



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Avaliação do potencial da infraestrutura pedonal para promoção da mobilidade suave em cidades de encosta**

**André Filipe da Costa Nogueira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil: Geotecnia e Ambiente**  
(Ciclo de Estudos Integrado)

Orientadora: Prof. Doutora Bertha Maria Batista dos Santos  
Co-orientador: Prof. Doutor Jorge Humberto Gaspar Gonçalves

**Covilhã, janeiro de 2020**



## Agradecimentos

Quero começar por agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, estiveram ligados à realização desta dissertação.

Em especial, quero agradecer à Professora Bertha Santos e ao Professor Jorge Gonçalves a confiança que depositaram em mim para abordar este tema, todo o apoio dado e toda a orientação e ensinamentos transmitidos ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais, à minha irmã e à minha avó Alice, por todo o amor e carinho, por toda a preocupação, ajuda e incentivo e por terem sempre acreditado em mim. Não posso deixar de incluir aqui o meu avô João, que mesmo já não estando connosco, o seu amor e ajuda é algo que não poderia esquecer. A todos vocês o meu mais profundo agradecimento por me terem educado da melhor maneira possível e a pessoa que sou hoje é graças a vocês.

Aos meus padrinhos, sem os quais não seria possível ter chegado até aqui. Agradeço-vos em especial todo o amor e toda a ajuda que me deram, dão e sei que continuarão a dar e por poder contar convosco em qualquer situação.

À minha namorada Idalina, por toda a paciência e compreensão que tens comigo, toda a preocupação, todo o amor e por tornares a minha vida melhor.

A todos os meus amigos que me acompanharam neste percurso, agradeço a vossa amizade e o vosso apoio e os bons momentos que passámos juntos é algo que nunca vou esquecer.



## Resumo

A situação de emergência climática e ambiental que se vive atualmente, em conjunto com o crescente congestionamento rodoviário dos centros urbanos, faz com que a mobilidade e a sua sustentabilidade sejam uma prioridade das políticas de transportes atuais. Torna-se assim indispensável alterar o comportamento dos cidadãos para o uso de modos suaves nas suas deslocações, como o modo pedonal, conciliando-o, se necessário, com outros modos de transporte sustentáveis. Para que esta alteração efetivamente aconteça, é necessário dotar as cidades de alternativas viáveis ao automóvel, nomeadamente através da oferta de infraestruturas pedonais de qualidade, adaptadas às necessidades das pessoas e às características específicas das cidades. Estes aspetos são particularmente importantes em cidades de encosta, onde a deslocação a pé requer um esforço adicional.

Tendo em conta o exposto, o trabalho apresentado pretende contribuir para a promoção da mobilidade suave em cidades de encosta através da criação de um instrumento de apoio à avaliação do potencial da infraestrutura pedonal existente. Para o efeito são consideradas as variáveis polos geradores de viagens, densidade populacional e características da rede pedonal, com particular destaque para a consideração da inclinação longitudinal dos percursos. Estas variáveis são trabalhadas com recurso a um conjunto de ferramentas de análise espacial e de redes disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e combinadas numa análise multicritério para obtenção de uma medida do potencial da infraestrutura pedonal. A identificação das áreas com elevado potencial pedonal possibilita a definição de prioridades de intervenção no espaço público, apoiando uma melhor afetação dos recursos humanos e financeiros das autoridades responsáveis pelo espaço urbano, o que potencia o aumento do uso do modo pedonal como meio de deslocação.

O instrumento proposto foi validado através da sua aplicação a um caso de estudo, a cidade de encosta da Covilhã. A partir dos resultados obtidos é possível concluir que a variável com maior efeito no potencial da infraestrutura pedonal é a localização dos polos geradores de viagens, influenciada pela inclinação dos percursos. O instrumento permitiu também identificar as principais áreas de expansão da cidade, correspondendo aos locais que apresentam atualmente um bom potencial pedonal, mas valores ainda relativamente baixos de densidade populacional.

## Palavras-chave

Mobilidade Urbana, Infraestrutura Pedonal, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Análise Multicritério, Cidades de encosta.



## Abstract

The current climate and environmental emergency, together with the growing traffic congestion and pollution in urban areas, make mobility and its sustainability a priority in current transport policies.

Therefore, it is essential to change the citizens behavior in order to increase the use of soft modes, such as pedestrian, coordinating it, if necessary, with other sustainable transport modes. For this change to happen, it is necessary to provide feasible alternatives to private cars, namely through the offer of high-quality pedestrian infrastructures, adapted to the cities specific characteristics and their citizens needs. These aspects are particularly important in hillside cities, where traveling on foot requires an additional effort.

Considering the above, the presented work aims to contribute to the promotion of soft mobility in hillside cities by creating a support instrument to assess the potential of existing pedestrian infrastructures. Three variables are considered: the trip generation poles, population density and pedestrian network characteristics, with especial consideration to paths longitudinal grades. These variables are processed with spatial and network analysis tools available in Geographic Information Systems (GIS), and combined using a multi-criteria analysis to obtain a measure of the pedestrian infrastructure potential. The identification of areas with high pedestrian potential makes it possible to define intervention priorities on the public space, supporting a better allocation of human and financial resources, enhancing an increase of the pedestrian mode use to travel.

The proposed instrument was validated through its application to a case study, the hillside city of Covilhã. From the results obtained it is possible to conclude that the variable with more impact on the pedestrian infrastructure potential is the location of the trip generation poles, influenced by the paths longitudinal grades. The instrument also allowed to identify the main city expansion areas, corresponding to places presenting a good pedestrian potential and relatively low values of population density.

## Keywords

Urban Mobility, Pedestrian Infrastructure, Geographic Information System (GIS), Multi-criteria Analysis, Hillside Cities



# Índice

Lista de Figuras .....	xiii
Lista de Tabelas .....	xv
Lista de Acrónimos .....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Tema .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da Dissertação.....	2
2. Mobilidade Urbana e os Modos Suaves .....	5
2.1. Enquadramento .....	5
2.1.1. Mobilidade Urbana na União Europeia .....	6
2.1.2. Mobilidade Urbana em Portugal .....	9
2.1.3. Mobilidade Urbana e Segurança Rodoviária .....	11
3. Ambiente Pedonal em Meio Urbano .....	15
3.1. Características dos Peões .....	15
3.1.1. Grupos Especiais de Peões.....	15
3.1.2. Espaço Vital para o Peão .....	16
3.1.3. Velocidade Pedonal .....	17
3.2. Infraestrutura Pedonal .....	25
3.2.1. Passeios .....	25
3.2.2. Travessias Pedonais .....	28
3.2.2.1. Travessias Pedonais de Nível .....	29
3.2.2.2. Travessias Pedonais Desniveladas .....	37
3.2.3. Zonas de Interface Modal .....	38
3.2.4. Soluções de Apoio ao Peão .....	38
3.2.4.1. Redução do Raio de Curvatura .....	38
3.2.4.2. Prolongamento do Passeio.....	39
3.2.4.3. Refúgio para Peões .....	40
3.2.4.4. Tratamento/Sobrelevação das Superfícies de Atravessamento .....	41
3.2.4.5. Soluções Construtivas de Proteção aos Peões .....	42

4. Ferramentas e Metodologia para Avaliação do Potencial da Infraestrutura Pedonal em Cidades de Encosta .....	43
4.1. Ferramentas .....	43
4.1.1. Sistemas de Informação Geográfica .....	43
4.1.2. Análise Multicritério .....	44
4.2. Metodologia .....	45
5. Caso de Estudo: O Potencial da Infraestrutura Pedonal do Perímetro Urbano da Covilhã	50
5.1. Caracterização da Área de Estudo .....	50
5.1.1. Território e População.....	50
5.2. Mobilidade.....	56
5.3. Aplicação da Metodologia .....	59
5.3.1. Dados.....	59
5.3.2. Análise Espacial Inicial .....	67
5.3.2.1. Preparação da Rede a Analisar .....	67
5.3.3. Análise das Áreas de Influência .....	71
5.3.4. Análise Multicritério .....	75
5.3.5. Resultados .....	80
6. Conclusões e Trabalhos Futuros .....	85
Bibliografia.....	89
Anexos .....	97
Anexo 1: Lista de Equipamentos por Categoria e Número .....	97
Anexo 2: Inquérito.....	98
Anexo 3: Resultados do Inquérito .....	100
Anexo 4: Carta Temática 1 .....	112
Principais Equipamentos e Respetivas Categorias (Perímetro Urbano da Covilhã) .....	112
Anexo 5: Carta Temática 2 .....	113
Localização dos Principais Equipamentos no Perímetro Urbano da Covilhã .....	113
Anexo 6: Carta Temática 3 .....	114
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Transportes .....	114
Anexo 7: Carta Temática 4.....	115
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Saúde ...	115

Anexo 8: Carta Temática 5 .....	116
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Educação .....	116
Anexo 9: Carta Temática 6 .....	117
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Serviços Públicos.....	117
Anexo 10: Carta Temática 7.....	118
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Comércio .....	118
Anexo 11: Carta Temática 8.....	119
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Turismo	119
Anexo 12: Carta Temática 9.....	120
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Cultura .	120
Anexo 13: Carta Temática 10 .....	121
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Lazer ...	121
Anexo 14: Carta Temática 11 .....	122
Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Desporto	122
Anexo 15: Carta Temática 12 .....	123
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Transportes .....	123
Anexo 16: Carta Temática 13 .....	124
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Saúde .....	124
Anexo 17: Carta Temática 14 .....	125
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Educação .....	125
Anexo 18: Carta Temática 15 .....	126
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Serviços Públicos.....	126
Anexo 19: Carta Temática 16 .....	127
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Comércio .....	127
Anexo 20: Carta Temática 17 .....	128

Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Turismo .....	128
Anexo 21: Carta Temática 18 .....	129
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Cultura .....	129
Anexo 22: Carta Temática 19 .....	130
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Lazer.....	130
Anexo 23: Carta Temática 20 .....	131
Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Desporto .....	131
Anexo 24: Carta Temática 21 .....	132
Mapa da Pontuação do Critério 1 - Polos Geradores (não normalizado) .....	132
Anexo 25: Carta Temática 22 .....	133
Mapa da Pontuação do Critério 1 - Polos Geradores (normalizado) .....	133
Anexo 26: Carta Temática 23 .....	134
Mapa da Pontuação do Critério 2 - Densidade Populacional (não normalizado) .....	134
Anexo 27: Carta Temática 24 .....	135
Mapa da Pontuação do Critério 2 - Densidade Populacional (normalizado) .....	135
Anexo 28: Carta Temática 25 .....	136
Mapa do Critério 3 - Rede Pedonal.....	136
Anexo 29: Carta Temática 26 .....	137
Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (70% PG - 30% DP) .....	137
Anexo 30: Carta Temática 27 .....	138
Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (60% PG - 40% DP) .....	138
Anexo 31: Carta Temática 28 .....	139
Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (50% PG - 50% DP) .....	139

# Lista de Figuras

Figura 1 - Repartição Modal em várias cidades de Portugal (EPOMM, 2011) .....	11
Figura 2 - (a) Espaço ocupado por um peão (Austroads, 2017); (b) Espaço ocupado por uma pessoa com mobilidade reduzida em cadeira de rodas (Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de agosto) .....	17
Figura 3 - Espaço mínimo para manobrar uma cadeira de rodas (Austroads, 2017) .....	17
Figura 4 - Velocidade pedonal em função do declive do percurso, segundo o modelo Tobler's Hiking Function (Irtenkauf, 2014) .....	19
Figura 5 - Velocidade Pedonal em função da inclinação do percurso, segundo o modelo Naismith's Rule (Irtenkauf, 2014) .....	20
Figura 6 - Definição da largura útil e da largura bruta de um passeio (Adaptado de HCM (2016)) .....	27
Figura 7 - Marcas rodoviárias em travessias (Roque (2011); Decreto Regulamentar n.º 22-A/98 de 1 de outubro).....	30
Figura 8 - Dimensionamento de uma travessia pedonal do tipo “zebra” (Coelho, 2011) .....	31
Figura 9 - Esquemas de travessias reguladas por sinais luminosos fora dos cruzamentos (Adaptado de HMSO (1987)).....	33
Figura 10 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Pelican (Fonte: <a href="https://www.drivingtesttips.biz/pelican-crossing.html">https://www.drivingtesttips.biz/pelican-crossing.html</a> ) .....	35
Figura 11 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Puffin (Fonte: <a href="https://www.drivingtesttips.biz/puffin-crossing.html">https://www.drivingtesttips.biz/puffin-crossing.html</a> ) .....	36
Figura 12 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Toucan (Fonte: <a href="https://www.drivingtesttips.biz/toucan-crossing.html">https://www.drivingtesttips.biz/toucan-crossing.html</a> ) .....	37
Figura 13 - Passagem superior para peões (adaptado de ODT (1995)) .....	37
Figura 14 - Passagem inferior para peões (adaptado de ODT (1995)) .....	38
Figura 15 - Redução do raio de curvatura (Seco et al., 2008).....	39
Figura 16- Esquema do prolongamento de passeios (Seco et al., 2008) .....	40
Figura 17 - Travessia com refúgio em troço de via (Coelho, 2011).....	41
Figura 18 - Fases da metodologia adotada para avaliar o potencial da infraestrutura pedonal (Adaptado de Passos (2018)) .....	48
Figura 19 - Fluxograma detalhado da metodologia .....	49
Figura 20 - Freguesias do Concelho da Covilhã antes da reorganização administrativa de 2013 .....	51
Figura 21 - Freguesias do Concelho da Covilhã depois da reorganização administrativa de 2013 .....	52
Figura 22 - Freguesias do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã antes da reorganização administrativa de 2013 .....	53

Figura 23 - Freguesias do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã depois da reorganização administrativa de 2013 .....	54
Figura 24 - Densidade populacional no Concelho da Covilhã por freguesia (hab./ha) .....	55
Figura 25 - Densidade populacional no Concelho da Covilhã por subsecção estatística (hab./ha) .....	56
Figura 26 - Duração média dos movimentos pendulares da população por freguesia (INE, 2011b) .....	58
Figura 27 - Mapa com os principais equipamentos do concelho da Covilhã, por categorias....	63
Figura 28 - Mapa com os principais equipamentos do perímetro urbano do concelho da Covilhã .....	64
Figura 29 - Mapa da densidade populacional (Hab/ha) no Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã, por subsecção estatística .....	65
Figura 30 - Mapa da rede viária do Concelho da Covilhã e respetiva hierarquização .....	66
Figura 31- Mapa da rede viária do Perímetro Urbano da Covilhã e respetiva hierarquização..	67
Figura 32 - Mapa da rede viária e dos elementos do sistema pedonal.....	68
Figura 33 - Pormenor dos elementos do sistema pedonal existentes na Rede Pedonal .....	69
Figura 34 - Mapa da inclinação da Rede Pedonal .....	70
Figura 35 - Mapa das áreas de influência de circulação pedonal para os equipamentos da categoria Serviços.....	72
Figura 36 - Mapa das áreas de influência de circulação pedonal para os equipamentos da categoria Educação .....	73
Figura 37 - Mapa da pontuação para as áreas de influência da categoria Serviços .....	74
Figura 38 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério dos Polos Geradores (não normalizado) .....	77
Figura 39 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério 1: Polos Geradores (normalizado)....	78
Figura 40 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério 2: Densidade Populacional (normalizado) .....	79
Figura 41 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (1ª Combinação - 70% PG e 30% PD)	82
Figura 42 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (2ª Combinação - 60% PG e 40% PD)	83
Figura 43 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (3ª Combinação - 50% PG e 50% PD)	84

# Lista de Tabelas

Tabela 1- Peões vítimas segundo o grupo etário (ANSR, 2019) .....	13
Tabela 2 - Peões Vítimas segundo a localização e o tipo de via (ANSR, 2019).....	13
Tabela 3 - Quadro Resumo das velocidades médias pedonais, segundo vários autores .....	22
Tabela 4 - Resultados do estudo efetuado por Fujiyama e Tyler (2004) .....	23
Tabela 5 - Resultados obtidos por Fruin para a velocidade pedonal em escadas (1971) (cit. por Fujiyama e Tyler (2004)) .....	23
Tabela 6 - Quadro Resumo da velocidade pedonal em escadas, segundo vários autores. ....	24
Tabela 7- Largura perdida devido à presença de obstáculos nos passeios (Adaptado de HCM (2016)) .....	26
Tabela 8- Largura mínima dos passeios (m) (Adaptado de HCM (2016)) .....	27
Tabela 9 - Largura mínima admissível dos passeios (m) (Adaptado de HCM (2016)) .....	28
Tabela 10 - Proporção da população em relação ao modo de transporte utilizado (Covilhã e Portugal).....	57
Tabela 11 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de .....	57
Tabela 12 - Duração média dos movimentos pendulares (min) da população que utiliza modo de transporte individual (Portugal e Covilhã) (INE, 2011b) .....	59
Tabela 13 - Duração média dos movimentos pendulares (min) da população que utiliza modo de transporte coletivo (Portugal e Covilhã) (INE, 2011b) .....	59
Tabela 14 - Principais equipamentos do concelho: Comércio, Educação e Saúde .....	61
Tabela 15 - Principais equipamentos do concelho: Lazer, Serviços e Turismo .....	62
Tabela 16 - Velocidade dos Elevadores/Funiculares .....	71
Tabela 17 - Pontuação atribuída às áreas de serviço.....	73
Tabela 18 - Pesos dos subcritérios dos polos geradores.....	75
Tabela 19 - Percentagens dos Pesos atribuídos a cada grupo .....	76
Tabela 20 - Quadro resumo do potencial da infraestrutura pedonal do perímetro urbano da Covilhã .....	81



# Lista de Acrónimos

- ADC - Águas da Covilhã  
ADE - Associação Desportiva da Estação  
ANSR - Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária  
APA - Agência Portuguesa do Ambiente  
BGRI - Base Geográfica de Referência de Informação  
CE - Comunidade Europeia  
CEDIR - Centro de Diagnósticos  
CHCB - Centro Hospitalar Cova da Beira  
CMC - Câmara Municipal da Covilhã  
CTT - Correios de Portugal  
DECA - Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura  
DP - Densidade Populacional  
EM - Empresa Municipal  
ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989  
GNR - Guarda Nacional Republicana  
ha - Hectare  
Hab - Habitante  
HCM - Highway Capacity Manual  
HMSO - Institute of Highways and Transportation with the Department of Transport  
IEFP - Instituto de Emprego e Formação Profissional  
IMT - Instituto da Mobilidade e Transportes  
IMTT - Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres  
INE - Instituto Nacional de Estatística  
MAI - Ministério da Administração Interna  
MDT - Modelo Digital do Terreno  
NS - Nível de Serviço  
ODT - Oregon Department of Transportation  
PG - Polos Geradores  
PIB - Produto Interno bruto  
PPRV - Potencial Pedonal da Rede Viária  
PSP - Polícia de Segurança Pública  
RV - Rede Viária  
SIG - Sistemas de Informação Geográfica  
TMDA - Tráfego Médio Diário Anual  
UA - Urban Agenda  
UBI - Universidade da Beira Interior  
UE - União Europeia

VAL - Via de Acesso Local

VC - Vias Coletoras

VDL - Via Distribuidora Local

VDP - Via Distribuidora Principal

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do Tema

O conceito de mobilidade sustentável está cada vez mais presente nas políticas e estratégias da União Europeia, afirmando-se como uma parte integrante do desenvolvimento das chamadas “Smart Cities”. Este conceito pressupõe que os cidadãos disponham de condições e escolhas de acessibilidade e mobilidade que lhes permitam deslocações rápidas, económicas, confortáveis e seguras. Pressupõe também que esta mobilidade se faça com uma boa eficiência energética e baixos impactos ambientais.

Para aplicar este conceito é necessário implementar medidas que visem os objetivos propostos, mas principalmente é necessário conquistar a sociedade civil para esta nova cultura de mobilidade. Para isso é necessária uma grande alteração comportamental a nível dos cidadãos, empresas e instituições.

O modo pedonal é um dos modos suaves que se enquadram no conceito de mobilidade sustentável, pois em qualquer viagem existe sempre uma componente pedonal e as viagens a pé, em particular as de curta distância, constituem um número muito significativo do total de viagens em meio urbano. Torna-se então imperativo planejar, implementar e gerir um conjunto de infraestruturas, designadas por rede pedonal, que permitam aos peões a realização dessas viagens em condições de segurança, comodidade e rapidez.

Segundo Seco et al. (2008), no passado a importância do modo pedonal foi várias vezes desprezada, tendo-se dado mais ênfase às necessidades dos veículos motorizados, o que se traduziu em deficiências ao nível da segurança e comodidade dos espaços dedicados aos peões. Devido à facilidade de adaptação do peão aos diferentes espaços urbanos de circulação, as infraestruturas pedonais apresentam, com frequência, exigências técnicas modestas. No entanto, com o aumento das preocupações ambientais e de sustentabilidade, o modo pedonal passou a ser visto como uma verdadeira alternativa ao uso do automóvel em trajetos curtos, tendo sido reforçada a importância de dotar a rede pedonal com características que a tornem atrativa e segura. Esta rede deve ainda assegurar a existência de um espaço vital mínimo que permita a realização de um conjunto de atividades sociais e de lazer que não impliquem necessariamente deslocação.

