinha a informação dos feridos graves e mortos ou o primeiro registo horário. Por outro lado, se a hora de início dos acidentes fossem próximas e a designação ou localização diferente foram considerados os dois registos.

No caso de a hora de início dos acidentes e a designação serem iguais, foi selecionado apenas um registo e complementada a informação, sempre que possível,

deste mesmo registo, como por exemplo, com registo de vítimas e/ou com uma localização mais detalhada do acidente.

Concluída a primeira fase de verificação, assumiu-se esta como a BD “bruta”, procedendo-se a uma primeira análise de conteúdos, com base em todas as informações existentes e não apenas nos critérios referidos anteriormente. Nesta fase foram identificadas alguns “problemas” que se tipificam de seguida:

- 1) falhas de informação (*e.g.* moradas incompletas ou inexistentes);
- 2) falta de uniformização (*e.g.* erros ortográficos, designações diferentes para a mesma informação);
- 3) informação incoerente (*e.g.* nome da rua inexistente na freguesia indicada);
- 4) “dupla” localização (*e.g.* existe no município mais do que uma rua com o mesmo nome);
- 5) “falsos alarmes”, *i.e.* situações em que os serviços de proteção e socorro se deslocaram, mas não se tratava de uma ocorrência;

Identificadas as situações anteriores procurou-se a recolha de informações adicionais, para colmatar e uniformizar as informações existentes. Nos problemas tipo 1) a 4) recorreu-se a fontes adicionais, para melhorar a informação de base, nomeadamente outros registos dos Serviços Municipais de Proteção Civil e da Câmara Municipal da Amadora e observações no campo, por exemplo, proximidade de cruzamentos, números de polícia, indicação de estabelecimentos comerciais, etc. Sempre que possível recorreu-se também aos operacionais dos SMPC-Amadora que tivessem conhecimento daquela ocorrência em concreto para auxiliar e/ou validar a informação. Contudo, ainda assim houve situações em que não foi possível resolver o problema, pelo que nesses casos e sempre que o nível de incerteza foi considerado ruído na BD final, os registos foram removidos.

Concluídos os procedimentos de análise e verificação, referidos anteriormente, foram extraídas, da base de dados “bruta”, 2 BD parciais, que serviram de suporte a este trabalho, nomeadamente:

- 1) a BDAcR-Amadora – que contém todos os registos validados como acidente rodoviário no município da Amadora (excluindo os falsos alarmes);
- 2) a BDAcR (G)-Amadora – cujo conteúdo são apenas os registos para os quais foi possível efetuar a georreferenciação, independentemente do seu grau de precisão.

Assim, a BDACR-Amadora é o suporte de dados no tratamento estatístico e realização de gráficos, que não exige necessidade de uma localização, ou seja, todos os registos que se têm a certeza de terem ocorrido na Amadora independentemente de estarem ou não georreferenciados (situações de “dupla localização” não resolvidos, falta de indicação de endereço, mas cujos operacionais envolvidos são apenas os da Amadora, etc.). A BDACR (G)-Amadora funciona como suporte para a generalidade da cartografia e análise espacial efetuadas.

No que diz respeito ao conteúdo geral das BDACR, todas elas são compostas por 20 campos com diferentes tipos de informação, nomeadamente:

ID (numérico) - código identificador de cada acidente, que facilita a codificação na georreferenciação, permitindo localizar o acidente com maior precisão e também para que se conseguisse ter um acesso mais rápido e eficaz a todas as informações que correspondem a um determinado acidente.

Natureza (numérico) - códigos relacionados com a natureza do acidente, ou seja, por cada acidente registado existe um código (2403, 2407...) adequado à tipologia do acidente (colisão, atropelamento...). Os códigos foram decretados pelo SMPC-Amadora através da Norma Operacional Permanente realizada dia 6 de janeiro de 2015, no qual o assunto de referência, foi a Classificação de Ocorrências;

Designação (texto) - estão descritas as designações da natureza dos diferentes acidentes, ou seja, estão descritas as tipologias dos acidentes associadas a diferentes códigos que estão presentes na coluna anterior. Assim, consegue-se entender o que cada código corresponde. Por exemplo, a Colisão corresponde ao código 2403 presente na coluna anterior da Natureza.

Mortos e Feridos Graves (numérico) - estão presentes os registos de mortos e feridos graves por cada acidente. Estes dados foram fornecidos pela ANSR e como são inferiores em termos de volume comparado aos dados dos Bombeiros Voluntários da Amadora e da SMPC- Amadora, existem registos de acidentes que não contém a informação de mortos ou feridos graves.

Danos pop (numérico) - estão representados os números totais de vítimas mortais ou feridos graves por cada acidente.

Data início (numérico) - contém a informação da data do início de cada um dos diferentes acidentes.

Dia (numérico) - estão representados os dias em que ocorreram cada um dos diferentes acidentes.

Mês (numérico) - estão presentes os meses em que ocorreram os acidentes.

Ano (numérico) - contém a informação do ano em que ocorreram os acidentes.

Hora início (numérico) - estão presentes as horas do início de cada um dos diferentes acidentes, conseguindo-se saber qual o acidente que ocorreu primeiro em relação a outro no mesmo dia.

Horas fixas (numérico) - tem uma informação horária diferente da coluna anterior, pois os minutos não estão representados, criada com o intuito de facilitar a análise estatística. Neste campo há apenas a indicação do bloco horário de início de cada acidente rodoviário, i.e., por exemplo, 19, significa que o acidente ocorreu entre as 19:00h e as 19:59h.

Data fim (numérico) - corresponde à data de fim de cada um dos diferentes acidentes.

Hora fim (numérico) - estão representadas as horas do fim de cada um dos diferentes acidentes, conseguindo-se saber qual o acidente que acabou mais tarde no caso de haver mais do que um acidente à mesma hora e se começou num dia e acabou na madrugada do outro dia.

Duração (numérico) - está presente outra informação relevante, que está relacionada com a duração do acidente pois se tivermos em conta a hora do início e a hora do fim do acidente consegue-se saber quanto tempo estiveram as diferentes entidades no teatro de operações.

Local e Freguesia (texto) - estão representados os diferentes locais do acidente e as respetivas freguesias. Assim, sabe-se onde ocorreram mais ou menos acidentes no município da Amadora que para termos estatísticos é deveras importante e também é uma informação chave para a realização da georreferenciação. Nos dados de 2011 a 2016 não estão presentes nenhuma freguesia, pois nestes anos esta informação não foi fornecida.

km (numérico) - corresponde ao quilómetro de cada acidente ocorrido, seja na IC16, IC17, IC19, A9, N117 e N250. Com esta informação, a localização do acidente é muito precisa, principalmente se vier acompanhada com a informação do sentido de circulação.

Georef (numérico) - estão representados os códigos dados à georreferenciação de cada acidente. Estes códigos vão de 1 a 4, sendo que o código 1 refere-se à certeza máxima do local do acidente (km ou morada), o código 2 corresponde a uma localização aproximada do acidente (sabendo o sentido ou um ponto de referência), o código 3 é dado quando se sabe a estrada e freguesia do acidente e por último, o código 4 é dado quando se sabe apenas a estrada do acidente.

Fontes de informação (texto) - estão presentes as diferentes fontes de informação dos dados dos acidentes rodoviários que já foram mencionadas anteriormente.

3.2. Georreferenciação

Com o intuito de identificar padrões de distribuição e efetuar análises espaciais, foi efetuada a georreferenciação dos acidentes rodoviários, com suporte no programa Google Earth Pro atribuindo-se o código identificador (ID), previamente definido e que funcionou como campo chave para a união da componente cartográfica com a alfanumérica (BDACR (G)-Amadora). A opção pela utilização deste programa para efetuar esta tarefa prende-se quer com: i) a existência de imagens de satélite relativamente atualizadas e de boa resolução, que permitem identificação de vias de circulação independentemente da sua tipologia; ii) a possibilidade de efetuar visualização “automática” através da pesquisa, por exemplo, de nomes de via; iii) a potencialidade de utilizar o modo “street view” que permite a procura de números de polícia, nomes de estabelecimentos, km da estrada, etc. e; iv) a facilidade de incorporação da cartografia produzida (.kmz) num Sistema de Informação Geográfica realizada por ano e ordenados por hora, de forma ascendente.

A georreferenciação teve como suporte a informação presente em cada registo (morada, km, sentido de circulação, cruzamentos, freguesia, etc.), que permitisse a melhor identificação possível do local de ocorrência do acidente rodoviário. Os acidentes

rodoviários foram cartografados através de símbolos pontuais, preferencialmente no centro da via (figura 3.2).

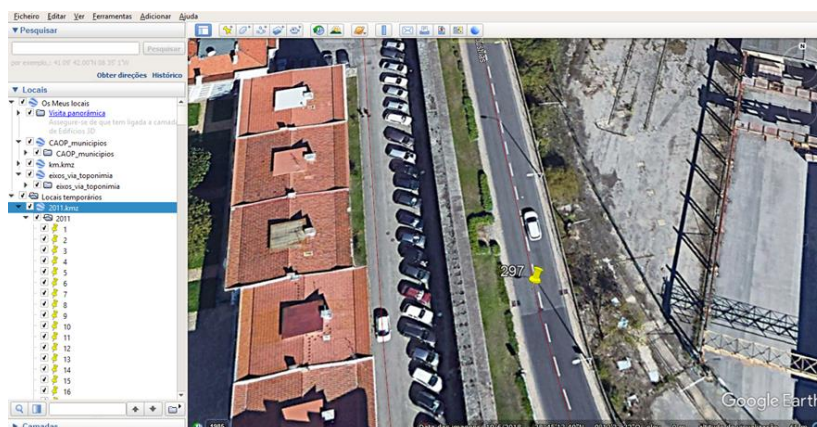


Figura 3.2. Exemplo de georreferenciação no centro da via. Fonte: Google Earth Pro.

Contudo, o grau de exatidão deste processo não é constante para todos os registos, uma vez que depende do detalhe da informação existente em cada registo e da identificação dessa informação no programa utilizada para a cartografar. Assim, e porque a exatidão da localização condiciona as relações que se pretendem analisar neste trabalho, nomeadamente situações de encandeamento ou com a inclinação da estrada, aquando da cartografia de cada registo foi inserida na BDACR (G) a informação do pormenor da georreferenciação através da codificação em 4 níveis. Assim, os quatro níveis de exatidão são:

- 1) código 1, corresponde à certeza máxima do local do acidente (km ou morada completa), ou seja. foi atribuído quando se sabia o número da porta em frente ao qual ocorreu o acidente, o km da via, o sentido de circulação (sobretudo nas ocorrências em autoestradas/IC) ou quando havia informação de que o acidente tinha ocorrido em frente a algum estabelecimento público identificável;
- 2) código 2, corresponde a uma localização menos exata que 1, mas que sabendo morada (ainda que incompleta) o sentido de circulação em que ocorreu, ou a proximidade de ponto de referência (cruzamento, estabelecimento comercial, etc.) permite a identificação do local do acidente rodoviário com algum grau de certeza;
- 3) código 3, foi atribuído quando se possui pelo menos 2 informações sobre localização, que embora menos pormenorizadas, permitem a identificação de troços de via onde o acidente por ter ocorrido, por exemplo, uma via que esteja presente em mais do que uma freguesia (ou se prolongue para fora do município),

sabendo-se o nome da estrada e da freguesia, é possível identificar um troço de via onde ocorreu o acidente;

- 4) por último, o código 4 foi atribuído quando se sabia apenas a estrada do acidente ou só a freguesia, mas não foi possível qualquer informação auxiliar que permita garantir a proximidade entre o local real do acidente rodoviário e a sua representação cartográfica, o que conferia uma baixa exatidão do local do acidente. O erro potencial destas situações é tanto maior quanto maior for a dimensão da via em análise.

Adicionalmente, à classificação da exatidão da georreferenciação, outros problemas tiveram que ser analisados ao longo deste processo cartográfico, nomeadamente alguns relacionados com “gralhas” no Google Earth Pro. Os problemas principais encontrados prendem-se com:

- a) ruas do município da Amadora que estão presentes na base de dados não aparecerem no mapa do programa;
- b) nomes de ruas diferentes sobrepostas espacialmente;
- c) e falha na diferenciação de ruas que têm o mesmo nome, mas que ficam em freguesias diferentes do município. Neste último caso, os dados de 2011 a 2016 não tinham as freguesias e por isso foi complicado saber a que rua pertencia o acidente.

As soluções encontradas para estas falhas, prendeu-se com a pesquisa de informações adicionais ou nome das ruas noutras fontes de informação. Nos casos em que não foi possível o esclarecimento a georreferenciação foi efetuada na via que aparentava maior relevância, no caso de haver mais do que uma rua com o mesmo nome ou no caso de haver nomes de ruas sobrepostas, tendo-lhes sido atribuído níveis de exatidão 3) ou 4). Quando não foi possível a resolução destes problemas ou a identificação da via os acidentes não foram georreferenciados.

O processo de georreferenciação permitiu a identificação de acidentes rodoviários que ocorreram fora do município da Amadora. Nestes casos, e por princípio os registos foram removidos das BD, uma vez que provocaria uma noção irreal da quantidade de acidentes que existiu no município durante o período de estudo. Contudo, os acidentes rodoviários junto ao limite do município e em que havia alguma incerteza na localização, mas a proximidade para com o limite municipal poderia deixar dúvidas (*i.e.* estar dentro

ou fora do município poderia depender da exatidão da georreferenciação, por falta de informação, e não do facto de o acidente ter ocorrido fora do município), foram considerados como integrantes da BD Estatística. Estão nesta situação 102 casos e nenhum destes está afastado mais de 30 m do limite do município.

O processo de cartografar as localizações dos acidentes rodoviários foi concluído com a passagem de todos os dados georreferenciados no Google Earth Pro (kmz) para o Arcgis (kml) na função do Arc Map (Conversion tools - from kml- kml to layer).

3.3. Gravidade dos Acidentes Rodoviários

A recolha e análise dos dados para a gravidade dos acidentes rodoviários foram efetuadas com base nos relatórios anuais de vítimas a 24 horas para o distrito de Lisboa disponibilizados no site da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), para os anos 2011 a 2018¹. Estes relatórios continham a informação de acidentes com vítimas, número de mortos, número de feridos graves, número de feridos leves e o número total de vítimas para o município da Amadora.

Esta análise de gravidade dos acidentes rodoviários foi elaborada com base nos relatórios anteriormente referidos, porque as BD de suporte ao presente trabalho, apesar de conterem a indicação do número de mortos e o número de feridos graves, para alguns dos registos, não existia a garantia de que tivesse sido informação recolhida sistematicamente ao longo de todo o período em análise. Por outro lado, não continham o número de feridos leves e como tal não era possível calcular o indicador de gravidade. Assim, os índices e o indicador calculados foram os seguintes:

- a) O índice de vítimas mortais que foi calculado com base no índice de gravidade disponível nos relatórios da ANSR (2011-2018), onde é referido que este índice consiste no número de mortos por 100 acidentes com vítimas;
- b) O índice de vítimas graves que apesar de não estar presente nos relatórios da ANSR, é idêntico ao índice anterior, mas consiste no número de mortos e no número de feridos graves por 100 acidentes com vítimas;

¹ Dados de 2019 não disponibilizados pela ANSR.

- c) O indicador de gravidade (IG) foi calculado com base nos relatórios da ANSR (2011-2018), sendo que este indicador procura revelar a importância do acidente segundo o número e tipo de vítimas.

Assim, o indicador atribui uma maior relevância a uma determinada vítima segundo a gravidade das consequências. Segundo a ANSR o indicador resulta da soma ponderada do número de mortos (peso 100), número de feridos graves (peso 10) e, por último, o número de feridos leves (peso 3), cuja a fórmula é representada por:

$IG = 100 \times M + 10 \times FG + 3 \times FL$, em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves (ANSR, 2011-2018).

3.4. Análise Espacial dos Acidentes Rodoviários

3.4.1. Definição de Zonas de Acumulação de Acidentes Rodoviários

O mapa de densidade serve para mostrar onde os pontos ou linhas podem estar concentrados numa determinada área. Frequentemente, este mapa utiliza métodos de interpolação para estimar, através de uma determinada superfície, a concentração de um determinado recurso (por exemplo, acidentes rodoviários) (Altaweel, 2017).

Na realização deste tipo de mapas dois dos métodos frequentemente utilizados são o *point density tool* e *kernel density tool* (Altaweel, 2017). No presente trabalho adoptou-se o método mais simples, o *point density tool*. Segundo ESRI (s.d.), a ferramenta *point density*, após especificada uma vizinhança, calcula a densidade dos acidentes rodoviários em cada célula de saída considerando os valores da vizinhança em torno desta (figura 3.3).

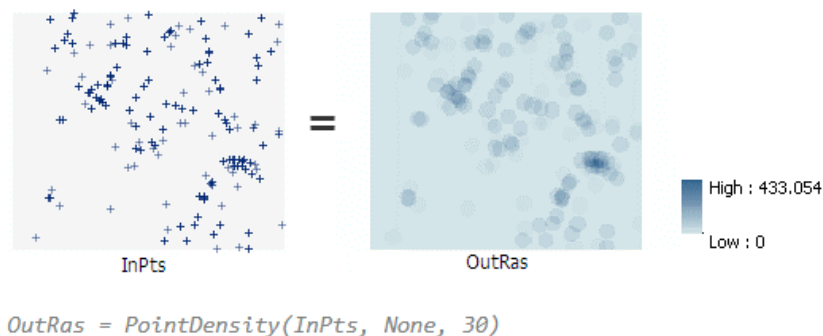


Figura 3.3. Exemplo de aplicação da *point density tool* (extraído de ESRI, s.d.).

A densidade de Kernel , tende a ajustar os valores/densidade segundo a função Kernel a uma superfície de referência de modo suavizado (figura 3.4).

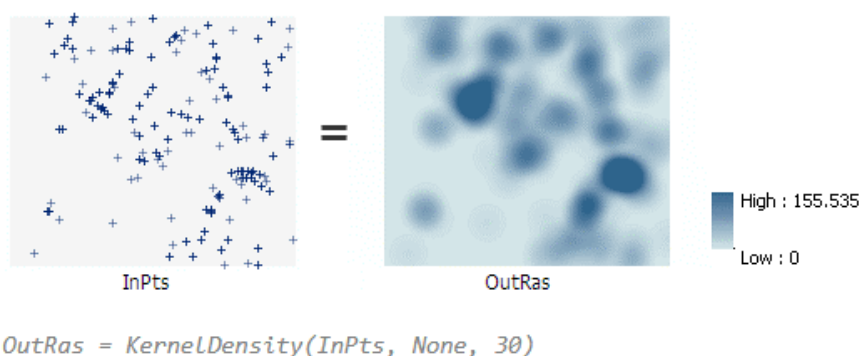


Figura 3.4. Exemplo de aplicação da *kernel density tool* (extraído de ESRI, s.d.).

Neste caso, a utilização da densidade de Kernel, poderia não ser adequada pois ao suavizar limites que na realidade não existem, uma vez que os acidentes poderão ocorrer devido a uma característica específica de um determinado local que se modifica de modo abrupto no troço de estrada seguinte e não de um modo suave e gradual.

Assim, com base nos acidentes rodoviários georreferenciados (grau 1 a 3 – 2802 acidentes) foi realizado o mapa de densidade, para células de 20 m (considerado pela distância ao eixo de via nos IC) e uma vizinhança circular de 200 m.

3.4.2. Relação potencial de inclinação da via e ocorrência Acidentes Rodoviários

A relação entre acidentes rodoviários e a inclinação das vias tem sido alvo diferentes estudos (*e.g.*, Lamm *et al.*, 1999 e Elvik *et al.*, 2009; Fu *et al.*, 2011; Macedo *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2011) avaliando relações de inclinação/frequência de acidentes (tabela 3.1) ou inclinação/velocidade de circulação (tabela 3.2).

Tabela 3.1. Variação na frequência de acidentes em resultado de alteração da inclinação dos trainéis (Elvik *et al.*, 2009)

Intervenção	Variação (%)	Intervalo de confiança a 95%
De +7% para 5 a 7%	-20%	(-38% ; 1%)
De 5 a 7% para 3 a 5%	-10%	(-20% ; 0%)
De 3 a 5% para 2 a 3%	-10%	(-15% ; -5%)
De 2 a 3% para 1 a 2%	-7%	(-12% ; -1%)
De 1 a 2% para 1 a 0%	-2%	(-8% ; +6%)

Tabela 3.2. Inclinação máxima desejável dos trainéis (Macedo *et al.*, 2011)

Velocidade base (km/h)	Inclinação máxima (%)
40	8
60	7
80	6

Assim, suportado em alguns estudos sobre a influência dos declives de elevada percentagem na sinistralidade rodoviária, constatou-se que o documento normativo para aplicação a arruamentos urbanos, no seu primeiro fascículo (IMTT, 2019) e o trabalho de Fu *et al.*, (2011), que correlaciona a taxa de acidentes com a inclinação dos setores de estrada no seu sentido descendente abordavam as percentagens das inclinações dos trainéis, e sua relação com o incremento ou redução de índices de sinistralidade rodoviária, possibilitando a identificação de limiares críticos a adotar neste estudo.

O primeiro estudo “Documento normativo para aplicação a arruamentos urbanos FASCÍCULO I Fundamentos sobre utentes e rede rodoviária” (IMTT, 2019), relatava que a trechos com trainéis com inclinações até 6% estão associados níveis de sinistralidade semelhantes aos de outros trechos menos inclinados, verificando-se aumentos substanciais para inclinações superiores a 6% (Lamm *et al.*, 1999). Por outro lado, relatava também que o Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) continha a informação de que à diminuição da inclinação de um trainel de 5% para 3% correspondia uma diminuição de 13% na sinistralidade, de acordo com o *crash modification factor* obtido por Wang *et al.* (2011).

Adicionalmente, o estudo revelava que o nível de sinistralidade em aclives é inferior (em cerca de 7%) ao que se verifica em “declives”, ou seja, no sentido descendente; por outro lado, a taxa de mortalidade em declives é cerca de 13% mais elevada do que a verificada em aclives, sendo esta, por sua vez, idêntica à observada em trainéis de nível Elvik *et al.*, (2009). Contudo, o nível de precisão da georreferenciação não permitiu na generalidade dos casos perceber qual o sentido de circulação em que ocorreu o acidente, pelo que este tipo de análise não foi possível. Acresce, que a resolução da informação topográfica não permite a identificação do nível médio de inclinação por sentido de via, mas sim para a sua totalidade, pelo que a abordagem adotada se centra no troço de estrada como um todo.

No que concerne ao trabalho de Fu *et al.*, (2011), é relatado que foi explorada a relação entre a inclinação da estrada e os acidentes usando SIG, não tendo sido encontrada nenhuma relação com os acidentes rodoviários em sentido ascendente. Por outro lado, em sentido descendente, a relação existe, embora a correlação não seja superior a 0,4 (Wong, 2005 *in* Fu *et al.*, 2011). O mesmo estudo revela ainda que a taxa de acidentes de trânsito aumenta exponencialmente com a inclinação vertical média em estradas “descendentes contínuas” (Fu *et al.*, 2011), ou seja, troços descendentes consecutivos.

Assim, a metodologia para a identificação de acidentes rodoviários que tiveram como potencial causa o declive acentuado do troço de estrada foi dividida em 3 etapas:

- a) elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e respetiva derivação do mapa de declives;
- b) cálculo e cartografia do declive médio por troço de estrada;
- c) análise espacial de acidentes com nível de georreferenciação elevado (1 e 2) e o declive médio por troço de estrada.

A primeira etapa iniciou-se com a realização do modelo digital de terreno (MDT), através do modelo numérico altimétrico (1:2000) disponibilizado no website da Câmara Municipal da Amadora (elaborado em 2009 e homologado em 2012/2013 pela Direção-Geral do Território), com uma resolução de 5 m. Posto isto, foi elaborado o mapa dos declives do município da Amadora que suporta a produção dos mapas de declive médio por troço de via.

Em seguida, foi feito o mapa do declive médio por troço de estrada (apresentado no capítulo de análises) onde foram correlacionadas as vias do município da Amadora com os valores médios de declive obtidos no mapa anterior. Assim, através da análise espacial foram identificados os diversos *pixels* que correspondiam a cada troço de via, extraídos os valores de declive e utilizado o seu valor médio à totalidade.

Com as informações recolhidas dos estudos anteriores, ficou-se a saber que nos troços de estradas com declives superiores a 6% existia um aumento substancial da sinistralidade rodoviária. Assim, este foi um valor considerado como crítico tendo os troços de declive sido classificados procurando diferenciar os declives superiores a 6% (classes 6%-8% e >8%) mas garantindo que se pudesse fazer alguma diferenciação em valores de inclinação menos acentuados, com três classes (0%-2%, 2%-4% e 4%-6%).

Por último, após a expressão cartográfica dos troços classificados pelo seu declive médio, foi efetuado o seu relacionamento com os acidentes rodoviários com nível de georreferenciação elevado (1 e 2). Assim, a cada um dos 1618 acidentes foi associado o troço de estrada mais próximo e respetiva classe de declive médio. Este mapa foi elaborado com o objetivo de se visualizar espacialmente os acidentes com nível de georreferenciação elevado (1 e 2) e a percentagem média de inclinação dos troços de estrada, para que se pudesse ver a tendência existente no município da Amadora.

3.4.3. Relação potencial de encandeamento solar e ocorrência de Acidentes Rodoviários

A metodologia adotada neste trabalho para identificação de acidentes rodoviários que tiveram como potencial causa o encandeamento solar pode ser dividida em 3 etapas: a) identificação das vias onde podem ocorrer situações de encandeamento; b) definição dos períodos horários em que podem ocorrer encandeamento dos condutores; c) identificação dos acidentes rodoviários com causa potencial de encandeamento.

Referir também que os sentidos de circulação são uma característica muito relevante neste tipo de análise. Contudo, estes só existiam nos itinerários complementares (IC) e autoestradas. Portanto, como não havia sempre essa informação e por outro lado, pretendia-se uma maior abrangência nos tipos de vias que tinham potencial de encandeamento, os sentidos de circulação não foram tidos em conta.

Assim, suportado em alguns estudos sobre o potencial de encandeamento solar na sinistralidade rodoviária, constatou-se que o estudo “Influence of solar glare intensity on vehicular speed variance” seria o mais adequado para o que era pretendido (Woo *et al.*, 2021) definindo ângulos de visão vertical e horizontal e o campo de visão do condutor afetado pelo brilho solar.

O estudo relatava que os condutores necessitavam de um ângulo de visão vertical de 15° para reconhecerem os sinais de trânsito ou semáforos (Wang *et al.*, 2018 in Woo *et al.*, 2021). Além disso, relatava ainda que as diretrizes de factores humanos para sistemas rodoviários usam um ângulo de 10° em relação ao centro de visão como o campo de visão horizontal do condutor (Campbell and Norman, 2012 in Woo *et al.*, 2021). A conclusão obtida pelo estudo foi que quando o sol estivesse posicionado verticalmente e horizontalmente dentro de 15° e 10°, respetivamente, no campo de visão dos condutores simultaneamente na área-alvo, estes ficariam encadeados pelo brilho solar.

Assim, a primeira etapa iniciou-se com a recolha dos dados sobre a hora do nascer e ocaso do sol, bem como do azimute do sol no instante do nascimento ou do ocaso. Estes dados foram obtidos nos relatórios sobre “crepúsculos, duração do dia, alturas e azimutes do sol” do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL), disponíveis online, para a cidade de Lisboa no período compreendido entre 2012 e 2019.

Os dados disponibilizados pelo OAL têm uma periodicidade de 10 em 10 dias, o que perfaz cerca de 3 valores por mês, e são indicados como azimute no instante do nascimento ou do ocaso do Sol, em relação a Sul. Inicialmente foram recolhidos valores para todos os anos e avaliada a amplitude interanual, verificando-se ser nula, pelo que no período em análise não há ruído devido a mudanças de azimute ao longo da década.

Neste contexto, de modo a agilizar a abordagem mensal que foi efetuada neste estudo e comparar os dados obtidos com os ângulos de direção das vias (calculados como o valor angular em relação a Norte), foi necessário tratamento preliminar dos dados brutos. Do ponto de vista temporal utilizou-se como azimute base mensal a média dos valores registados a cada 30 dias. Quanto à uniformização do referencial angular, os azimutes iniciais disponibilizados pelo OAL (referentes a Sul) foram convertidos no valor equivalente com referência a Norte. Por exemplo, quando o OAL indicava um valor de 63 para o nascimento do sol, este foi convertido para 117 (180-63), indicando assim o azimute em relação ao Norte.

Contudo, considerou-se que a definição de um valor único, como azimuth crítico para todo o mês poderia ser demasiado generalista e restritivo, quer pelas flutuações que se verificam ao longo do mês, quer pelo conhecimento de que o encandeamento pode ocorrer não apenas quando o sol está de frente. Assim, a figura 3.5, representa de forma esquemática um exemplo do procedimento efetuado para a definição da banda de azimuthes críticos a ser considerados.

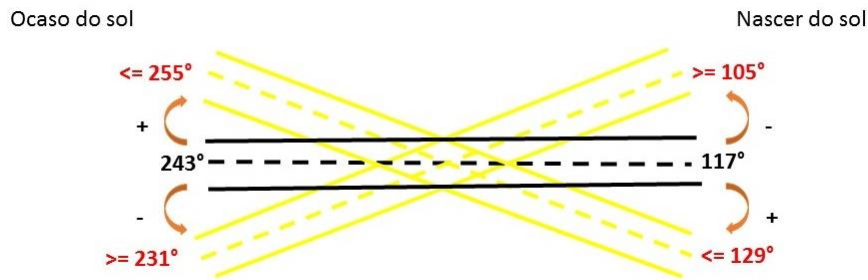


Figura 3.5. Esquema dos troços críticos e respetivos azimuthes.

O cálculo dos azimuthes a considerar como limiares mínimo e máximo, foi obtido através da seguinte expressão:

$$\text{Azimute crítico} = \text{AzR} \pm (\text{AmpAz}/2) \pm 10$$

Em que:

AzR – é o azimuth médio de referência do mês em análise;

AmpAz – é a amplitude dos azimuthes registados no mês em análise;

10 – constante indicadora do ângulo que define o campo de visão do condutor, cuja presença do sol pode produzir encandeamento (Woo *et al.*, 2021);

A figura 3.5 dá como exemplo os valores do mês de janeiro, onde 117 é o azimuth médio no período do nascer do sol e 243 é o azimuth médio no período do ocaso do sol. No mês de janeiro a amplitude média dos valores nascimento/ocaso do sol foi de 4. Neste contexto, através da aplicação da fórmula referida anteriormente e exemplificado na figura, qualquer troço de via cujo azimuth esteja entre os 105° e os 129°, será definido como “troço crítico” para encandeamento ao nascer do sol.