Tendo em conta o exposto, existe a necessidade de dotar as autoridades responsáveis de instrumentos que permitam avaliar o potencial da infraestrutura pedonal, de modo a que se invista e promova de forma sustentável o aumento das viagens pedonais e consequentemente

da mobilidade sustentável. Ao usarem estes instrumentos, as autoridades podem então dotar os meios urbanos com infraestruturas que encorajem os cidadãos a fazerem a maioria das suas deslocações de curta distância a pé, podendo interligar este modo de deslocação com o uso de transportes públicos, ou outros modos mais sustentáveis.

## **1.2. Objetivos**

A presente dissertação visa desenvolver um instrumento de apoio à decisão para avaliar o potencial da infraestrutura pedonal em cidades de encosta. O instrumento apoia-se nas características da infraestrutura viária existente, na localização dos polos geradores de viagens e na localização da população, permitindo a realização de análises espaciais e multicritério em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica).

Identificar as vias na rede viária que têm um elevado potencial pedonal, permite uma melhoria da afetação de recursos humanos e financeiros das autoridades responsáveis pelos espaços públicos, promovendo um aumento das viagens pedonais dos cidadãos e, conseqüentemente, uma mobilidade mais sustentável.

Para validar a abordagem proposta, a metodologia foi aplicada a um caso de estudo no qual é avaliado o potencial da infraestrutura pedonal do perímetro urbano da cidade da Covilhã.

## **1.3. Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, descritos de seguida.

No presente e primeiro capítulo, efetua-se um enquadramento do tema, apresentam-se os objetivos e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo apresentam-se os principais conceitos relacionados com a mobilidade urbana e os modos suaves, em particular no que respeita ao modo pedonal, assim como as principais estratégias e políticas de promoção da mobilidade sustentável na União Europeia e em Portugal.

No terceiro capítulo, apresentam-se os principais aspetos a considerar no projeto e avaliação do ambiente pedonal em meio urbano. Neste capítulo são abordadas questões técnicas e de desenho. São descritas as características dos peões, das principais componentes das infraestruturas pedonais e apresentadas considerações relativas à velocidade pedonal.

No quarto capítulo são apresentadas as ferramentas adotadas e a metodologia proposta para a avaliação do potencial da infraestrutura pedonal em cidades de encosta.

No capítulo quinto desenvolve-se o caso de estudo do trabalho. No caso de estudo é aplicada a metodologia proposta com o fim de validar a abordagem, tendo-se assim obtido os mapas de potencial da infraestrutura pedonal do perímetro urbano da cidade da Covilhã.

Os principais resultados e conclusões, assim como as limitações do estudo e propostas de trabalhos futuros, são apresentados no sexto e último capítulo.



## 2. Mobilidade Urbana e os Modos Suaves

### 2.1. Enquadramento

A mobilidade urbana pode ser definida como o modo e a frequência com que as pessoas se deslocam de modo a satisfazerem todo o tipo de necessidades, sejam elas de trabalho ou lazer. Esta mobilidade é tida como um direito adquirido na cultura ocidental (APA, 2010a). No entanto, torna-se inquestionável que o exercício desse direito acarreta custos económicos, sociais e ambientais inoportáveis para o funcionamento da sociedade.

O contínuo aumento das emissões de gases com efeito de estufa provenientes dos veículos motorizados, o crescimento dos congestionamentos de tráfego e a consequente deterioração da qualidade do ambiente urbano, torna mais evidente a insustentabilidade da forma como a mobilidade se exerce na atualidade e a necessidade de se encontrarem soluções que não ponham em causa esse direito, mas que limitem as suas consequências ambientais e económicas (APA, 2010a).

Com o aumento da dispersão das áreas residenciais e a descentralização de serviços e atividades económicas, o padrão de mobilidade das populações tem sofrido alterações, assistindo-se a um crescimento da utilização do automóvel.

Urge assim associar ao conceito de mobilidade urbana o conceito de mobilidade sustentável. Esta caracteriza-se por ser uma forma de deslocação de pessoas ou bens com recurso a modos de transporte sustentáveis e visa a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, a valorização dos espaços públicos e a defesa do ambiente, através da redução das emissões de dióxido de carbono e de gases com efeito de estufa, e por consequência, da dependência dos combustíveis fósseis (APA, 2010b).

A mobilidade sustentável promove uma maior interação com o uso dos modos suaves, como os modos ciclável e o pedonal. Estes modos são definidos como meios de deslocação e transporte de velocidade reduzida, sem emissões de gases poluentes, que ocupam pouco espaço e provocam pouco impacto na via pública (APA, 2010b). Esta interação traz imensas vantagens: ambientais, pois resulta numa melhoria da qualidade do ar e na diminuição do ruído; económicas, através da diminuição do uso do automóvel, reduzindo os custos de utilização do mesmo; sociais, pois promove a atividade física regular, melhorando os níveis de saúde; e o aumento das relações de intermodalidade com o uso dos transportes públicos coletivos.

### **2.1.1. Mobilidade Urbana na União Europeia**

Muitas das cidades europeias, devido ao aumento do tráfego, estão a sofrer um fenómeno de congestionamento crónico, com várias consequências nefastas em termos de tempo perdido e de poluição (Comissão das Comunidades Europeias, 2007). Segundo a Comissão das Comunidades Europeias (2013), esta situação representa anualmente, para a economia de muitas das cidades europeias, um custo anual estimado de 80 mil milhões de euros.

As cidades europeias, que albergam cerca de 70% da população e geram mais de 80% do Produto Interno Bruto (PIB) da União Europeia (UE), estão ligadas por um dos melhores sistemas de transportes mundiais. No entanto, a mobilidade dentro das cidades é cada vez mais difícil e ineficiente, o que preocupa cada vez mais os cidadãos, sendo que uma percentagem significativa da população é da opinião de que a situação de tráfego na sua área de residência e/ou trabalho devia ser melhorada. A mobilidade urbana depende ainda muito do uso do veículo particular, alimentado por combustíveis tradicionais, verificando-se uma transição lenta para modos mais sustentáveis de mobilidade urbana (Comissão das Comunidades Europeias, 2013). A escolha quanto à forma de viajar afeta não apenas o desenvolvimento urbano futuro, como também o bem-estar económico dos cidadãos e das empresas, sendo também essencial para o sucesso da estratégia global da UE da luta contra as alterações climáticas (Comissão das Comunidades Europeias, 2009).

Cerca de 23% das emissões de dióxido de carbono provenientes dos transportes têm lugar nas zonas urbanas. Esta evidência sustenta a necessidade de se empreender um esforço maior por parte das cidades de modo a inverter a evolução observada no passado e contribuir para o alcance da redução de 60% das emissões de gases com efeito de estufa, objetivo anunciado pela comissão no seu Livro Branco, publicado em 2011 (Comissão das Comunidades Europeias, 2013).

A legislação da UE relativa à qualidade do ar e as normas de emissão cada vez mais exigentes para os veículos rodoviários, procuram proteger os cidadãos contra os efeitos nocivos da exposição aos poluentes atmosféricos e às partículas em suspensão, no entanto, as cidades de quase todos os Estados-Membros continuam com dificuldades em cumprir os requisitos legais (Comissão das Comunidades Europeias, 2013).

Devido à elevada densidade populacional e à grande percentagem de trajetos urbanos de curta distância, as deslocações a pé e de bicicleta, assim como a utilização de transportes públicos, devem ser amplamente promovidos, tendo surgido nos últimos anos novas visões de planeamento da mobilidade urbana com soluções inovadoras (Comissão das Comunidades Europeias, 2013; Comissão dos Transportes e Turismo, 2017).

De modo a promover a mobilidade sustentável, várias políticas europeias surgiram com o fim de dotar os Estados Membros de instrumentos de apoio e orientação para a prática de uma mobilidade mais sustentável. De entre os vários documentos existentes com diretrizes para a promover a melhoria da mobilidade nas cidades europeias é possível destacar o “Livro Branco” (Comissão das Comunidades Europeias, 2011), o “Livro Verde” (Comissão das Comunidades Europeias, 2007), o Plano de Ação para a Mobilidade Urbana (Comissão das Comunidades Europeias, 2009), a Estratégia EUROPA 2020 (Comissão das Comunidades Europeias, 2010) e o Relatório sobre uma Estratégia Europeia de Mobilidade Hipocarbónica (Comissão dos Transportes e Turismo, 2017).

O “Livro Branco” é um documento no qual é definida uma estratégia a longo prazo refletida em 10 metas e 40 iniciativas. Pretende tornar o sistema de transportes mais sustentável e menos poluente, sem comprometer a sua eficácia e a mobilidade. Tem como principal objetivo a promoção de um sistema de transportes que sustente o progresso económico, com competitividade reforçada e com serviços de mobilidade de alta qualidade na Europa através de uma utilização mais eficiente dos recursos (IMT, 2012).

O “Livro Verde”, publicado pela Comissão Europeia em 2007, é uma revisão do “Livro Branco” que se centra no tema da mobilidade urbana através de cinco desafios que as cidades europeias enfrentam na atualidade: vilas e cidades descongestionadas, vilas e cidades mais verdes, transportes urbanos mais inteligentes, transportes urbanos mais acessíveis e transportes urbanos seguros (Morais, 2013).

No que respeita ao Plano de Ação para a Mobilidade Urbana, este vem reforçar as políticas europeias na temática da mobilidade urbana sustentável, dando seguimento ao Livro Verde. Propõe um conjunto de medidas que se encontram divididas em seis temas principais: promoção de políticas integradas de transportes, indicando o transporte urbano sustentável como tendo um papel importante na criação de ambientes saudáveis; a ação centrada nos cidadãos; tornar os transportes mais ecológicos; reforçar o financiamento em infraestruturas, veículos, novas tecnologias e serviços melhorados, entre outros; partilha de experiências e conhecimentos e otimização da mobilidade urbana através da promoção da integração, da interoperabilidade e da interligação eficaz entre diferentes redes de transporte. Neste último tema, o plano de ação para a mobilidade urbana indica ainda a adoção de soluções económicas e atraentes para os transportes públicos, dando o exemplo das partilhas de bicicletas (IMT, 2012).

A estratégia Europa 2020 foi lançada pela Comissão Europeia em março de 2010 e estabelece metas concretas a atingir em diversas áreas ao longo da década 2010-2020, de modo a ultrapassar o impacto da crise económica e voltar a colocar a Europa na rota do crescimento. Na perspetiva das alterações climáticas e da energia, as metas identificadas apontam para uma redução das emissões de gases com efeitos de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis

de 1990, um aumento para 20% da quota de energias renováveis no consumo final de energia e o aumento em 20% da eficiência energética (IMT, 2012). A mobilidade urbana sustentável tem uma grande importância na concretização dos objetivos desta estratégia, pois a maioria da população da União Europeia vive em zonas urbanas, responsáveis por gerarem uma parte muito significativa da economia dos países, provocando uma maior procura de mobilidade que como consequência gera problemas ambientais. Assim, a estratégia EUROPA 2020 estabelece como meta a rápida implantação de infraestruturas da rede de veículos elétricos, a gestão inteligente do tráfego, a melhoria dos sistemas logísticos e o lançamento de uma iniciativa europeia relativa ao automóvel “verde”, ajudando na promoção de novas tecnologias relativas aos automóveis elétricos e híbridos, apoiando a investigação, criando normas comuns e desenvolvendo as infraestruturas necessárias (Comissão das Comunidades Europeias, 2010).

O Relatório sobre uma Estratégia Europeia de Mobilidade Hipocarbónica combina várias medidas e propões iniciativas destinadas a acelerar o ritmo de transição para a mobilidade com baixos níveis de emissões. No setor dos transportes, o relatório propões três metas a alcançar: uma maior eficiência do sistema de transportes, o uso de energias alternativas com baixos níveis de emissões nos transportes e veículos com taxas baixas ou nulas de emissões. O relatório salienta também a importância da era digital e do papel da digitalização nos conceitos de mobilidade sustentável, nomeadamente a nível da logística e nos veículos autónomos, de forma a combater os congestionamentos nas cidades. Também refere a importância da multimodalidade, com incentivos de apoio à integração intermodal e ao transporte combinado (Comissão dos Transportes e Turismo, 2017).

Em maio de 2016, o Pacto de Amesterdão estabeleceu a Agenda Urbana para a UE. Um novo método de trabalho que visa a otimização da utilização do potencial de crescimento das cidades e uma nova forma de enfrentar os desafios sociais através de uma melhor cooperação entre as cidades, as regiões, os Estados Membros, a Comissão Europeia e outras partes interessadas, é apresentado. Nesta agenda são estabelecidas 12 parcerias temáticas, sendo a parceria para mobilidade urbana uma delas. A parceria para a mobilidade urbana consiste num esforço conjunto entre as diversas autoridades governamentais, com a ajuda das novas tecnologias, para melhorar o futuro da mobilidade urbana (Urban Agenda, 2018).

Atualmente, após vários documentos orientadores preparados e disponibilizados pela Comissão Europeia para promover a mobilidade urbana sustentável, assiste-se a um período de implementação destas estratégias e políticas (Comissão das Comunidades Europeias, 2010; Comissão dos Transportes e Turismo, 2017), pelo que o desenvolvimento de ferramentas de cariz técnico-científico que apoiem e sustentem este tipo de intervenções em meio urbano é essencial.

A mobilidade urbana é ainda considerada, segundo a Polis - *European Cities and Regions networking for innovative transport solutions* - como um dos pilares das *Smart Cities*, pois estas

conseguem conciliar os grandes fluxos humanos com as novas tecnologias, facilitando a mobilidade, incluindo a pedonal, e a sustentabilidade (POLIS, 2019).

### **2.1.2. Mobilidade Urbana em Portugal**

A nível nacional foi igualmente desenvolvido um conjunto de medidas, baseadas nas políticas da Comissão Europeia, para promover a mobilidade sustentável. De entre os projetos, planos e documentos que abordam a importância e têm como objetivo a promoção da mobilidade sustentável, destacam-se o Projeto Mobilidade Sustentável (APA, 2010a; APA, 2010b), o Pacote de Mobilidade (IMTT, 2012), o Plano de Promoção da Bicicleta e outros Modos Suaves (IMT, 2012) e o Plano Estratégico de Transportes (2014-2020) (Ministério da Economia, 2014).

O Projeto Mobilidade Sustentável teve como objetivo elaborar e consolidar planos de mobilidade sustentável em 40 municípios selecionados no âmbito do projeto. Como objetivos específicos pretende a melhoria contínua das condições de deslocação, a diminuição dos impactes ambientais e o aumento da qualidade de vida dos cidadãos, indo de encontro às orientações comunitárias e nacionais. Este projeto forneceu apoio técnico e científico aos municípios selecionados no desenvolvimento e consolidação dos planos, através da criação de uma rede de centros Universitários. Esta rede garantiu a partilha e intercâmbio de experiências e de conhecimento entre os municípios e entre os centros e os municípios, dotando-os de capacidade técnica para o futuro, garantindo uma abordagem e resposta sustentada harmoniosa a problemas comuns em termos de mobilidade. A realização deste projeto permitiu a compreensão dos problemas existentes em termos de mobilidade urbana ao nível local, apontou soluções possíveis e permitiu uma melhor fundamentação das políticas a delinear neste âmbito (APA, 2010a).

Os planos de mobilidade e transporte identificam e potenciam melhores formas de planear e gerir o sistema de acessibilidades e mobilidade de um território. São um instrumento que estabelece a estratégia global de intervenção, em matéria de organização das acessibilidades e gestão da mobilidade, definindo um conjunto de ações e medidas que contribuam para a implementação e promoção de um modelo de mobilidade mais sustentável, compatível com o desenvolvimento económico, indutor de uma maior coesão social e orientado para a proteção do ambiente e eficiência energética, respondendo a uma necessidade de desenvolver sistemas de transporte sustentáveis (Ruxa, 2013).

Tendo em conta o exposto, em 2011, o Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) definiu uma estratégia para a mobilidade sustentável através de um quadro de referência para a abordagem das questões relacionadas com o território, a acessibilidade, os transportes e a mobilidade, unificado na produção de vários documentos que constituem o Pacote da Mobilidade.

Este pacote torna imperativo a conquista da sociedade civil para uma nova cultura de mobilidade, pressupondo uma profunda alteração comportamental a nível do cidadão individual, de grupos de cidadãos, de empresas, instituições e a adesão coletiva a propostas e políticas em favor de uma mobilidade sustentável (IMTT, 2012). De entre os documentos que compõem o Pacote da Mobilidade destacam-se: Diretrizes Nacionais para a Mobilidade (IMTT, 2012), Guia para a Elaboração de Planos de Mobilidade e Transportes (IMTT, 2011a), Guião Orientador - Acessibilidades, Mobilidade e Transportes nos Planos Municipais de Ordenamento do Território (IMTT, 2011b), Rede Ciclável - Princípios de planeamento e desenho (IMTT, 2011c) e as Brochuras Técnicas - Rede Pedonal - Princípios de planeamento e desenho (IMTT, 2011d).

O Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves 2013-2020 (IMTT, 2012) teve origem na Resolução nº 3/2009 da Assembleia da República, de 5 de fevereiro de 2009 e motivou a constituição de um grupo de trabalho interministerial que procurou refletir a relevância ambiental, económica e social que o uso dos modos suaves tem vindo a assumir na mobilidade e no espaço urbano. A existência deste plano estabelece uma estratégia pública de promoção e utilização dos modos suaves, de forma a criar novos hábitos de deslocação, alternativos ao transporte individual e complementares do transporte público, como forma de influenciar diferentes escolhas do cidadão e comportamentos mais racionais, eficientes e sustentáveis, com amplos benefícios para a comunidade (Ruxa, 2013).

No que respeita ao plano estratégico de transportes, para o horizonte 2014-2020, este surge como uma atualização do plano 2011-2015. No plano inicial não é feita referência a modos de deslocação não motorizados nem é abordada a componente ambiental da sustentabilidade, sendo apenas apresentado o ponto de vista económico-financeiro. Na atualização do plano, que pretende constituir uma segunda fase de reformas estruturais a empreender neste sector, assim como servir de orientador de um conjunto de investimentos em infraestruturas de transportes a concretizar até ao fim da presente década, continua a não haver referência a modos de transportes não motorizados. No entanto, é feita referência à necessidade de reduzir as emissões de dióxido de carbono de modo a minimizar a dependência e a fatura energética nacional, remetendo, novamente, para um ponto de vista exclusivamente económico-financeiro. Porém, de entre os objetivos preconizados na visão de longo prazo apresentada para o sistema de transportes e infraestruturas (até 2050) é possível destacar, pela sua ligação com a mobilidade urbana sustentável, os objetivos: “Uma rede de transportes e infraestruturas ao serviço de uma sociedade eficiente, em especial nas deslocações casa-trabalho, casa-escola e lazer” e “Uma oferta de serviços públicos de transporte de passageiros a nível local, regional e nacional que promova a migração do transporte individual para o transporte público, com qualidade, níveis de oferta e de serviço adequadas à satisfação das necessidades das populações”.

Segundo dados do Flash Eurobarómetro 312: Future os Transport de 2015 (EU, 2015), em Portugal o automóvel particular é o modo de transporte mais utilizado com 53% das pessoas inquiridas a utilizar esse modo de transporte, valor que é idêntico à média europeia. No que respeita à utilização do transporte público, 21,9% dos inquiridos utiliza o transporte público nas suas deslocações, valor também idêntico à média europeia. Em relação à utilização de modos suaves, 17,8% dos inquiridos indica que anda a pé nas suas deslocações, enquanto apenas 1,6% opta pelo uso da bicicleta, contra, respetivamente, 12,6% e 7,5% na Europa.

Através da leitura da Figura 1, pode verificar-se que, de facto, o automóvel é o meio de transporte mais utilizado quando se analisa em específico os dados de algumas das principais cidades portuguesas. No que respeita aos modos suaves, o modo pedonal tem alguma expressão, sendo até a sua utilização superior à dos transportes públicos na maioria das cidades, variando entre os 13% e os 27%. Já o modo ciclável apresenta pouca expressão em todas as cidades.

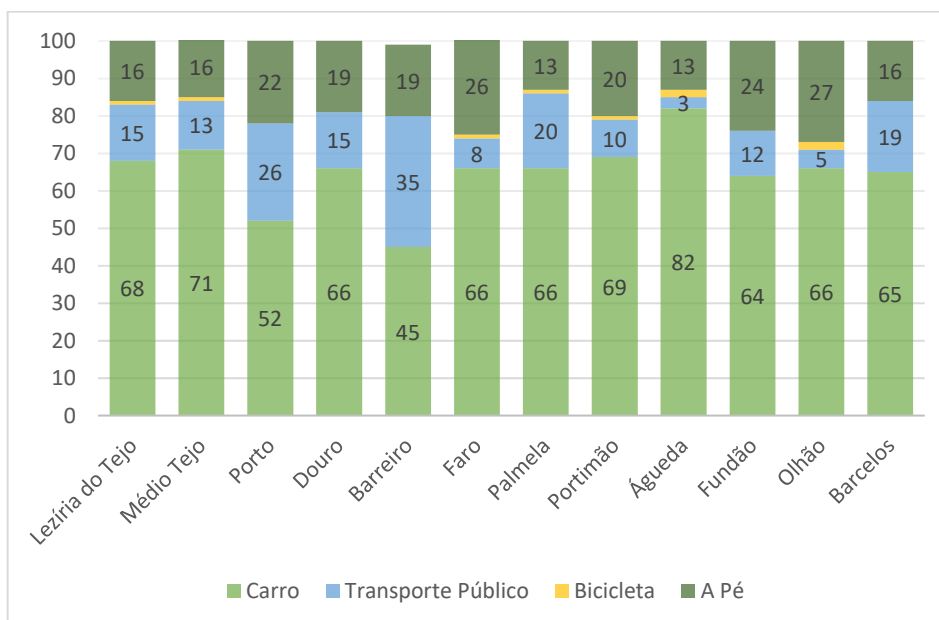


Figura 1 - Repartição Modal em várias cidades de Portugal (EPOMM, 2011)

### 2.1.3. Mobilidade Urbana e Segurança Rodoviária

De todos os utentes das estradas, os peões são os mais vulneráveis, pois não possuem nenhuma proteção exterior, o que origina consequências de maior gravidade sempre que ocorre uma colisão com veículos. Por exemplo, o aumento de velocidade do veículo de 30 km/h para 60 km/h, faz com que haja um aumento de 5% para 80% na percentagem de peões mortos, sendo que, mesmo a velocidades reduzidas, as colisões entre veículos e peões resultam quase sempre em ferimentos ou em morte (Seco et al., 2008).

Recentemente, houve um reforço do compromisso dos Estados Membros da UE, com políticas de promoção da segurança rodoviária e de redução da sinistralidade no território europeu, uma vez que se verificou que após um período promissor de redução da sinistralidade, os valores estagnaram, o que coloca em causa a meta a atingir em 2020, sendo o número de mortos e feridos graves entre peões e ciclistas particularmente preocupante. Tendo por base esta análise, em 2017 foi então assinado conjuntamente pelos ministros dos transportes dos países da União Europeia, a declaração de La Valletta, em Malta (ANSR, 2018a). Esta declaração visa sobretudo o reforço das medidas de segurança para os utentes das estradas e a necessidade de ter em conta os peões e os ciclistas nos planos de mobilidade, políticas e medidas de segurança, com a criação, sempre que possível, de infraestruturas próprias (Conselho da União Europeia, 2017).

A nível nacional, vários documentos estratégicos abordam questões relacionadas com a mobilidade suave e a segurança rodoviária. Por exemplo, a Estratégia Nacional da Segurança Rodoviária 2008-2015 apresentava como um dos seus objetivos a “Melhoria do ambiente rodoviário em meio urbano”, favorecendo os modos suaves e assegurando condições de segurança para a circulação de peões e ciclistas. Ainda, a revisão do Código da Estrada de 2013 introduziu o conceito de “utilizador vulnerável”, regras mais favoráveis à circulação com recurso a modos suaves e critérios técnicos para a implantação de zonas de acalmia de tráfego em áreas específicas das cidades, as chamadas zonas residenciais ou de coexistência e as zonas de 30. Em 2016, a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) apresentou o Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária 2016-2020, também conhecido por PENSE 2020. Este plano, responde à necessidade de Portugal dispor de um instrumento de gestão de políticas públicas de segurança rodoviária, que suceda à Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária. Neste plano foram definidos cinco objetivos Estratégicos: Melhorar a gestão da segurança rodoviária; Utilizadores mais seguros; Infraestrutura mais segura; Veículos mais seguros; Melhorar a assistência e o apoio às vítimas. Foi ainda considerado um sexto objetivo, “Melhorar a proteção dos utilizadores vulneráveis”, associado à importância do desenvolvimento de programas destinados à promoção de comportamentos mais seguros por parte de grupos considerados de maior risco e à proteção dos utilizadores mais vulneráveis. Surge então a elaboração do Programa de Proteção Pedonal e de Combate aos Atropelamentos.

Em Portugal, a sinistralidade rodoviária tem tido um enorme progresso, mas continua a apresentar valores acima dos da média da União Europeia. Em 2017, 58 em cada milhão de portugueses perderam a vida em acidentes de viação, ou seja, mais 9 cidadãos que a média europeia. No que diz respeito aos peões e ao ano de 2017 houve 130 vítimas mortais (ANSR, 2018b), registando-se no ano de 2018 um aumento para 156 vítimas mortais (ANSR, 2019).

As tabelas 1 e 2 apresentam o número de peões vítimas segundo o grupo etário e segundo a localização e tipo de via.

Tabela 1- Peões vítimas segundo o grupo etário (ANSR, 2019)

	Vítimas Mortais		Feridos Graves		Feridos Leves		Total	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
<=5	0	0	7	11	109	128	116	139
6-9	1	0	5	6	147	127	153	133
10-14	0	1	16	18	321	314	337	333
15-19	2	3	23	20	417	427	442	450
20-24	5	5	17	19	291	348	313	372
25-29	3	3	10	8	252	216	268	227
30-34	5	1	10	5	183	173	198	179
35-39	3	4	12	14	197	207	212	225
40-44	7	4	22	21	270	260	299	285
45-49	8	8	22	15	322	304	352	327
50-54	4	17	28	29	332	338	364	384
55-59	10	14	30	35	376	358	416	407
60-64	11	10	27	27	363	368	401	405
65-69	16	11	24	32	367	365	407	408
70-74	12	12	39	31	346	369	397	412
>=75	43	63	100	97	833	806	976	966
N.D.	0	0	1	0	2	0	3	0
Total	130	156	393	388	5128	5108	5651	5652

Tabela 2 - Peões Vítimas segundo a localização e o tipo de via (ANSR, 2019)

		Vítimas Mortais		Feridos Graves		Feridos Leves		Total de Vítimas	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Dentro das Localidades	Arruamento	66	103	303	315	4566	4593	4935	5011
	Estrada Municipal	2	1	1	1	6	7	9	9
	Estrada Nacional	27	18	33	28	281	262	341	308
	IP/IC	3	2	13	8	95	55	111	65
	Outra Via	3	2	6	7	87	76	96	85
	Total	101	126	356	359	5035	4993	5492	5478
Fora das Localidades	Autoestrada	2	6	6	2	8	22	16	30
	Estrada Municipal	10	5	8	6	7	9	25	20
	Estrada Nacional	11	16	17	12	52	53	80	81
	IP/IC	3	3	6	6	18	20	27	29
	Outra Via	3	0	0	3	8	11	11	14
	Total	29	30	37	29	93	115	159	174

Tendo por base os valores de sinistralidade registados para os peões apresentados nas tabelas 1 e 2, existem alguns aspetos relevantes que merecem atenção. Nomeadamente verifica-se que o grupo etário das pessoas com idade igual ou superior a 75 anos é o mais vulnerável e que o número total de peões vítimas mortais aumentou de 2017 para 2018, tendo o número total de peões com ferimentos graves e leves diminuído ligeiramente. É possível ainda verificar que existe um maior número de peões vítimas dentro das localidades, o que é expectável, visto o modo pedonal ser utilizado essencialmente em distâncias curtas, percorridas em ambiente urbano.

## 3. Ambiente Pedonal em Meio Urbano

### 3.1. Características dos Peões

As componentes do sistema pedonal requerem o correto conhecimento das características e das capacidades dos seres humanos. As aptidões físicas, mentais e intelectuais dos peões são aspetos essenciais para o correto dimensionamento de um qualquer elemento do sistema pedonal, de modo a obter uma circulação segura, confortável e de fácil perceção (Seco et al. 2008; IMTT, 2011d).

As características do peão dependem muito da idade, sexo e condição física. Existem outros fatores como o motivo da deslocação, a hora do dia em que é efetuada, o declive dos percursos e as condições atmosféricas e da envolvente, que também influenciam o comportamento dos peões.

Segundo a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR/MAI, 2014), um peão define-se como qualquer pessoa que transite na via pública a pé, ou que conduza à mão velocípedes de duas rodas (bicicletas) sem carro atrelado, carros de crianças ou de pessoas como deficiência motora, carros de mão, que utilize trotinetas, patins ou outros meios de circulação análogos sem motor, cadeiras de rodas equipadas com motor elétrico e velocípedes no passeio, desde que conduzidos por crianças até aos 10 anos e que não ponham em perigo ou perturbem os outros peões.

#### 3.1.1. Grupos Especiais de Peões

Os grupos especiais de peões são constituídos essencialmente por crianças, idosos e peões com mobilidade reduzida. Estes peões não apresentam os mesmos comportamentos nem desempenho que os peões ditos “normais”, tendo limitações ao nível da integração no meio rodoviário e requerendo uma atenção especial no que concerne à sua segurança e proteção.

Segundo Seco et al. (2008), as crianças apresentam um comportamento imprevisível, devido a se distraírem facilmente e terem uma resposta impulsiva a estímulos externos. Além disso, como têm uma pequena estatura é fácil ficarem escondidas atrás de obstáculos, como por exemplo, veículos estacionados ou mobiliário urbano, tornando difícil a sua deteção por parte dos condutores. Só a partir dos 11-12 anos é que adquirem um desenvolvimento semelhante ao dos adultos de compreensão das diferentes situações de tráfego.

Os peões mais idosos, com idade superior a 65 anos, apresentam uma locomoção mais lenta, devido ao processo natural de envelhecimento. Para além disso, o tempo de decisão e reação é maior, os reflexos são fracos, a visão e a audição vão enfraquecendo, tal como as capacidades de raciocínio o que dificulta a compreensão do ambiente rodoviário. Este grupo de peões tem uma importância cada vez maior, devido ao aumento da população idosa em Portugal (Seco et al., 2008; PENSE 2020, 2017; INE, 2019).

Os peões com mobilidade reduzida, incluem as pessoas que possuem deficiências físicas, mentais ou sensoriais e as pessoas que têm dificuldade em movimentar-se, sendo que algumas destas pessoas necessitam de equipamentos, como por exemplo cadeiras de rodas, para se deslocarem. A velocidade deste grupo de peões é inferior à velocidade das pessoas sem qualquer deficiência e os problemas sensoriais (falta de visão e/ou de audição) limitam a capacidade da perceção do espaço envolvente. Devido às necessidades específicas destes peões é necessário adaptar as infraestruturas pedonais de modo a melhorar a sua mobilidade, pois frequentemente necessitam de mais espaço ou de características especiais para que as deslocações sejam, não só possíveis, como seguras e confortáveis (Seco et al., 2008).

### **3.1.2. Espaço Vital para o Peão**

Qualquer peão ocupa um determinado espaço, esteja em movimento ou parado. Visto em planta, o corpo de um adulto ocupa uma área de cerca de  $0,14 \text{ m}^2$  (Seco et al. 2008; HCM 2016; Austroads, 2017). No entanto, e considerando que alguns peões transportam artigos pessoais, para que não exista contato físico entre peões, considera-se que o espaço ocupado por este é representado por uma elipse de  $0,50 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$ , com uma área total de  $0,30 \text{ m}^2$ , como se ilustra na Figura 2.

Para as pessoas com mobilidade reduzida é necessário garantir um espaço mínimo maior, correspondendo a um retângulo de  $1,20 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}$ , perfazendo uma área total de  $0,9 \text{ m}^2$  (Seco et al. 2008; HCM 2016; Austroads, 2017).

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de agosto (DL 163/2006), que aprova o regime de acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais, suporta o enquadramento legislativo da regulamentação do espaço pedonal, tendo como ponto de partida as pessoas com mobilidade reduzida.

No caso das pessoas com mobilidade reduzida é também necessário considerar a manobrabilidade, em especial das pessoas que se deslocam em cadeira de rodas, pois necessitam de espaço para realizar manobras de mudança de direção ou de inversão do sentido do movimento. Neste caso, o espaço mínimo necessário é dado por uma circunferência com raio igual a  $0,800 \text{ m}$ , quando as duas rodas rodam em sentidos opostos, e por uma circunferência

de 0,915 m de raio quando a cadeira roda em torno de uma das rodas, como se verifica na Figura 3.

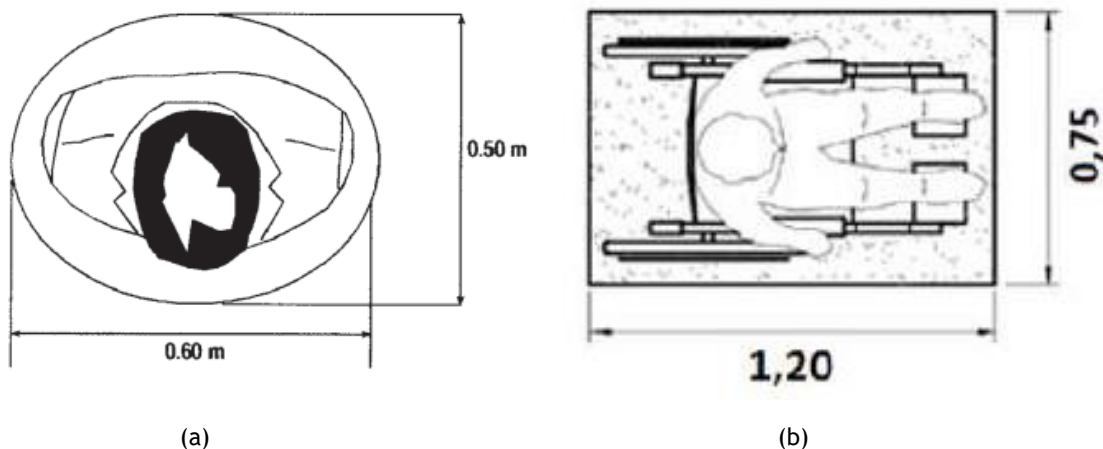


Figura 2 - (a) Espaço ocupado por um peão (Austroads, 2017); (b) Espaço ocupado por uma pessoa com mobilidade reduzida em cadeira de rodas (Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de agosto)

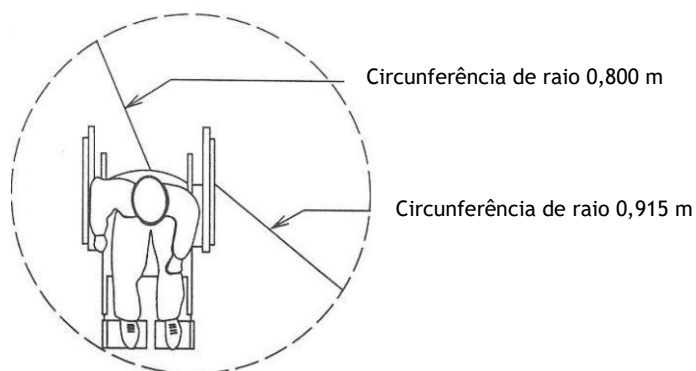


Figura 3 - Espaço mínimo para manobrar uma cadeira de rodas (Austroads, 2017)

### 3.1.3. Velocidade Pedonal

A velocidade de circulação dos peões depende de vários fatores, sendo os mais importantes a idade do peão e a inclinação longitudinal do percurso. A proporção de peões idosos (65 anos ou mais) e de crianças na população, assim como o propósito da viagem a pé, influencia a velocidade de circulação. A velocidade média de circulação para peões é variável, considerando-se um valor de referência de 1,20 m/s, tomando o valor de 0,9 m/s se a percentagem de idosos for superior a 20% (HCM, 2016).

O propósito da viagem pedonal afeta também a velocidade, pois os peões em viagens pendulares casa/trabalho/casa, fazendo o mesmo percurso todos os dias, tendem a andar a uma maior velocidade do que aquela adotada pelos peões que circulam em lazer. Por exemplo, os peões que circulam com o intuito de fazer compras, tendem não só a andar a uma velocidade

inferior, como podem afetar a velocidade de circulação dos outros peões devido às paragens que fazem para ver montras e por carregarem sacos com compras (HCM, 2016).

A inclinação é outro fator que influencia a velocidade pedonal. Para inclinações até 5%, não há um impacto significativo ao nível da velocidade de circulação, no entanto, uma viagem realizada num percurso com inclinação de 12% é 30% mais lenta em comparação com a mesma viagem feita sem qualquer inclinação (HCM, 2016).

De seguida são apresentados dois modelos para o cálculo da velocidade pedonal que pretendem traduzir a forma como os peões interagem com a inclinação do ambiente pedonal: Tobler's Hiking Function e Naismith's Rule.

O primeiro modelo, publicado por Waldo Tobler em 1993, permite determinar a velocidade pedonal com base na inclinação de um percurso. Esta velocidade é calculada pela expressão 1 (Irtenkauf, 2014).

$$W = 6 \times e^{-3,5 \left| \frac{dh}{dx} + 0,05 \right|}$$

Expressão 1

$$\frac{dh}{dx} = S = \tan \theta$$

Expressão 2

Onde,

W - Velocidade Pedonal em km/h;

dh - Diferença de elevação em metros;

dx - Distância em metros;

S - Declive em proporção;

$\theta$  - Ângulo do declive (inclinação) em graus.

Este modelo prevê uma velocidade máxima de 6 km/h para uma inclinação de  $-2.86^\circ$  (-5%) e considera que a velocidade é maior em descidas pouco acentuadas.

A Figura 4 apresenta a variação da velocidade pedonal em função do declive do percurso segundo a Tobler's Hiking Function.

Inclinação (Graus)	Inclinação (%)	Velocidade (Km/h)
-70	-275	0,00
-50	-119	0,11
-30	-58	0,95
-10	-18	3,86
-2,8	-5	6,00
0	0	5,04
2,8	5	4,23
10	18	2,72
30	58	0,67
50	119	0,08
70	275	0,00

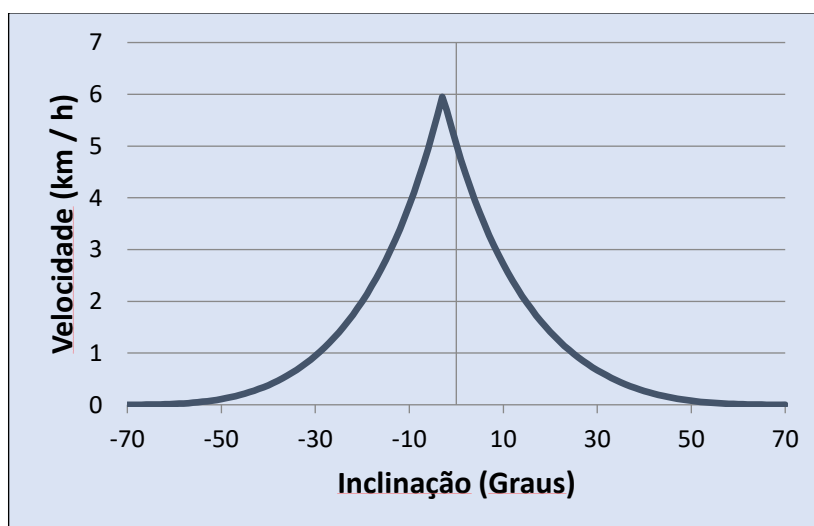


Figura 4 - Velocidade pedonal em função do declive do percurso, segundo o modelo Tobler's Hiking Function (Irtenkauf, 2014)

O modelo Naismith's Rule utiliza a variação da distância horizontal e vertical para determinar o tempo de viagem. Foi desenvolvido por William Naismith em 1892 e sugere que um peão pode andar num terreno plano a 5 km/h, mas por cada 300 metros de subida, o tempo de viagem deve ser acrescido de 30 minutos. O primeiro modelo não previa os percursos em descida, pelo que Irving Lagmuir adicionou posteriormente ao modelo duas condições: a subtração de 10 minutos ao tempo de viagem por cada 300 metros de descida moderada (entre os -5° e -12° de inclinação) e a adição de 10 minutos por cada 300 metros de descida acentuada (inclinação

superior a 12°), pois existe a tendência de travar o movimento quando a inclinação descendente é elevada (Irtenkauf, 2014).

O modelo pode também ser descrito através da expressão definida por Grass em 2013 (Grass, 2013):

$$T = [0,72 \times (\Delta S)] + [6 \times (\Delta H \text{ Subida})] + [1,9998 \times (\Delta H \text{ descida moderada})] + [-1,9998 \times (\Delta H \text{ descida acentuada})]$$

Expressão 3

Onde,

T - Tempo de viagem, em segundos.

$\Delta S$  - Distância horizontal.

$\Delta H$  - Distância vertical.

Descida moderada - -5° a -12° de inclinação.

Descida acentuada - Inclinação superior a -12°.

Desta forma, dependendo da inclinação do percurso (a subir ou a descer), algumas parcelas da expressão tomam o valor de 0.

A Figura 5 apresenta a variação da velocidade pedonal em função da inclinação do percurso. «, segundo a Naismith's Rule.