Os resultados da aplicação dos procedimentos descritos anteriormente estão expressos na tabela 3.3, com a indicação dos azimutes críticos por mês.

Tabela 3.3. Azimutes críticos por mês

Azimute Médio Crítico Mensal						
Mês	Nascer do Sol	Limiar inferior	Limiar superior	Ocaso do Sol	Limiar inferior	Limiar superior
Janeiro	117	105	129	243	231	255
Fevereiro	108	94	122	252	238	266
Março	94	79	109	266	251	281
Abril	79	64	94	281	266	296
Mai	66	53	80	294	280	307
Junho	60	49	71	300	289	311
Julho	60	49	72	300	288	311
Agosto	69	55	83	291	277	305
Setembro	82	67	97	278	263	293
Outubro	97	82	112	263	249	278
Novembro	110	96	124	250	236	264
Dezembro	119	107	130	241	230	253

No seguimento desta primeira etapa, verificou-se a necessidade de apurar o período em que a altura do sol permitia o encandeamento, tanto de manhã como ao final da tarde, *i.e.* até que horas (após o nascer) ou a partir de que horas (antes do ocaso) a altura do sol pode provocar encandeamento, pois o site do Observatório Astronómico de Lisboa não continha esta informação.

Tal como para o Azimute de referência, por uma questão de agilização e pelo facto dos dados da hora em que o sol está a 15° terem sido simulados, foi necessária a definição da banda horária de referência, que teve em conta a hora média mensal e a amplitude da variação ao longo do mês.

Estes dados não se encontram disponíveis no OAL, que apenas indica a altura máxima do sol, pelo que se recorreu a um simulador online que suportado na localização geográfica (latitude e longitude) do local pretendido e no respetivo fuso de horário permite saber a informação da altura do sol há hora e dia desejado. Neste caso, foram inseridos na calculadora online todos os dados para que se conseguisse saber de 15 em 15 dias a que horas é que o sol estava sensivelmente a 15° a cima da linha do horizonte (altura do sol) tanto para o período do nascer como para o período do ocaso em Lisboa. Este processo foi efetuado de modo iterativo alterando a hora do dia até que o valor de 15° fosse obtido.

Os resultados destes cálculos juntamente com os do nascer e ocaso do sol são apresentados e utilizados numa tabela por períodos de 15 dias (tabela 3.4). A utilização de dados de 15 em 15 dias prende-se com o facto das horas da altura do sol nos 15° e as horas do nascer e ocaso do sol não variarem praticamente de um dia para o outro. Assim, e de forma a compatibilizar com a informação das direções das vias, mensalmente fez-se a análise da hora média a que o sol atinja os 15° de acima do horizonte (nascer ou ocaso) e verificou-se a amplitude mensal (tabela 3.5). Com base nestes valores definiu-se a banda horária em que os acidentes ocorridos poderiam ter como causa o encandeamento solar (tabela 3.6), sendo esta informação utilizada para a seleção dos acidentes rodoviários com potencial de encandeamento através do cruzamento com a hora da ocorrência presente na BDACR-Amadora.

Tabela 3.4. Dados para Encandeamento a cada 15 dias

Dados para Encandeamento a cada 15 dias				
Dias	Hora do Nascer	Hora Sol a 15° (manhã)	Hora do Ocaso	Hora sol a 15° (tarde)
1 de janeiro	07:55	09:38	17:26	15:41
15 de janeiro	07:54	09:34	17:39	15:57
30 de janeiro	07:45	09:20	17:55	16:20
14 de fevereiro	07:30	08:59	18:13	16:42
29 de fevereiro	07:10	08:35	18:29	17:03
15 de março	06:48	08:11	18:44	17:20
30 de março	07:24	07:46	19:59	17:36
14 de abril	07:02	07:24	20:13	17:50
29 de abril	06:41	07:25	20:27	18:02
14 de maio	06:25	06:52	20:41	18:14
29 de maio	06:15	06:43	20:54	18:25
13 de junho	06:11	06:41	21:02	18:32
28 de junho	06:15	06:44	21:06	18:36
13 de julho	06:23	06:51	21:02	18:33
28 de julho	06:35	07:01	20:51	18:25
12 de agosto	06:48	07:12	20:35	18:11
27 de agosto	07:02	07:24	20:14	17:52
11 de setembro	07:15	07:36	19:51	17:30
26 de setembro	07:28	07:50	19:27	17:05
11 de outubro	07:42	08:07	19:04	16:40
26 de outubro	07:58	08:26	18:43	16:15
10 de novembro	07:14	08:47	17:27	15:54
25 de novembro	07:30	09:09	17:17	15:38
10 de dezembro	07:44	09:27	17:15	15:31
25 de dezembro	07:53	09:37	17:21	15:36

Tabela 3.5. Tempo Médio para Encandeamento Mensal

Tempo Médio para Encandeamento Mensal								
Mês	Hora do Nascer	Amplitude Horas Nascer (minutos)	Hora Sol a 15º (manhã)	Amplitude Altura (minutos)	Hora do Ocaso	Amplitude Horas Ocaso (minutos)	Hora sol a 15º (tarde)	Amplitude Altura (minutos)
janeiro	07:51	10	09:30	18	17:40	29	15:59	39
fevereiro	07:20	20	08:47	24	18:21	16	16:52	21
março	07:06	36	07:58	25	19:21	01:15	17:28	16
abril	06:51	21	07:24	1	20:20	14	17:56	12
maio	06:20	10	06:47	9	20:47	13	18:19	11
junho	06:13	4	06:42	3	21:04	4	18:34	4
julho	06:29	12	06:56	10	20:56	11	18:29	8
agosto	06:55	14	07:18	12	20:24	21	18:01	19
setembro	07:21	13	07:43	14	19:39	24	17:17	25
outubro	07:50	16	08:16	19	18:53	21	16:27	25
novembro	07:22	16	08:58	22	17:22	10	15:46	16
dezembro	07:48	9	09:32	10	17:18	6	15:33	5

Tabela 3.6. Períodos de potencial encandeamento mensal

Períodos de potencial encandeamento				
	Manhã		Tarde	
Mês	Início	Fim	Início	Fim
janeiro	07:41	09:48	15:20	18:09
fevereiro	07:00	09:11	16:31	18:37
março	06:30	08:23	17:12	20:36
abril	06:30	07:25	17:44	20:34
maio	06:10	06:56	18:08	21:00
junho	06:09	06:45	18:30	21:08
julho	06:17	07:06	18:21	21:07
agosto	06:41	07:30	17:42	20:45
setembro	07:08	07:57	16:52	20:03
outubro	07:34	08:35	16:02	19:14
novembro	07:06	09:20	15:30	17:32
dezembro	07:39	09:42	15:28	17:24

A terceira etapa, consistiu na identificação dos acidentes cuja a causa potencial possa ser o encandeamento solar e para tal foi necessário primeiramente identificar por mês as vias com potencial de encandeamento solar (troços críticos) tanto para o nascer do sol como para o ocaso do sol. Para tal, foi necessário calcular no tema dos eixos de via do município da Amadora a sua direção identificando o azimute (em graus) do troço de

estrada ao Nascer e ao Ocaso. De forma a selecionar os troços de estradas ao nascer do sol e ao ocaso do sol, tendo em conta os seus limiares mensais (inferiores e superiores) foi efetuada uma seleção pelos atributos, i.e., por exemplo, no mês de janeiro, ao nascer do sol foram selecionados os troços de estrada cujos azimutes eram maiores ou iguais (\geq) a 105 (limiar inferior) e os que eram menores ou iguais (\leq) que 129 (limiar superior). Assim, com base na cartografia da rede viária do município da Amadora foram calculados os azimutes de cada troço de estrada, ao nascer e ao ocaso, e posteriormente na conjugação entre estes e os limiares críticos do mês em que ocorreu o acidente, selecionados os troços críticos.

Em seguida, foram identificados mensalmente os acidentes com nível de georreferenciação elevado (1 e 2) que ocorreram nos períodos horários críticos da manhã e da tarde presentes na tabela 3.6.

Por último, utilizando uma função de seleção/análise espacial foram selecionados tanto para o período da manhã como para o período da tarde, os acidentes com nível de georreferenciação 1 e 2 que estavam a uma distância inferior a 20 metros dos troços críticos. A definição dos 20 metros teve como base a largura média dos IC (30-40 metros de largura). Como os eixos de via se encontravam marcados sensivelmente a meio da estrada, considerou-se uma distância limite de metade da largura da estrada. Portanto, os acidentes que tenham ocorrido a uma distância superior a 20 metros, não terão ocorrido nas vias críticas.

4. Caracterização dos acidentes rodoviários no município da Amadora

A caracterização dos acidentes rodoviários, foi dividida pela análise estatística e pela análise espacial. A análise estatística foi realizada com base na BDAcR “Estatística”, onde estão incluídos todos os acidentes rodoviários (georreferenciados e não georreferenciados – 4255 registos). Por outro lado, a análise espacial foi realizada com base na BDAcR (G), que não contempla os 102 acidentes que não se encontravam no interior do município e os 20 registos que não foram possíveis georreferenciar, perfazendo 4133 acidentes que contaram para a representação cartográfica. Estes 102 acidentes foram tidos em conta apenas para efeitos estatísticos por se encontrarem a menos de 30 metros do limite do município.

4.1. Distribuição temporal

A compilação da base de dados descrita anteriormente permitiu identificar, entre o 2011 e 2019, cerca de 4255 acidentes rodoviários no município da Amadora, o que revela a importância deste fenómeno que em média regista 1,3 acidentes/dia.

De facto, estes valores indicam a ocorrência média de cerca de 473 acidentes/ano, mas ao longo do período verificam-se claras flutuações (figura 4.1).

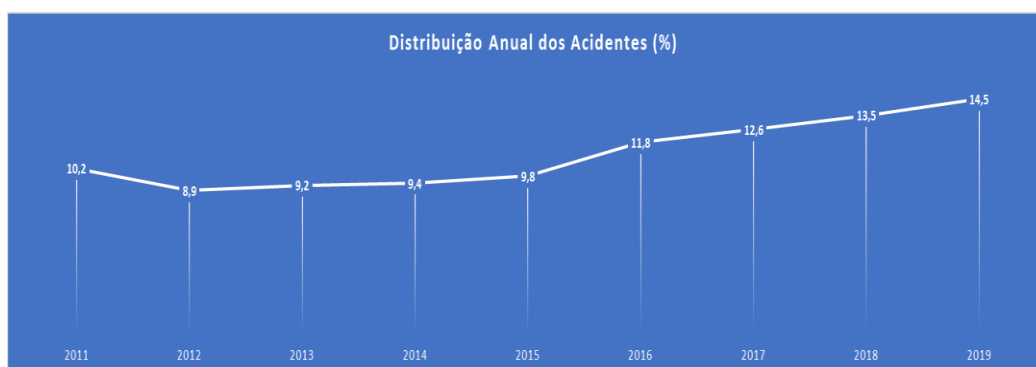


Figura 4.1. Acidentes rodoviários por ano (%), no município da Amadora (2011-2019).

Neste gráfico, está demonstrado que o ano de 2011 (436) teve um número de acidentes inferior ao ano de 2019 (618). Contudo, a tendência não foi constante ao longo do período em análise. Desde o ano de 2011 até ao ano 2014 houve um ligeiro decréscimo

no número de acidentes, com registo abaixo dos 400 casos/ano. A partir dessa data, existe um aumento do número de acidentes por ano, tendo a tendência sido constante desde o ano de 2016 até ao ano de 2019, com uma variação média de cerca de 7%/ano.

A figura 4.2, apresenta a distribuição mensal do total dos acidentes no município da Amadora, que durante o período estudado apresentam uma média de 354 acidentes/mês.

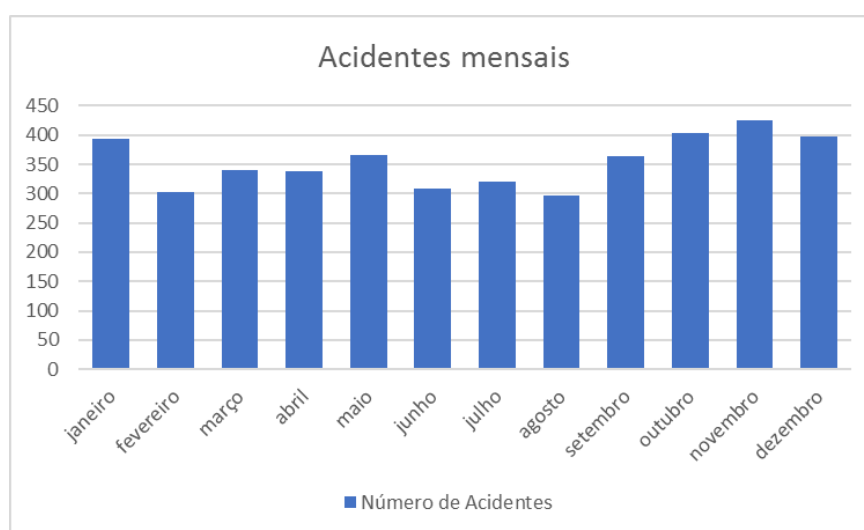


Figura 4.2. Acidentes rodoviários por mês, no município da Amadora (2011-2019).

A observação da figura revela que existe uma oscilação no número de acidentes ao longo dos meses. Se observarmos os meses de fevereiro e os três meses de verão (junho, julho e agosto) verificamos que têm um número reduzido de acidentes comparativamente aos restantes meses, o que poderá estar relacionada com os períodos de férias, registando-se em agosto o menor valor mensal, com 296 casos. O caso de fevereiro poderá estar relacionado com um menor volume de tráfego nesse mês, pois não é associado a nenhum período de férias e vem logo após os meses de festas natalícias e de final de ano, onde a população tradicionalmente se desloca. Contudo, os dados presentes neste estudo não permitem comprovar esta constatação. No sentido inverso é no Outono/Inverno que observam os meses com acidentes rodoviários acima da média, sendo novembro com 425 o que regista maior número de ocorrências. Estes casos poderão estar relacionados quer com as condições das vias, eventualmente devido à ocorrência de

situações meteorológicas adversas, quer por condições de visibilidade, pelo facto de as horas de circulação noturna serem muito mais significativas.

Todavia, se a distribuição anual ou mensal, por vezes têm uma explicação menos evidente, o mesmo não se passa quando se analisa a distribuição dos acidentes ao longo das horas do dia (figura 4.3).



Figura 4.3. Acidentes rodoviários por hora, no município da Amadora (2011-2019).

De facto, é evidente que nas horas de ponta, nos períodos de ida e regresso para as atividades diárias que se verificam os maiores registos, uma vez que em cerca de 6h ocorrem cerca de 41% dos acidentes. O período da manhã, 6:00-9:59h representa 16,8% do total de acidentes com a maior percentagem de ocorrências no intervalo horário das 9:00 às 9:59h, com 6,8%. Já o período da tarde, 17:00-19:59h, com 24,3% do total de acidentes é o que mais se destaca, sendo o intervalo horário das 18:00 às 18:59h, a hora mais crítica onde ocorrem 9,4% do total de acidentes. Estes picos modais claramente estão relacionados com o maior tráfego que se regista nesses períodos e o máximo ao final do dia pode ter a ver com o cansaço no regresso a casa. Nos períodos entre horas de ponta os valores variam entre os 4% e os 6%, com uma tendência crescente à medida que vai entardecendo. Os valores mais baixos de percentagem de acidentes ocorrem, durante a noite-madrugada, entre as 23:00 e as 5:59h, com o período 3:00-5:59h a registar em conjunto apenas 2%.

No entanto, quando se analisam as ocorrências com um pouco mais de pormenor nem todos os acidentes são idênticos. A figura 4.4 (A), representa o número de acidentes

que ocorreram no município da Amadora, tendo em conta os três tipos de acidentes estatisticamente mais representativos, verificando-se que houve mais colisões com um número acima dos dois mil acidentes (2363), em seguida estão os atropelamentos com cerca de mil ocorrências (1017) e por último, os despistes com pouco menos de mil acidentes (862).

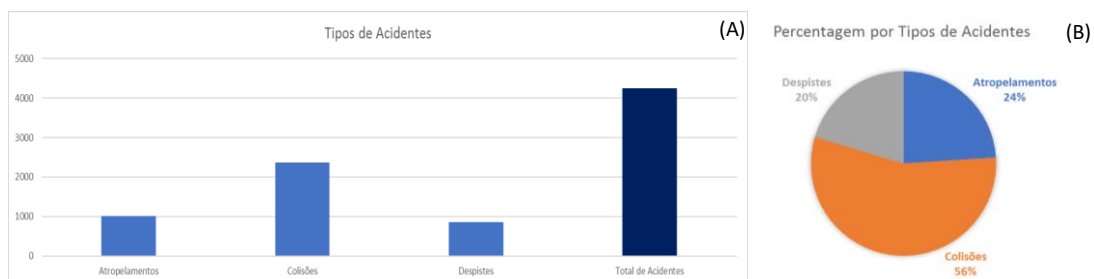


Figura 4.4. Tipologia de acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2019).

De facto a observação da figura 4.4 (B), permite verificar que as colisões representam mais de metade do total dos acidentes do município da Amadora. Por outro lado, as percentagens dos despistes e dos atropelamentos são muito idênticas, embora com ligeiro predomínio dos atropelamentos, que representam cerca de $\frac{1}{4}$ das ocorrências.

Analisando a distribuição anual por tipo de acidentes no município da Amadora, durante o período de estudo verifica-se que em termos gerais os vários tipos de acidente seguem o padrão geral verificada sem discriminação de tipologia (figura 4.5).

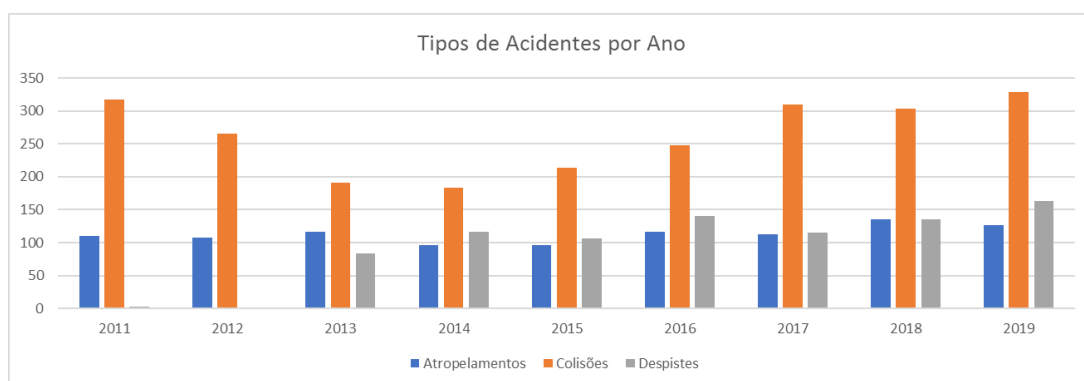


Figura 4.5. Distribuição anual de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019).

A colisão é o tipo de acidente com maior número de ocorrências em todos os anos, com destaque para o ano de 2019 que tem o maior registo (329). Os atropelamentos e os

despistes têm uma média anual de ocorrências idêntica, com exceção dos anos 2011, com apenas 2 acidentes por despiste e 2012 onde não se registou qualquer acidente desta tipologia.

Nos casos das distribuições mensais por tipologia de acidente (figura 4.6) verifica-se como para a distribuição geral, é nas estações de outono-inverno que se registam maiores números de casos de todas as tipologias, e no período de verão e fevereiro, os valores mais baixos.

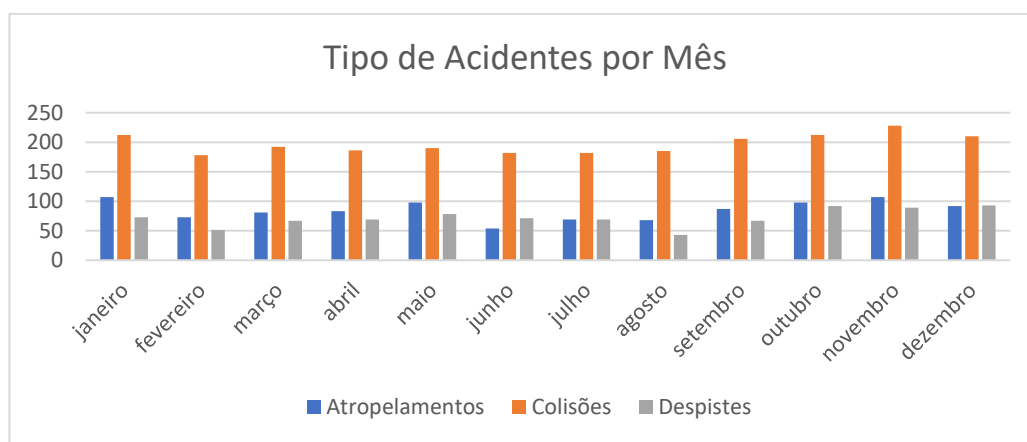


Figura 4.6. Distribuição mensal de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019).

Contudo, tendo em conta as diferenças relativas, em cada tipologia a “colisão” é aquela que apresenta menor variação ao longo dos meses.

No que se refere à distribuição horária por tipo de acidente (figura 4.7), tal como na distribuição geral são as horas de ponta aquelas onde se registam maior número de acidentes, sendo a relevância das tipologias proporcional à importância que cada uma representa para a totalidade de acidentes, *i.e.* a colisão, é o tipo de acidente que ocorre em maior quantidade e o despiste a tipologia que ocorre em menor quantidade. Contudo, os despistes, exceção feita à madrugada, apresentam uma distribuição relativamente semelhante do número de acidentes ao longo de todo o dia.

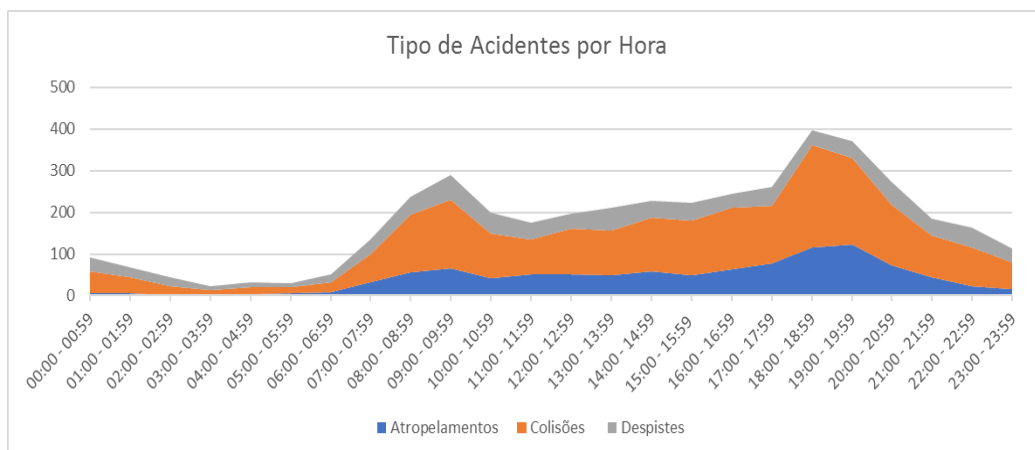


Figura 4.7. Distribuição horária de acidentes rodoviários, por tipologia, no município da Amadora (2011-2019).

Já os atropelamentos, apresentam uma maioria de casos no período do final de tarde/noite, principalmente entre as 17:00 e as 20:00 horas (473; 47%), sendo superior ao número de ocorrências dos despistes, no mesmo período. Esta é a tipologia que maior discriminação horária apresenta, com um registo de ocorrências muito baixo durante a madrugada, mas durante as horas de ponta o número de atropelamentos é mais elevado.

Ainda assim, consegue-se verificar que os atropelamentos, as colisões e os despistes ocorrem durante as 24 horas, não havendo nenhum bloco horário com ausência de alguma das tipologias.

5. Análise espacial dos acidentes rodoviários no município da Amadora

5.1. Distribuição espacial

No que diz respeito à distribuição espacial, verifica-se que em termos gerais, no período estudado, houve acidentes rodoviários em todas as freguesias do município. Contudo, existem algumas diferenças, como se pode observar na figura 5.1, que representa o número de acidentes rodoviários por freguesia. A freguesia de Mina de Água foi a que teve maior ocorrência de acidentes (875) e pelo contrário, a freguesia da Falagueira-Venda Nova, com 495 a que teve menor ocorrência de acidentes.

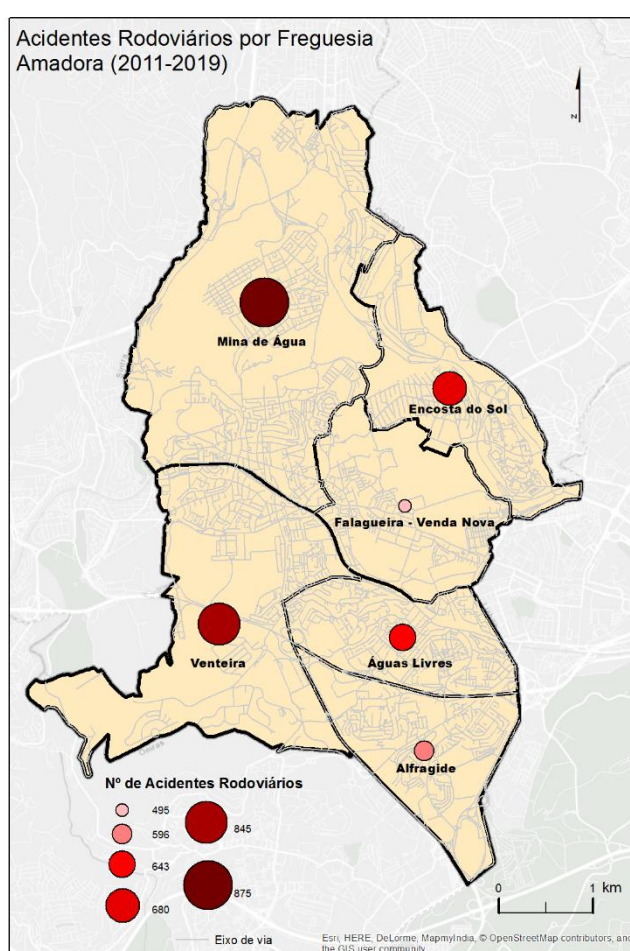


Figura 5.1. Acidentes rodoviários por freguesia, no município da Amadora (2011-2019).

No entanto, é de salientar que a freguesia de Mina de Água e a freguesia da Vendeira são as freguesias com maior ocorrência de acidentes rodoviários, mas também são as duas maiores freguesias do município, pelo que poderá indicar que o valor é influenciado por uma rede de estradas de maior dimensão, logo uma probabilidade teórica de ter mais circulação de veículos e consequentemente de acidentes.

Todavia, a figura 5.2, que representa a densidade de estradas por quilómetro quadrado (km^2) em cada uma das seis freguesias do município da Amadora, não revela que sejam estas as freguesias com maior densidade de vias.

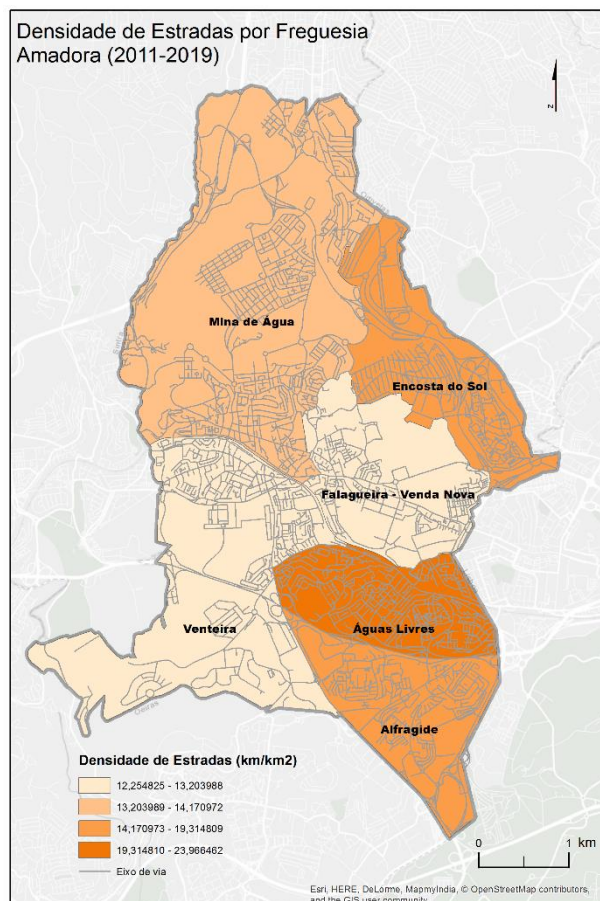


Figura 5.2. Densidade de estradas por freguesia (km/km^2), no município da Amadora.

A observação da figura demonstra que as freguesias de Mina de Água, Falagueira-Venda Nova e Venteira têm a menor densidade de estradas por km^2 do município, com valores que não ultrapassam os 15 km de estradas por km^2 . De facto, apesar da sua superfície elevada, quando comparada com as restantes, as freguesias de Mina de Água e Venteira possuem amplas áreas com rede viária inexistente. Apesar disso não deixam de ter 114,7 km e 65 km de rede viária, respetivamente, o que possibilita a ocorrência de acidentes rodoviários. Já a freguesia das Águas Livres é pelo contrário, a que tem maior densidade de estradas, com mais de 25 km de estradas por km^2 . Contudo, a dimensão absoluta da rede viária ou a sua densidade poderão não ser os melhores indicadores, uma vez que nem todas as estradas têm a mesma hierarquia e consequentemente potencial de

tráfego e de velocidade de circulação, que certamente influencia o tipo de acidente rodoviário mais comum no município da Amadora, as colisões.

Na realidade, a análise da figura 5.3, que representa a densidade de acidentes por quilómetro de cada uma das estradas indica claras diferenciações entre algumas vias, pelo que os valores obtidos nas freguesias estarão relacionados com a importância dessas vias na freguesia e não tanto pela totalidade da rede viária presente.

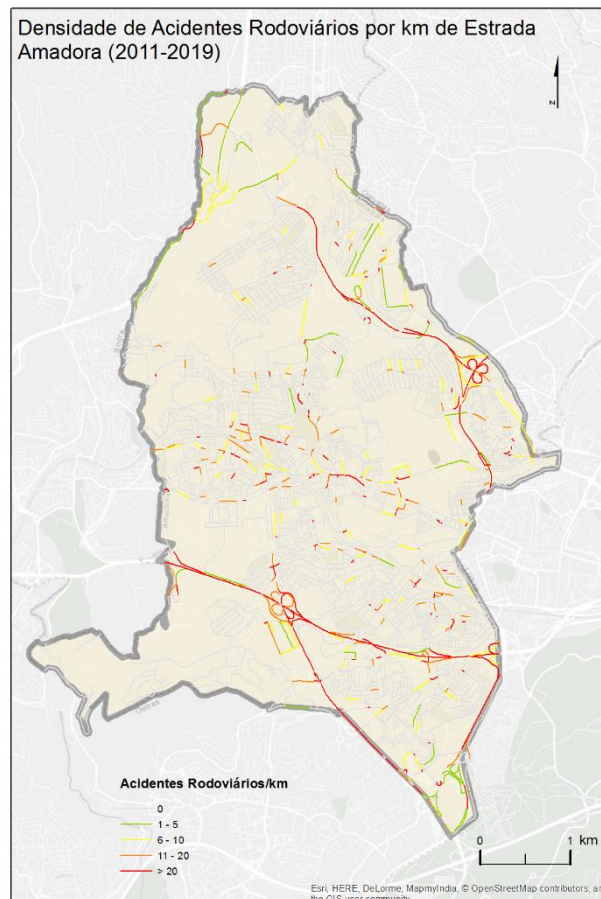


Figura 5.3. Densidade de acidentes por via (acidentes/km), no município da Amadora (2011-2019).

A figura mostra que nas estradas classificadas como itinerários complementares (IC16, IC17 e IC19), assim como os seus nós de acesso, quer ao IC16 (a NNE do município) quer ao IC19 (que atravessa transversalmente o município na direção E-W) e nó de conexão com o IC17 (vindo de SE), em termos médios registam-se, maioritariamente, mais de 20 acidentes por quilómetro, durante o período analisado. Algumas vias no centro do município também merecem destaque, pois verifica-se de igual modo valores médios superiores a 11 acidentes por quilómetro. Ainda assim, pode-se verificar de uma forma positiva o facto de algumas áreas do município não registarem

nenhum acidente, como é o caso das vias a sudoeste ou algumas urbanizações no centro e norte do município.

Se a análise da densidade de acidentes for efetuada por tipologia de acidente (figura 5.4) verifica-se que os Itinerários Complementares (IC) estão muito associados a situações de despiste e colisão, enquanto que os atropelamentos, como seria expectável, ocorrem predominantemente nas vias do centro urbano da Amadora.

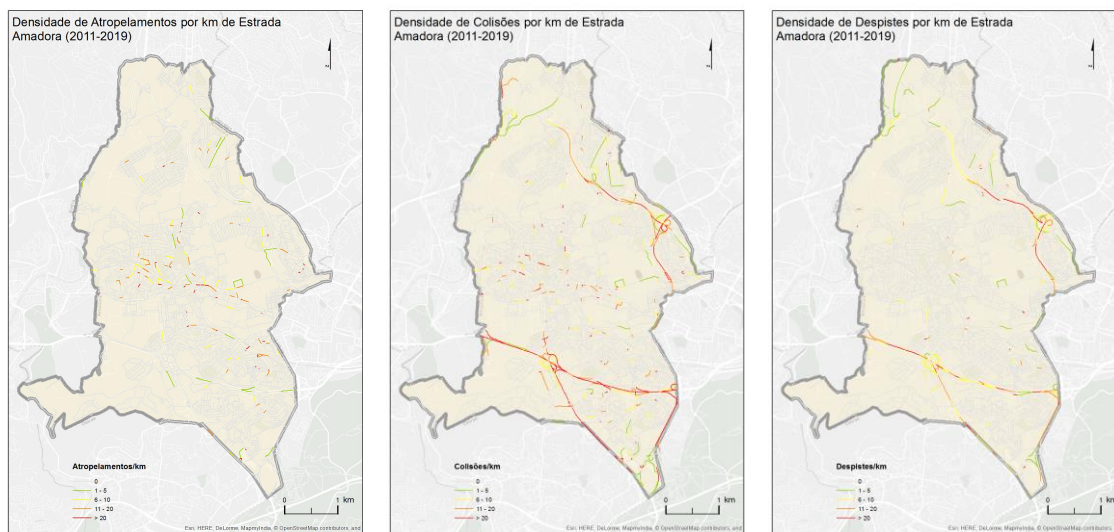


Figura 5.4. Densidade de acidentes por via (acidentes/km) por tipologia de acidente, no município da Amadora (2011-2019).

Assim, os despistes estão predominantemente associados a vias com maior velocidade de circulação. Já as colisões embora ocorram predominantemente em vias com essas características, também apresentam registos em estradas localizadas no centro urbano, cuja circulação de peões condiciona igualmente os atropelamentos.

Porém as observações registadas permitem identificar as vias mais problemáticas, mas não tão bem a existência de locais críticos.

5.2. Zonas de acumulação de Acidentes Rodoviários

Assim, com o objetivo de se identificar com mais pormenor os locais com grande densidade de acidentes rodoviários, foi elaborado um mapa com zonas de acumulação

que se pode observar na figura 5.5, de onde foram extraídas algumas ampliações para melhor visualização (identificadas pelas letras (A) a (F)).

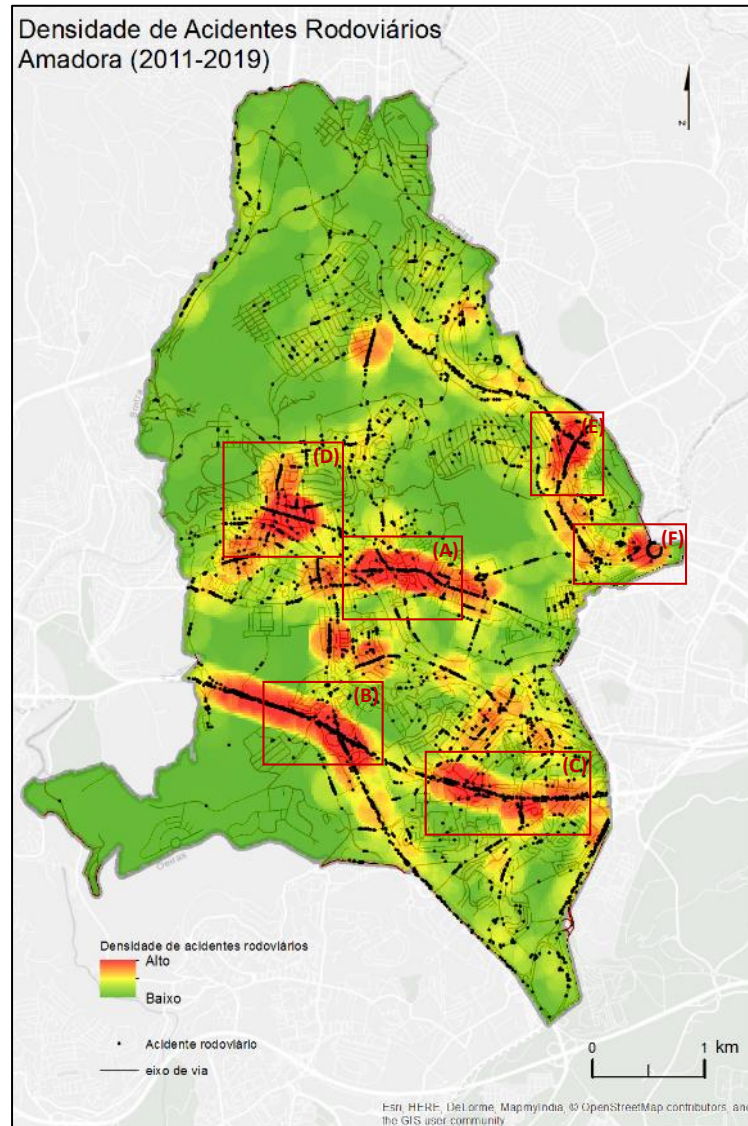


Figura 5.5. Zonas de acumulação de acidentes rodoviários, no município da Amadora (2011-2019).

A observação da figura 5.5, permite confirmar os eixos viários onde a ocorrência é mais relevante, nomeadamente a influência dos Itinerários Complementares (IC), com respetivos acessos, e das duas vias que atravessam o centro do município da Amadora, nomeadamente nas Rua Elias Garcia e Av. Sacadura Cabral e artérias envolventes. Contudo, é possível identificar 6 locais críticos.

Na Figura 5.5(A), é possível verificar a vermelho uma mancha que traduz numa grande densidade de acidentes rodoviários. Esta situação acontece dada à enorme concentração de acidentes na Rua Elias Garcia que se encontra no centro da mancha (direção E-W) e também pela concentração dos mesmos na Avenida Comandante Luís António da Silva, com direção noroeste- sudeste, onde em conjunto ocorrem 233 acidentes rodoviários.

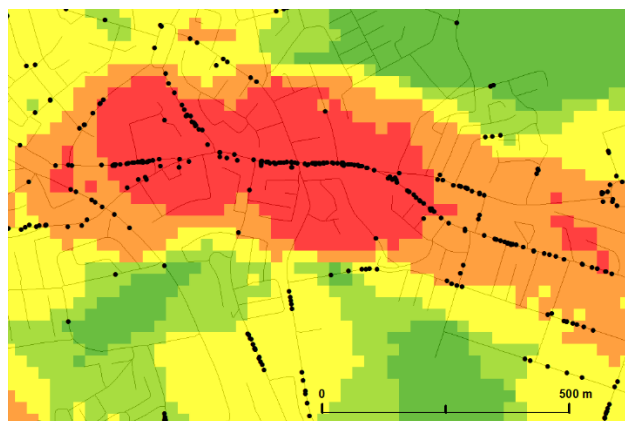


Figura 5.5(A). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, na Rua Elias Garcia e Avenida Comandante Luís António da Silva, do município da Amadora (2011-2019).

Estas são duas das vias que efetuam a ligação ao município de Lisboa, mas que “cruzam” o centro urbano, pelo que o tráfego e inúmeros cruzamentos podem ser o motivo destes resultados.

Na figura 5.5(B), está bem patente a densidade de acidentes rodoviários existente nestas duas manchas vermelhas. Este contexto é verificado dada a grande concentração de acidentes no nó de acesso e “união” entre o IC19 (direção ESE-WNW) a Estrada Nacional 117 (direção N-S). De facto, nestes traçados que em conjunto registam menos de 2 km de extensão, verificam-se cerca de 755 acidentes rodoviários.

Contudo, embora com menor intensidade, a continuidade de densidade de acidentes nestas duas vias é considerável, sobretudo, no troço do IC19 a W deste local. A ocorrência destes casos estará associada a serem duas vias com uma velocidade de circulação mais elevada e que ao haver um aproximar das vias de saída/entrada, por vezes congestionadas, podem levar a uma diminuição de velocidade repentina ou entradas na via menos adequadas, que originem acidentes.

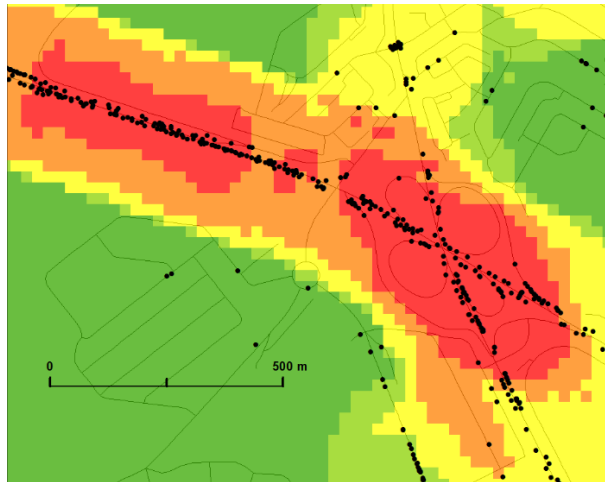


Figura 5.5(B). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no nó de ligação do IC19 e a Estrada Nacional 117, do município da Amadora (2011-2019).

A figura 5.5(C) demonstra uma grande densidade de acidentes rodoviários ocorrida nas manchas vermelhas e em toda a mancha alaranjada. Isto é verificado pela grande concentração de acidentes IC19 (direção E-O), na Avenida da Força Aérea Portuguesa localizada a Sul paralelamente ao IC19 e por último, na Avenida da República (direção N- S).

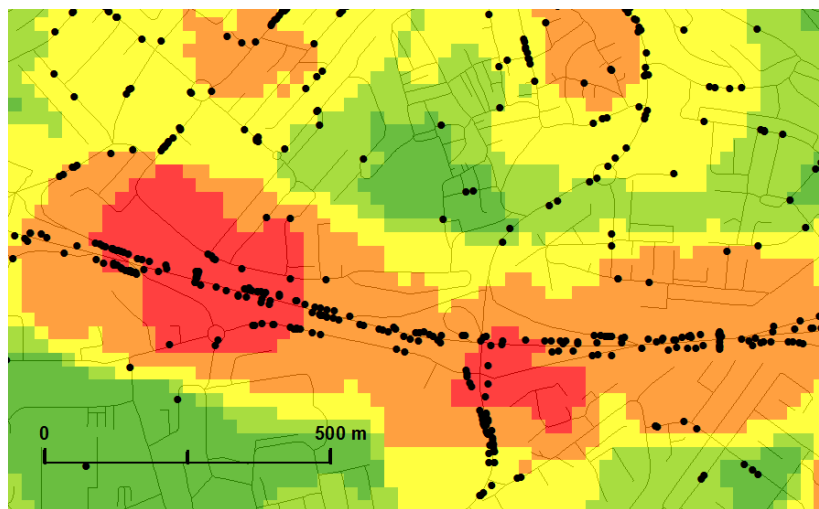


Figura 5.5(C). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no IC19 (setor E), Avenida da Força Aérea Portuguesa e Avenida da República, do município da Amadora (2011-2019).

Se nos casos das avenidas e nó de acesso ao IC19 (mancha vermelha de menor dimensão) a concentração de acidentes rodoviários, se pode dever a congestionamentos de trânsito ou entradas desadequadas na via mais rápida (IC19) no setor W desta imagem o itinerário complementar apenas tem 2 saídas amplas, pelo que a ocorrência neste caso

se poderá dever a problemas de excesso de velocidade ou aspetos externos (visibilidade, condições de via).

Na figura 5.5(D), a grande densidade de acidentes rodoviários registada provém da conjugação de várias vias. A Avenida Humberto Delgado (orientação O-E) contribui fortemente para esta situação, com elevado número de acidentes. Contudo, existem também outras vias que contribuem para tal situação como a Avenida Pedro Álvares Cabral, Avenida Gago Coutinho, Avenida Marquês de Pombal, Avenida dos Combatentes da Grande Guerra e Rua Luís Gomes.

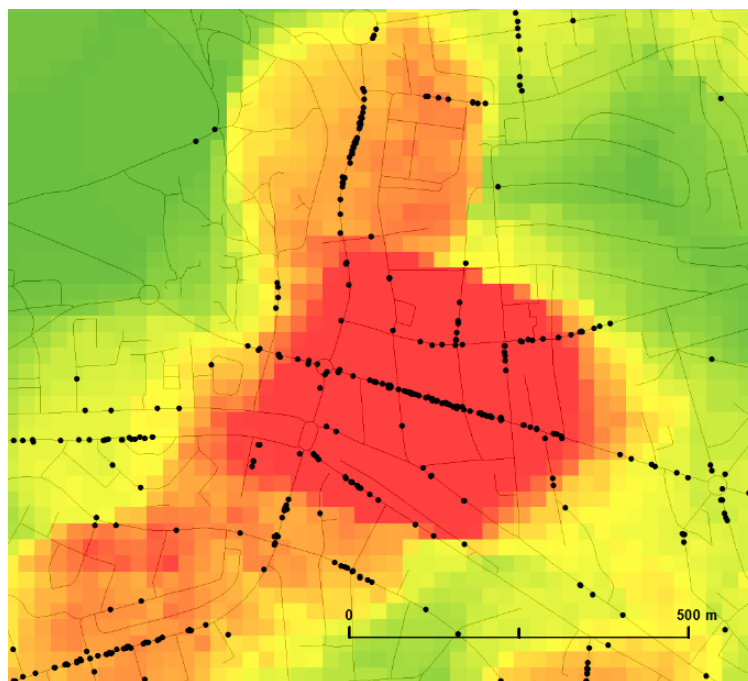


Figura 5.5(D). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, Avenida General Humberto Delgado e artérias circundantes, do município da Amadora (2011-2019).

Estas artérias muito próximas do centro da Amadora, de alguns dos seus edifícios principais (p.ex. Câmara Municipal, Centro Comercial Babilónia, etc.), com um forte cariz comercial e de serviços e a proximidade à estação de comboio, aliam tráfego de pessoas e veículos frequente.

Nesta figura 5.5(E), consegue-se constatar que existe uma grande densidade de acidentes rodoviários sobretudo IC17 e A36 (NE-SW), nomeadamente, no nó de ligação e acesso a estas vias. Tal como na figura 5.5(B) as entradas/saídas em vias de maior

velocidade podem sempre ser mais problemáticas por uma redução inesperada de velocidade.

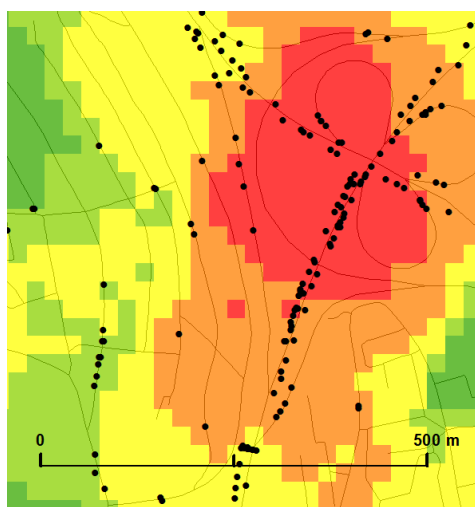


Figura 5.5(E). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, no IC17 (nó de acesso), do município da Amadora (2011-2019).

A realidade da figura 5.5(F) é diferente das anteriores, uma vez que o local em questão é uma rotunda, Praça Doutor Mário Soares, localizada a Oeste do município. A sua localização torna-a um dos pontos principais de ligação entre o município da Amadora e o de Lisboa, originando um tráfego muito intenso a determinadas horas do dia. Por outro lado, mesmo com um facilitador de fluir o trânsito, como é a rotunda, verifica-se que esta não evita a ocorrência de um elevado número de acidentes (53).

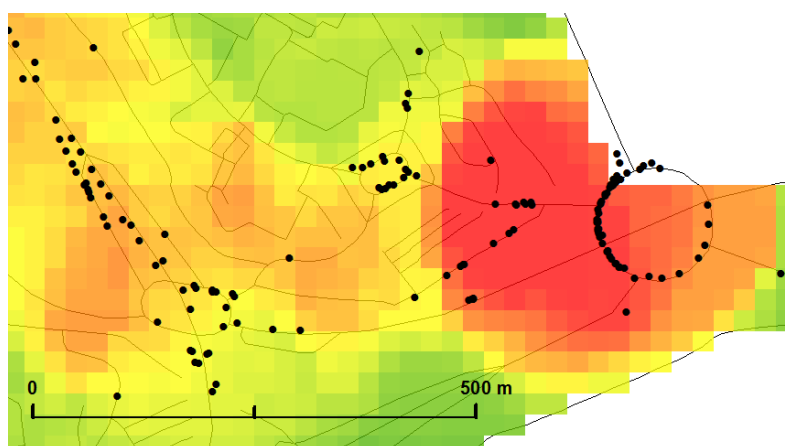


Figura 5.5(F). Zona de acumulação de acidentes rodoviários, na Praça Doutor Mário Soares, do município da Amadora (2011-2019).

Concluindo, o município da Amadora apresenta 6 locais prioritários a uma análise das condições de circulação (veículos e peões) pois nestes existe uma concentração elevada dos acidentes rodoviários ocorridos entre 2011 e 2019 e que são por isso locais com probabilidade elevada à ocorrência dos mesmos. Posto isto, estes locais devem ser tidos em conta pelos Serviços Municipais da Amadora (SMPC-Amadora) e pelo departamento responsável pela circulação para que no futuro se adoptem medidas mitigadoras à ocorrência de acidentes rodoviários.

5.3. Consequências dos Acidentes Rodoviários

No que diz respeito às consequências dos acidentes rodoviários ocorridos no município da Amadora, verifica-se que em cerca de 97% dos acidentes apenas ocorrem danos materiais e a percentagem de acidentes com vítimas é apenas de 3% (figura 5.6 - A), demonstra que os acidentes na Amadora são na sua maioria sem vítimas.

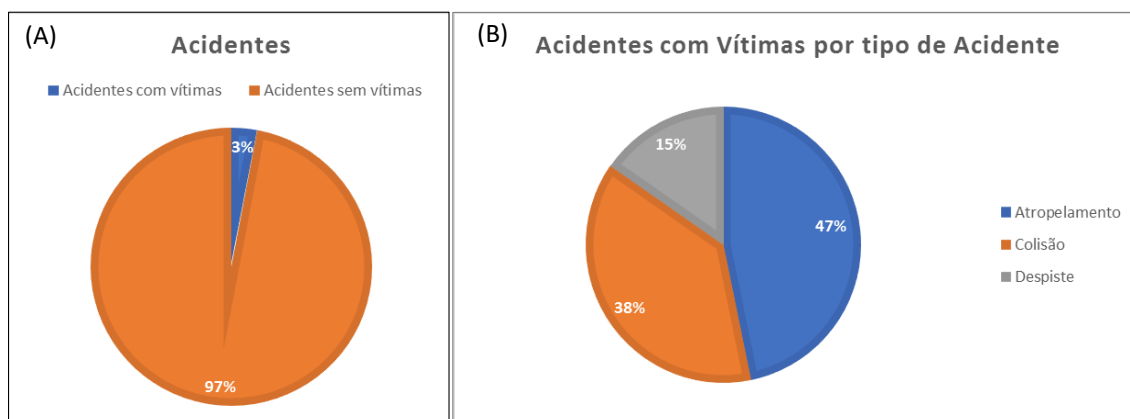


Figura 5.6. Acidentes rodoviários com/sem vítimas (A) e acidentes com vítimas por tipologia (B), no município da Amadora (2011-2019).

Quando o foco é efetuado apenas nos acidentes com vítimas (figura 5.6-B), verifica-se que, como seria expectável, são os atropelamentos o tipo de acidente que causa mais vítimas no município da Amadora, com uma percentagem de ocorrências de 47%, do total de vítimas. A colisão com uma percentagem de 38 % também causa bastantes vítimas. O despiste por sua vez é o tipo de acidente que causa menos vítimas na Amadora, com uma percentagem mínima de 15%. Se ponderarmos as ocorrências pelo número de acidentes, verificamos que os acidentes por atropelamento têm uma probabilidade de

5,7% de causar vítimas, seguidos pelos despistes com 2,2% e por último a colisão com cerca de 2%.

No entanto, se atentarmos à gravidade dos acidentes como modo de hierarquizar os locais prioritários (figura 5.7), verifica-se, por exemplo, que a Praça Doutor Mário Soares, considerada como um dos locais críticos (secção 5.2-figura 5.5 (F)), tem sobretudo acidentes sem vítimas ou com feridos ligeiros.

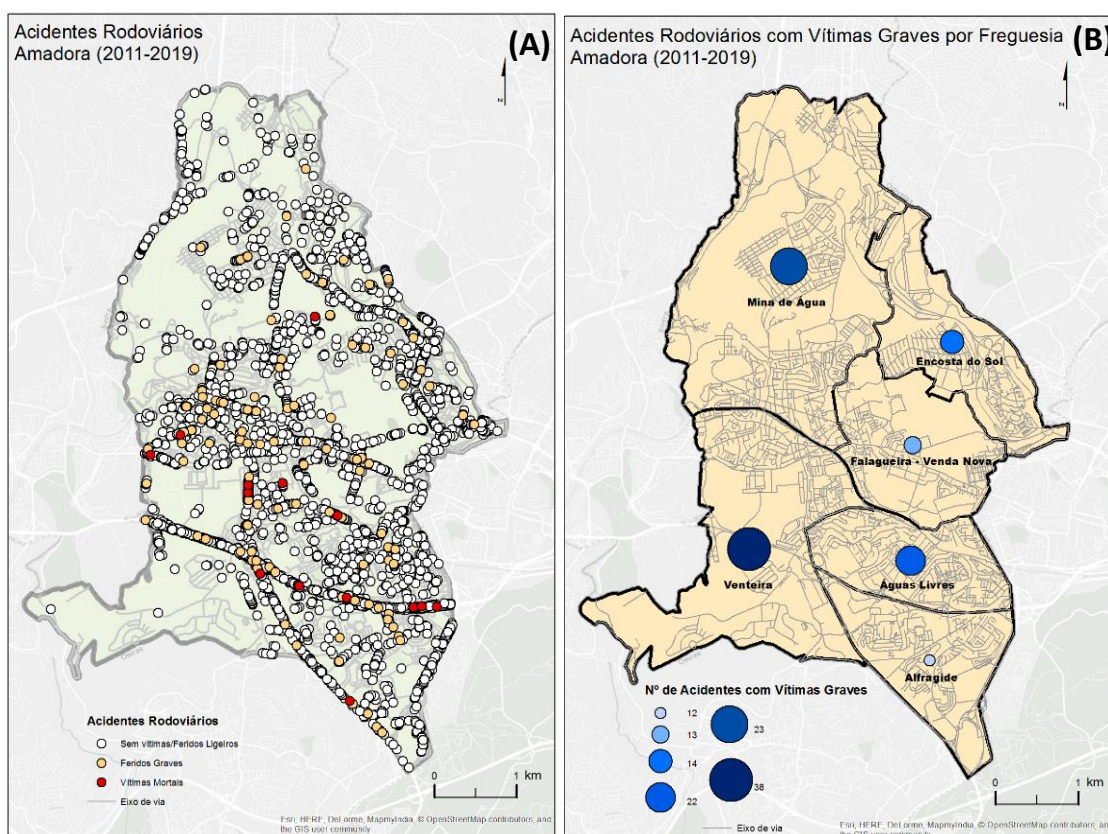


Figura 5.7. Consequências pessoais (A) e vítimas graves por freguesia (B) devido a acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2019).

No que diz respeito à distribuição e quantidade dos acidentes rodoviários no concelho, verifica-se que os acidentes rodoviários sem vítimas/feridos ligeiros ocorreram em praticamente todo o município e em larga maioria relativamente aos outros acidentes que resultaram em feridos graves ou mortes, independentemente do local (figura 5.7(A)). Contudo, também é demonstrado que no período estudado houve acidentes rodoviários de onde resultaram vítimas graves em todas as freguesias do município, com valores máximos na freguesia da Venteira (38) e mínimos em Alfragide (12).

De facto, os acidentes rodoviários de que resultaram feridos graves ou vítimas mortais, apesar de terem menos representatividade no município, em relação aos acidentes rodoviários sem vítimas/feridos ligeiros, e embora com alguma dispersão aparente, acabam por estar associados a algumas vias específicas, e a grande maioria às zonas de acumulação de acidentes rodoviários identificados anteriormente. Esta situação é ainda mais evidente nos acidentes rodoviários com vítimas mortais, pois embora minoritários estão sobretudo associados ao IC19 e à via que a cruza, Estrada Nacional 117 (a Sul) e Avenida Conde Castro Guimarães (a Norte). Assim, a importância relativa da freguesia da Venteira está diretamente dependente destas vias cujo a sua extensão no município da Amadora está praticamente toda nesta freguesia. No caso da freguesia de Mina de Água, não está tão associado a uma via, mas ao conjunto de vias identificado nas zonas de acumulação de acidentes rodoviários junto da Câmara Municipal e estação de comboio, não obstante alguns acidentes no IC16, também contribuem para a sua importância no que diz respeito a acidentes com maior gravidade.

A tabela 5.1 e a figura 5.8 apresentam os valores indicadores de gravidade dos acidentes rodoviários no município da Amadora.

Tabela 5.1. Gravidade dos Acidentes Rodoviários no município da Amadora (2011-2018)

Gravidade dos Acidentes Rodoviários								
Anos	Acidentes c/vítimas	Mortos	Feridos Graves	Feridos Ligeiros	Total Vítimas	Índice vítimas mortais (100 acidentes)	Índice vítimas graves (100 acidentes)	Indicador gravidade (por acidente c/ vítimas) (adimensional)
2011	414	2	19	529	550	0,5	5,1	393,8
2012	411	1	11	484	496	0,2	2,9	213,5
2013	429	5	18	507	530	1,2	5,4	683,5
2014	407	5	10	467	482	1,2	3,7	603,4
2015	407	0	12	510	522	0,0	2,9	123,8
2016	494	0	24	593	617	0,0	4,9	243,6
2017	563	1	18	666	685	0,2	3,4	283,5
2018	621	2	17	711	730	0,3	3,1	373,4

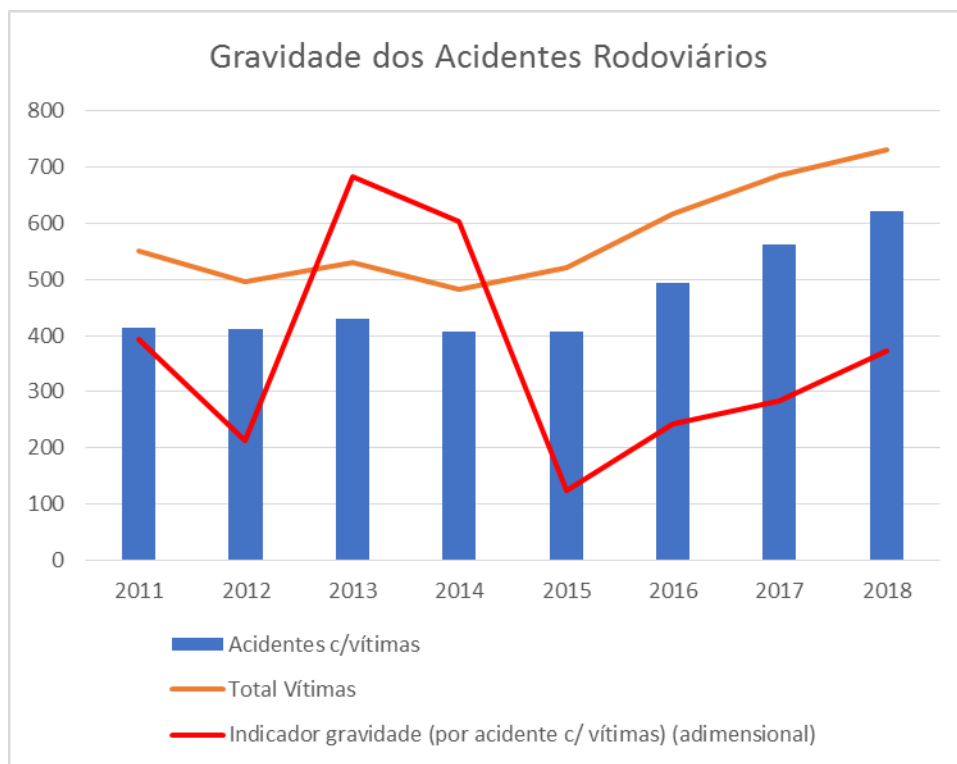


Figura 5.8. Gravidade dos acidentes rodoviários no município da Amadora (2011-2018).