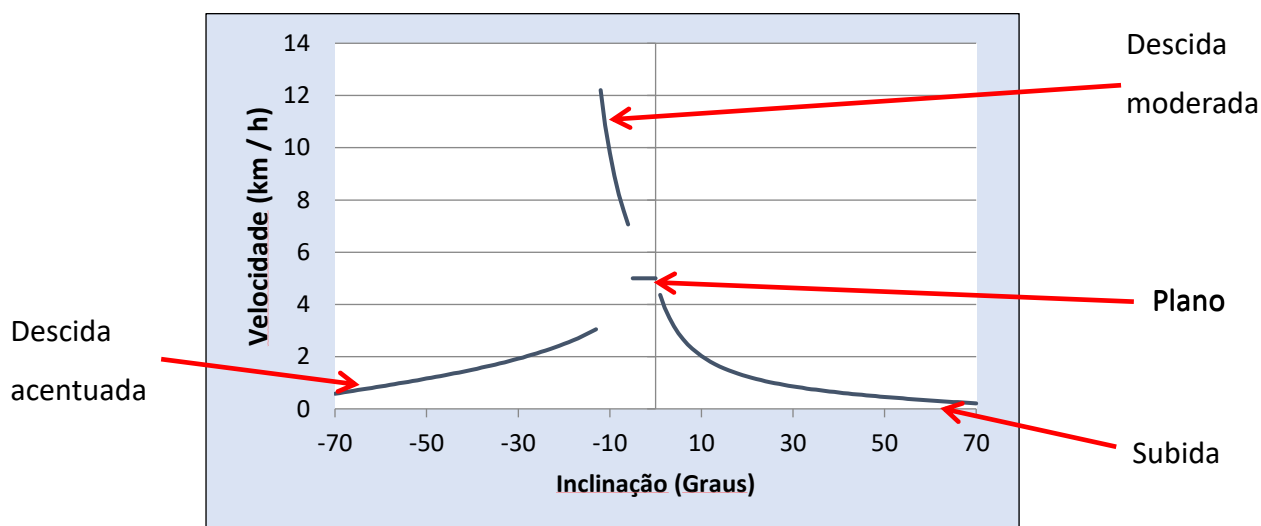


Figura 5 - Velocidade Pedonal em função da inclinação do percurso, segundo o modelo Naismith's Rule (Irtenkauf, 2014)

A velocidade máxima que a Naismith's Rule prevê é de 12 km/h, ocorrendo para uma inclinação de  $-12^\circ$ . As velocidades previstas nas subidas e nas descidas acentuadas são maiores neste modelo em comparação com o modelo de Tobler (Irtenkauf, 2014).

Existem ainda vários estudos baseados em observações *in situ* com medição de velocidade pedonal, como os desenvolvidos por Rastogi e Chandra (2011) para a determinação da velocidade pedonal em passeios, em passeios com maior largura e em passeios em circuitos turísticos, tendo obtido valores médios de velocidade pedonal de 1,19 m/s, 1,15 m/s e 1,06 m/s respetivamente; por Chandra e Bharti (2013), para a determinação da velocidade pedonal em passeios, passeios com maior largura, passeios em circuitos turísticos e na faixa de rodagem, com a obtenção de valores médios da velocidade pedonal de 1,02 m/s, 1,11 m/s, 0,76 m/s e 0,96 m/s respetivamente. Neste estudo é também avaliada a velocidade pedonal em atravessamentos pedonais, variando a velocidade média pedonal entre 1,50 m/s e 1,23 m/s para vias de sentido único e vias com dois sentidos respetivamente. Outro estudo realizado por Pinna e Murrau (2018), determina a velocidade média pedonal em passeios por grupos etários, tendo obtido valores de 1,04 m/s para os jovens (idade entre os 0 e 18 anos), 1,0 m/s para os adultos (idade entre os 19 e 40 anos), 0,99 m/s para os adultos de idade média (idade entre os 41 e 65 anos) e 0,84 m/s para os idosos (idade superior a 65 anos).

Na tabela 3 é apresentado um quadro resumo com as velocidades médias pedonais segundo os vários autores.

Tabela 3 - Quadro Resumo das velocidades médias pedonais, segundo vários autores

Autor	Velocidade média (m/s)	Comentários
HCM (2016)	1,20	Velocidade de referência
	0,90	Se percentagem de peões idosos for superior a 20%
Tobler (1993)	1,40	Velocidade em terreno plano
Naismith (1892)	1,39	Velocidade em terreno plano
Rastogi e Chandra (2011)	1,19	Velocidade pedonal em passeio (largura entre os 1,8 e 3,3 metros)
	1,15	Velocidade pedonal em passeio largo (largura entre os 5,0 e os 7,0 metros)
	1,06	Velocidade pedonal em passeio num circuito turístico (largura superior a 9,0 metros)
Chandra e Bharti (2013)	1,02	Velocidade pedonal em passeio
	1,11	Velocidade pedonal em passeio largo
	0,76	Velocidade pedonal em passeio num circuito turístico
	0,96	Velocidade pedonal na faixa de rodagem
	1,50	Velocidade pedonal de atravessamento de via com sentido único
	1,23	Velocidade pedonal de atravessamento de via com dois sentidos
Pinna e Murrau (2018)	1,04	Jovens (idade entre os 0 e 18 anos)
	1,00	Adultos (idade entre os 19 e 40 anos)
	0,99	Adultos de idade média (idade entre os 41 e 65 anos)
	0,84	Idosos (idade superior a 65 anos)

As escadas são também uma das componentes do sistema pedonal que ajudam a reduzir a distância e o tempo de deslocação. Nas cidades de encosta, devido à sua orografia, onde predominam as subidas e descidas, recorre-se com frequência à utilização de escadas como elemento facilitador das deslocações pedonais. Nesse sentido, torna-se importante considerar também a velocidade pedonal nesta componente do sistema.

Analisando a bibliografia, vários autores recorreram a estudos de observação *in situ*, para obter valores de velocidades pedonais em escadas. Fujiyama e Tyler (2004) conduziram um estudo usando 2 grupos de pessoas para calcular a velocidade pedonal a subir e a descer em 4 escadas, inseridas no interior de um edifício, com diferentes ângulos. Na Tabela 4 apresentam-se os resultados obtidos nesse estudo.

Tabela 4 - Resultados do estudo efetuado por Fujiyama e Tyler (2004)

Ângulo da Escada	A subir				A descer			
	Adulto (a)		Jovem		Adulto (a)		Jovem	
	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher
38,8	0,41	0,46	0,50	0,47	0,46	0,48	0,61	0,57
35,0	0,50	0,53	0,57	0,56	0,60	0,57	0,62	0,67
30,5	0,56	0,60	0,65	0,62	0,64	0,64	0,72	0,76
24,6	0,68	0,76	0,77	0,75	0,80	0,80	0,82	0,91

Nota: Velocidade pedonal em m/s; Ângulo das escadas em graus (°); Adulto(a): Idade superior a 50 anos; Jovem: Idade entre 30 e 50 anos.

Os mesmos autores compraram os seus resultados com os obtidos por Fruin (1971) (Ver Tabela 5).

Tabela 5 - Resultados obtidos por Fruin para a velocidade pedonal em escadas (1971) (cit. por Fujiyama e Tyler (2004))

Ângulo da Escada	A subir				A descer			
	Adulto (a)		Jovem		Adulto (a)		Jovem	
	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher
32	0,43	0,39	0,69	0,51	0,57	0,47	0,69	0,51
27	0,41	0,45	0,81	0,65	0,60	0,56	0,81	0,65

Nota: Velocidade pedonal em m/s; Ângulo das escadas em graus (°); Adulto(a): Idade superior a 50 anos; Jovem: Idade entre 30 e 50 anos.

Fruin (1987) considera ainda que a velocidade média na subida de escadas é cerca de um terço da velocidade de caminhada sem qualquer declive. Este autor considera uma velocidade média de caminhada de 4.9 km/h. Já na velocidade em descida, considera que esta aumenta em 10% em relação à velocidade na subida.

Templer (1992) desenvolveu também uma expressão para a determinação da velocidade de circulação dos peões em escadas. A expressão relaciona a velocidade pedonal e as características das escadas, nomeadamente o comprimento do cobertor e a altura do espelho dos degraus (ver expressão 4). A equação é válida para escadas com um comprimento do cobertor entre 25,4 e 40,6 cm e uma altura do espelho entre 12,7 e 17,8 cm.

$$V_s = 23,47 + 0,253R - 0,305T$$

Expressão 4

Onde,

$V_s$  - Velocidade Pedonal em m/s.

T - Comprimento do cobertor em cm.

R - Altura do espelho em cm.

A Tabela 6 apresenta um resumo dos valores considerados pelos diferentes autores.

Tabela 6 - Quadro Resumo da velocidade pedonal em escadas, segundo vários autores.

Autor	Velocidade média (m/s) (a subir; a descer)	Comentários
Fruin (1971)	0,75; 0,75	Homens entre os 30 e os 50 anos
	0,58; 0,58	Mulheres entre os 30 e os 50 anos
	0,59; 0,42	Homens com mais de 50 anos
	0,73; 0,42	Mulheres com mais de 50 anos
Fruin (1987)	0,45; 0,50	Velocidade média de caminhada de 4,9 km/h (1,36 m/s) sem declive, 1/3 desse valor nas subidas e aumento de 10 % nas descidas.
Templer (1992)	-	Equação: $V_s = 23,47 + 0,253R - 0,305T$
Fujiyama e Tyler (2004)	0,61; 0,71	Grupo de homens e mulheres, com idade média de 35 anos
	0,56; 0,62	Grupo de homens e mulheres, com idade média de 71 anos

Comparando os valores da velocidade pedonal em escadas é possível verificar que estes diferem entre os autores consultados. Estas diferenças podem ser justificadas com a diferença existentes entre os grupos etários considerados e com o facto do estudo elaborado por Fruin (1971) ter sido realizado num laboratório com os indivíduos a usarem a escada individualmente, enquanto que o estudo realizado por Fujiyama e Tyler (2004) foi realizado dentro de um edifício, com outras pessoas a usar a mesma infraestrutura, o que pode resultar, devido à interação entre pessoas, em velocidades de subida ou descida mais reduzidas.

## 3.2. Infraestrutura Pedonal

Uma infraestrutura pedonal deve cumprir um conjunto de objetivos relacionados com a segurança, a comodidade, a rapidez, a coerência e a atratividade, de modo a ser capaz de satisfazer as necessidades de todos os utilizadores. É fundamental conseguir implementar um conjunto de medidas capazes de alcançar os objetivos pretendidos de apoio ao peão, tais como (Seco et al., 2008):

- Separação adequada entre o sistema viário e pedonal, garantindo a máxima segurança aos peões.
- Garantia de uma interligação coerente com a hierarquização viária e, caso não seja possível, definir níveis de prioridade relativa. As soluções a utilizar em cada caso devem ser o mais normalizadas possíveis.
- Criação de redes pedonais integradas, capazes de agregar os principais pontos de geração e atração de deslocações pedonais.
- Assegurar a melhor ligação possível entre os vários modos de transporte, em particular com a rede de transportes coletivos.
- Evitar soluções em que a extensão do percurso seja muito elevada em comparação com a distância em linha reta, pois é um fator que condiciona a obtenção de bons níveis de comodidade e rapidez.
- Considerar as necessidades dos grupos de peões mais vulneráveis, nomeadamente das crianças, dos idosos e dos peões com mobilidade reduzida.

Como a rede pedonal é uma rede de caminhos dedicada aos peões, é essencial que exista uma ligação entre as habitações e os vários serviços públicos (escolas, locais de trabalho, transportes urbanos, etc.). É então necessário que exista um conjunto de elementos que permitam a circulação dos peões em condições de segurança, conforto e rapidez. Estes elementos, que no seu conjunto constituem a infraestrutura pedonal são os passeios, as escadarias, os atravessamentos da rede viária e as zonas de interface modal.

### 3.2.1. Passeios

Os passeios são os espaços destinados à circulação dos vários tipos de peões, devendo apresentar níveis mínimos de qualidade de circulação. Em meio urbano, onde a maioria das atividades humanas se desenrola, é crucial a existência de passeios que respondam aos débitos existentes para que não existam problemas de circulação. O conjunto dos passeios e vias pedonais devem formar um sistema homogéneo e articulado, para que o peão não seja obrigado a recorrer à faixa de rodagem dos veículos motorizados para efetuar a sua deslocação.

Em alguns espaços reservados aos peões, nomeadamente nos passeios, existem obstáculos, como árvores, postes de iluminação, caixotes do lixo, etc., que impedem os peões de circular na totalidade da largura do passeio. Tendo em conta o descrito, surgem os conceitos de largura útil/efetiva ( $W_E$ ) e de largura bruta ( $W_T$ ) dos passeios, que correspondem, respetivamente, ao espaço disponível para as deslocações e à largura total do passeio.

Na Tabela 7 e Figura 6 são apresentados alguns exemplos dos valores correspondentes às larguras perdidas em passeios devido à presença destes obstáculos (HCM, 2016).

Tabela 7- Largura perdida devido à presença de obstáculos nos passeios (Adaptado de HCM (2016))

Tipo de obstáculo	Descrição	Largura Perdida (m)
Distâncias de segurança	Berma do passeio	0,30 - 0,50
	Muro, sebe	0,30 - 0,50
	Fachada de edifício	0,70
	Montra	1,00
Mobiliário Urbano	Postes de iluminação	0,80 - 1,10
	Postes de semáforos	0,90 - 1,20
	Sinalização vertical	0,60 - 0,80
	Parquímetros	0,60
	Cabines telefónicas	1,20
	Caixotes do lixo	0,90
Mobiliário Urbano	Bocas-de-incêndio	0,80 - 0,90
	Marcos de correio	1,00 - 1,10
Vegetação	Árvores	0,60 - 1,20
	Pontos de vegetação/arbustos	1,50
Usos Comerciais	Quiosques	1,20 - 4,00
	Esplanadas de cafés (2 filas de mesas)	2,10

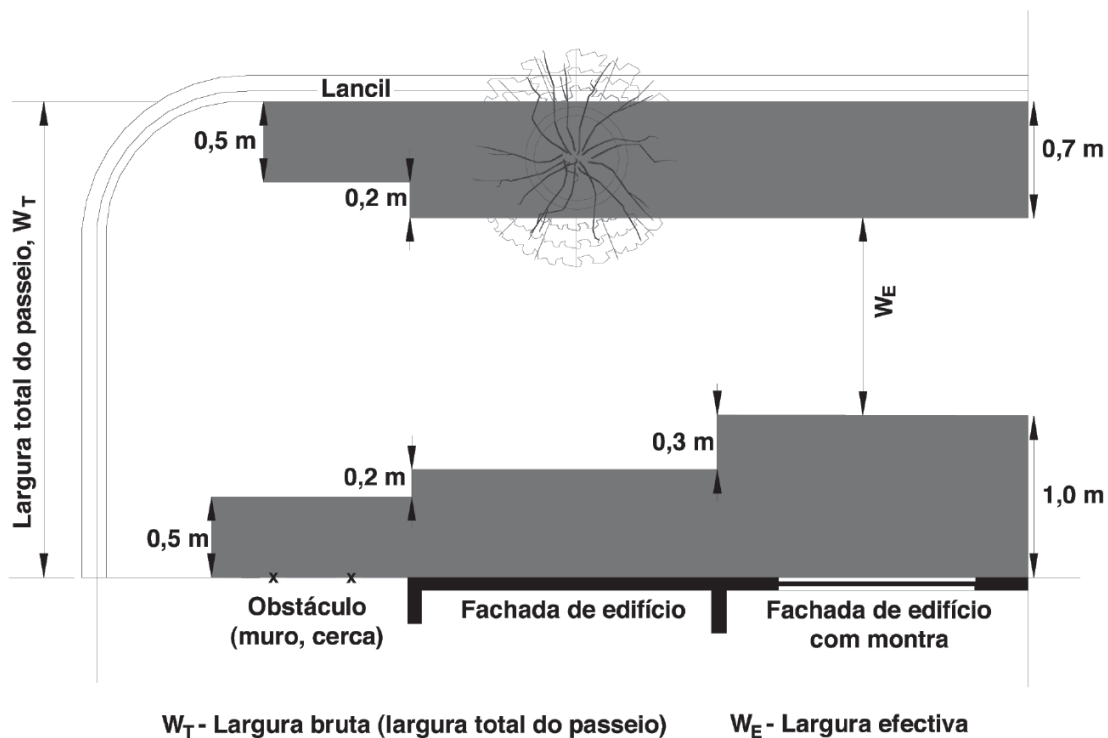


Figura 6 - Definição da largura útil e da largura bruta de um passeio (Adaptado de HCM (2016))

Considerando os valores apresentados na Tabela 7, foram definidos um conjunto de larguras mínimas padrão para os passeios de modo a assegurar a segurança e a comodidade do peão (ver Tabela 8).

Tabela 8- Largura mínima dos passeios (m) (Adaptado de HCM (2016))

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
Passeio sem mobiliário urbano, árvores ou montras	2,00	1,50
Passeio com fila de árvores ou montras	3,00	2,50
Passeio com árvores e montras	4,00	3,50

No entanto, quando não for possível garantir esses valores, as larguras mínimas de utilização podem ser inferiores, pois pode ser necessário ceder espaço para o estacionamento de veículos. Nestes casos particulares são adotadas as larguras mínimas apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Largura mínima admissível dos passeios (m) (Adaptado de HCM (2016))

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
Passeio sem obstruções	1,20	1,00
Troço <10 m junto a obstrução	-	0,80

Segundo o enquadramento legislativo português, no Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de agosto (DL 163/2006), os percursos pedonais devem ter em todo o seu desenvolvimento um canal de circulação contínuo e desimpedido de obstruções com uma largura livre de 1,20 m, medida ao nível dos passeios, excetuando as vias principais e as vias distribuidoras, em que a largura livre não deve ser inferior a 1,50 m.

Um outro fator a ter em conta nos passeios é o seu revestimento e a sua inclinação (transversal e no sentido de circulação - inclinação longitudinal). No que concerne a estes aspetos, o Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de agosto (DL 163/2006) indica que o revestimento do passeio deve garantir superfície estável (não se desloca quando sujeita às ações mecânicas decorrentes do uso normal), durável (não se desgasta pela ação da chuva ou de lavagens frequentes), firme (não se deforma quando sujeito a ações mecânicas decorrentes do uso normal) e contínua (não possui juntas com uma profundidade superior a 0,005 m). Em Portugal, na generalidade dos casos, os passeios são revestidos com Calçada Portuguesa ou blocos de encaixe ou betão. Ainda segundo o mesmo decreto, a inclinação longitudinal do passeio, na direção do percurso, deve ser inferior a 5%, enquanto a inclinação transversal não deve ultrapassar os 2%. Percursos pedonais com inclinação igual ou superior a 5% são considerados como rampas e devem satisfazer um conjunto de exigências próprias.

### 3.2.2. Travessias Pedonais

As travessias pedonais são a componente do sistema pedonal mais preocupante ao nível da segurança devido à possibilidade de potencial conflito entre peões e veículos, sendo necessário estabelecer níveis de prioridade relativa entre o sistema pedonal e o sistema viário. Estes pontos de conflito peão/veículo devem ser alvo de especial atenção, tendo como principal objetivo garantir a segurança do peão na travessia, fazendo com que o tempo de exposição do peão, utilizador mais vulnerável, ao risco, seja o menor possível.

De modo a evitar comportamentos de risco por parte dos peões, como a realização do atravessamento em locais menos seguros, as travessias pedonais devem obedecer a um conjunto de requisitos, tornando-as assim mais seguras (FHA, 2002; Seco et al., 2008):

- **Conforto** - Garantir que a localização da travessia é a mais conveniente possível para os peões, garantindo a continuidade do percurso pedonal e a ausência de obstruções. Apoiar os peões com mobilidade reduzida através da colocação de rampas no passeio ao nível da via, ou subindo a via ao nível do passeio, assegurando a continuidade do percurso e o conforto.
- **Atratividade** - As travessias devem situar-se em zonas visíveis e bem iluminadas, garantindo sempre a visibilidade entre peões e veículos.
- **Rapidez** - O tempo de espera não deve ser elevado, de modo a evitar que o peão adote comportamentos de risco em casos de tempos de espera excessivos.
- **Articulação** - Deve existir uma adequada articulação entre os vários sistemas, nomeadamente entre o sistema pedonal e os sistemas viário e de transportes públicos.

As travessias pedonais podem ser divididas em travessias pedonais de nível ou desniveladas. As primeiras são as mais comuns em meio urbano, e podem ser reguladas ou não por sinalização luminosa e conter refúgio para peões. As travessias desniveladas têm como objetivo evitar o conflito entre os veículos e os peões, sendo especialmente recomendadas como solução de atravessamento de vias coletoras ou distribuidoras principais, onde o volume de tráfego é mais elevado, as velocidades praticadas pelos veículos são maiores e onde a presença do peão não é aconselhável.

Em qualquer tipo de travessia, seja ela de nível ou desnivelada, devem ser dados os meios necessários de suporte aos peões com mobilidade reduzida, através da construção de rampas com declives adequados e de elementos de suporte para o guiamento dos invisuais.

### 3.2.2.1. Travessias Pedonais de Nível

Este tipo de travessia pedonal ocorre ao nível da faixa de rodagem, localizando-se em locais criteriosamente escolhidos, orientando o comportamento dos peões e dos condutores com regras simples e claras de atribuição de prioridade, de modo a evitar conflitos. Apresentam como desvantagem o possível alongamento do percurso, que, no entanto, é compensado com vantagens ao nível da segurança. Através de sinalização vertical específica, os condutores são alertados para a presença deste tipo de atravessamento, permitindo a adoção de medidas de precaução na aproximação à travessia.

As travessias de nível podem ocorrer numa só fase ou em duas fases. No segundo caso, deverá existir uma placa central de refúgio para os peões de modo a permitir o atravessamento em dois tempos, aumentando a segurança.

Neste tipo de travessias adotam-se as marcas rodoviárias M11 (zebra) e M11a (guias). A marcação M11 é geralmente utilizada nas travessias não reguladas por sinalização luminosa, enquanto que a marcação M11a se adequa mais às travessias semaforizadas (ver Figura 7).