Como é possível observar na figura 5.8 de 2011 a 2018 existe uma tendência clara no que diz respeito ao aumento dos acidentes com vítimas, assim como no total de vítimas. O total de vítimas tem como destaque neste gráfico, o facto de em todos os anos ser sempre superior ao número de acidentes com vítimas, o que significa que neste período em termos médios, sempre que há vítimas afetam mais do que uma pessoa por acidente.

No que diz respeito à tabela 5.1 consegue-se verificar que existem muitos mais feridos ligeiros em relação aos feridos graves e mortos, o que leva a que os índices de mortalidade e vítimas graves, sejam na generalidade baixos a cada 100 acidentes (média de 0,5 mortos e 3,9 feridos graves).

Este facto comprova-se no indicador de gravidade (por acidente com vítimas), onde se verifica desde logo uma irregularidade ao longo dos anos, dado que o número de mortos não é muito relevante a partir de 2015, em comparação a 2013 e 2014 (figura 5.8). Nos anos de 2013 (indicador de gravidade mais elevado) e 2014, foram os anos em que este indicador foi bastante elevado, sendo muito superior aos acidentes com vítimas e ao total de vítimas. Estes valores explicam-se pelo facto destes dois anos terem o maior

número de mortos, com 5 em cada um deles (tabela 5.1). Assim, pode-se referir que os anos de 2013 e 2014 foram os anos em que existiu maior gravidade dos acidentes rodoviários. O aumento verificado não se relaciona com a ocorrência de um acidente muito danoso, mas sim com o aumento efetivo do número de acidentes que provocou uma vítima mortal, uma vez que ocorreram 5 acidentes com uma vítima mortal cada.

Por último, verifica-se na figura 5.8 que quando comparado com os anos anteriores desde 2015 que parece haver uma subida no indicador de gravidade. Isto acontece porque tal como é possível verificar na tabela 5.1, houve um ligeiro aumento das vítimas, que por terem ponderação 100 são relevantes neste indicador, mas também porque há um claro aumento do número de feridos ligeiros com mais de cerca de 200 registos quando se compara 2015 com 2018. Esta observação poderá significar que embora de gravidade reduzida o número de acidentes com vítimas está a aumentar.

6. Os acidentes rodoviários e suas condicionantes no município da Amadora

6.1. Acidentes rodoviários e relação potencial de inclinação da via

Como se verificou na secção sobre estudos realizados anteriormente, a inclinação das vias pode influenciar a ocorrência de acidentes. O município da Amadora, destaca-se por um elevado número de troços de estrada, cujo declive médio é superior a 8% (figura 6.1).

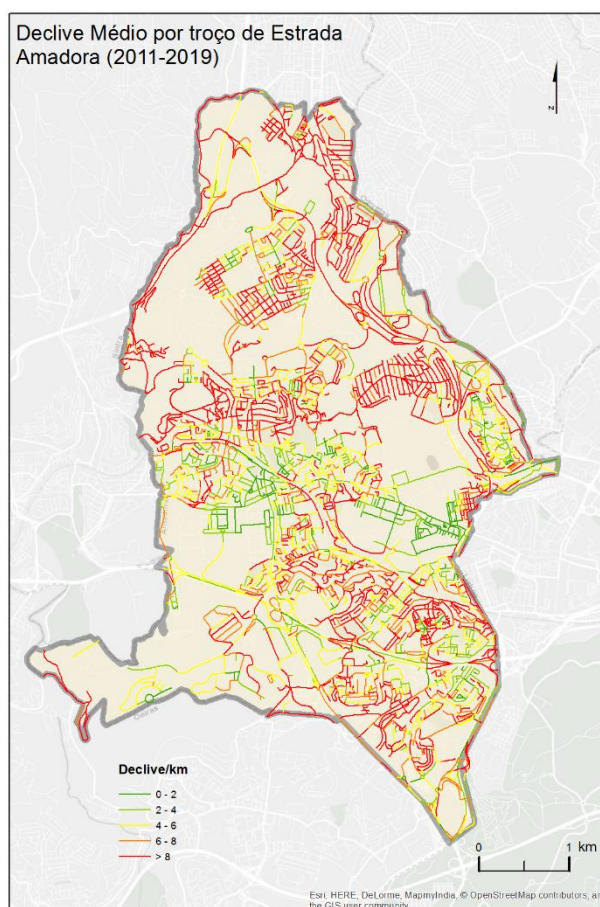


Figura 6.1. Declive médio (%) por troço de estrada no município da Amadora (2011-2019).

Analisando a tabela 6.1, que representa a relação entre declive médio da via e ocorrência de acidentes, verifica-se que a hipótese de haver mais acidentes rodoviários quanto maior for o declive não é comprovada, no município da Amadora. Na realidade, embora existam muitos acidentes (436; $\approx 27\%$) na classe de declive mais elevada (>8%), a classe de declive 2-4% contém um número de acidentes rodoviários (440; $\approx 27\%$), igualmente elevado, sendo até a classe mais representativa.

Tabela 6.1. Número de acidentes, quilómetros de vias e densidade de acidentes/km por classe de declive, no município da Amadora (2011-2019).

Classes de Declive (%)	Número de Acidentes		Vias		Densidade (acidentes/km)
	#	%	km	%	
0-2	94	5,8	24,4	6,5	3,8
2-4	440	27,2	49,5	13,1	8,9
4-6	393	24,3	77,0	20,4	5,1
6-8	255	15,8	72,9	19,3	3,5
> 8	436	26,9	154,1	40,8	2,8
Total	1618	100	377,9	100	4,3

A inexistência da relação direta entre a inclinação da via e os acidentes rodoviários é confirmada quando se analisa a dimensão total de troços de estrada com inclinação considerada significativa (8-47%), onde cerca de 41% dos troços são classificados com declive >8%, e nestes apenas ocorrem 27% dos acidentes rodoviários registados no período em análise, a que corresponde uma ocorrência média de 2,8 acidentes/km. Assim, analisando as ocorrências médias por km de estrada verifica-se que é nos troços com inclinação entre 2-6%, *i.e.* troços com um declive médio inferior ao considerado crítico na literatura (6%), que ocorrem mais acidentes por km, com valores superiores à média do município 4,3 acidentes/km (8,9 acidentes/km na classe 2-4%; 5,1 acidentes/km na classe 4-6%).

De facto, embora os troços com estas características apenas representem 33,5% das vias (verificando-se nos mais suaves 2-4%, apenas 13%) nestes ocorrem mais de metade dos acidentes registados (833; 51,5%). Contudo, o menor número de acidentes é observado na classe dos 0-2%, embora estas vias apenas representem cerca de 7% das vias no município.

A principal justificação para este caso prende-se certamente com o IC19, pois sendo uma via onde ocorrem muitos acidentes, a generalidade do setor que atravessa o município da Amadora apresenta declives moderados a fracos (<6%). Acresce, que como constatado por Fu *et al.*, (2011) são troços de estrada, que em conjunto perfazem 2-3 km, com uma inclinação elevada, aqueles em que encontrou uma clara relação positiva entre declive da via e número de acidentes, e setores da rede viária com estas características não são muito frequentes no município da Amadora. Outra situação que auxilia a possível justificação destes resultados prende-se com os hábitos e cautela por parte dos condutores que quando as vias são muito inclinadas poderão apresentar maior precaução e por outro

lado, quando as vias são menos inclinadas poderá haver uma maior sensação de segurança e por tal mais abusos que originem situações de acidente.

Todavia, com o objetivo de verificar se os resultados obtidos poderão estar a ser condicionados pelo tipo de acidente, efetuou-se uma análise das ocorrências por tipologia. A análise da tabela 6.2, demonstra novamente que nos troços com inclinação entre 2-6% existem, maior número de ocorrências e de acidentes/km, nomeadamente colisões (332 ocorrências, 6,7 colisões/km na classe 2-4%; 243 ocorrências, 3,2 colisões/km na classe 4-6%). Esta tipologia de acidente é a mais representada em todas as classes de declive, pelo facto de também ser a tipologia mais representada dos acidentes com georreferenciação de alta precisão.

Tabela 6.2. Número de acidentes por tipologia e respetivos acidentes/km para cada classe de declive, no município da Amadora (2011-2019).

Classes de Declive (%)	Tipologia do Acidente	Número de Acidentes	Quilómetros (km)	Acidentes/km
0-2	Atropelamento	15	24,4	0,6
	Colisão	64		2,6
	Despiste	15		0,6
2-4	Atropelamento	31	49,5	0,6
	Colisão	332		6,7
	Despiste	74		1,5
4-6	Atropelamento	55	77,0	0,7
	Colisão	243		3,2
	Despiste	93		1,2
6-8	Atropelamento	34	72,9	0,5
	Colisão	158		2,2
	Despiste	62		0,9
> 8	Atropelamento	33	154,1	0,2
	Colisão	283		1,8
	Despiste	118		0,8
Total		1610	377,9	4,3
* 8 acidentes registados não foram classificados em nenhuma destas tipologias				

No que diz respeito às outras tipologias, analisando os valores de acidentes/km os despistes, embora com menor taxa de ocorrência apresentam um mesmo padrão de distribuição que as colisões. Já no que se refere aos atropelamentos estes parecem não demonstrar um condicionamento efetivo devido ao factor declive, com densidades de ocorrência muito semelhantes, exceção feita à classe de declive médio >8%, onde o valor é ainda mais baixo (0,2 acidentes/km).

Ainda assim a tabela 6.3 ajuda na interpretação da representatividade que cada tipologia de acidente (atropelamento, colisão e despiste) tem em cada classe de declive.

Começando pelos atropelamentos, e embora com as densidades observadas anteriormente, pode-se verificar que existiram 72,5 % de atropelamentos em vias com declive superior a 4%, ou seja, pode-se alegar que é nos troços de estrada muito inclinados onde poderemos ter maior ocorrência de atropelamentos, independentemente do ponto de vista relativo destas não serem especialmente relevantes pelo facto de serem as vias dominantes (>80%), do ponto de vista operacional e de medidas a adotar devem ser prioritárias.

Tabela 6.3. Percentagens das tipologias dos acidentes em cada classe de declive, tendo em conta o total de acidentes de cada tipologia.

Classes de Declive (%)	Atropelamento %	Colisão %	Despiste %
0-2	8,9	5,9	4,1
2-4	18,5	30,7	20,4
4-6	32,7	22,5	25,7
6-8	20,2	14,6	17,1
> 8	19,6	26,2	32,6
Total de acidentes	168	1080	362

Relativamente às colisões, verifica-se que na classe de declive 2-4% ocorre a maior percentagem de colisões (30,7%), mas a classe de declive >8% embora com uma percentagem inferior, também apresenta uma percentagem considerável de colisões com 26,2%. Estas duas classes de declive juntas contêm 57% das colisões, ou seja, mais de metade das colisões ocorridas.

No que diz respeito aos despistes, verifica-se que na classe de declive >8% ocorre a maior percentagem de despistes (32,6%), mas a classe de declive 4-6% apesar de uma percentagem inferior, também apresenta uma percentagem significativa de despistes com 25,7%. No entanto, acumulando as percentagens de despistes nas classes iguais ou superiores a 4%, verifica-se que contêm 75,4% dos acidentes desta tipologia, ou seja, 3/4 dos despistes ocorreram em troços de estrada com declive médio a elevado.

Para concluir, pode-se dizer que nos troços de estrada com maior inclinação (classes de declive >6%), que representam cerca de 60% das estradas no município, ocorrem cerca de 40% de atropelamentos e colisões e quase metade dos despistes. Por outro lado, nos troços de estrada com menor inclinação (classes de declive 0-4%, 20% das vias do município) ocorreram percentagens significativas de colisões (36,7%), atropelamentos (27,4%) e despistes (24,6%), o que revela que a relação acidentes/declive

de estrada não é linearmente correlacionável, ou seja, fica demonstrado que o facto de o declive ser elevado não quer dizer que haja um maior número de acidentes rodoviários.

6.2. Acidentes rodoviários e relação potencial de encandeamento solar

Situações de encandeamento dos condutores, podem ser causas de desatenção, má visibilidade e conseqüentemente comportamentos desadequados que potenciem a ocorrência de acidentes rodoviários. Com o objetivo de avaliar uma relação potencial de encandeamento solar com os acidentes rodoviários foram identificadas as vias cujo traçado origina situações de encandeamento e posteriormente cruzadas com os acidentes que nestas ocorreram.

A análise da figura 6.2 permite visualizar a distribuição espacial das estradas com potencial de encandeamento solar ao longo do ano. Neste contexto, dos cerca de 378 km de estradas existentes no município da Amadora, em termos médios mensais, verifica-se que cerca de 112 km têm potencial para ocorrerem situações de encandeamento solar. Na realidade, se acumularmos os km de estrada que têm potencial para encandeamento ao longo de todo o ano, verifica-se que aproximadamente 1347 km apresentam este tipo de característica.

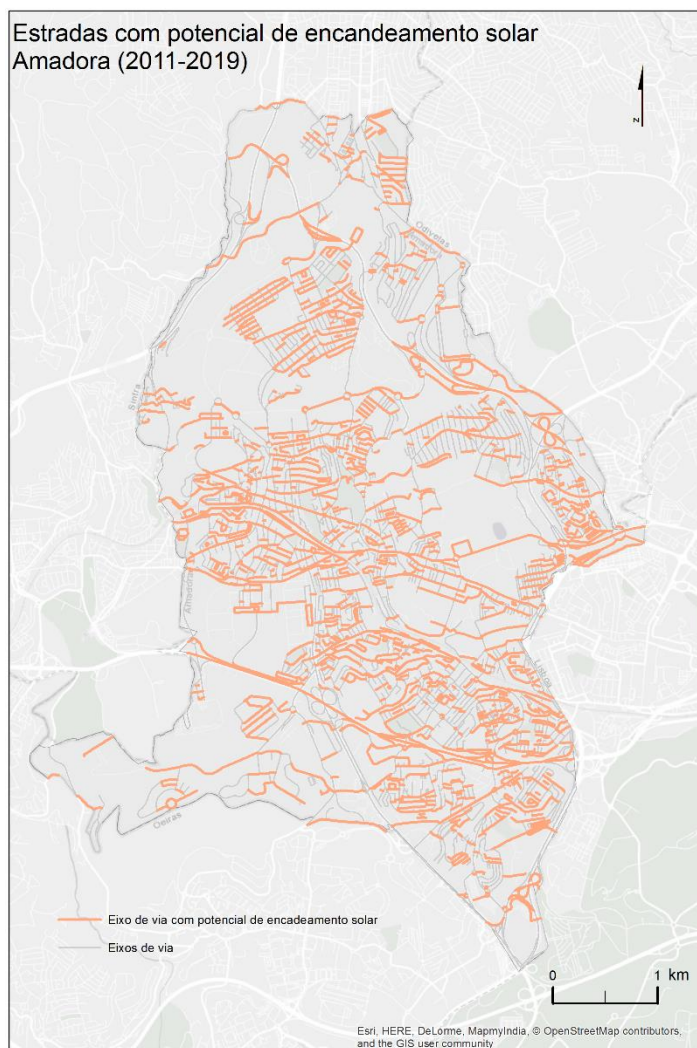


Figura 6.2. Estradas com potencial para encandeamento solar, no município da Amadora (2011-2019).

Como seria expectável e tendo em conta as variações do posicionamento solar ao longo do ano também as estradas com potencial de encandeamento mudam consoante o mês que é analisado (secção 3.4.3). Igualmente, comparando os períodos matinal e vespéral, verifica-se que no período intramensal também há diferenciação no padrão espacial. A observação dos meses em que ocorreram acidentes, parece indicar que enquanto no período matinal parece haver uma maior concentração dos troços críticos e de maior dimensão, no período vespéral, os segmentos são de menor dimensão e mais dispersos pela área de estudo. Todavia há troços de estrada que se destacam, por exemplo, o IC19, embora em meses diferentes, apresenta a quase totalidade do seu traçado no município da Amadora como crítico, quer durante o período da manhã (outubro-março) quer no período vespertino (abril-setembro).

A tabela 6.4 contém duas informações chave para esta análise, nomeadamente, primeiro identificar por mês quantos acidentes com georreferenciação de alta precisão (georef 1 e 2) ocorreram tanto nos períodos considerados críticos de manhã ou de tarde, e, segundo, quantos acidentes ocorreram em vias com potencial de encandeamento. Para se chegar à primeira informação foi através da tabela que continha os períodos mensais iniciais e finais (secção 3.4.3-tabela 3.6), por outro lado, a segunda informação foi obtida através dos acidentes com georreferenciação de alta precisão que ocorreram de manhã ou de tarde que estavam a menos de 20 metros das estradas potencialmente encandeadas no período da manhã ou no da tarde.

Tabela 6.4. Tabela final com os acidentes rodoviários potencialmente encandeados no período da manhã e no período da tarde.

Mês	Total	MANHÃ		Georef 1-2		Potencial encandeamento		TARDE		Georef 1-2		Potencial encandeamento	
		#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Janeiro	394	42	11	21	50	10	48	62	16	21	34	2	10
Fevereiro	302	26	9	11	42	6	55	44	15	15	34	2	13
Março	340	17	5	8	47	4	50	76	22	27	36	5	19
Abril	339	4	1	2	50	0	0	67	20	24	36	10	42
Mai	366	3	1	1	33	0	0	90	25	38	42	18	47
Junho	308	2	1	2	100	0	0	65	21	25	38	10	40
Julho	320	6	2	2	33	0	0	78	24	32	41	10	31
Agosto	296	2	1	1	50	0	0	91	31	31	34	17	55
Setembro	364	12	3	7	58	3	43	86	24	28	33	12	43
Outubro	403	30	7	11	37	4	36	85	21	34	40	7	21
Novembro	425	49	12	18	37	10	56	43	10	16	37	2	13
Dezembro	398	44	11	24	55	13	54	32	8	7	22	0	0
Total	4255	237		108		50	46	819		298		95	32

Analisando os valores totais da tabela verifica-se que existem 1056 acidentes rodoviários dentro dos períodos críticos da manhã e da tarde, que representam 25 % do total das ocorrências. No entanto, apenas 406 acidentes rodoviários é que têm uma georreferenciação de alta precisão, sendo que muitos destes acidentes ocorreram em vias que não foram consideradas como críticas para o encandeamento.

Posto isto, só 145 acidentes é que ocorreram simultaneamente em vias críticas e dentro do horário que podem ter encandeamento solar, o que representa 36% do total dos acidentes rodoviários com georreferenciação de alta precisão. No período da manhã, os meses de janeiro, novembro e dezembro, foram os meses que tiveram mais acidentes devido ao encandeamento solar neste período, sendo que dezembro com 13 acidentes, foi o mês mais acidentado (tabela 6.4, figuras 6.3 e 6.4). Em contrapartida, os meses de fevereiro, março, setembro e outubro foram os meses com menos acidentes devido ao

encandeamento solar. Quanto ao final do dia são nos meses de maio e setembro, que se registam os valores mais elevados, com 18 e 17 acidentes respetivamente (tabela 6.4).

Em termos relativos, comparando os acidentes ocorridos no período da manhã e no período da tarde, verifica-se que de manhã ocorreram 34% (50 acidentes) e que de tarde ocorreram 66% (95 acidentes). A percentagem de acidentes rodoviários ocorridos no período da tarde é mais do dobro que os ocorridos no período da manhã, visto que nos períodos horários da manhã, cujo período de encandeamento por vezes ocorre muito cedo, por exemplo no mês de junho entre as 6:09h e as 6:45h (secção 3.4.3-tabela 3.6), pelo que existirá menor circulação de trânsito. De facto, nos meses entre abril e agosto, não se conseguiu identificar ocorrências potencialmente devidas a encandeamento, sendo que o limite horário do período considerado crítico mais tardio ocorre em agosto (7:30h), *i.e.* para serem considerados acidentes ocorridos devido ao encandeamento solar teriam que ocorrer antes desta hora, o que em períodos considerados de férias pode ser demasiado cedo para um fluxo de trânsito significativo.

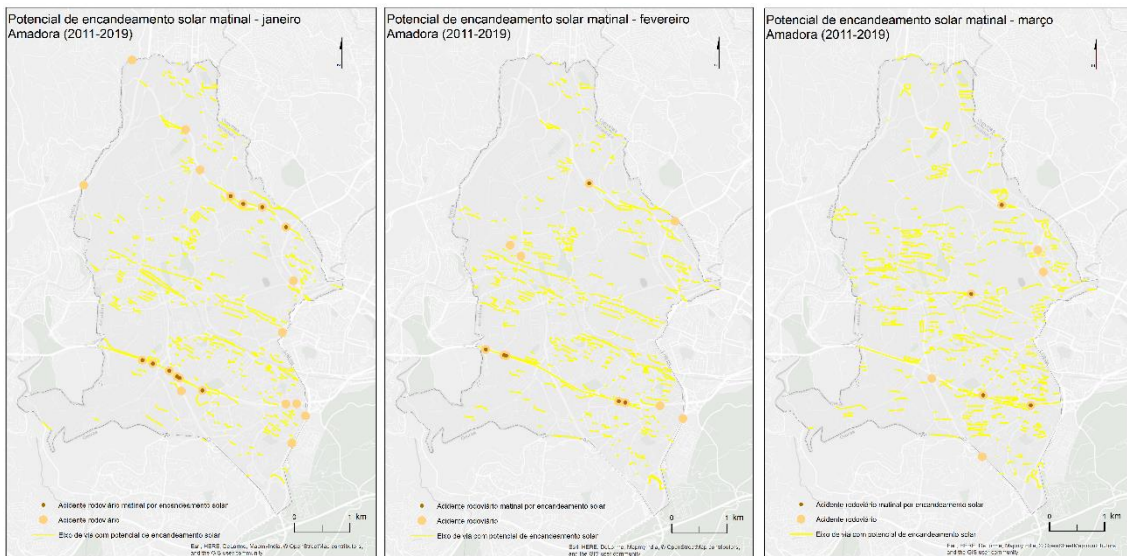


Figura 6.3. Potencial de encandeamento solar matinal e respetivos acidentes rodoviários para os meses de janeiro, fevereiro e março, no município da Amadora (2011-2019).

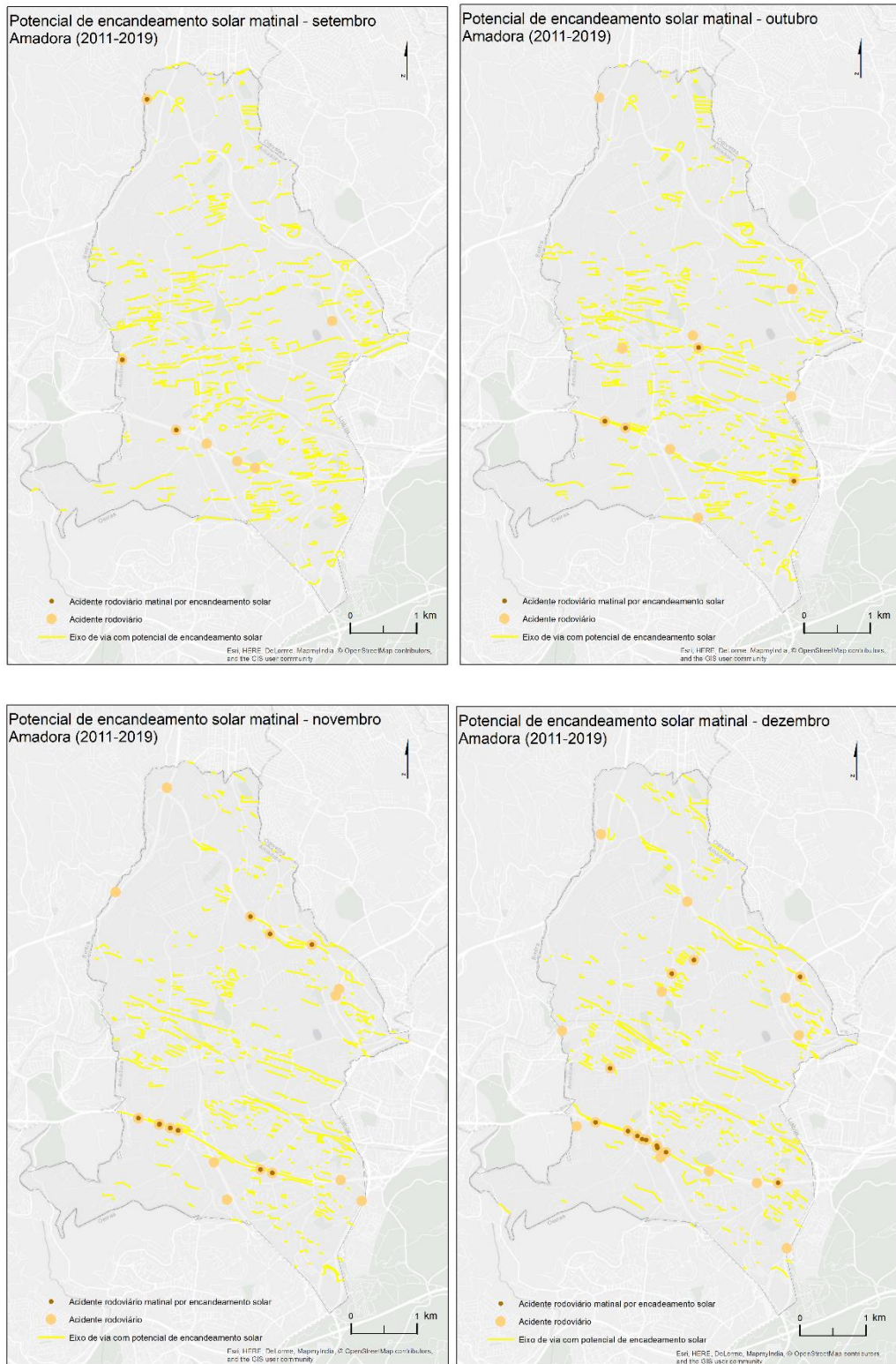


Figura 6.4. Potencial de encandeamento solar matinal e respetivos acidentes rodoviários para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, no município da Amadora (2011-2019).

No período da tarde, o padrão difere ligeiramente (tabela 6.4, figuras 6.5 e 6.6). Por um lado, verifica se praticamente todos os meses apresentam acidentes devido ao encandeamento solar, à excepção do mês de dezembro em que não houve nenhum

acidente. Contudo, de novembro a março registaram-se menos de 10 acidentes potencialmente causados pelo encandeamento solar enquanto os valores mais significativos ocorrem assim durante a primavera-verão.

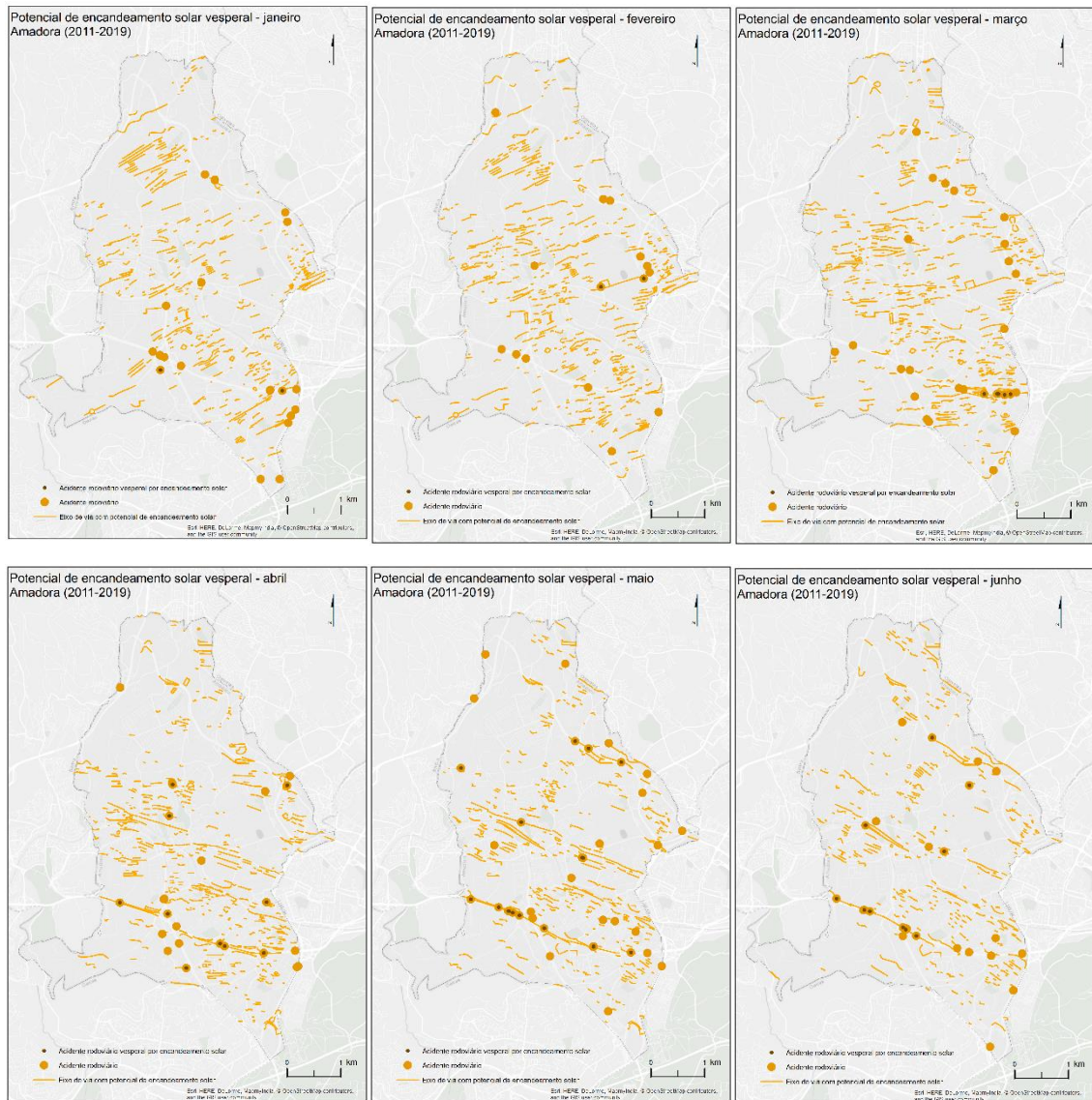


Figura 6.5. Potencial de encandeamento solar vespertino e respetivos acidentes rodoviários para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, no município da Amadora (2011-2019).

A explicação para os baixos valores de outubro a março prende-se, tal como no período da manhã, pelo facto do horário crítico terminar muito cedo, por exemplo o mês de dezembro estar sem acidentes devido ao encandeamento solar, pode estar relacionado com o facto do período crítico da tarde começar às 15:28h e acabar às 17:24h, períodos em que o fluxo de trânsito é geralmente menor e como consequência, exista uma menor probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários. Ao invés, entre equinócios os dias tendem a ser maiores e o período crítico é bastante mais tardio, permitindo um aumento

do número de acidentes associado ao aumento do fluxo de tráfego nas horas de ponta no final do dia. Acresce, por outro lado, e apesar dos dados presentes neste relatório não o permitirem comprovar, no período da tarde os condutores podem apresentar mais fadiga e consequentemente menor capacidade de reação.

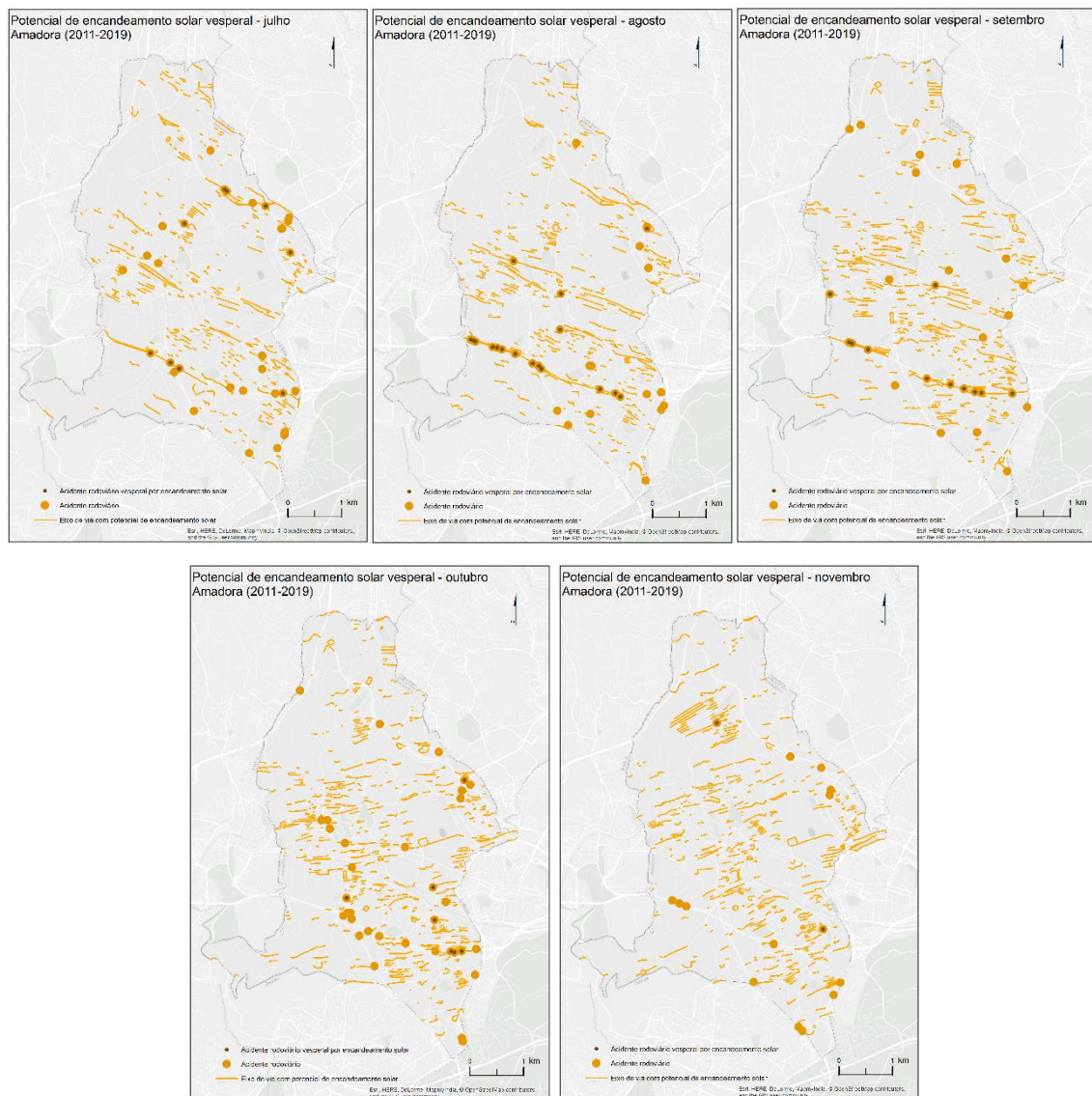


Figura 6.6. Potencial de encandeamento solar vespertal e respetivos acidentes rodoviários para os meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro, no município da Amadora (2011-2019).

Assim, pode-se concluir que apenas 36% dos acidentes com georreferenciação de alta precisão ocorrem em vias com potencial de encandeamento, portanto parece haver um claro padrão na ocorrência de acidentes nos períodos críticos de manhã e à tarde, condicionado pelo nascimento do sol antes de hora de ponta, na primavera-verão, ou por um ocaso mais tardio durante esse período. Contudo, quer o número de acidentes georreferenciados quer os que ocorrem em período crítico são amostras pequenas quando

comparadas com a totalidade dos registos pelo que os resultados obtidos carecem de confirmação com uma BD mais significativa.

7. Conclusões e Considerações finais

O presente relatório de estágio pretendeu avaliar a importância e características dos acidentes rodoviários no município da Amadora, entre 2011 e 2019. Numa análise geral, verifica-se que ocorreram 4255 acidentes rodoviários, sendo que foram georreferenciados (com quatro níveis de exactidão) apenas 4133, pois 102 acidentes não se encontravam no interior do município e houve 20 registos que não foram possíveis georreferenciar. Relativamente à localização dos acidentes, estes ocorreram em praticamente todas as vias do município da Amadora. No entanto, há um principal destaque para os itinerários complementares (IC16, IC17 e IC19), associados quer à sua maior extensão no município, mas também ao maior tráfego e a uma maior velocidade de circulação. Contudo, estradas como a Rua Elias Garcia e a Avenida Comandante Luís António da Silva que atravessam o centro urbano do município e servem de ligação ao município de Lisboa se destacaram. Contudo, os itinerários complementares têm muito mais relevância na ocorrência dos acidentes comparativamente aos centros urbanos do município.

Avaliando a evolução anual dos acidentes no período estudado (2011-2019), constata-se que apesar do número de acidentes no ano de 2011 ser superior aos números de acidentes dos 4 anos seguintes (2012, 2013, 2014 e 2015), existe um claro aumento no número de ocorrências a partir do ano de 2016 com 504 acidentes até ao ano de 2019 com 618 acidentes. Assim sendo, fica demonstrado que parece existir uma tendência atual no que diz respeito ao aumento dos acidentes, tendo em conta que a partir de 2012 até 2019, o número de ocorrências aumentou.

Assim, durante o período estudado, no município da Amadora existe uma média de 354 acidentes/mês, sendo eles na sua maioria colisões, com um registo total de 2363 ocorrências, o que em termos percentuais representa 56% do total dos acidentes. As outras tipologias, atropelamentos (24%) e despistes (20%) também apresentam uma relevância aproximada.

No que diz respeito à evolução mensal do total dos acidentes no município da Amadora, pode-se concluir que os meses de fevereiro e os três meses de verão (junho, julho e agosto) têm um menor número de acidentes comparativamente aos restantes meses, o que poderá estar relacionado com os períodos de férias, registando-se em agosto o menor valor mensal, com 296 ocorrências. Por outro lado, no outono/inverno existem

meses com acidentes rodoviários acima da média, sendo novembro com 425 o mês que regista maior número de ocorrências. Estes casos poderão estar relacionados quer com as condições das vias, eventualmente devido à ocorrência de situações meteorológicas adversas, quer por condições de visibilidade, pelo facto de as horas de circulação noturna serem muito mais significativas.

No que diz respeito à altura do dia em que ocorreram mais acidentes rodoviários, pode-se destacar as horas de ponta as mais críticas, com o período da tarde (17:00-19:59h), que representa 24,3% do total de acidentes a ser o mais relevante, nomeadamente o intervalo horário das 18:00 às 18:59h, sendo esta a hora mais crítica onde ocorrem 9,4% do total de acidentes. Esta distribuição está assim relacionada com o habitual aumento do fluxo de tráfego, mas a importância dos acidentes ao final do dia pode estar relacionada com situações de cansaço, hipótese que necessita de trabalho adicional para que possa ser comprovada.

No que concerne à relação potencial de condicionantes ambientais e características das vias na ocorrência de sinistralidade rodoviária no município da Amadora, este estudo debruçou-se sobre a relação potencial de encandeamento solar e sobre a relação potencial de inclinação das vias. Começando pela relação de potencial de encandeamento solar nos acidentes rodoviários pode-se concluir desde logo que dos 378 km de estradas existentes no município da Amadora, em termos médios mensais, verifica-se que cerca de 112 km têm potencial para ocorrerem situações de encandeamento solar. Contudo, por não haver sempre nas BD informação sobre os sentidos de circulação, esta variável não foi tida em consideração para a obtenção dos valores referidos anteriormente, pelo que poderá ser um ponto a melhorar numa futura análise.

Neste estudo ficou demonstrado que existem 1056 acidentes rodoviários que ocorrem nos períodos críticos da manhã e da tarde, para o potencial de encandeamento solar, que representam 25 % do total das ocorrências. No entanto, destes só é possível efetuar uma análise pormenorizada a 406 acidentes por serem os que têm uma precisão de georreferenciação aceitável. Assim, registam-se 145 acidentes rodoviários com georreferenciação de alta precisão e que ocorreram simultaneamente em vias consideradas críticas e dentro do horário em que podem ter encandeamento solar. O facto de apenas 36% do total dos acidentes rodoviários ocorrerem no período crítico e simultaneamente nas vias potencialmente encandeadas, não permite uma clara conclusão da relação potencial desta variável como condicionadora de acidentes. No entanto,

analisando os mesmos dados por período crítico, no matutino, cerca de 47% dos acidentes ocorridos estão associados a vias críticas, enquanto no vespertino, se registam aproximadamente 32%. Todavia, a relação potencial de encandeamento solar parece sair reforçada ao efetuar-se uma análise mensal/sazonal onde há um claro padrão na ocorrência de acidentes nos períodos críticos de manhã e à tarde, condicionado pelo nascimento do sol antes de hora de ponta, na primavera-verão, não havendo registos de acidentes nas vias críticas, e por um ocaso mais tardio durante esse período, registando-se um evidente aumento do número de ocorrências associadas a vias críticas. Inversamente, no outono/inverno o nascer do sol é mais coincidente com a hora de ponta matinal, originando os maiores registos neste período horário e no período crítico vespertino regista-se uma diminuição de ocorrências em vias críticas uma vez que o ocaso do sol se verifica mais cedo que o período mais relevante de viaturas em circulação. Assim, parece ficar comprovado que embora não justifique a maioria dos acidentes cerca de ¼ se deve a situações de possível encandeamento solar.

No que diz respeito à relação potencial de inclinação do traçado da rede viária com as ocorrências de acidentes rodoviários, pode-se verificar que esta relação não é linearmente correlacionável, ou seja, fica demonstrado que o facto de o declive ser elevado não quer dizer que haja um maior número de acidentes rodoviários. De facto, quer declives mais suaves (2-4%) quer mais elevados, do ponto de vista da rede viária (>8%) apresentam valores idênticos de registos (27%). A falta de uma relação direta entre a inclinação da via e acidentes rodoviários é confirmada quando comparada a importância de troços de declive considerado significativo (8-47%) que representam 41% dos troços com declive >8%, mas onde apenas ocorrem 27% dos acidentes rodoviários registados. Esta ausência pode, segundo vários autores, estar associada à continuidade de troços com declives elevados. De facto, em termos gerais os troços muito inclinados não atingem os 2-3 km com uma inclinação elevada, referidos na bibliografia, como determinante para uma relação positiva entre declive da via e número de acidentes, e rede viária com estas características não é frequente no município da Amadora.

Avaliando as consequências dos acidentes rodoviários e as características das vítimas no município da Amadora, pode-se verificar que os acidentes na Amadora são na sua maioria sem vítimas, onde ocorrem 97% de acidentes apenas com danos materiais e 3% de acidentes com vítimas. Relativamente à análise dos acidentes com vítimas verifica-se que os atropelamentos são o tipo de acidente que causa mais vítimas no município,

com uma percentagem de ocorrências de 47%, do total de vítimas. Avaliando a gravidade das consequências dos acidentes verifica-se que quando comparado com os anos anteriores desde 2015 que parece haver uma subida no indicador de gravidade. Isto acontece porque houve um ligeiro aumento das vítimas, que por terem ponderação 100 são relevantes neste indicador, mas também porque há um claro aumento do número de feridos ligeiros com mais cerca de 200 registos quando se compara 2015 com 2018. Sendo assim, pode-se concluir que neste período de estudo embora exista uma gravidade reduzida, o número de acidentes com vítimas está a aumentar.

Por último, no que diz respeito à distribuição e quantidade dos acidentes rodoviários no município, verifica-se que os acidentes rodoviários sem vítimas/feridos ligeiros ocorreram em praticamente todo o município e em larga maioria relativamente aos outros acidentes que resultaram em feridos graves ou mortes, independentemente do local. Posto isto, pode-se concluir que os acidentes rodoviários que resultaram em feridos graves ou vítimas mortais, apesar de terem menos representatividade no município, em relação aos acidentes rodoviários sem vítimas/feridos ligeiros, e embora com alguma dispersão aparente, acabam por estar associados a algumas vias específicas, e a grande maioria às zonas de acumulação de acidentes rodoviários identificadas neste estudo, nomeadamente, os IC e seus nós de ligação e ao centro urbano da Amadora, nomeadamente a avenida General Humberto Delgado e artérias circundantes, que pela sua proximidade a áreas comerciais e estação de comboio, têm uma circulação elevada de veículos e pessoas potenciando a ocorrência de acidentes com vítimas.

Contudo, na realização do presente trabalho existiram alguns problemas que contribuíram para que o estudo não fosse tão completo e detalhado e cuja resolução poderão ser premissas iniciais para trabalhos futuros. Desde logo, a falta de uniformização e validação encontradas nas BD. De facto, problemas como moradas incompletas ou inexistentes, erros ortográficos, designações diferentes para a mesma informação, nome de rua inexistente na freguesia indicada, existência no município de mais do que uma rua com o mesmo nome e por último, a existência de “falsos alarmes”, situações onde os serviços de proteção e socorro se deslocaram, mas não se tratava de uma ocorrência, são aspetos que deverão ser melhorados ao nível das entidades responsáveis pela recolha e armazenamento destas informações. Estas falhas obrigam a um dispêndio de tempo extra e significativo que prejudica a rápida atualização de uma BD pormenorizada, dificultando a replicabilidade de trabalhos como estes. Aspetos

como, por exemplo, o registo da coordenada exata do local de ocorrência traria uma economia de tempo e melhoria dos dados permitindo modelações com outro tipo de abordagem.

Adicionalmente, a falta de dados climáticos, cuja a literatura demonstra poderem ter influência na ocorrência de acidentes rodoviários, também foi um problema encontrado na realização deste trabalho. De facto, embora se tenha conseguido alguns dados diários da precipitação para o município da Amadora, estes não cobriam a totalidade do período em análise, mostravam lacunas em alguns dias e por serem muito pontuais, não permitiam, uma espacialização de diferenças. Ainda que este problema seja de resolução mais complexa, pois obrigaria a uma rede de postos de medição de diversos parâmetros climáticos considerados relevantes na ocorrência de acidentes rodoviários (*e.g.*, precipitação, nevoeiro, vento, ...), se nos relatórios de recolha que alimentam a BD forem indicados, por exemplo, características do estado do tempo no momento da ocorrência poderá levar a um incremento significativo na possibilidade de estudos a efetuar.

Por último, relativamente à relação potencial de encandeamento solar e ocorrência de acidentes rodoviários, verificou-se que o número de acidentes georreferenciados que ocorrem em período crítico são amostras pequenas quando comparadas com a totalidade dos registos pelo que os resultados obtidos carecem de confirmação com uma BD mais significativa. A ausência de uma BD mais significativa também contribuiu para que não fossem utilizados modelos matemáticos/probabilísticos, pois estes necessitariam por exemplo, do conhecimento do número de veículos que circulam em cada uma das vias para que fosse calculada a probabilidade de ocorrência. Assim o cariz observacional deste trabalho poderá ser melhorado através de modelos de análise mais robustos, *p.ex.* de *machine learning*, que permitam efetuar uma validação matemática das observações obtidas.

Conclui-se assim, que o estudo da sinistralidade rodoviária por si só já é complexo e mais complexo se torna quando se pretende relacioná-lo com as condicionantes ambientais e com as características das vias, pois ambas necessitam de dados precisos e detalhados, muitas vezes no momento da ocorrência, pois estas são mutáveis muito rapidamente no tempo e no espaço. Ainda assim, uma análise observacional mais frequencista e de relações espaciais simples permitiu a identificação de pontos críticos (vias, horas, *etc.*) que deverão ser analisados prioritariamente com outro detalhe. A estes

podem-se acrescentar novas relações, como por exemplo, o cálculo do indicador de gravidade por arruamento, nas zonas preferenciais de acumulação de acidentes permitindo uma avaliação pormenorizada da relevância dessa estrada, ou troço, na ocorrência de vítimas. Portanto, existe uma grande necessidade de continuar a estudar esta temática para que se corrijam erros, e se aperfeiçoem as BD de modo a que se quantifique melhor as características de tráfego e respetivos acidentes, para que seja possível o estabelecimento de uma relação mais concreta com as condicionantes ambientais verificadas no momento da ocorrência de acidentes rodoviários. O desenvolvimento destes estudos, poderá assim contribuir para um melhor sistema de proteção civil através de modelos dinâmicos, alertas à circulação e sensibilização da população procurando assim diminuir a sinistralidade rodoviária.

Referências Bibliográficas

AASHTO. (2010). Highway Safety Manual. American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.

Altaweel, M. (2017) – Density Mapping with GIS. GIS Lounge. Disponível em: <https://www.gislounge.com/density-mapping/>. Consulta em: outubro de 2021.

Alves, J. (2017). Modelação Geoespacial dos Acidentes Rodoviários no Município de Lisboa. Dissertação de Mestrado em Engenharia Geográfica, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2011). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2011-24 horas- Distrito de Lisboa. 18 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2012). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2012-24 horas- Distrito de Lisboa. 17 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2013). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2013-24 horas- Distrito de Lisboa. 23 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2014). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2014-24 horas- Distrito de Lisboa. 23 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2015). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2015-24 horas- Distrito de Lisboa. 24 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2016). Relatório Anual Sinistralidade Rdodiviária 2016-24 horas- Distrito de Lisboa. 22 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2017). Relatório Anual Sinistralidade Rodoviária 2017-24 horas- Distrito de Lisboa. 22 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2018). Relatório Anual Sinistralidade Rodoviária 2018-24 horas- Distrito de Lisboa. 22 p. Consulta em: agosto de 2021.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2018). Relatório Anual Sinistralidade Rodoviária 2018 -24 horas. 58 p. Consulta em: agosto de 2021: [\[URL\]](#)

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (2019). Relatório Anual de Segurança Rodoviária: 2019. 154 p. Consulta em: agosto de 2021: [\[URL\]](#)

Bergel-Hayat, R., Debbarh, M., Antoniou, C., & Yannis, G. (2013). Explaining the road accident risk: Weather effects. *Accident Analysis & Prevention*, 60, 456-465.

Brijs, T., Karlis, D., & Wets, G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis & Prevention*, 40, 1180-1190.

CEMT (1994), Principales actions de la CEMT dans le domaine de la sécurité routière, Paris, CEMT.

CMA (2014) – Amadora em Números, 2014. Câmara Municipal da Amadora. Amadora. 42 p. Consulta em agosto de 2021: [\[URL\]](#)

Elvik, R., Vaa, T., Høy, A., & Sørensen, M. (Eds.). (2009). *The handbook of road safety measures*. 2nd edition. Emerald.

ESRI (s.d.) – An overview of the Density tool set. ArcGIS Pro – Tool Reference. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-density-tools.htm>. Acesso em: outubro de 2021.

European Commission (2021) Road safety thematic report – Fatigue. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport. [\[URL\]](#)

Fu, R., Guo, Y., Yuan, W., Feng, H., & Ma, Y. (2011). The correlation between gradients of descending roads and accident rates. *Safety Science*, 49(3), 416-423.

Gomes, S.V., Cardoso, J.L., Roque, C., Macedo, A.L.D. (2019). Documento normativo para aplicação a arruamentos urbanos: FASCÍCULO I Fundamentos sobre utentes e rede rodoviária. Lisboa, Portugal: Instituto da Mobilidade e dos Transportes.

Hermans, E., Brijs, T., Stiers, T. & Offermans, C. (2006, January). The Impact of Weather Conditions on Road Safety Investigated on an Hourly Basis. *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, Washington DC, USA.

IMT (2019) – Anuário Estatístico da Mobilidade e dos Transportes, 2018. Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I.P.. Lisboa. 85 p. Consulta em agosto de 2021: <http://www.imt-ip.pt/>

INE (2021) - CENSOS 2021: Resultados preliminares. Instituto Nacional de Estatística. Consulta em agosto de 2021: [\[URL\]](#)

Julião, R.P.; Nery, F.; Ribeiro, J.L.; Castelo Branco, M.; Zêzere, J.L. (2009). Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português.

Lamm, R., Psarianos, B., & Mailaender, T. (1999). *Highway design and traffic safety engineering handbook*.

Macedo, A. L. (1999). *Sistemas de gestão de segurança rodoviária*. Programa de Investigação Laboratorial das Vias de Comunicação e Transportes. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa.

Malin, F., Norros, I., & Innamaa, S. (2019). Accident risk of road and weather conditions on different road types. *Accident Analysis & Prevention*, 122, 181-188.

Pinto, C. (2006). *Autorepresentação e Heterorepresentação dos Condutores de Veículos Automóveis Ligeiros: Contributo para a compreensão da guerra civil rodoviária em Portugal*. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.

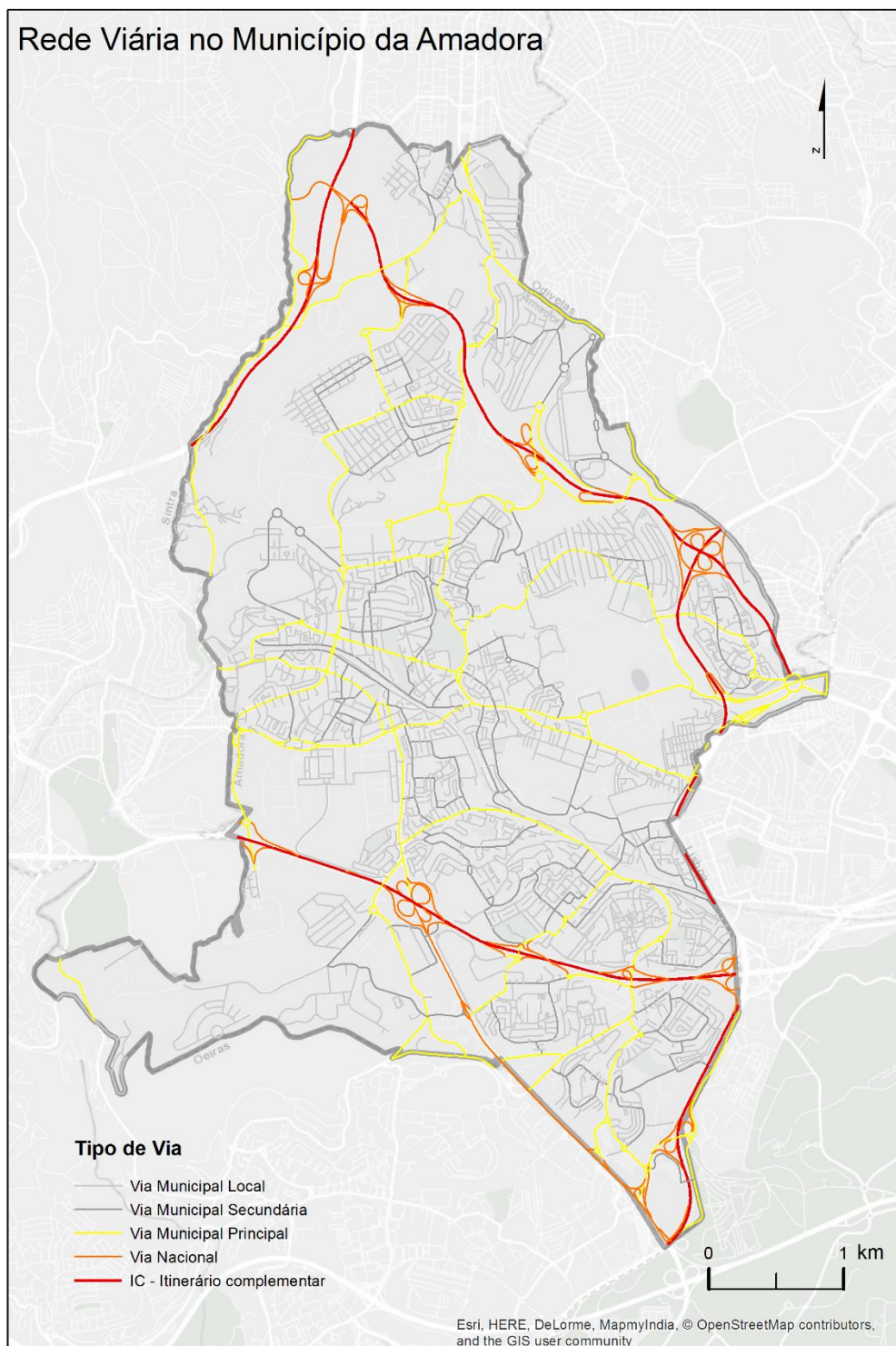
Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244-256.

Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. (2011). Predicting accident frequency at their severity levels and its application in site ranking using a two-stage mixed multivariate model. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 1979-1990.

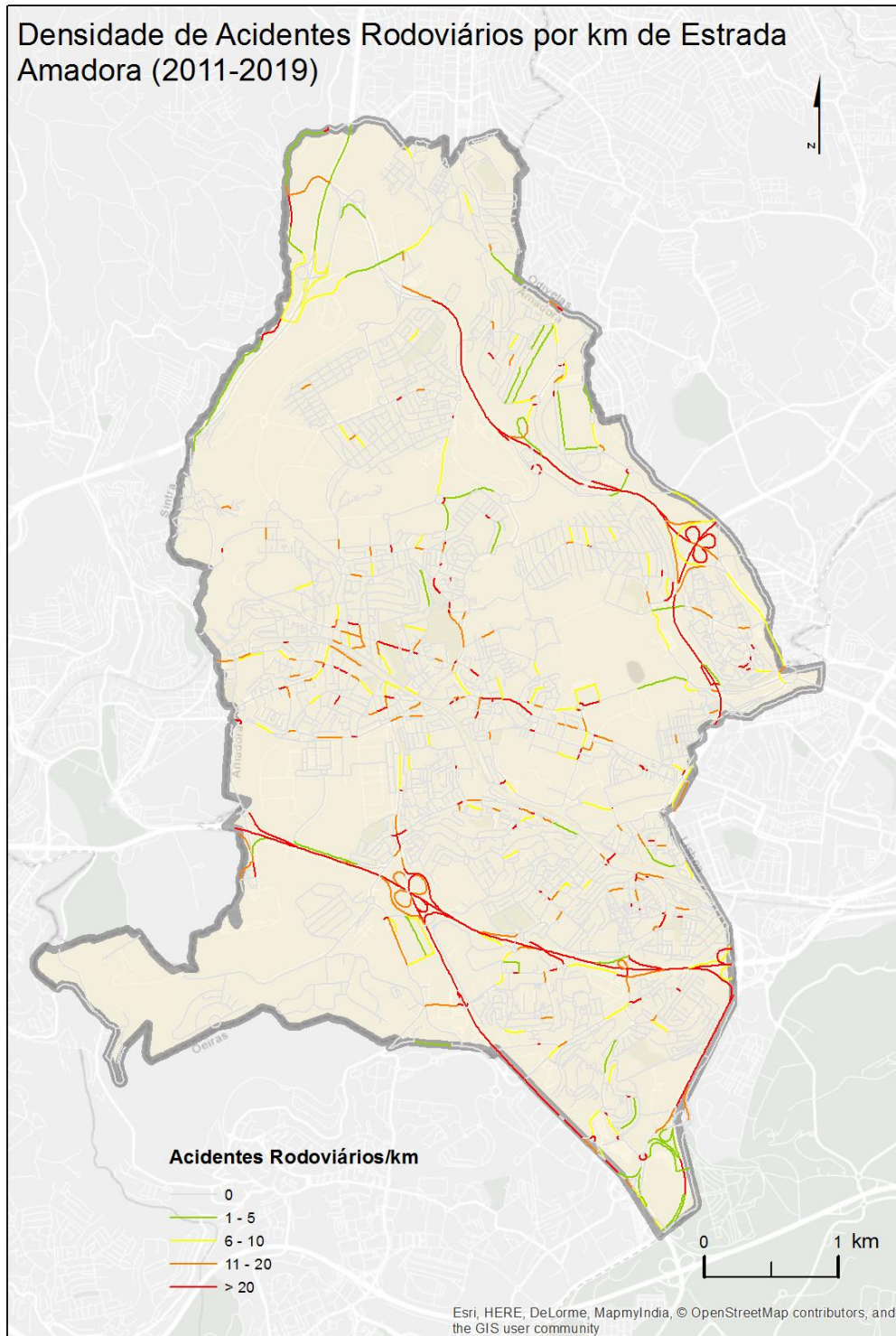
Wen, H., Zhang, X., Zeng, Q., & Sze, N.N. (2019). Bayesian spatial-temporal model for the main and interaction effects of roadway and weather characteristics on freeway crash incidence. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 1-24.