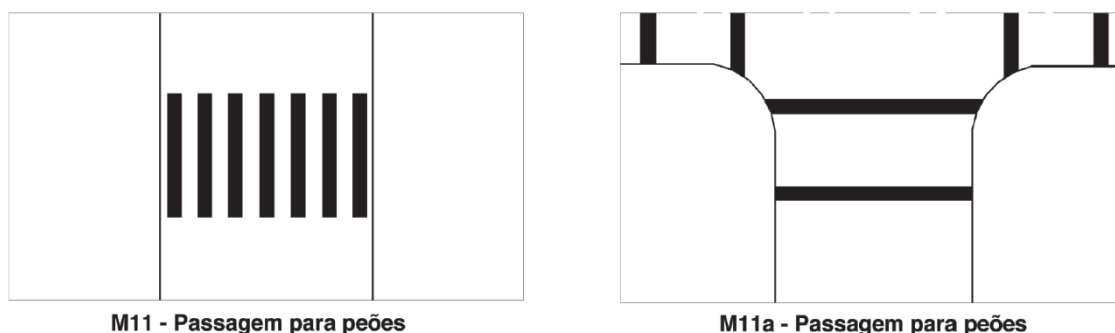


Figura 7 - Marcas rodoviárias em travessias (Roque (2011); Decreto Regulamentar n.º 22-A/98 de 1 de outubro)

#### a) Travessias sem Regulação por Sinais Luminosos

As travessias sem regulação por sinais luminosos são soluções de baixo custo de instalação e manutenção. São normalmente instaladas em vias distribuidoras locais e de acesso local, onde a velocidade de circulação praticada pelos veículos está limitada a um máximo de 50 km/h. A sua instalação é recomendada nos casos em que os volumes de peões e veículos são baixos. A prioridade é sempre dos peões, pelo que se o seu volume for elevado e contínuo ao longo do tempo, poderá existir uma grande redução na capacidade da via e potencial aumento da sinistralidade.

Apresentam-se de seguida as principais características técnicas de instalação deste tipo de travessias (FHA, 2002; Seco et al., 2008) (ver Figura 8):

- A largura normal de passagem deve ser de 4,0 metros. Nos casos em que as velocidades dos veículos e os volumes de peões sejam baixos ou existam restrições físicas inultrapassáveis, pode-se adotar valores na ordem dos 2,5 a 3,0 metros.
- A linha de cedência de passagem deve situar-se a uma distância entre 1,5 e 2,0 metros do local formal da travessia.
- O sinal vertical de passagem para peões deve estar localizado junto à linha de cedência de passagem. Nos casos em que a visibilidade por parte dos condutores não seja a ideal, deve ser colocado um sinal de perigo a uma distância entre 150 a 300 metros da travessia.
- Deve-se garantir que o local da travessia apresenta boa visibilidade por parte dos peões e dos condutores.

- Proibir o estacionamento e as ultrapassagens junto às travessias.
- Em casos de necessidade, prever mecanismos físicos de redução de velocidade na aproximação das travessias (por exemplo, bandas cromáticas).
- Considerar a construção de um refúgio central para peões para travessias com comprimento superior a 10 metros.

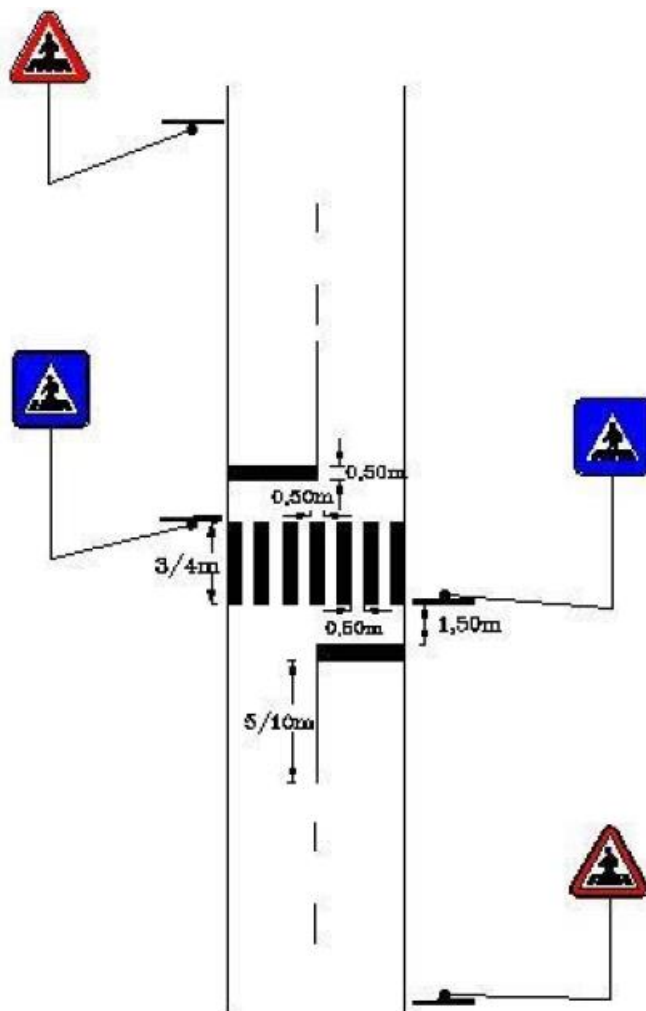


Figura 8 - Dimensionamento de uma travessia pedonal do tipo "zebra" (Coelho, 2011)

#### b) Travessias de Nível Reguladas por Sinais Luminosos

A materialização de travessias pedonais reguladas por sinais luminosos envolve maiores custos de instalação e manutenção quando comparadas com as travessias anteriormente descritas. Estas têm como objetivo transmitir a informação sobre o comportamento a ser adotado pelos peões e condutores através do sinal luminoso. Constitui a melhor solução para gerir e controlar os movimentos dos veículos e dos peões em cruzamentos, podendo também ser implementada em seções correntes da faixa de rodagem. A sua eficiência está dependente da correta regulação dos sinais luminosos, sendo que o tempo de espera dos peões não deve ser elevado,

de modo a que estes não adotem comportamentos de risco, como a passagem com o sinal luminoso vermelho ou a realização do atravessamento fora do local indicado, pondo em causa a sua segurança.

A marcação da travessia pedonal regulada por sinais luminosos depende, principalmente, da largura da faixa de rodagem e, particularmente, da existência ou não de um separador central. Segundo as Normas Australianas (Austroads, 2017), a adoção destas travessias, requerem a verificação de uma das seguintes condições:

- Volume de peões superior a 350 peões/h e volume de veículos superior a 600 veículos/h no conjunto dos dois sentidos, ou 1000 veículos/h, no caso de existir uma placa central de refúgio para peões. Estes valores devem observar-se num período de 3 horas de um dia normal da semana laboral.
- Para cada uma das 8 horas de um dia normal:
  - Volume de peões superior a 175 peões/h;
  - Volume de veículos superior a 600 veículos/h em ambos os sentidos, ou 1000 veículos/h no caso de existir separador central de refúgio de peões;
  - Não existir outra travessia pedonal nas proximidades.
- Em frente a uma escola, se em 2 períodos distintos de 1 hora de um dia normal de aulas ocorrer simultaneamente:
  - Volume de peões superior a 50 peões/h;
  - Volume de veículos superior a 600 veículos/h;
  - Produto do volume de peões pelo volume de veículos superior a 40000 peões x veículo/h.
- Se as travessias existentes não semaforizadas apresentam um nível de perigosidade elevado devido à extensão do atravessamento, ou a velocidades ou volume de tráfego são elevados.
- Se na travessia pedonal não semaforizada existente, ou próximo dela, tiverem ocorrido 2 ou mais acidentes em 3 anos, suscetíveis de serem evitados com sinalização luminosa.
- Se na travessia pedonal não semaforizada existente se verifica simultaneidade de volumes elevados de peões e veículos que possa provocar atrasos excessivos aos veículos.

Para além destas condições é recomendada a instalação de sinais luminosos em travessias pedonais que estejam localizadas junto de polos geradores de tráfego de peões ou onde haja necessidade de proteger peões com características especiais (peões com mobilidade reduzida, crianças, idosos, etc.).

Na Figura 9 encontram-se representadas exemplos de travessias de nível semaforizadas em locais sem separador central (i), com separador central (ii), com enviesamento à direita (iii) e com enviesamento à esquerda (iv). Sempre que possível, deve optar-se por atravessamentos contínuos, sendo que no caso dos enviesamentos, deve optar-se pelo enviesamento à direita de modo a melhorar a visualização dos veículos por parte dos peões (Seco et al., 2008). Em qualquer dos casos, não deve ser permitido o estacionamento de veículos junto ao local de atravessamento e, pelo menos no caso dos enviesamentos, devem existir guardas de segurança de proteção e encaminhamento dos peões. Estas soluções podem também ser utilizadas sem regulação luminosa.

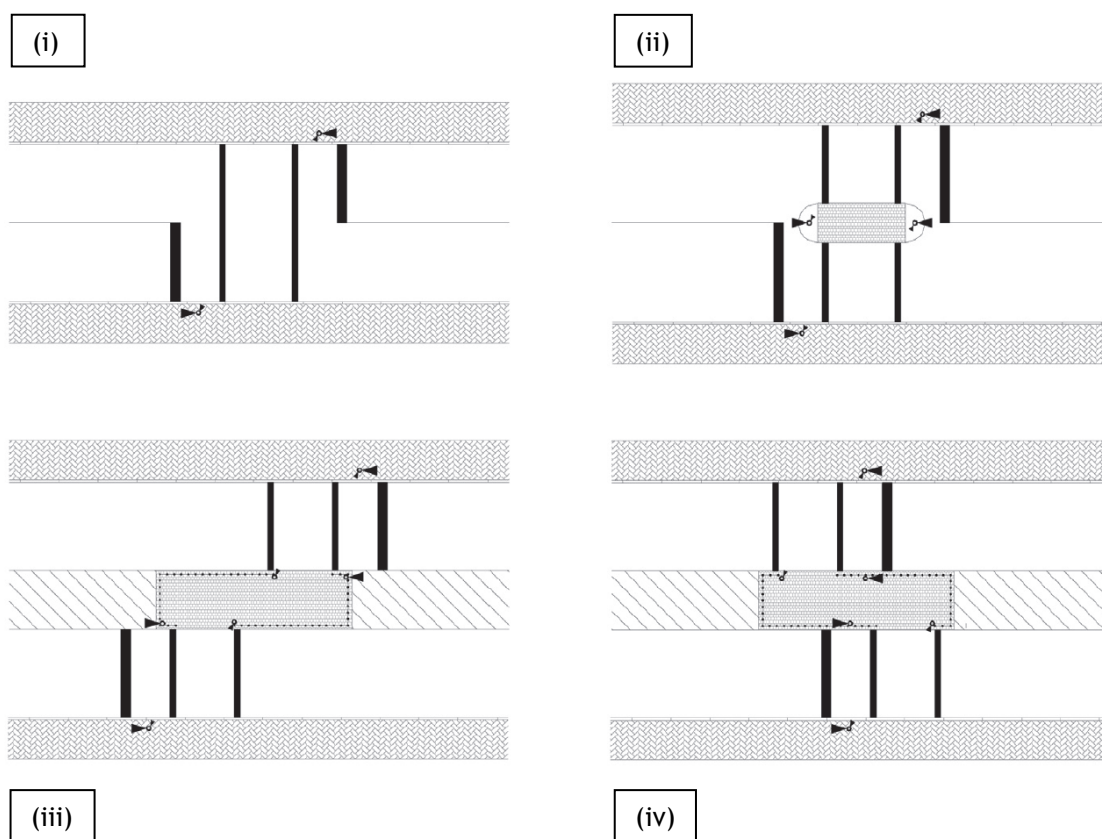


Figura 9 - Esquemas de travessias reguladas por sinais luminosos fora dos cruzamentos (Adaptado de HMSO (1987))

Para as travessias para peões em cruzamentos com regulação luminosa, existem várias estratégias e planos de fases que se podem adotar, de modo a garantir o avanço das correntes pedonais e os níveis de serviço desejados para as correntes de veículos. É possível ainda considerar o avanço em simultâneo das correntes de tráfego pedonal e de veículos, desde que a segurança do peão não seja comprometida. Nos casos em que a prioridade do peão não é perceptível, deve-se garantir uma sinalização adequada, visível e clara, para que não existam dúvidas sobre os comportamentos a adotar.

De modo a garantir uma maior eficácia e dependendo sempre do cenário em análise, existem diferentes soluções de semaforização para o atravessamento do peão em cruzamentos semaforizados (FHA, 2002; Seco et al., 2008):

- Ausência de sinalização luminosa específica para os peões, sendo os atravessamentos efetuados nos períodos em que não existe tráfego ou durante o tempo de tudo vermelho. Esta solução é normalmente aplicada para níveis baixos de tráfego pedonal, vias de sentido único ou com placa central de refúgio para peões.
- Criação de uma fase destinada somente para o atravessamento de peões, não sendo possível o avanço do tráfego motorizado.
- Criação de fases em que o atravessamento dos peões e os movimentos de viragem são efetuados em simultâneo, devendo o condutor dar prioridade ao peão, se este já tiver iniciado o atravessamento.
- Atravessamento em duas fases, exigindo um refúgio onde o peão possa esperar em segurança a fase que lhe permita finalizar o atravessamento.

Quando as travessias são semaforizadas, estas podem ser do tipo *Pelican*, *Puffin* e *Toucan* (Ferreira, 2016).

#### i. Solução do Tipo *Pelican*

As travessias para peões do tipo *Pelican* (Pedestrian Light Controlled Crossing), surgiram no Reino Unido em 1969, sendo a primeira travessia pedonal controlada por sinais luminosos bem-sucedida.

Neste tipo de travessia, os peões devem pressionar um botão para lhes ser dada a oportunidade de atravessamento. Aquando do acionamento do botão, o sinal luminoso para os veículos passa do amarelo intermitente para vermelho. Quando o tempo de verde para os peões está a terminar, é ativado um período de verde intermitente, podendo por vezes ser acompanhado de sinais sonoros dirigidos aos utilizadores invisuais, não devendo ser iniciado nesta fase o atravessamento da faixa de rodagem pelos peões. Esta solução considera um tempo de amarelo intermitente para os veículos que se inicia aquando do início do verde intermitente dos peões, permitindo assim o avanço dos veículos no caso de todos os peões terem concluído o atravessamento.

As soluções mais recentes para este tipo de travessias incluem sensores que permitem atribuir verde aos peões se não forem detetados pelo sistema veículos em aproximação. Na Figura 10 é apresentada a sequência de luzes para os peões e veículos, assim como a marcação em ziguezague M14 que serve para indicar a proibição de estacionamento nestas áreas, o que poderia impedir a visibilidade dos peões ou ciclistas.

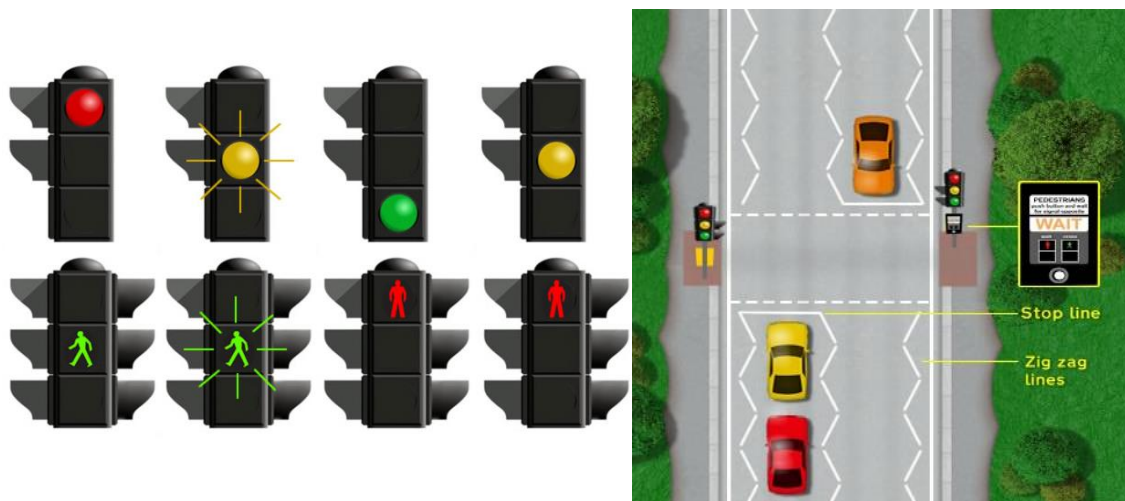


Figura 10 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Pelican (Fonte: <https://www.drivingtesttips.biz/pelican-crossing.html>)

## ii. Solução do Tipo *Puffin*

As travessias do tipo *Puffin* (*Pedestrian User-Friendly Intelligent*) surgiram em 1980, sendo apresentadas como um desenvolvimento das do tipo *Pelican*, nomeadamente, na resolução das deficiências desse sistema, como por exemplo (Seco et al., 2008):

- Tempo insuficiente dado aos peões com maiores dificuldades de locomoção para o atravessamento da faixa de rodagem.
- Problemas de interpretação, por parte dos peões, associados à fase em que o sinal verde intermitente é acionado.
- Atrasos desnecessários impostos aos veículos devido a ser uma solução com tempos fixos.
- Demora excessiva para os peões devido ao tempo mínimo considerado entre as fases pedonais.

As travessias do tipo *Puffin* procuram reduzir o atraso associado aos fluxos envolvidos, pedonal e viário, e colmatar as deficiências supracitadas de forma a proporcionar melhores condições aos peões.

Na prática, as travessias do tipo *Puffin* consistem na aplicação de dois detetores pedonais, colocados em cada lado da faixa de rodagem, detetando a presença de um peão que se encontre na zona de deteção. Existem detetores de dois tipos: detetores de passeio e detetores de atravessamento. No primeiro caso, têm como função indicar a presença de peões numa zona que indicia a sua intenção de realizar o atravessamento. No caso de o peão ter realizado o atravessamento num intervalo da corrente de tráfego, estes detetores permitem a anulação do

pedido efetuado através do botão. Os detetores de atravessamento destinam-se a verificar a presença de peões a efetuar o atravessamento, podendo em caso de necessidade aumentar o tempo de limpeza destinado a esta fase. Para os detetores, o peão é definido como tendo uma altura mínima de 1,0 metro, largura mínima de 0,5 metros, profundidade mínima de 0,2 metros e uma massa mínima de 20 Kg, com forma e propriedades dinâmicas correspondentes a uma criança de 5 anos de idade. Um peão que se desloque numa cadeira de rodas ou carrinho de bebé também é detetado segundo as mesmas especificações.

Na Figura 11 é representada a sequência de sinais atribuídos aos peões e a correspondente sequência para os veículos. Neste sistema, o sinal verde intermitente para os peões não existe, sendo substituído pelo vermelho.

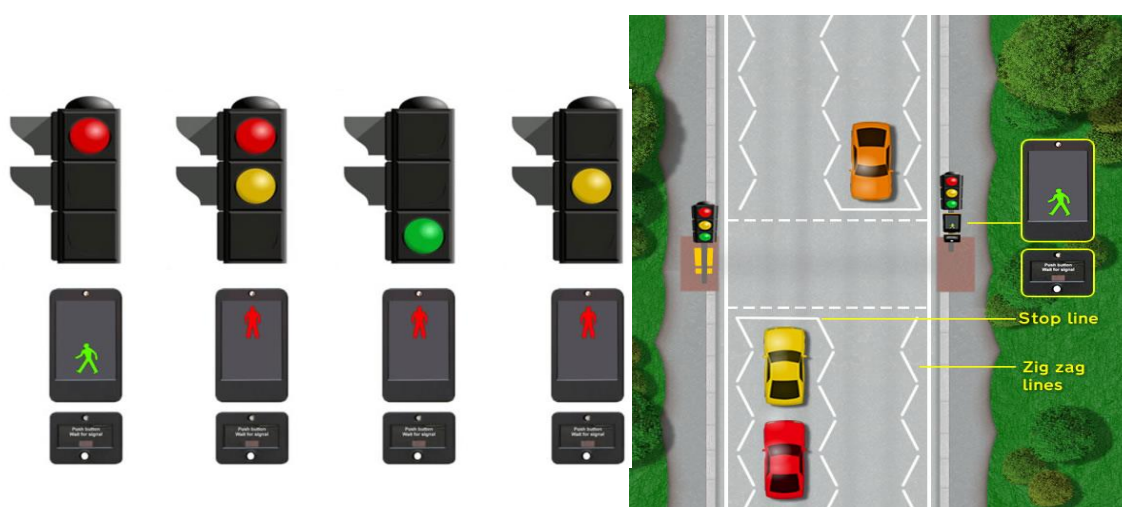


Figura 11 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Puffin (Fonte: <https://www.drivingtesttips.biz/puffin-crossing.html>)

### iii. Solução do Tipo *Toucan*

As travessias do tipo *Toucan* (derivado de Two Can) são semelhantes aos atravessamentos do tipo *Puffin*, tendo como diferença o facto de serem dimensionadas considerando a presença de ciclistas. Em termos práticos, carecem da instalação de detetores para ciclistas. Estas soluções procuram dar continuidade à circulação nas ciclovias, pelo que devem apenas ser aplicadas no caso de existirem fluxos elevados de ciclistas.