Anexos Cartográficos

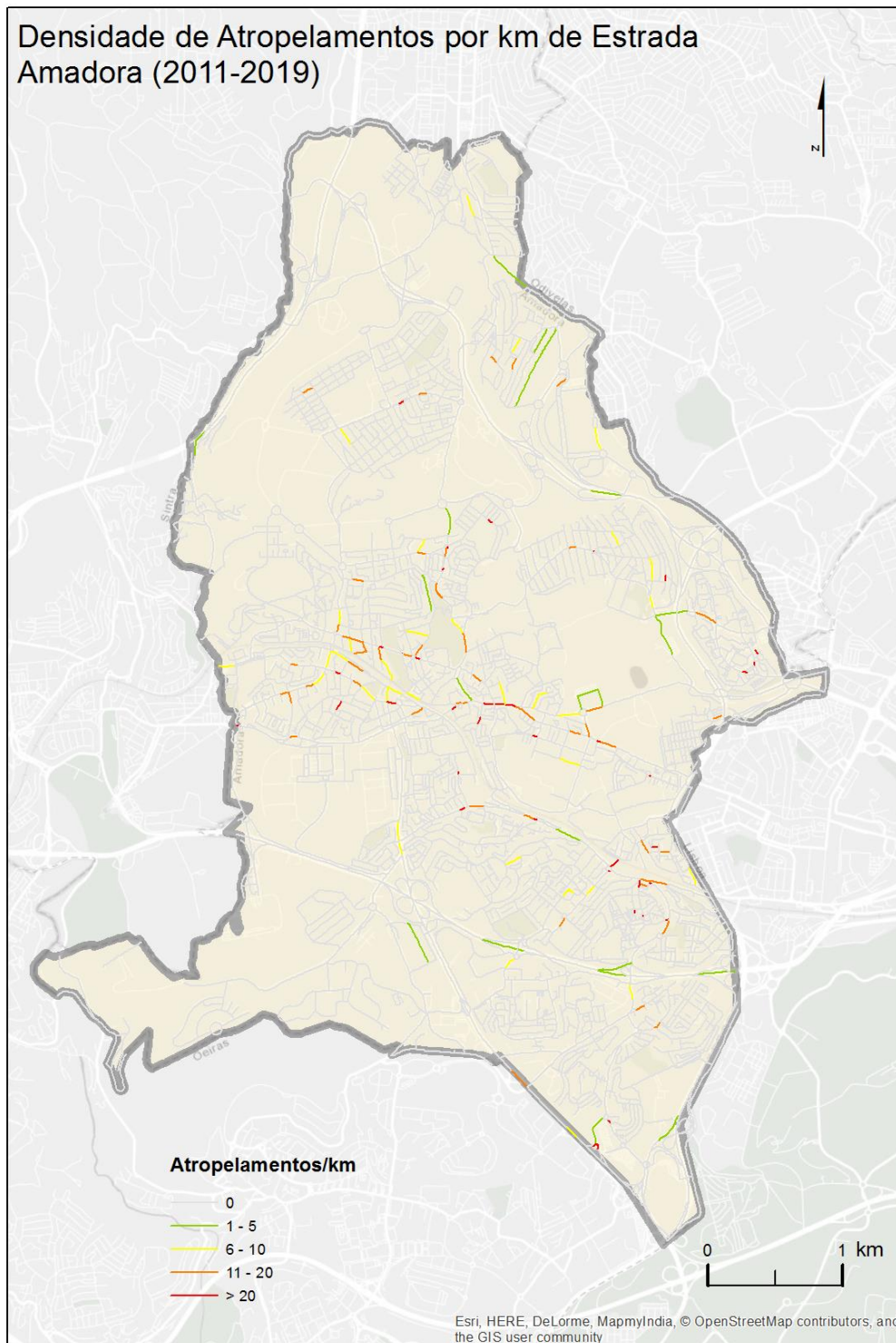
Anexo 1



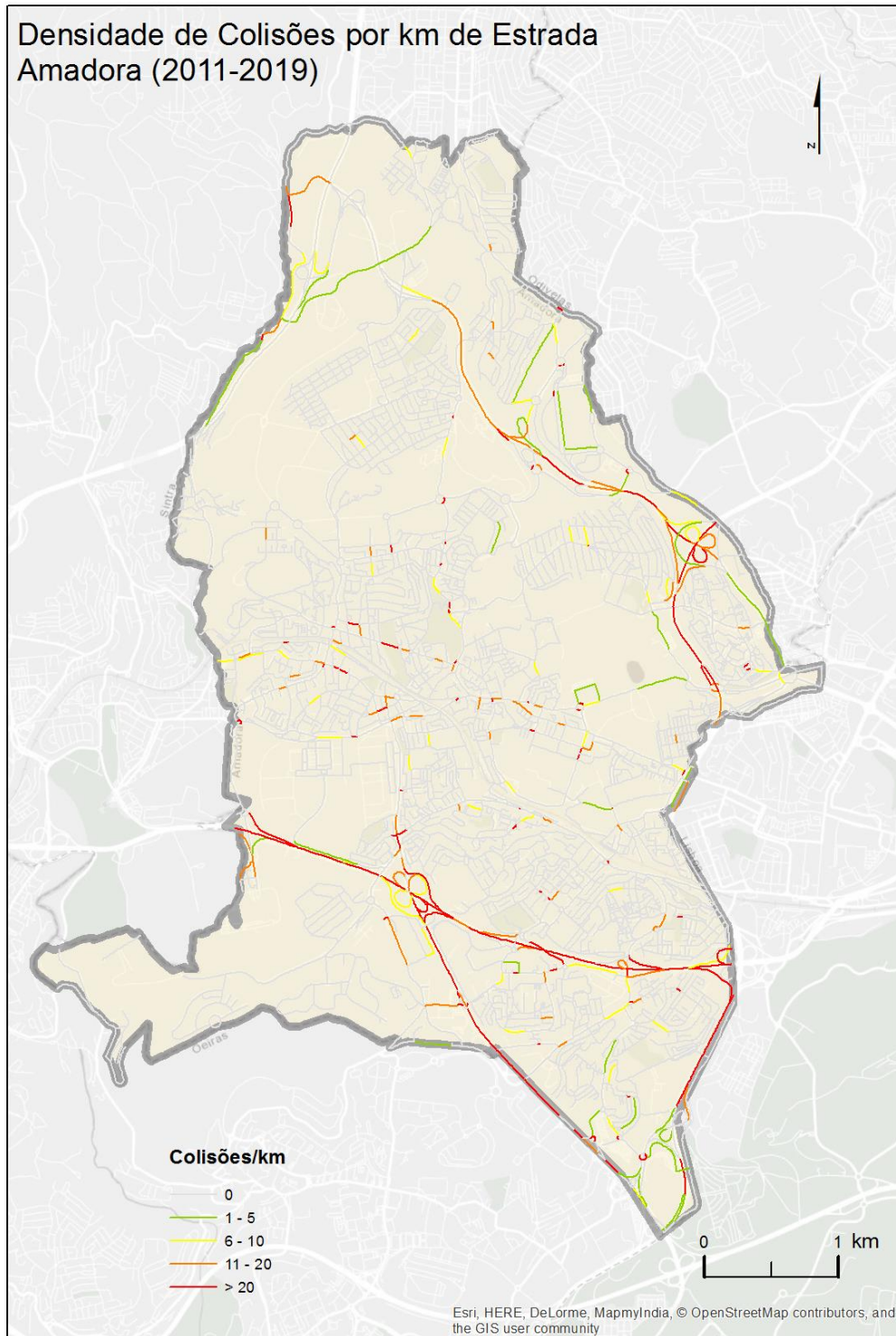
Anexo 2



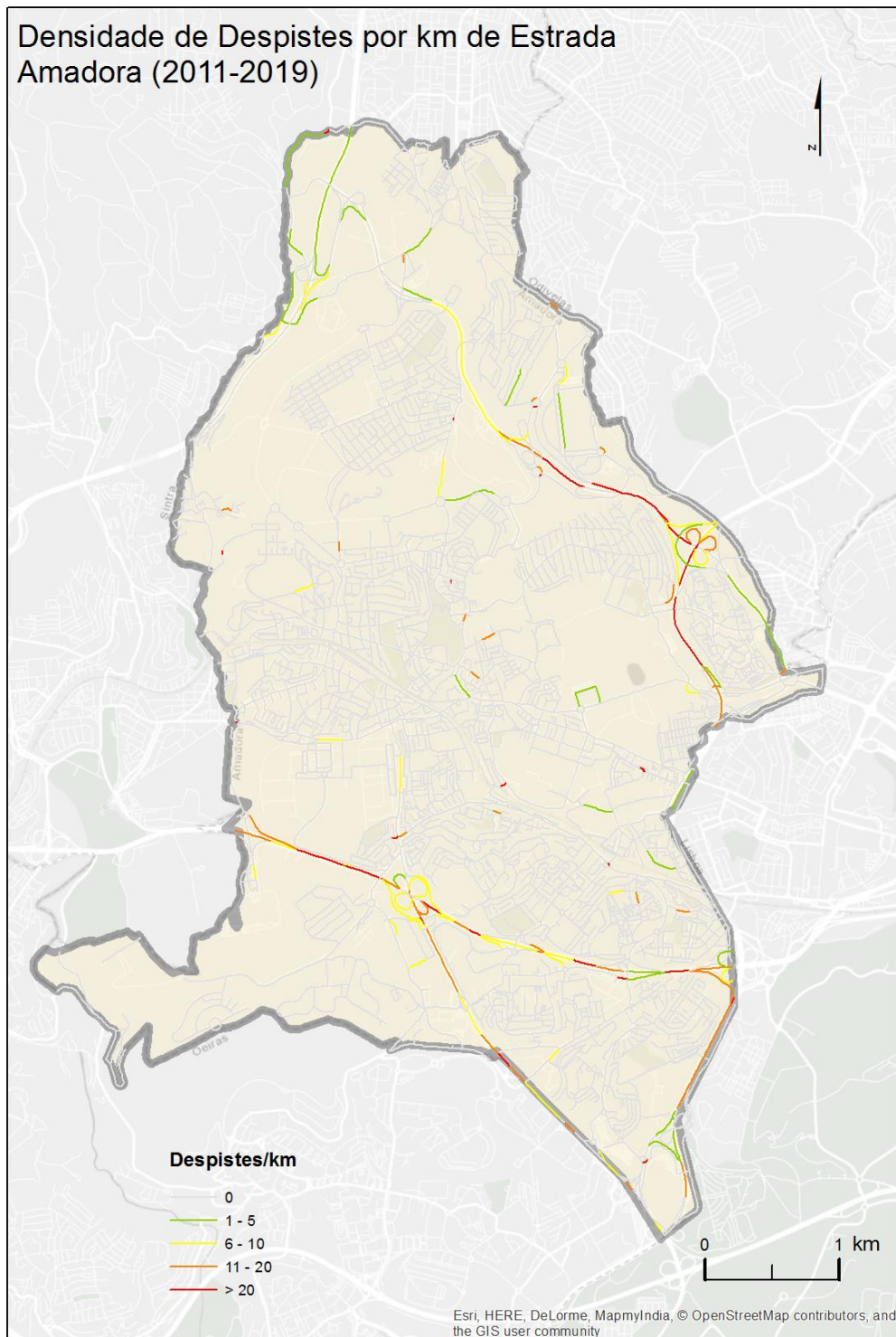
Anexo 3



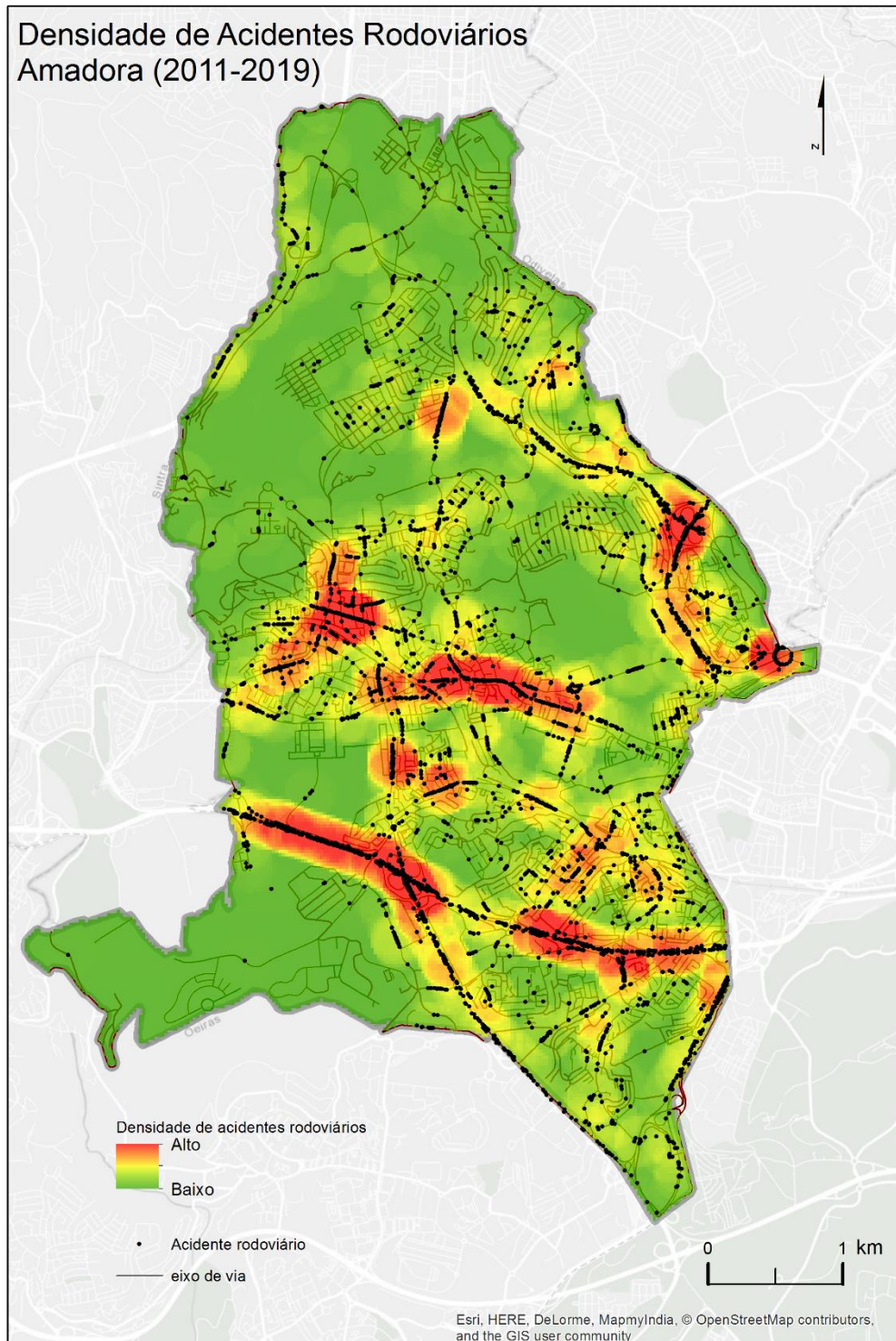
Anexo 4



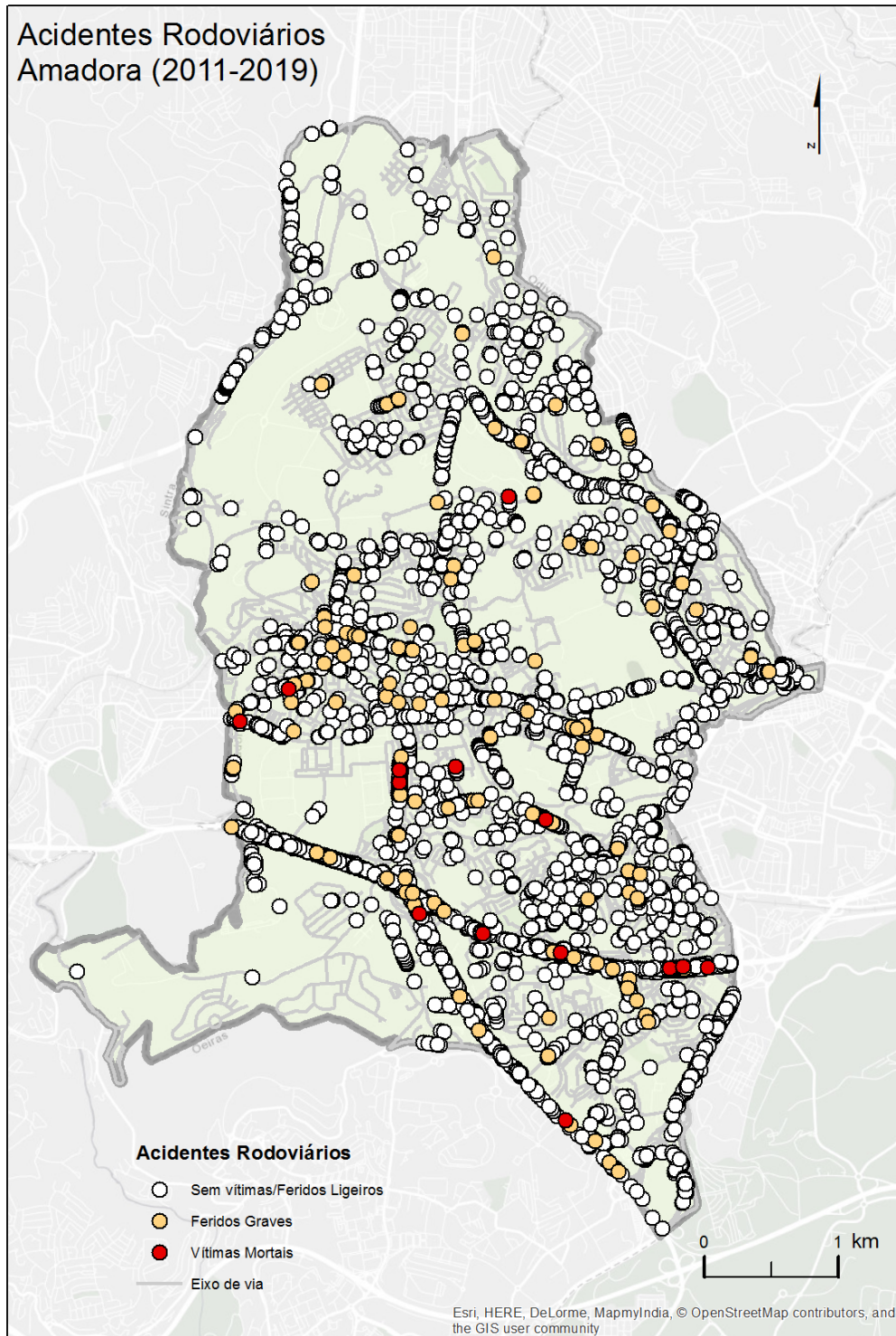
Anexo 5



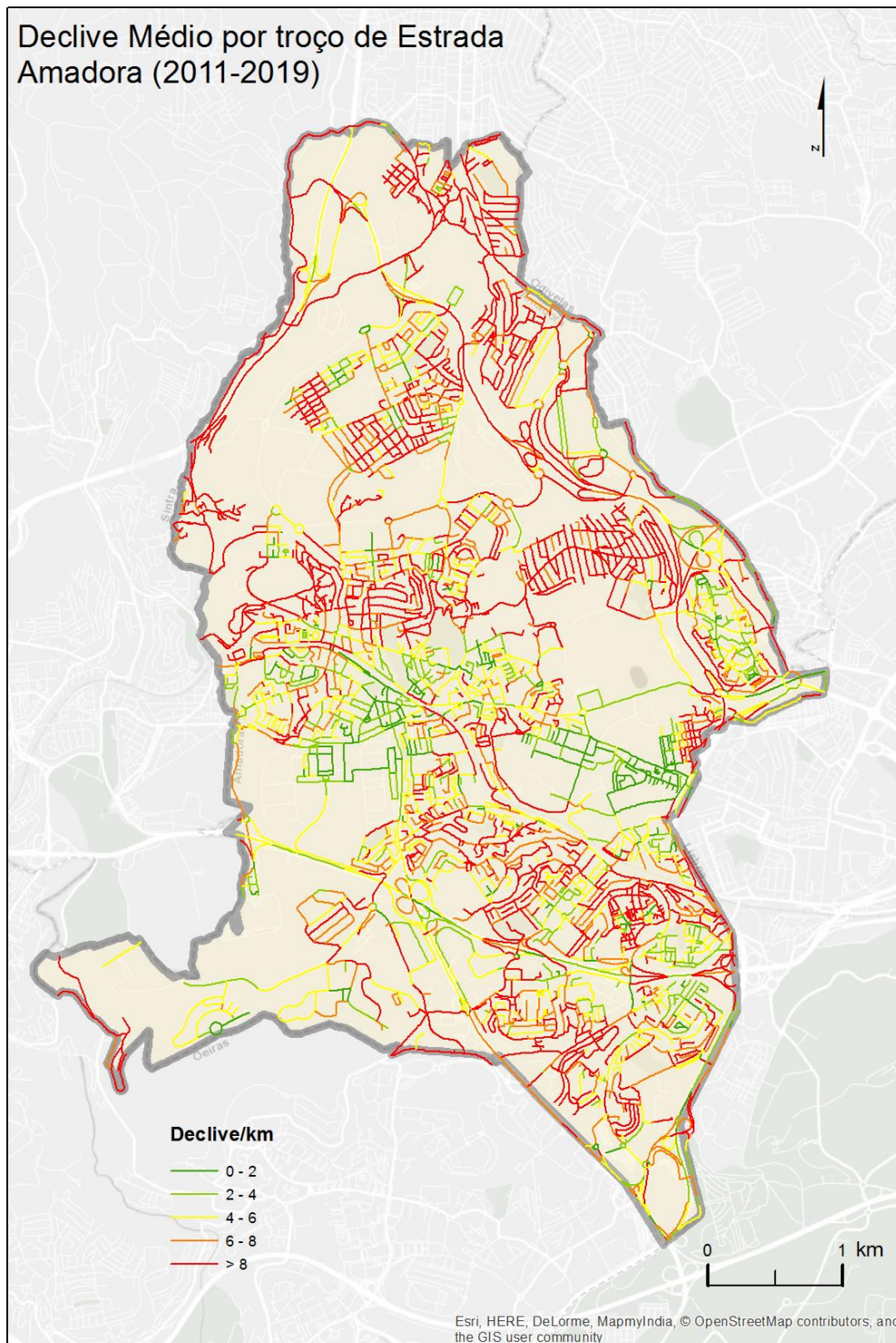
Anexo 6



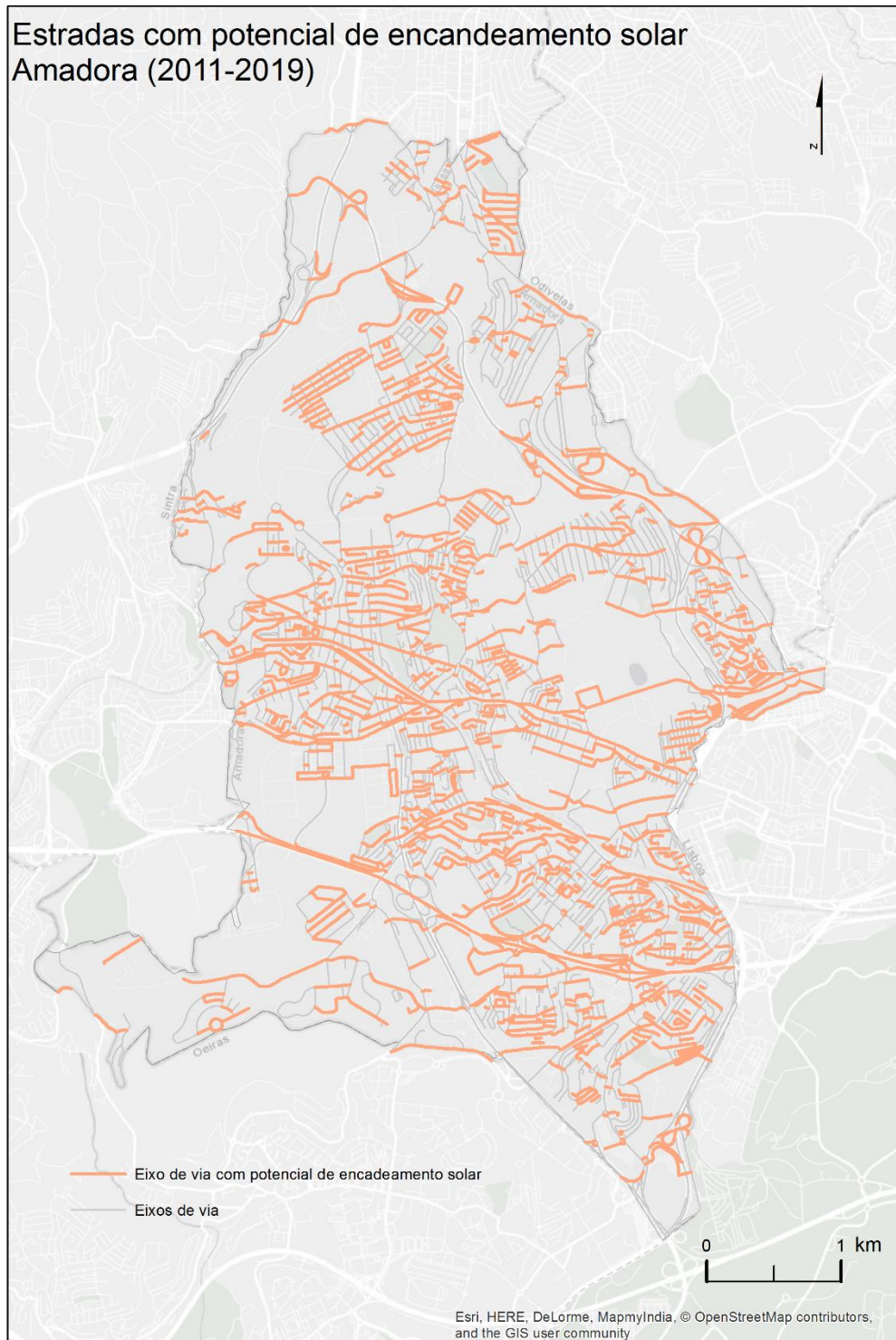
Anexo 7



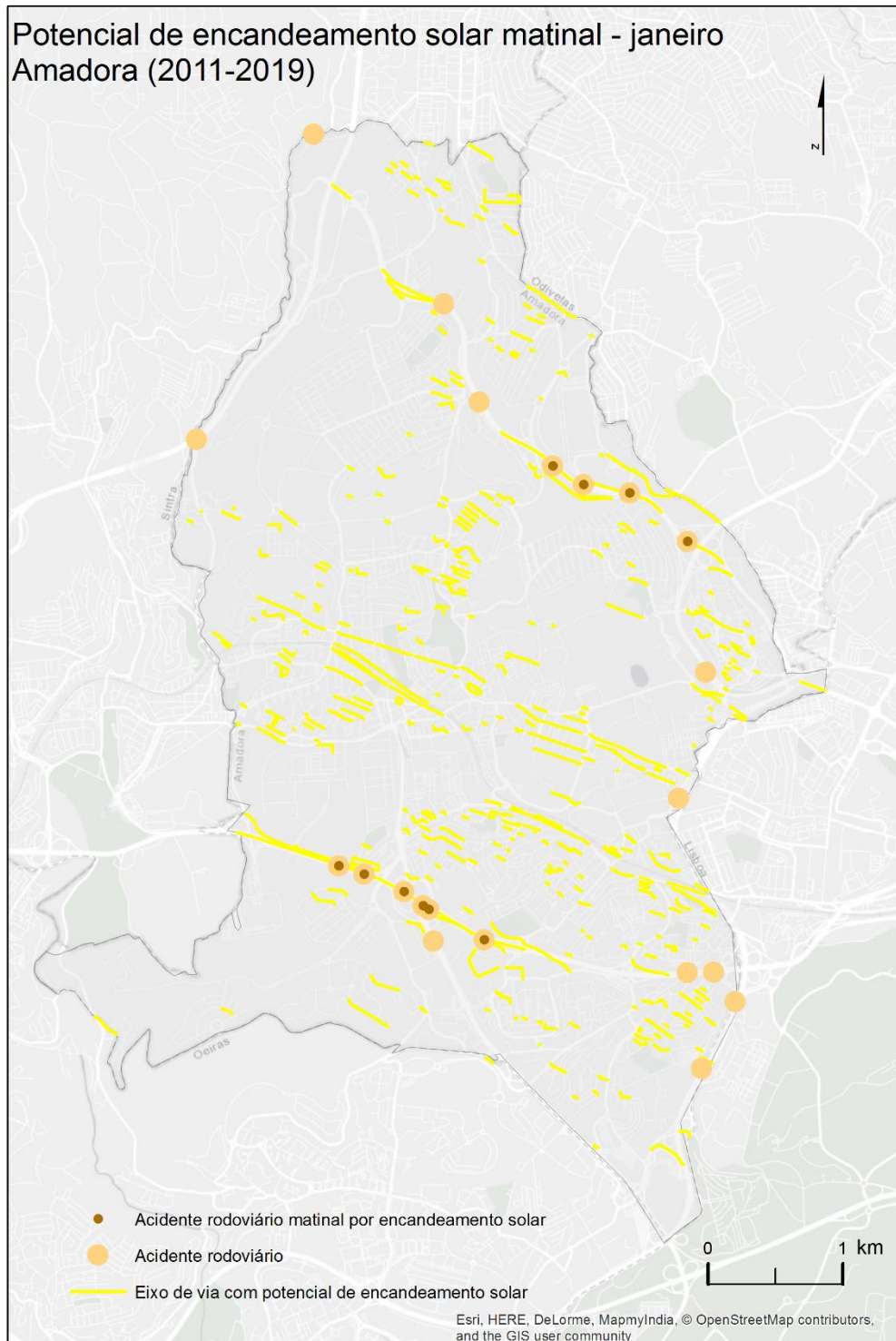
Anexo 8



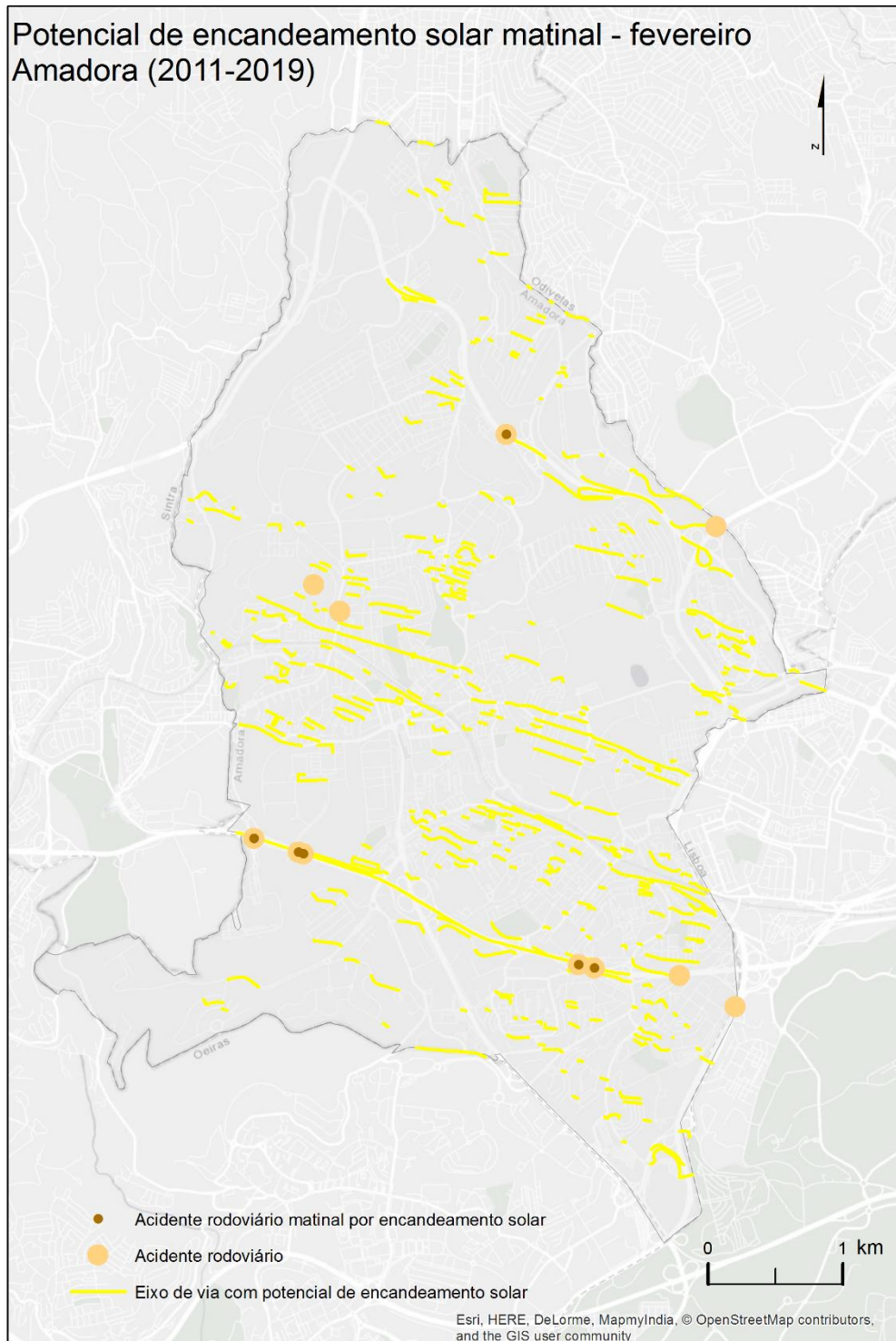
Anexo 9



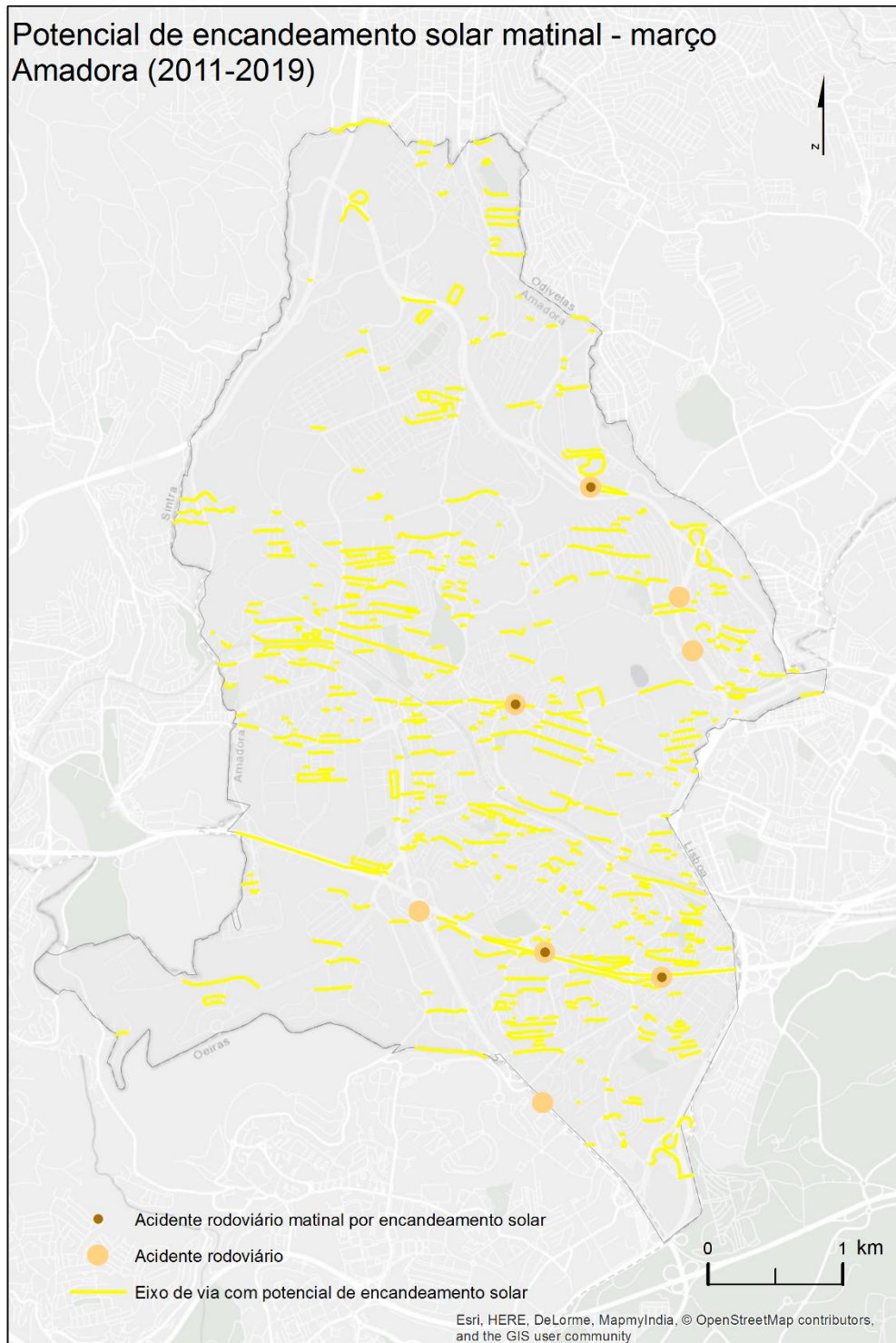
Anexo 10



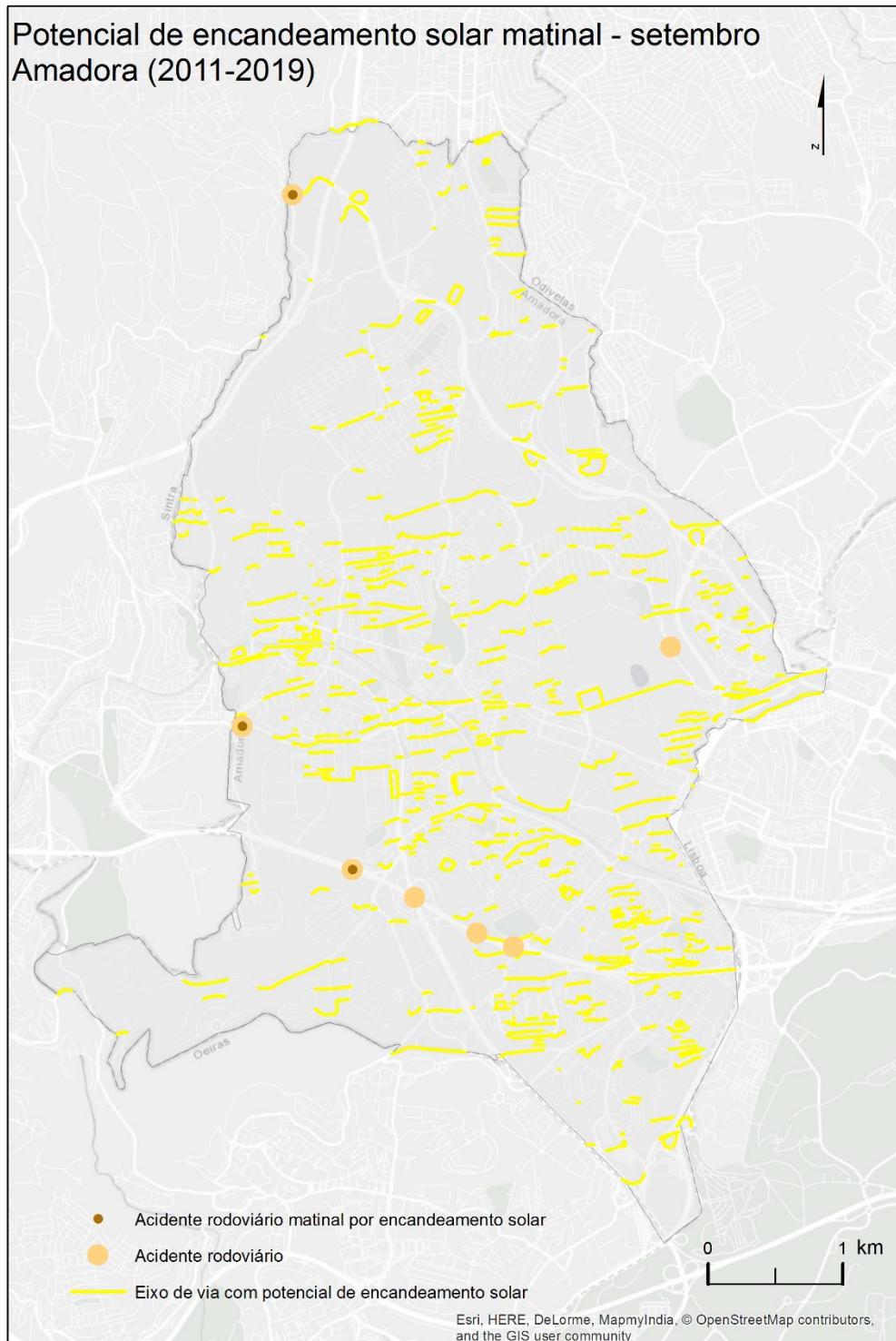
Anexo 11



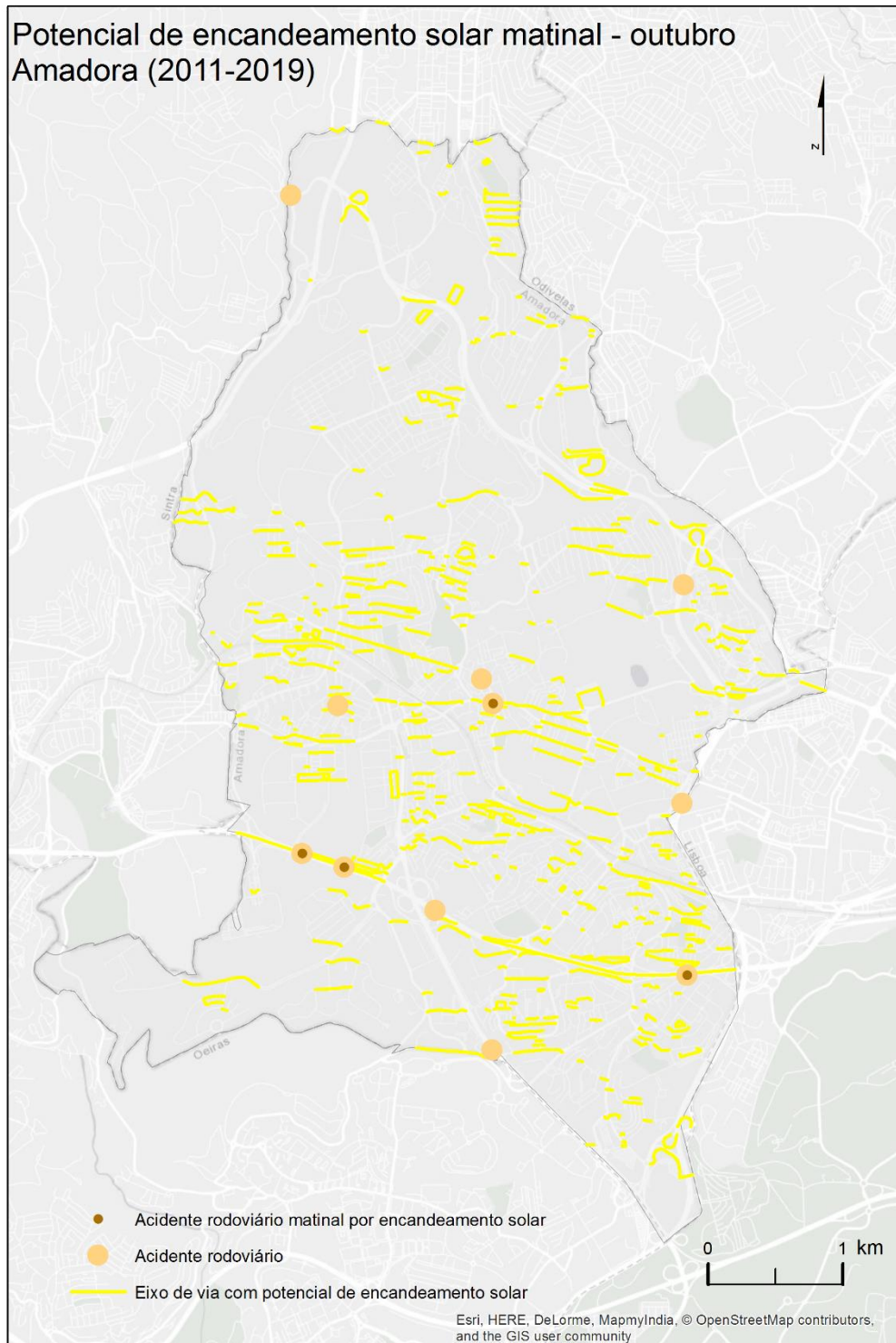
Anexo 12



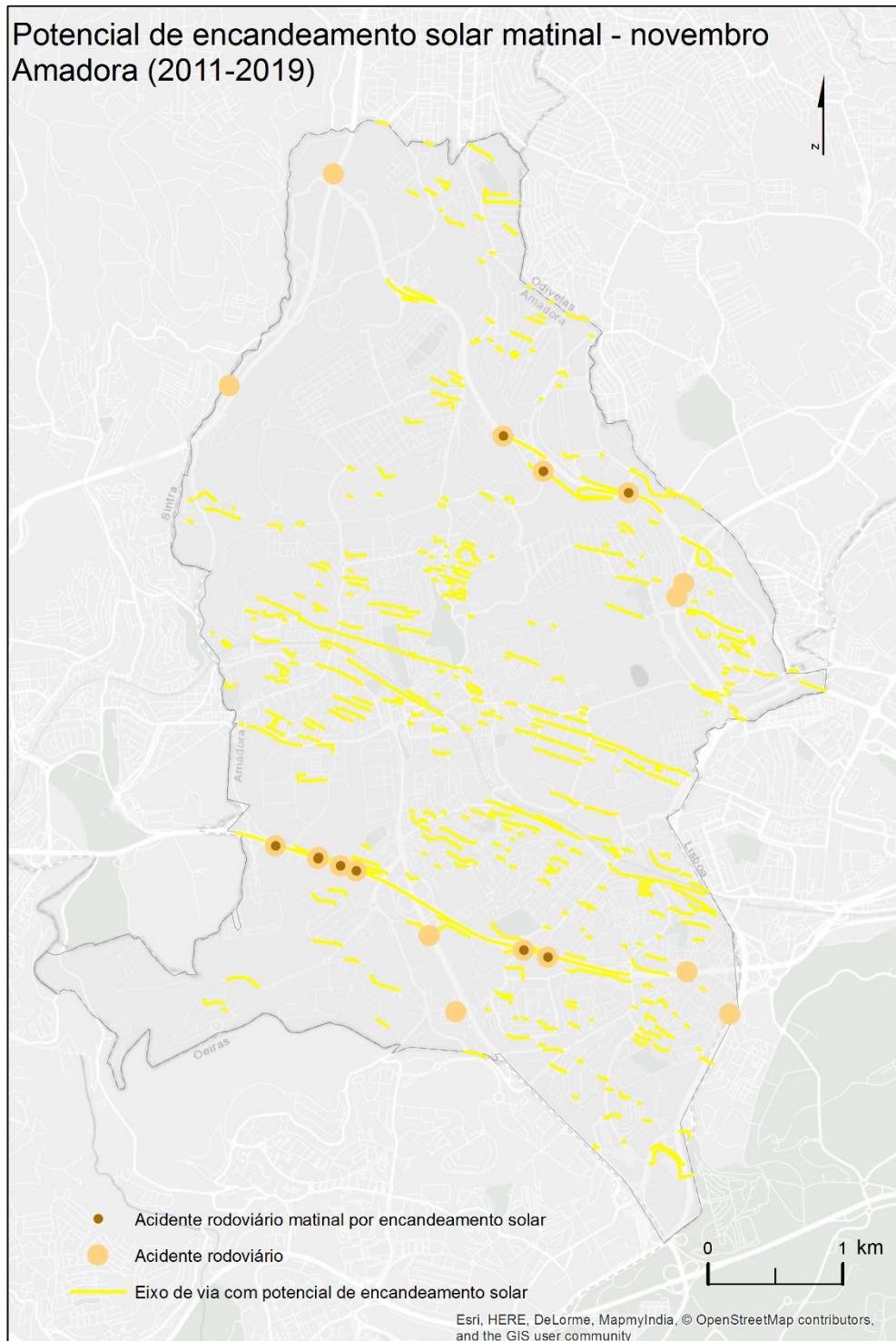
Anexo 13



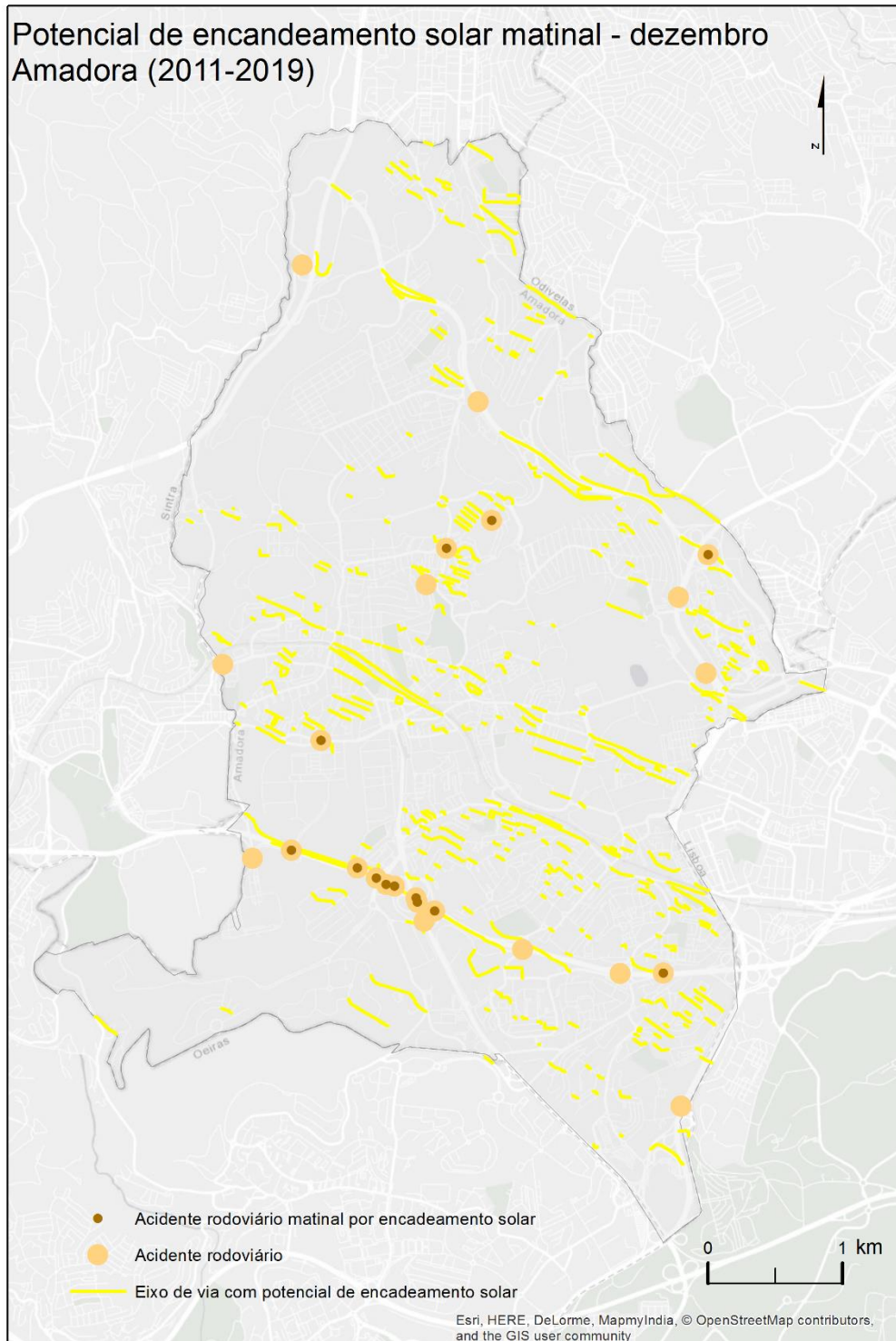
Anexo 14



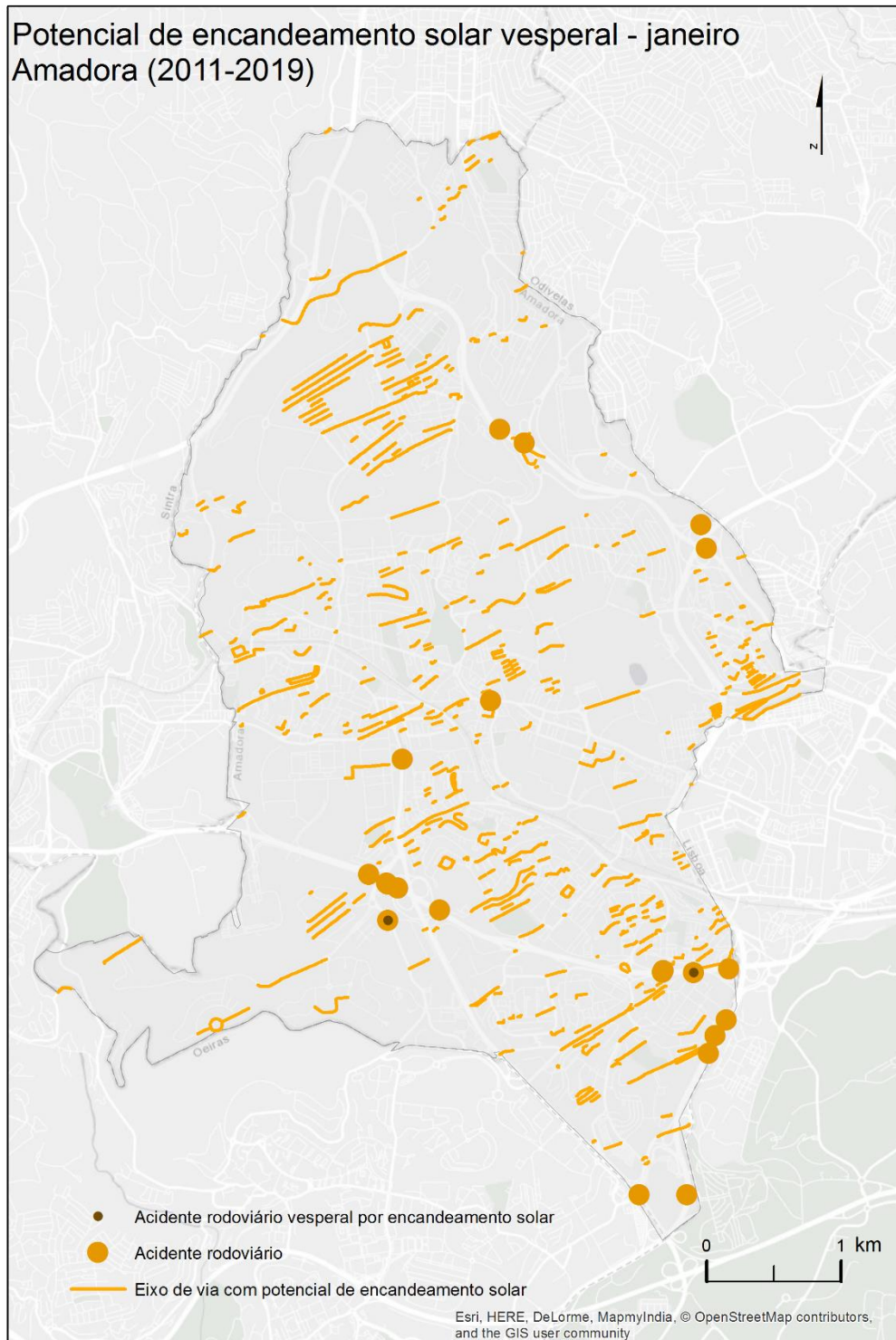
Anexo 15



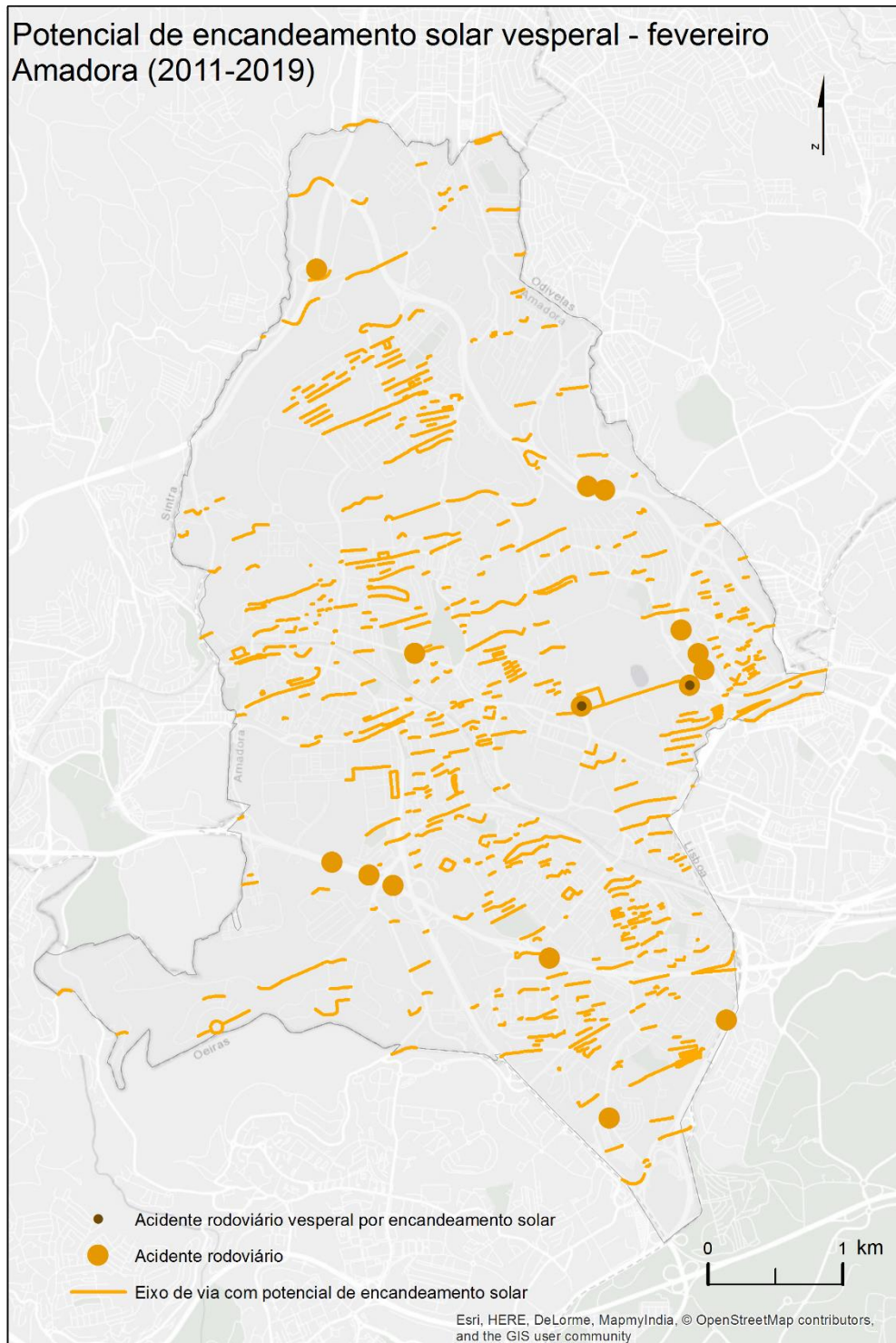
Anexo 16