Na Figura 12 esquematiza-se a sequência de luzes para peões e as correspondentes para os veículos num atravessamento do tipo *Toucan*.

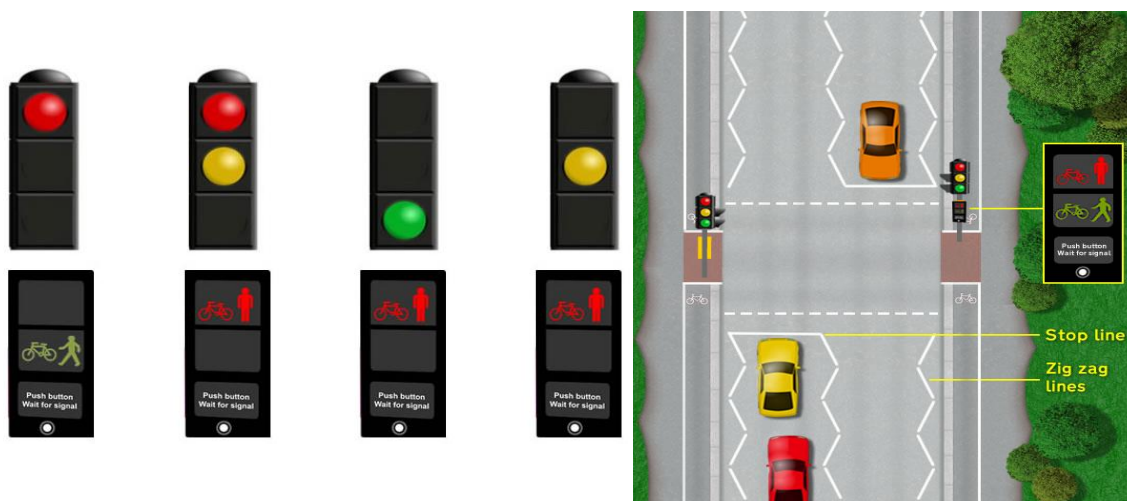


Figura 12 - Sequência de luzes para peões e condutores numa travessia do tipo Toucan (Fonte: <https://www.drivingtesttips.biz/toucan-crossing.html>)

### 3.2.2.2. Travessias Pedonais Desniveladas

Este tipo de travessias tem um custo elevado de construção, pelo que a sua instalação está dependente da estrita necessidade de evitar o conflito entre os peões e veículos. O atravessamento pode ser efetuado por baixo ou por cima da faixa de rodagem e na maioria das vezes o esforço adicional de subir ou descer para a realização do atravessamento recai sobre o peão.

Nos casos das travessias superiores deve-se garantir um desnível de aproximadamente 5,5 metros, de forma a possibilitar a passagem de veículos pesados de caixa alta (ver Figura 13). No caso das travessias inferiores, o desnível a garantir é de aproximadamente 3,0 metros (ver Figura 14). Embora este desnível a garantir seja inferior, estes atravessamentos tendem a causar algum desconforto e insegurança nos peões, por serem normalmente locais escuros e pouco usados. Neste sentido, estes locais devem providenciar sempre uma boa iluminação de forma a evitar comportamentos antissociais. Em geral, os custos de construção das travessias inferiores são mais elevados em comparação aos das travessias superiores (ODT, 1995).



Figura 13 - Passagem superior para peões (adaptado de ODT (1995))

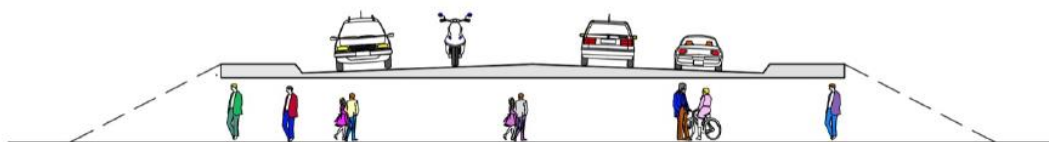


Figura 14 - Passagem inferior para peões (adaptado de ODT (1995))

### 3.2.3. Zonas de Interface Modal

As zonas de interface modal, também conhecidas como zonas de espera, são zonas onde os peões normalmente se encontram parados a aguardar o acesso a um determinado serviço, durante um determinado período de tempo. São exemplos destas zonas as paragens de transporte rodoviário e ferroviário e as praças de táxis. Estas zonas, devido às suas dimensões, podem ser de grande complexidade, sendo importante garantir espaço suficiente para que o peão se sinta confortável e seguro, garantindo também o espaço livre necessário para que os peões possam circular livremente se assim o desejarem.

### 3.2.4. Soluções de Apoio ao Peão

São várias as soluções que podem ser implementadas, de modo a permitir o atravessamento da via por parte do peão com maior segurança, sem lhe ser dada a prioridade. Uma parte significativa das soluções passa por realizar alterações na geometria das vias, visando a redução de velocidade dos veículos e do tempo de exposição dos peões, assim como a identificação do local mais adequado para o atravessamento, seja através de sinais sonoros ou através de pavimentos diferenciados.

#### 3.2.4.1. Redução do Raio de Curvatura

Este tipo de solução tem como principais objetivos a redução de velocidade dos veículos, a melhoria da visibilidade do peão e a redução do tempo de exposição do peão ao tráfego viário, uma vez que o comprimento do atravessamento é diminuído (ver Figura 15).

Esta solução pode ser realizada através de uma curva de raios compostos. Deve garantir que não exista uma redução significativa da capacidade da via devido ao estacionamento de veículos de forma ilegal na zona do atravessamento e ter atenção à necessidade de manobrabilidade dos veículos pesados, precavendo proteções para a possibilidade de galgamento propositado dos passeios por parte deste tipo de veículos.

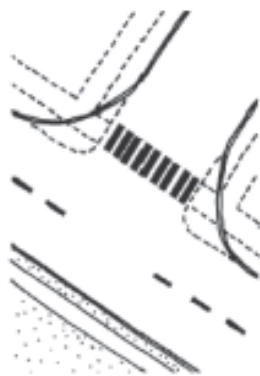


Figura 15 - Redução do raio de curvatura (Seco et al., 2008)

### 3.2.4.2. Prolongamento do Passeio

Assim como a solução anterior, este tipo de solução tem como objetivos a redução da velocidade dos veículos e do tempo de exposição do peão ao tráfego viário (ver Figura 16).

Ao prolongar o passeio e conseqüentemente ao reduzir o comprimento da travessia, a visibilidade entre peão e veículo é melhorada e é criada uma zona de espera para os peões. Com esta solução, o estacionamento ilegal tende a reduzir na zona da travessia, oferecendo uma melhoria significativa ao peão em termos de conforto e segurança. Por vezes torna-se necessário colocar obstáculos na zona de espera dos peões de modo a impossibilitar o estacionamento ilegal nos passeios.

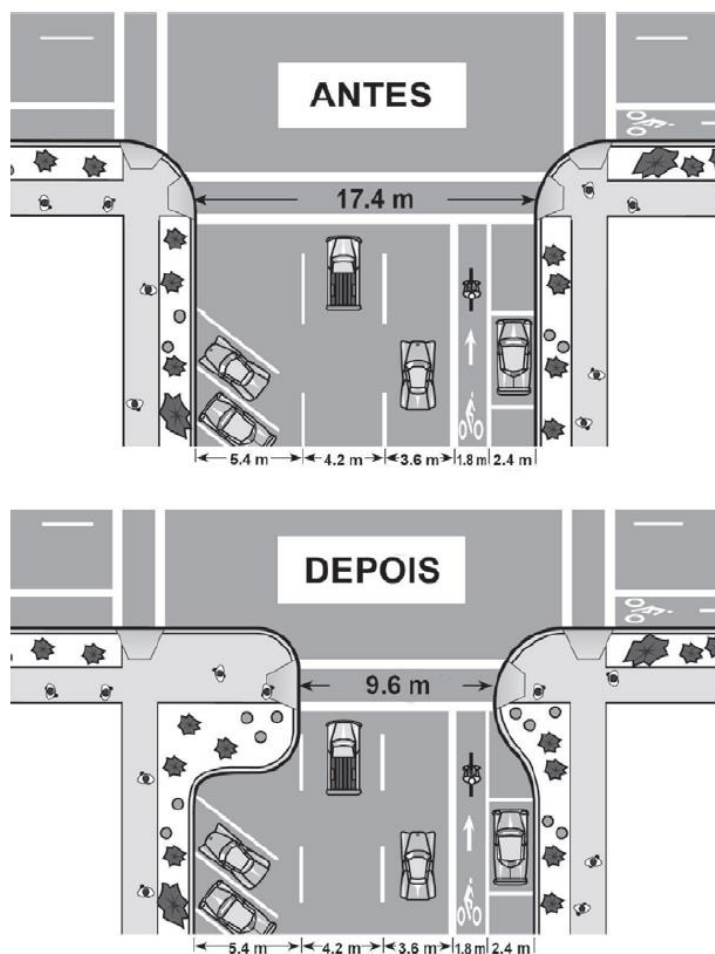


Figura 16- Esquema do prolongamento de passeios (Seco et al., 2008)

### 3.2.4.3. Refúgio para Peões

A criação de uma placa central de refúgio para peões possibilita que o atravessamento possa ser feito em duas fases, permitindo ao peão que atravesse cada um dos sentidos de circulação dos veículos individualmente, pois transforma uma faixa com dois sentidos em duas faixas com sentido único, melhorando a visibilidade e o tempo de exposição aos veículos (que é menor). Esta solução deve ser considerada em ruas com 4 ou mais vias de circulação, quando os veículos praticam velocidades elevadas e quando o volume de peões for significativo. Devido ao estreitamento da via, as velocidades de circulação são reduzidas, aumentando a segurança dos peões. Ao nível da capacidade da via não existem grandes consequências, pois o nível de prioridade não se altera, no entanto, deve-se ter atenção a escolha da localização dos refúgios, uma vez que a deficiente visibilidade ou percepção por parte dos condutores destes obstáculos pode causar graves problemas ao nível da segurança (ver Figura 17).

Os refúgios para peões, sempre que possível, devem obedecer aos seguintes requisitos (Seco et al., 2008):

- Ter no mínimo 3,0 metros de comprimento.
- Ter no mínimo 1,5 metros de largura, para considerar o movimento dos peões que utilizem cadeira de rodas. A largura desejável é de 2,0 metros.
- Existir sinalização vertical de contorno do obstáculo.
- Existir boa iluminação do local.
- Verificar as necessidades de manobra dos veículos pesados:
  - A largura das faixas de rodagem deve ser igual ou superior a 3,0 metros.
  - Nos cruzamentos, localizar o refúgio pelo menos a 3,0 metros da linha de cedência de passagem.
- Não devem ser localizados junto às paragens de autocarro, para que não sejam impedidas ultrapassagens e evitar possíveis bloqueios da via.
- Proibir o estacionamento na zona de refúgio.
- Instalação de forma isolada ou em conjunto com travessias ou semáforos.

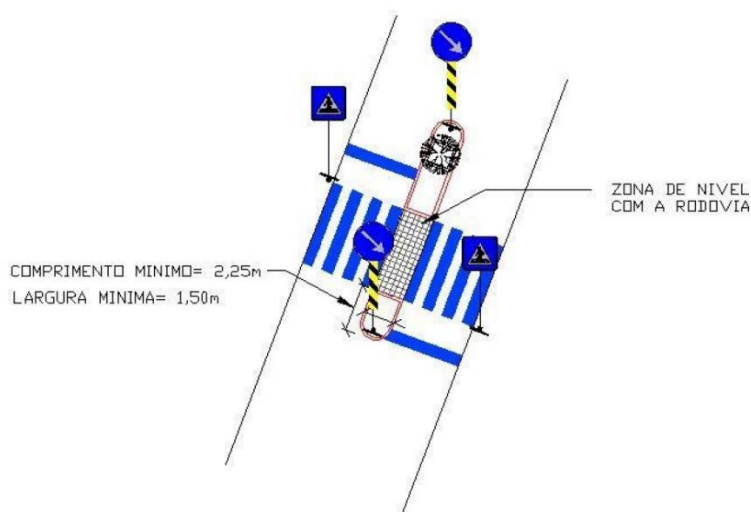


Figura 17 - Travessia com refúgio em trecho de via (Coelho, 2011)

#### 3.2.4.4. Tratamento/Sobrelevação das Superfícies de Atravessamento

Através de um tratamento da superfície das zonas de atravessamento, com recurso a material diferenciado que contraste com o pavimento das vias, é possível alertar os condutores para a existência de peões. Em vias de acesso local ou vias distribuidoras locais, e excepcionalmente em vias distribuidoras principais, pode-se manter a cota dos passeios ao longo da zona de

atravessamento pedonal, obrigando deste modo a uma circulação com velocidade reduzida por parte dos veículos, devido à necessidade de galgar um pequeno desnível.

### **3.2.4.5. Soluções Construtivas de Proteção aos Peões**

De modo a proteger os peões mais desfavorecidos, principalmente os de mobilidade reduzida, crianças e idosos, é possível considerar as seguintes soluções construtivas (Seco et al., 2008):

- Rebaixamento dos passeios, de modo a facilitar o movimento dos peões com mobilidade reduzida.
- Utilização de sinais sonoros nos sinais luminosos para informar os invisuais.
- Utilização de elementos táteis para guiamento e alerta dos peões invisuais.
- Instalação de guardas para canalização dos movimentos dos peões a uma distância de 0,50 metros da berma, para evitar toques nos veículos.
- Garantir que as guardas ou outros elementos não limitem a visibilidade.
- Trajetos com canalização o mais próximo possível dos trajetos naturais dos peões.
- Boa iluminação dos locais destinados aos peões.
- Aplicação de materiais antiderrapantes em zonas onde existam problemas de aderência com o piso molhado.

## 4. Ferramentas e Metodologia para Avaliação do Potencial da Infraestrutura Pedonal em Cidades de Encosta

### 4.1. Ferramentas

Para a realização deste estudo de avaliação do potencial da infraestrutura pedonal em cidades de encosta recorreu-se à utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), visto estes possuírem ferramentas de análise espacial sofisticada que permitem a introdução, organização, manipulação, análise e visualização de dados alfanuméricos e geográficos sobre a população, polos geradores de viagens e rede pedonal. Os SIG estão na base da criação de várias ferramentas existentes que permitem a avaliação e o apoio à decisão na área da mobilidade urbana, tais como os desenvolvidos por Tomé (2016), Sousa (2016), Passos (2018), Tomé et al. (2019) e Sousa et al. (2019) dos quais foram usados alguns dados para o desenvolvimento do caso de estudo deste trabalho.

Para combinar e atribuir pesos diferenciados à informação considerada e produzida no processo de análise do potencial da infraestrutura pedonal recorreu-se a uma análise multicritério. Esta abordagem permitiu obter o grau de potencial da infraestrutura pedonal existente e apoiar a tomada de decisão na priorização das intervenções a efetuar na rede pedonal.

De seguida são apresentados os aspetos principais dos Sistemas de Informação Geográfica e da análise multicritério.

#### 4.1.1. Sistemas de Informação Geográfica

Os SIG podem ser definidos como uma tecnologia que armazena, gere, manipula e visualiza informação georreferenciada (Aronoff, 1989), no entanto, o conceito pode depender, segundo os especialistas, da área em que os SIG são utilizados (González et al., 2012).

Existem cinco componentes principais que constituem um SIG (González et al., 2012): o *hardware*, que com o desenvolvimento que se tem verificado nos últimos anos, auxilia a expansão dos SIG com o aumento da capacidade de armazenamento de dados e de leitura dos

mesmos; o *software*, que permite a manipulação, a gestão e a análise dos dados; os dados que contêm a informação georreferenciada que vai ser analisada e armazenada; a componente humana referente aos técnicos, que depende de vários fatores, como a experiência ou a área de formação, fatores que podem contribuir para o sucesso ou insucesso de um SIG; e a organização, componente fundamental para o sucesso de um SIG, sendo necessária a definição clara dos objetivos a atingir, da planificação e coordenação das atividades e o controlo de qualidade da informação.

Na avaliação do potencial da infraestrutura pedonal, os SIG permitem o armazenamento e a organização da informação e respetiva análise, uma vez que possuem ferramentas de geoprocessamento. De entre as ferramentas utilizadas na abordagem proposta destacam-se as *Network Analyst Tools*, que permitem efetuar análises de redes e as *Spatial Analyst Tools* que permitem analisar dados raster, executar análises integradas de dados *raster*/vetorial e derivar novas informações de dados existentes com recurso, por exemplo, à reclassificação e combinação de variáveis (“álgebra de mapas”). Outras ferramentas de *Analysis, Conversion e Data Management* também são usadas ao longo do processo de análise espacial.

#### **4.1.2. Análise Multicritério**

Segundo Belton (2002), a análise multicritério define-se como uma metodologia que permite a resolução, a avaliação e a formulação de modelos de análise, de forma a organizar e sintetizar a informação disponível, e de modo a que o decisor esteja o mais seguro possível no processo de tomada de decisão. Neste tipo de análise são definidos critérios, podendo estes serem de exclusão, critério que exclui as alternativas não elegíveis, ou de fator que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa na análise (Ramos, 2000).

Uma análise multicritério não produz apenas uma resposta, mas sim várias alternativas que dependem dos critérios e pesos definidos pelo decisor, o que traz uma grande vantagem na utilização desta metodologia, pois a capacidade de analisar e explorar vários cenários e resultados, com a utilização de múltiplos critérios, pesos e combinações, permite encontrar as melhores soluções (Carver, 1991).

Segundo Ramos (2000), a aplicação da análise multicritério é feita com recurso a três fases: a avaliação de pesos para cada critério, a normalização e a combinação dos critérios. Na primeira fase é utilizado um método para determinar o peso de cada critério, permitindo quantificar a importância relativa de cada um deles. Segundo o mesmo autor, é possível agrupar as várias propostas para a definição dos pesos em quatro métodos gerais: os métodos baseados em ordenação de critérios, os métodos por distribuição de pontos, por escala de pontos e por comparação de critérios par-a-par. Na presente dissertação optou-se pela utilização do método por escala de pontos, desenvolvido inicialmente por Osgood et al. (1957) e que tem como base

a realização de inquéritos de opinião. Este método considera que sete níveis de diferenciação são suficientes para alguém expressar adequadamente a sua preferência. Os pesos de cada critério são atribuídos pela identificação de um número numa escala de um a sete (embora esta escala possa apresentar variações no número de pontos), em que um representa que o critério em consideração não é relevante e sete que o critério é importante. Após a distribuição dos pontos pelos critérios é possível proceder à normalização dos valores, obtendo-se para cada critério um conjunto de pesos (Ramos, 2000). Com a normalização dos critérios, que constitui a segunda fase, pretende-se que estes se encontrem na mesma escala de valores, pois é necessário que as grandezas e os valores sejam comparáveis de modo a possibilitar a realização das operações de análise. A expressão adotada para a normalização dos critérios foi definida por Eastman et al. (1995). Esta expressão utiliza os valores máximo e mínimo de um determinado critério para definir uma escala, segundo o apresentado na Expressão 5.

$$x_i = \frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \times n$$

Expressão 5

Onde,

$x_i$  corresponde ao valor normalizado do critério.

$R_i$  corresponde ao valor a ser normalizado.

$R_{\min}$  e  $R_{\max}$  referem-se ao valor mínimo e máximo para o critério.

$n$  corresponde ao intervalo normalizado.

A terceira e última fase corresponde à combinação de critérios. Também nesta fase existem vários procedimentos que podem ser adotados, tendo-se optado pela utilização da combinação linear ponderada, que combina os critérios do tipo fator através de uma média ponderada e possibilita a combinação com critérios de exclusão, que se encontram em escala binária (0;1). Uma das vantagens da utilização deste tipo de combinação é a possibilidade de compensação de critérios, isto é, um critério com pouca influência pode ser compensado por outros critérios (Ramos, 2000).

## 4.2. Metodologia

Para avaliar o potencial da infraestrutura pedonal da rede viária, definiu-se uma metodologia constituída por 3 fases segundo o apresentado no fluxograma da Figura 18. A primeira fase corresponde à recolha, organização da informação e escolha das variáveis a considerar na análise, a segunda fase corresponde às três análises efetuadas com recurso às ferramentas de um SIG e a terceira fase corresponde à calibração do modelo e à análise dos resultados.

A metodologia baseia-se, à semelhança de outras similares encontradas na bibliografia para avaliar o potencial de infraestruturas de transportes (Morais, 2013; Passos, 2018; Matias et al., 2019) na consideração de um conjunto de variáveis que são analisadas espacialmente e conjugadas com recurso a uma análise multicritério em ambiente SIG. As variáveis consideradas cuja análise traduz uma medida do potencial pedonal da infraestrutura existente em cidades de encosta são os polos geradores, a densidade populacional e a rede viária. Na variável da rede viária foi tido em conta a hierarquia das vias, a sua inclinação longitudinal e como esta afeta a distância e o tempo de percurso.

A recolha e o tratamento da informação espacial e alfanumérica necessárias à análise, em formato digital, assim como a definição das variáveis a considerar na análise do potencial pedonal da infraestrutura são efetuadas na primeira fase da metodologia. Dados vetoriais e alfanuméricos da rede viária a analisar, os limites administrativos do concelho, do perímetro urbano, das freguesias e subseções estatísticas da cidade, a localização dos polos geradores, dados da população e o modelo digital do terreno em formato *raster*, são exemplos da informação recolhida, tratada e organizada na base de dados.

Na segunda fase são realizadas 3 análises com recurso às ferramentas disponíveis num Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS®, versão 10.6): uma análise espacial inicial, uma análise de redes e uma análise multicritério. Na análise espacial inicial é realizada a preparação dos mapas temáticos. Nesta fase são preparados os mapas das divisões administrativas da área de estudo, da localização dos polos geradores, da densidade populacional, da hierarquização viária da rede de estradas e da inclinação das vias e outros percursos pedonais. Na análise de redes é utilizada a extensão *Network Analyst*. Nesta análise é realizada a verificação dos dados da rede, é construída a rede, sendo calculada a velocidade pedonal e o tempo de viagem, definidas as relações de conectividade, viragem e elevação, e por fim é realizada a análise das áreas de serviço dos polos geradores (isócronas). Nesta análise as isócronas são definidas com base nos tempos declarados por especialista e a população como admissíveis para percursos pedonais em cidade de encosta. Por último é realizada a análise multicritério, com recurso às ferramentas *Spatial Analyst* do ArcGIS®. Nesta análise são considerados 3 critérios, sendo o critério 1 correspondente aos polos geradores, o critério 2 a densidade populacional e o critério 3 a rede pedonal. A informação correspondente aos critérios é convertida para o formato *raster* e são atribuídos pesos aos subcritérios do critério 1 e ao critério 2. Estes subcritérios referem-se às categorias dos equipamentos (polos geradores). Para o critério 1 os pesos são atribuídos com base nos resultados de um inquérito efetuado a um painel de especialistas e a cidadãos sobre quanto tempo estariam dispostos a percorrer a pé diariamente numa cidade de encosta e a sua opinião sobre o número de pessoas que habitualmente encontram a andar a pé junto a alguns locais (Ver Anexo 2). Para o critério 2 os pesos são obtidos com base na bibliografia consultada. De seguida, normalizam-se os valores destes dois critérios e, através de uma

combinação linear ponderada dos 3 critérios determina-se o Potencial da Infraestrutura Pedonal.

Na terceira e última fase da metodologia é realizada a calibração, ou seja, a definição do peso de cada critério na combinação linear ponderada. São ainda apresentados e analisados os resultados obtidos para as diferentes combinações de pesos, incluído a apresentação dos mapas de potencial da infraestrutura pedonal, onde é possível identificar os locais com diferentes graus de potencial pedonal, classificados de muito elevado a muito reduzido.

Na Figura 19 apresentam-se em detalhe as operações e as ferramentas utilizadas em cada fase da metodologia. Apresenta-se também as diferentes etapas, a interligação entre as mesmas e os resultados obtidos (mapa de potencial da infraestrutura pedonal).

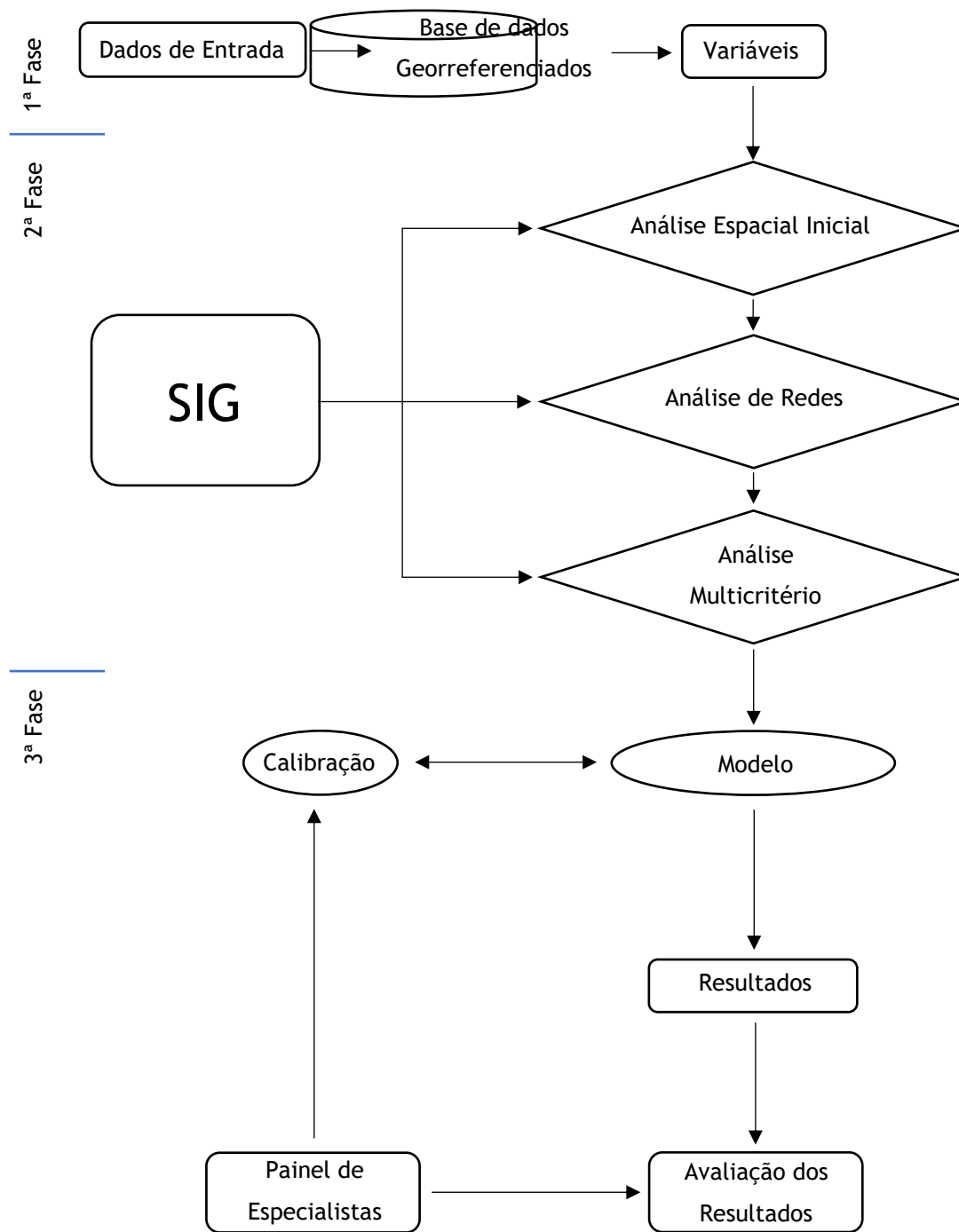


Figura 18 - Fases da metodologia adotada para avaliar o potencial da infraestrutura pedonal (Adaptado de Passos (2018))

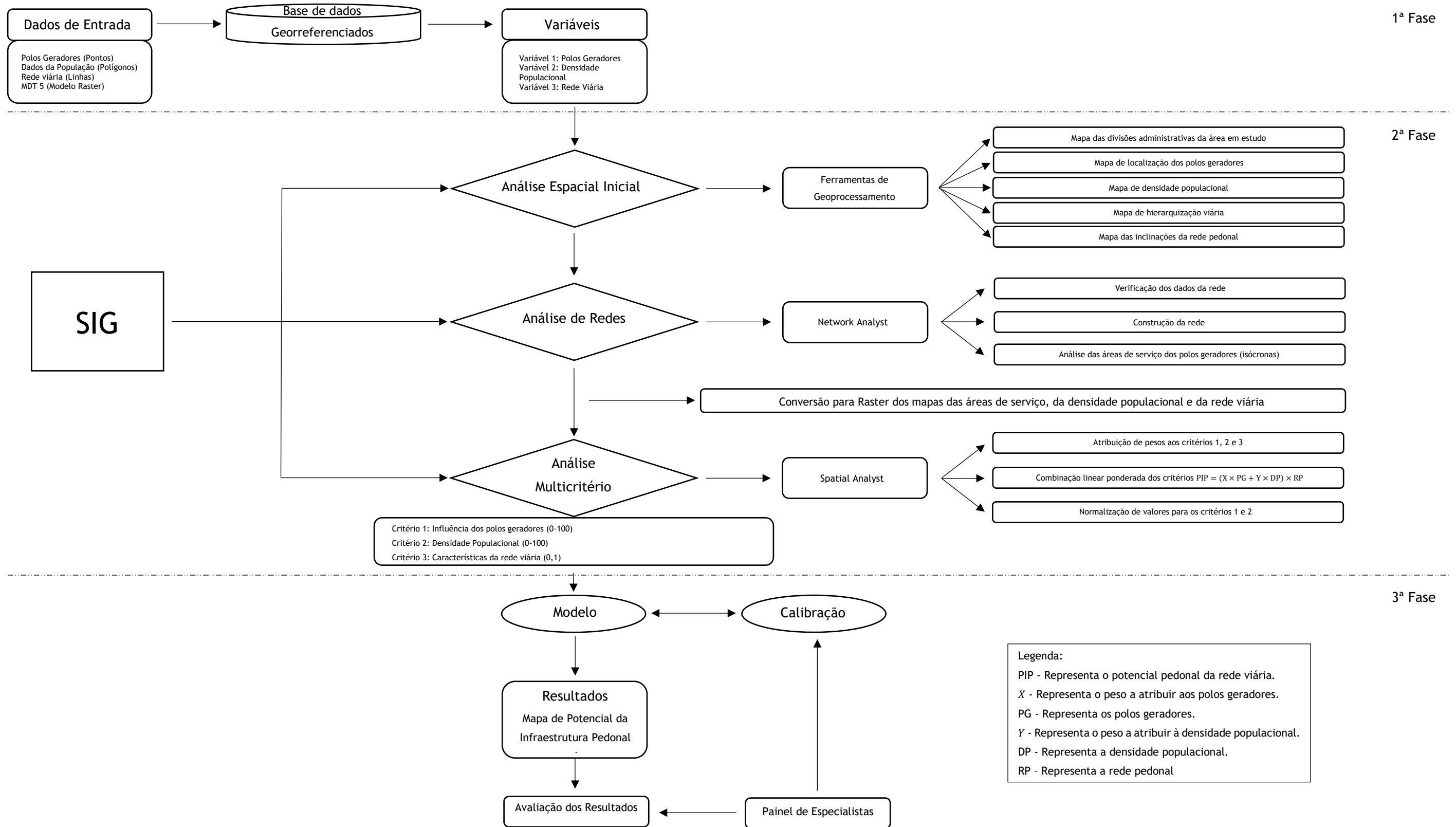


Figura 19 - Fluxograma detalhado da metodologia

## 5. Caso de Estudo: O Potencial da Infraestrutura Pedonal do Perímetro Urbano da Covilhã

### 5.1. Caracterização da Área de Estudo

#### 5.1.1. Território e População

Situada na encosta nascente da Serra da Estrela, a Covilhã localiza-se na região centro de Portugal e é o centro urbano mais importante da sub-região das Beiras e Serra da Estrela. Caracteriza-se pela sua orografia essencialmente montanhosa e o seu núcleo urbano estende-se entre os 450 e os 800 metros de altitude (CMCovilhã, 2019).

O concelho da Covilhã é, atualmente, composto por 21 freguesias, resultado da agregação de 10 freguesias na Reorganização Administrativa do Território das Freguesias em 2013, contando com uma área territorial de aproximadamente 555,60 km<sup>2</sup>.

A área de estudo da presente dissertação incide no perímetro urbano do concelho, onde a densidade populacional é mais elevada e os principais equipamentos estão localizados. A área urbana é composta por 5 freguesias: Covilhã e Canhoso, Boidobra, Tortosendo, Cantar Galo e Vila do Carvalho, e Teixoso.

Devido à data dos Censos (2011) ser anterior à data da Reorganização Administrativa do Território das Freguesias (2013), foram consideradas no estudo as freguesias que compunham o perímetro urbano antes da reorganização:

- Covilhã (antigas freguesias de Conceição, São Martinho, São Pedro e Santa Maria);
- Canhoso;
- Tortosendo;
- Teixoso;
- Cantar Galo;
- Vila do Carvalho;
- Boidobra.

Nas Figuras 20 e 22 são apresentadas as freguesias e o perímetro urbano antes da Reorganização Administrativa do Território das Freguesias de 2013 e nas Figuras 21 e 23 as freguesias e o perímetro urbano após a reorganização.

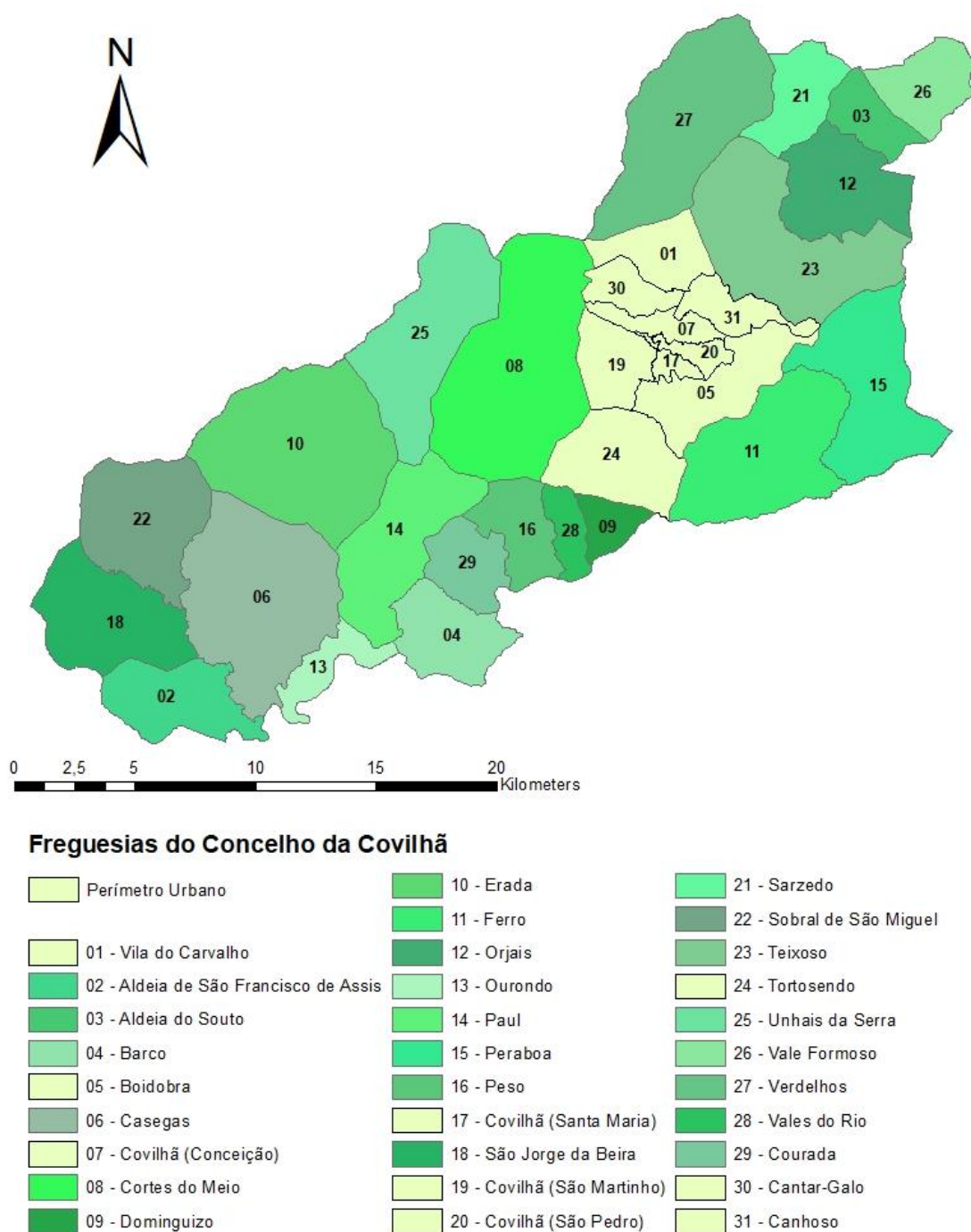
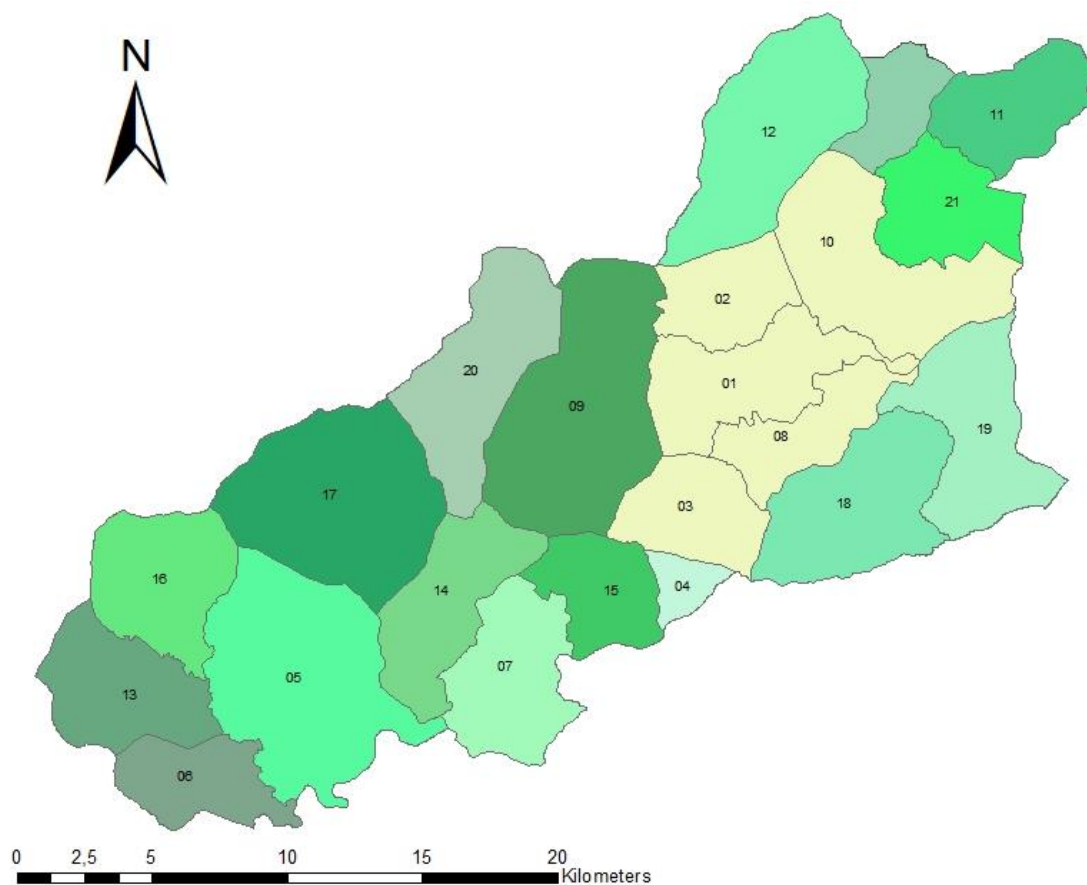


Figura 20 - Freguesias do Concelho da Covilhã antes da reorganização administrativa de 2013



**Freguesias do Concelho da Covilhã**

Perímetro Urbano	10 - Teixoso e Sarzedo
01 - Covilhã e Canhoso	11 - Vale Formoso e Aldeia do Souto
02 - Cantar-Galo e Vila do Carvalho	12 - Verdelhos
03 - Tortosendo	13 - São Jorge da Beira
04 - Dominguizo	14 - Paul
05 - Casegas e Ourondo	15 - Peso e Vales do Rio
06 - Aldeia de São Francisco de Assis	16 - Sobral de São Miguel
07 - Barco e Coutada	17 - Erada
08 - Boidobra	18 - Ferro
09 - Cortes do Meio	19 - Peraboa
	20 - Unhais da Serra
	21 - Orjais

Figura 21 - Freguesias do Concelho da Covilhã depois da reorganização administrativa de 2013