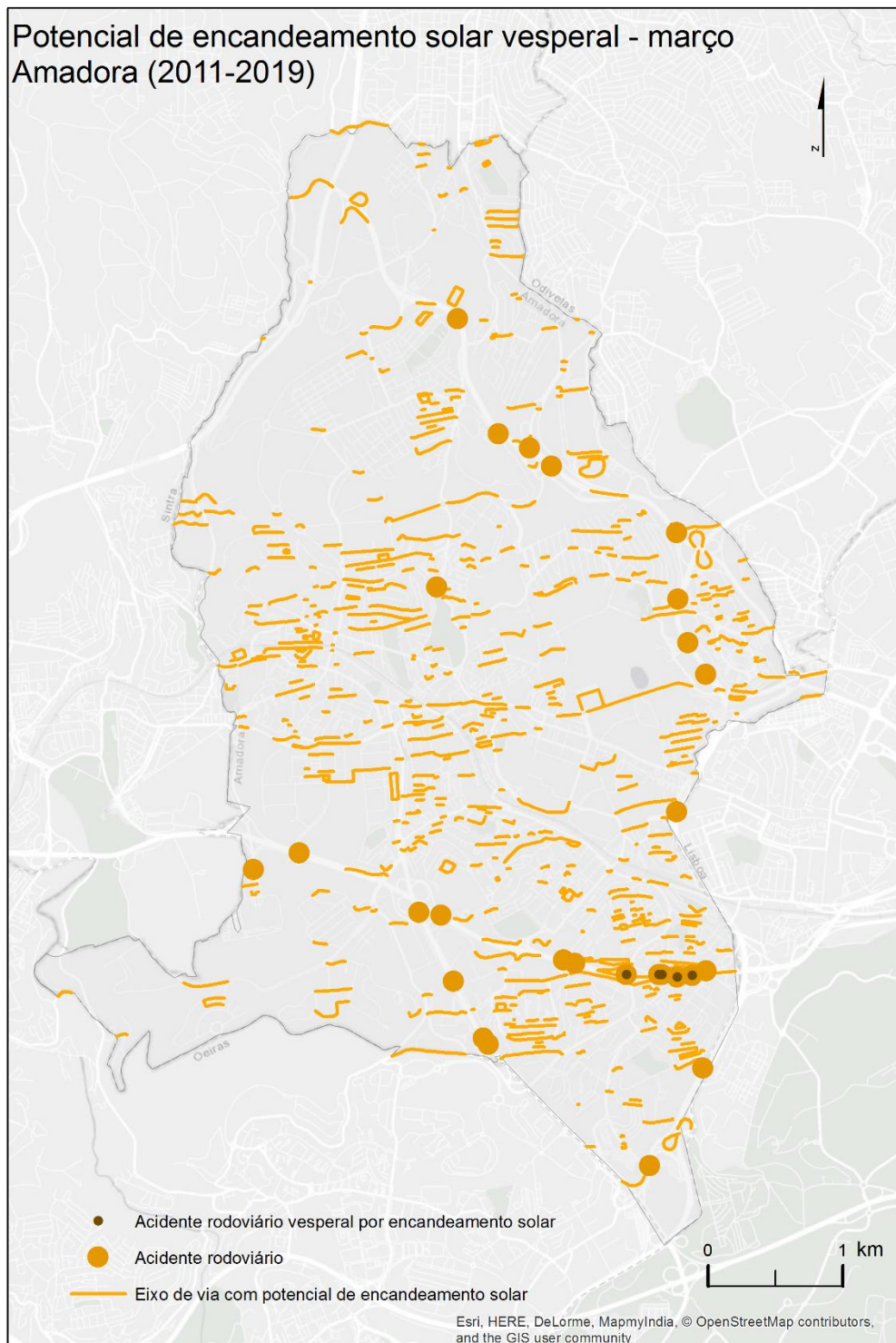
Anexo 17



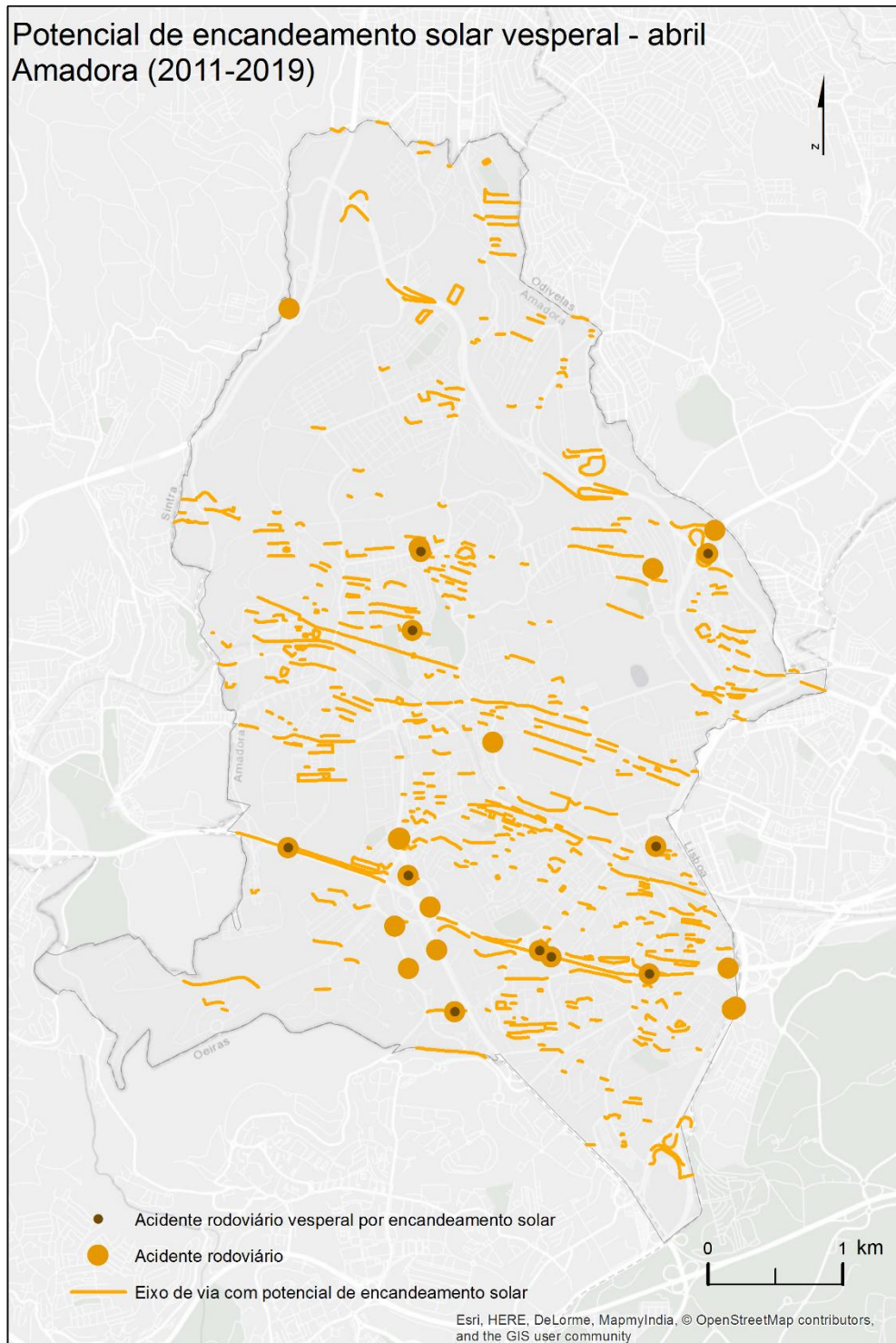
Anexo 18



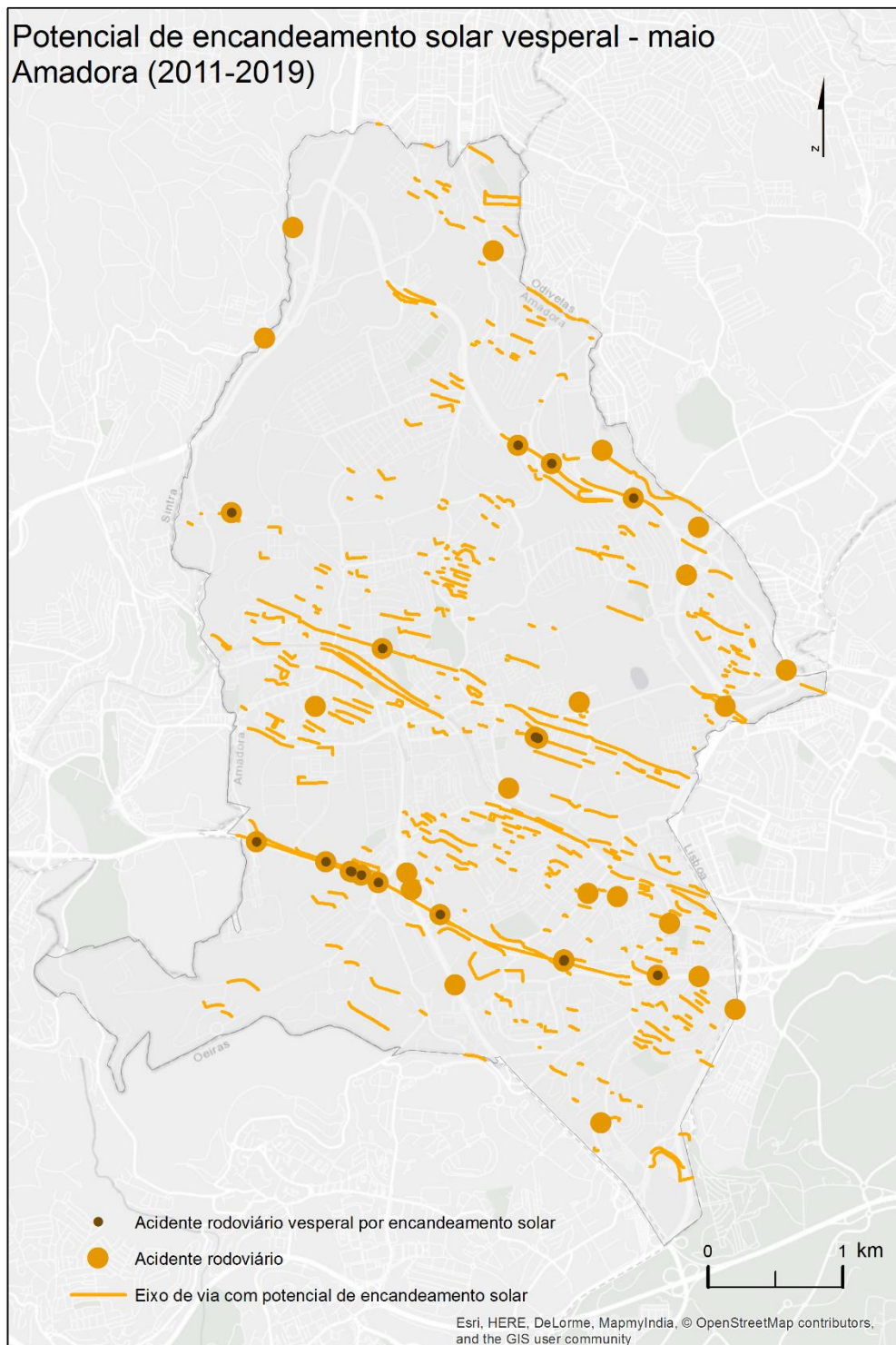
Anexo 19



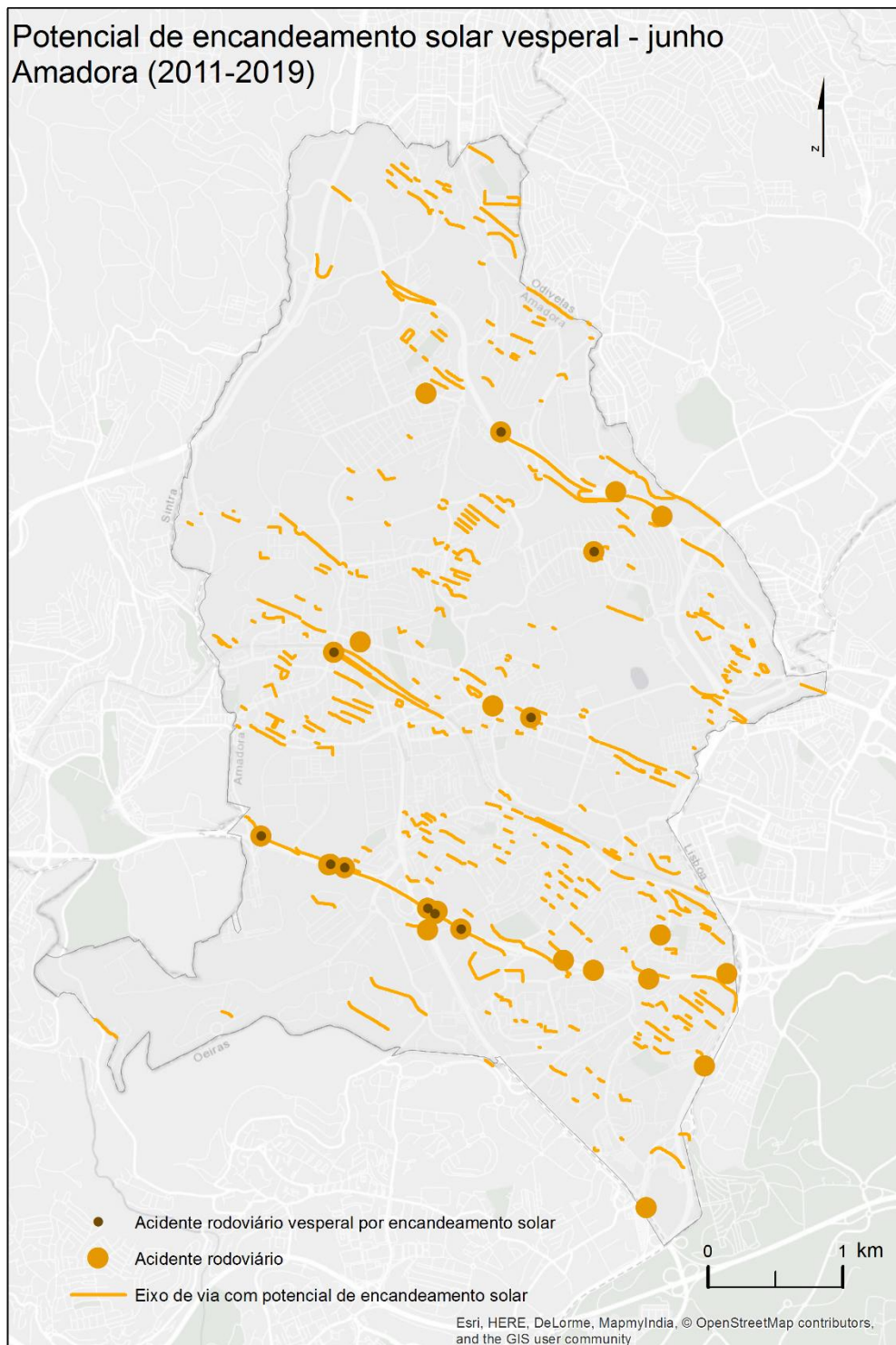
Anexo 20



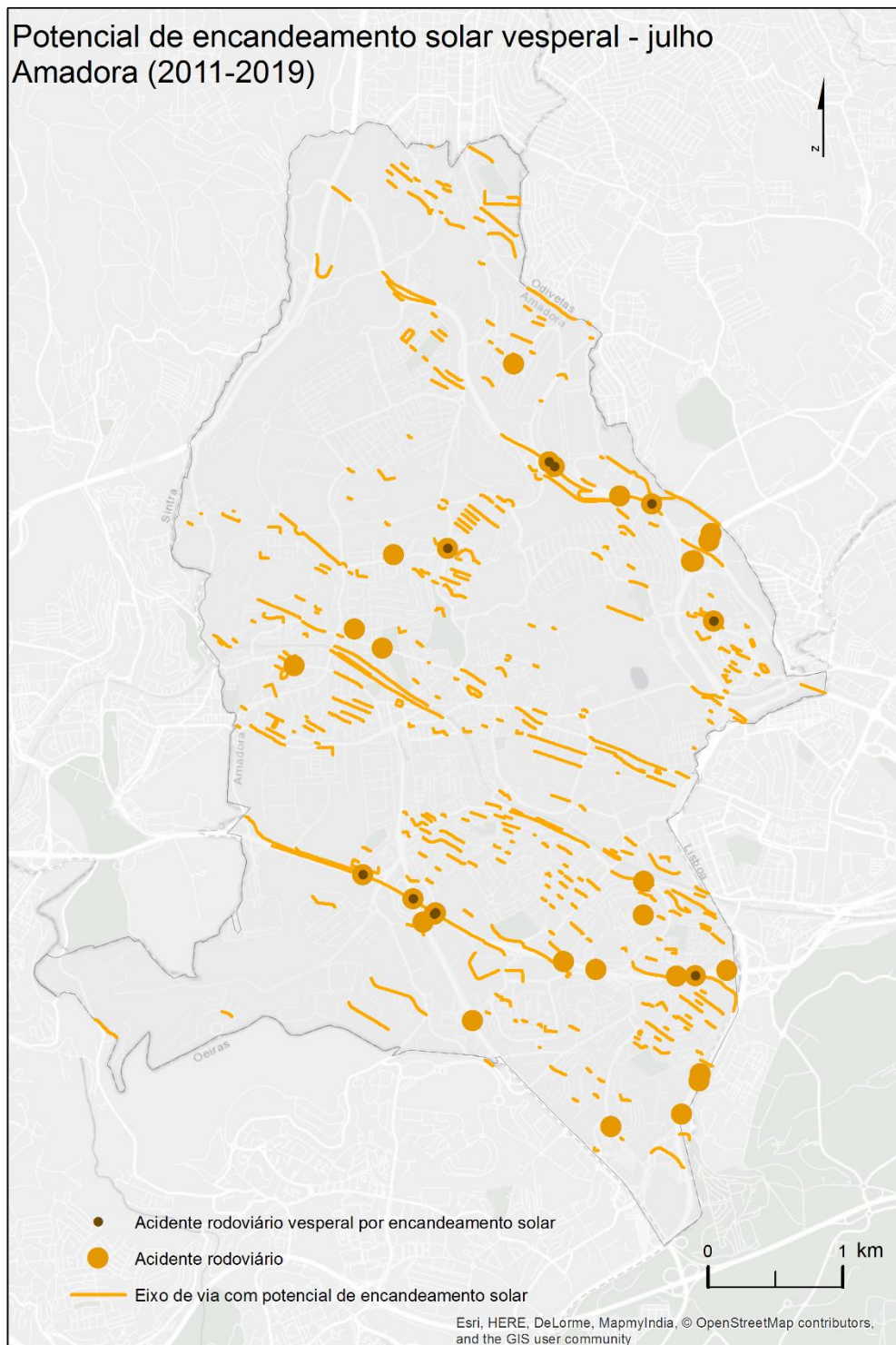
Anexo 21



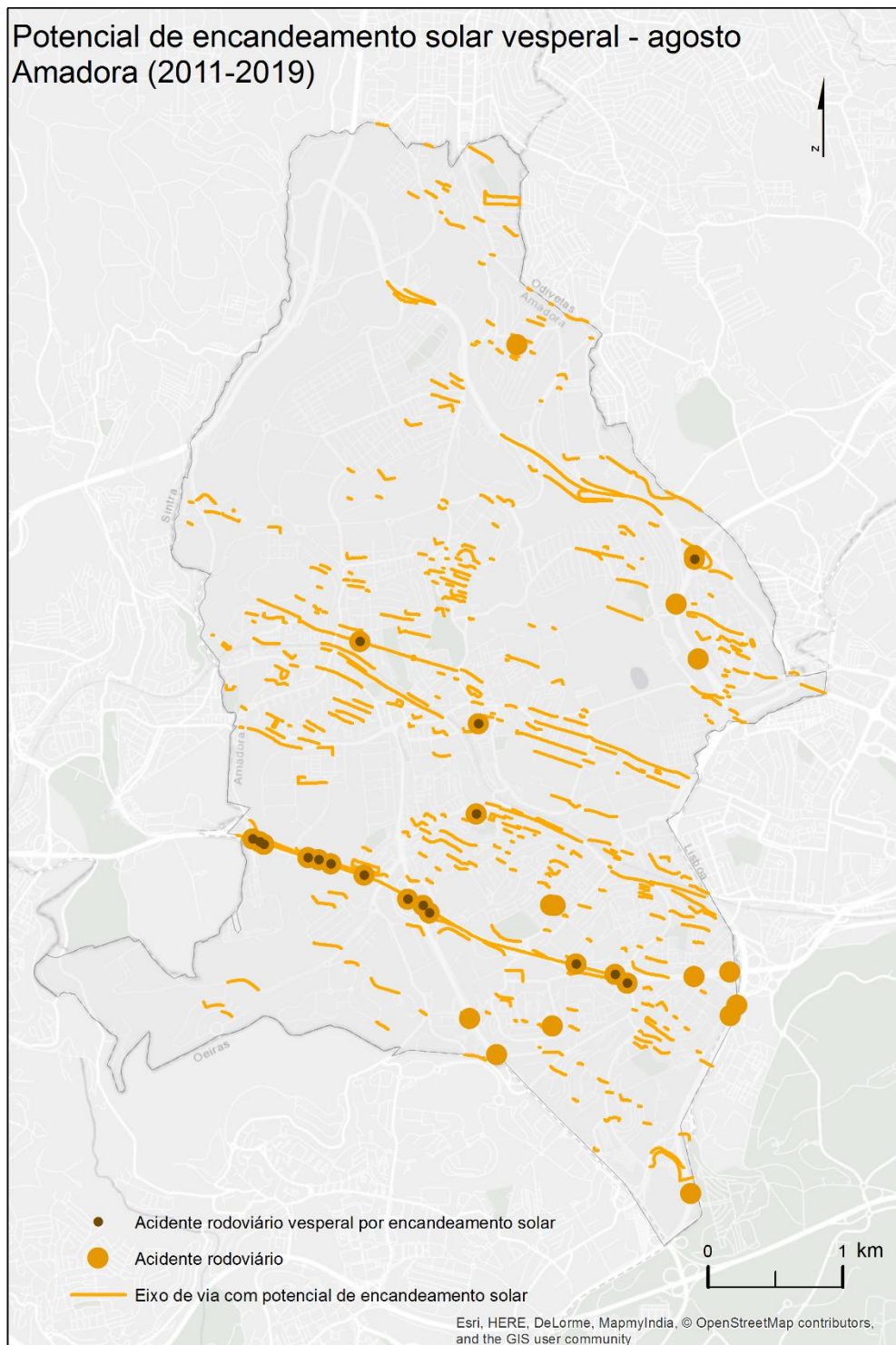
Anexo 22



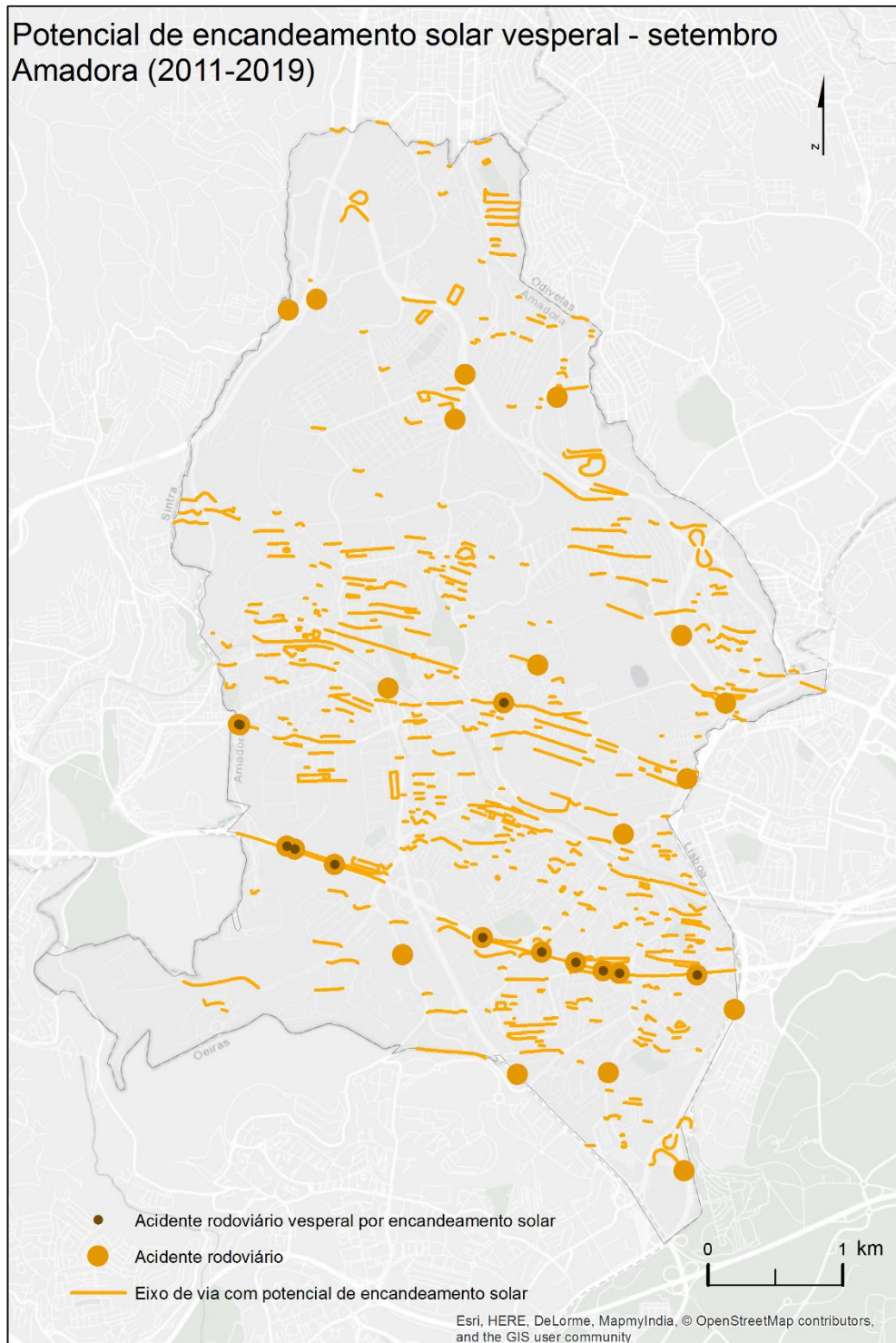
Anexo 23



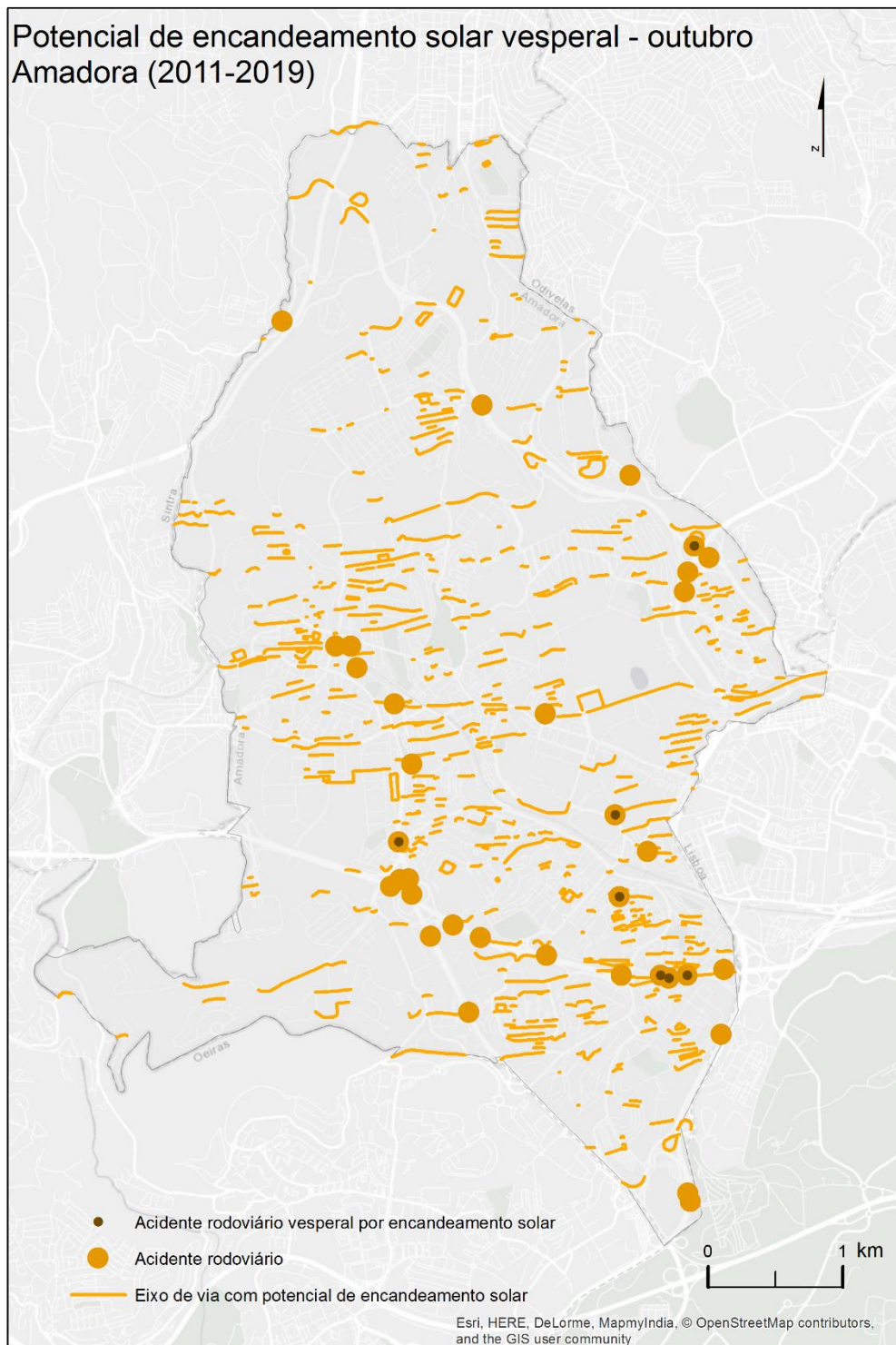
Anexo 24



Anexo 25



Anexo 26



Anexo 27