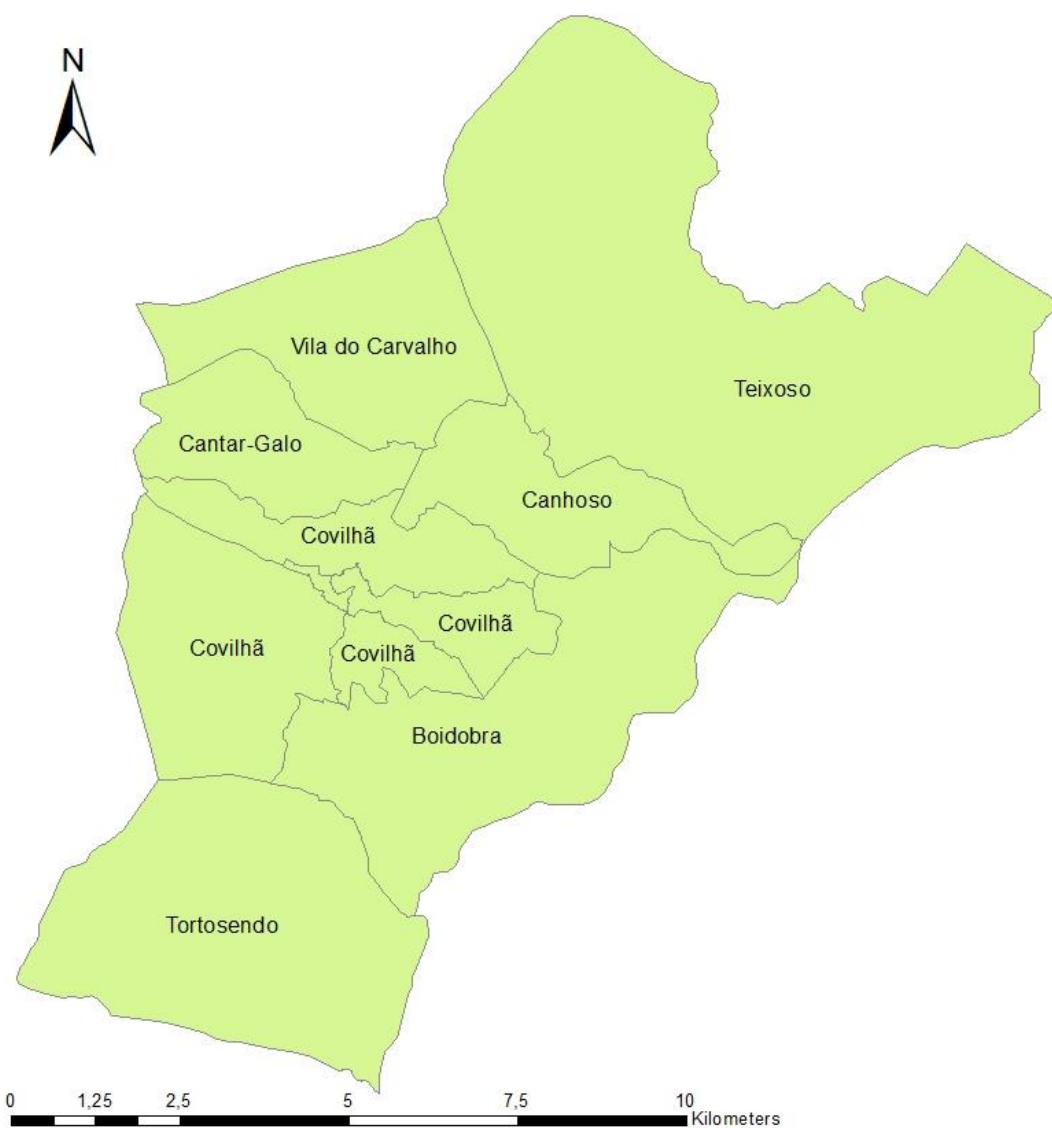


Figura 22 - Freguesias do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã antes da reorganização administrativa de 2013

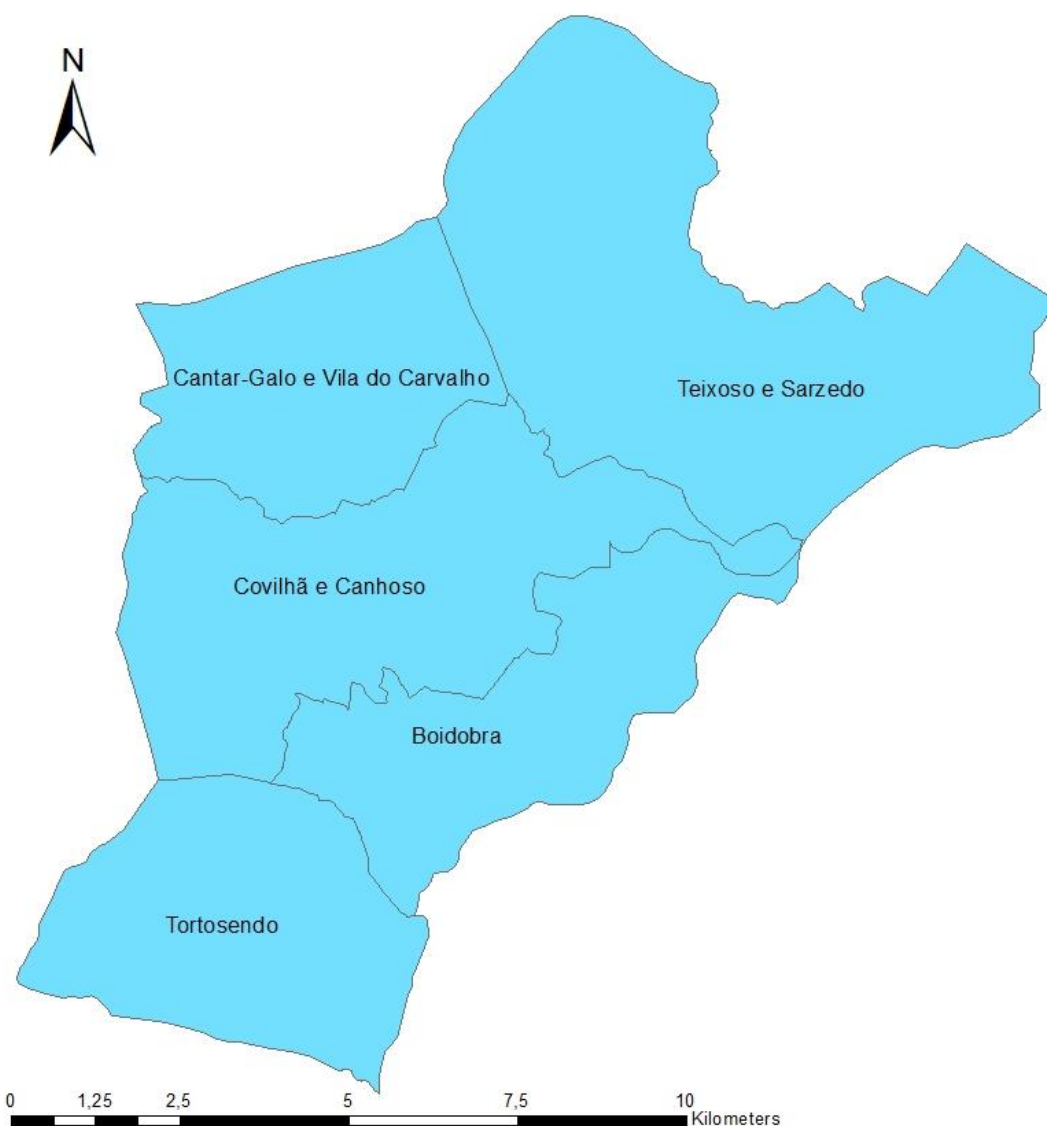


Figura 23 - Freguesias do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã depois da reorganização administrativa de 2013

No que respeita à população, o concelho da Covilhã tem uma população aproximada de 51 800 habitantes, segundo os Censos 2011 (INE, 2011b). A repartição etária dos habitantes é a seguinte (INE, 2011b):

- 0 a 14 anos - 6369 habitantes (12,30%);
- 15 a 24 - 5013 habitantes (9,68%);
- 25 a 64 anos - 28 166 habitantes (54,38%);
- Mais que 65 anos - 12 249 habitantes (23,64%).

Analisando os dados disponíveis no Censos (INE, 2001; INE, 2011), chega-se à conclusão que a Covilhã, à semelhança da maior parte dos municípios portugueses, apresentou entre 2001 e 2011 um decréscimo da população (- 4,95%), assim como um decréscimo da população com idade ativa (-2,73%) e um aumento da população envelhecida (+ 4,26%).

As Figuras 24 e 25 apresentam a densidade populacional por freguesia e por subsecção estatística. Nestas é possível verificar que as freguesias que constituem o perímetro urbano, e as respetivas subunidades estatísticas, apresentam os valores mais elevados da densidade populacional.

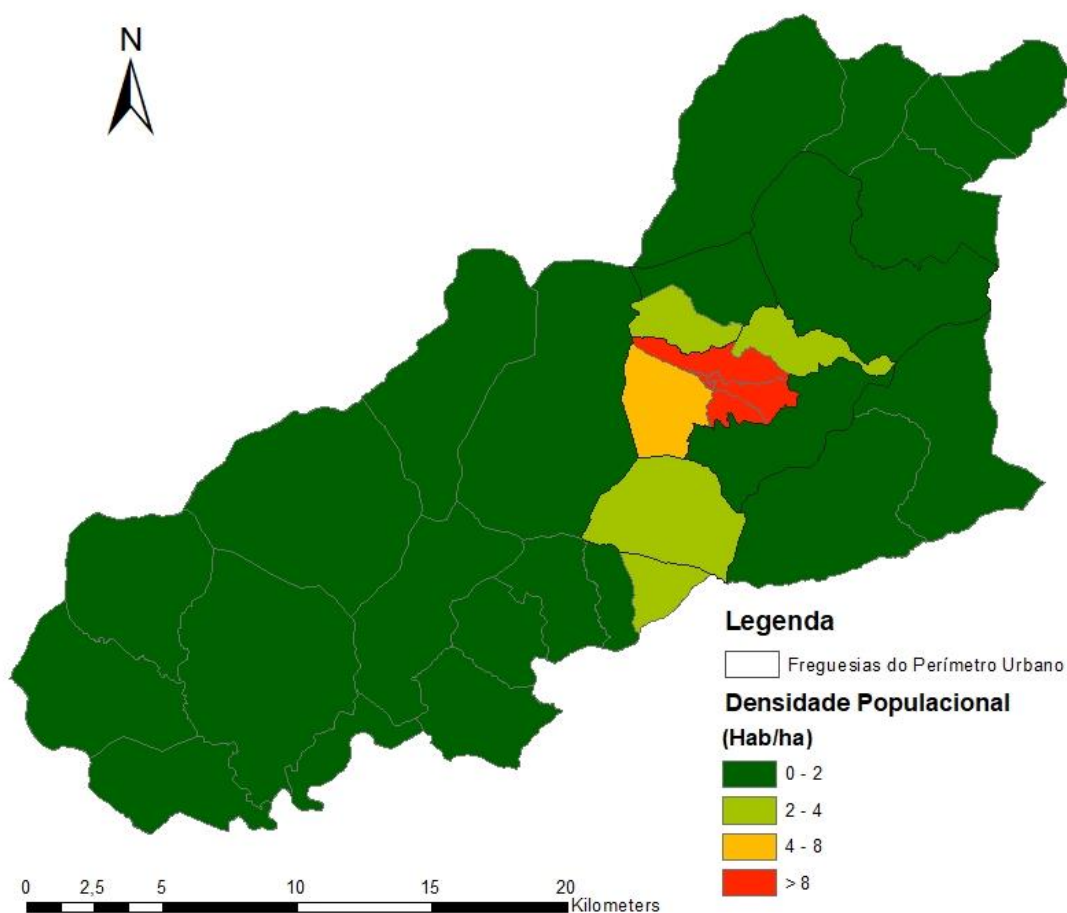


Figura 24 - Densidade populacional no Concelho da Covilhã por freguesia (hab./ha)

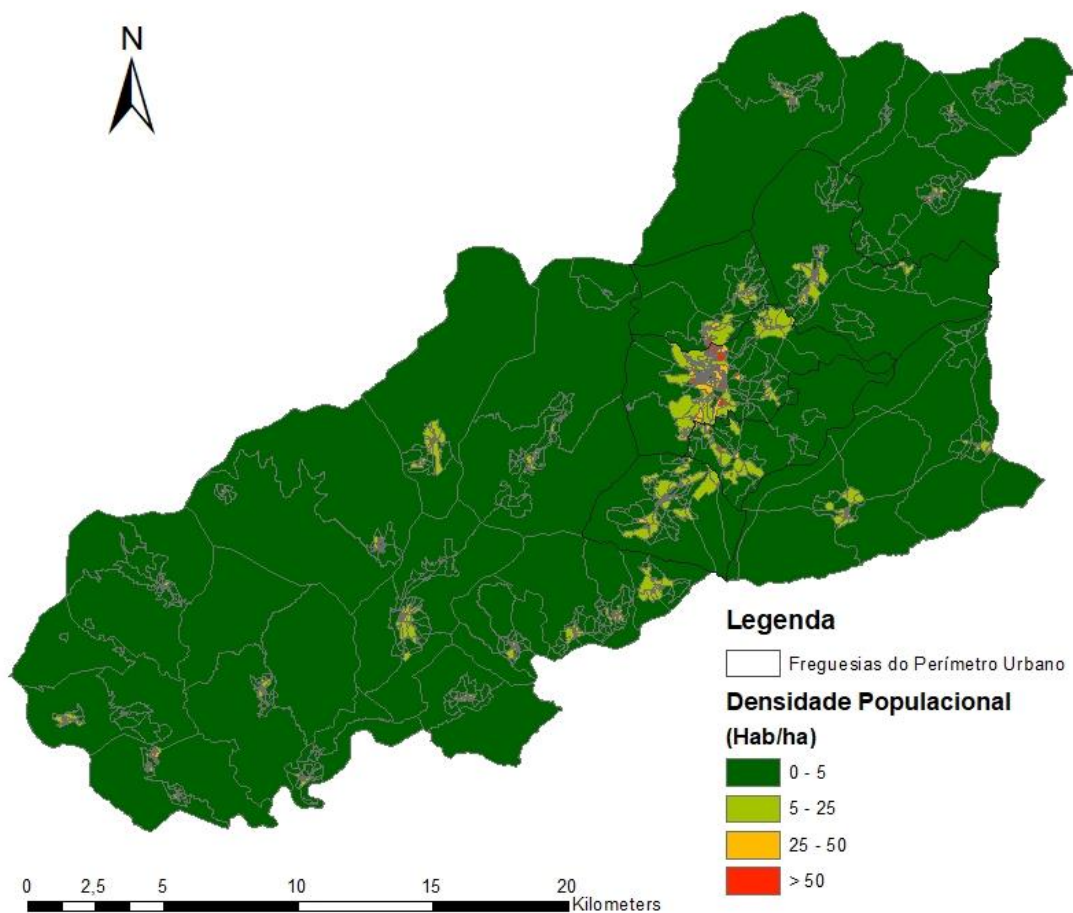


Figura 25 - Densidade populacional no Concelho da Covilhã por subsecção estatística (hab./ha)

## 5.2. Mobilidade

Os dados recolhidos nos Censos 2011 (INE, 2011b) possibilitam a análise e comparação da informação relativa ao uso de diferentes modos de transporte em Portugal e no município da Covilhã.

Ao comparar os dados sobre o uso dos modos suaves na Covilhã com os do país, verifica-se um valor ligeiramente superior no concelho da Covilhã na utilização do modo pedonal para deslocações pendulares, como é possível confirmar na Tabela 10. Segundo estes dados, 67,5% da população da Covilhã utiliza o carro, 15,1% utiliza os transportes públicos e 17% utiliza o modo pedonal nas deslocações pendulares. Embora seja uma cidade de montanha, caracterizada por ruas com elevado declive, a percentagem de população que usa o modo pedonal é significativa, sendo justificável pela existência de elevadores e da ponte pedonal sobre a ribeira da Carpinteira, que ligam os principais pontos da cidade.

Na Tabela 11 é possível verificar que a Covilhã se encontra abaixo da média nacional no que respeita à duração média dos movimentos pendulares. A Figura 26 apresenta o mapa com a duração média dos movimentos pendulares da população das freguesias da Covilhã.

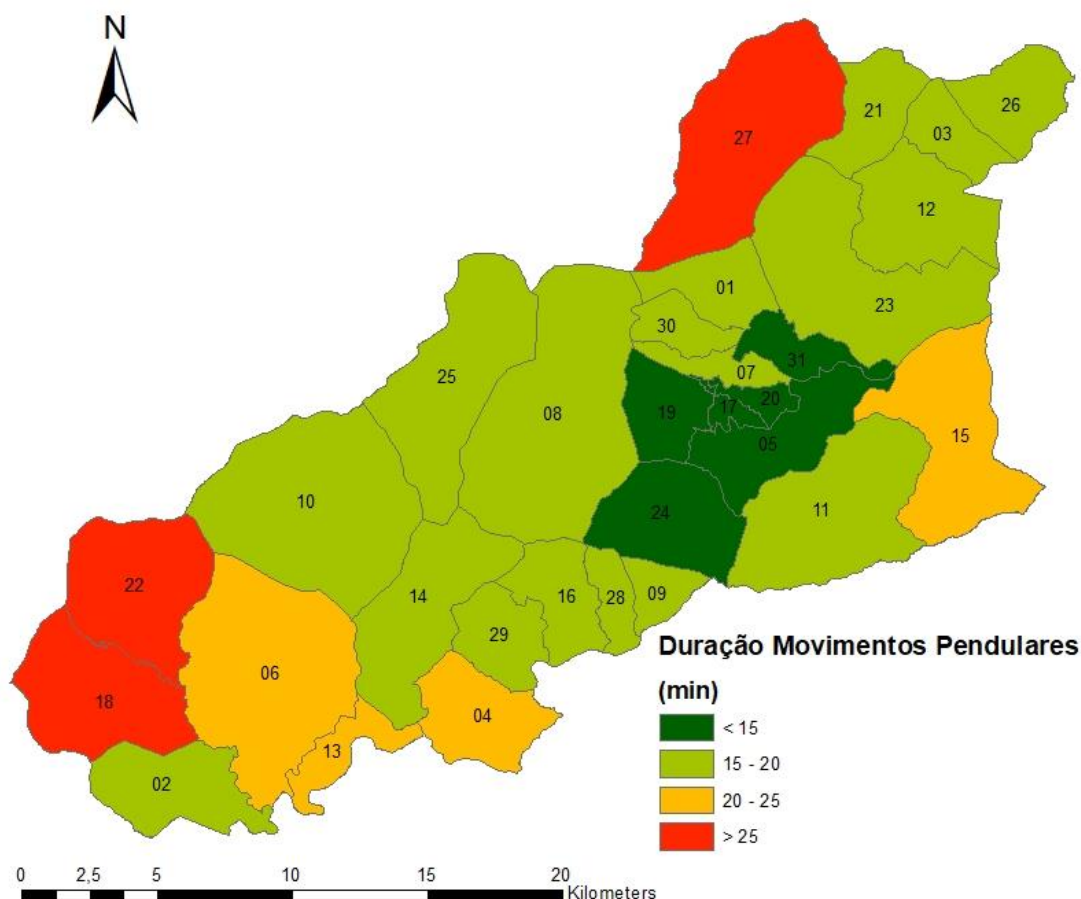
A duração dos movimentos pendulares utilizando transporte individual e transporte coletivo, para a cidade da Covilhã também está abaixo da média nacional (ver Tabelas 12 e 13). No que diz respeito à duração média dos movimentos pendulares, utilizando o modo pedonal, não existem dados disponíveis para análise.

Tabela 10 - Proporção da população em relação ao modo de transporte utilizado (Covilhã e Portugal NUTS - 2011) (INE, 2011b)

Local de Residência	Proporção da população residente empregada ou estudante que utiliza o modo pedonal nas deslocações pendulares (%)	Proporção da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte individual nas deslocações pendulares (%)	Proporção da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte coletivo nas deslocações pendulares (%)
Portugal	16,4	63,3	20,0
Covilhã	17,0	67,5	15,1

Tabela 11 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de residência (Portugal e Covilhã) (INE, 2011b)

Local de Residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante
Portugal	20,02
Covilhã	16,05



### Freguesias do Concelho da Covilhã

01 - Vila do Carvalho	11 - Ferro	21 - Sarzedo
02 - Aldeia de São Francisco de Assis	12 - Orjais	22 - Sobral de São Miguel
03 - Aldeia do Souto	13 - Ourondo	23 - Teixoso
04 - Barco	14 - Paul	24 - Tortosendo
05 - Boidobra	15 - Peraboa	25 - Unhais da Serra
06 - Casegas	16 - Peso	26 - Vale Formoso
07 - Covilhã (Conceição)	17 - Covilhã (Santa Maria)	27 - Verdelhos
08 - Cortes do Meio	18 - São Jorge da Beira	28 - Vales do Rio
09 - Dominguiço	19 - Covilhã (São Martinho)	29 - Courada
10 - Erada	20 - Covilhã (São Pedro)	30 - Cantar-Galo
		31 - Canhoso

Figura 26 - Duração média dos movimentos pendulares da população por freguesia (INE, 2011b)

Tabela 12 - Duração média dos movimentos pendulares (min) da população que utiliza modo de transporte individual (Portugal e Covilhã) (INE, 2011b)

Local de Residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte individual
Portugal	18,00
Covilhã	15,49

Tabela 13 - Duração média dos movimentos pendulares (min) da população que utiliza modo de transporte coletivo (Portugal e Covilhã) (INE, 2011b)

Local de Residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte coletivo
Portugal	34,28
Covilhã	25,28

## 5.3. Aplicação da Metodologia

### 5.3.1. Dados

Para iniciar o caso de estudo foi necessário recolher um conjunto de dados alfanuméricos relativos à população do concelho da Covilhã, dados geográficos no formato vetorial, como a rede viária, localização dos polos geradores e limites administrativos do concelho e dados geográficos no formato *raster* como o Modelo Digital do Terreno.

Todos os dados obtidos em formato digital foram introduzidos e tratados no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS® (versão 10.6), tendo sido adotado o sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989.

Para avaliar o potencial da infraestrutura pedonal no concelho da Covilhã, consideraram-se três variáveis a utilizar na análise espacial e multicritério: Polos Geradores, Densidade Populacional e Rede Viária.

## Variável 1: Polos Geradores

O concelho da Covilhã dispõe de vários tipos de equipamentos (Saúde, Serviços, Educação, Turismo, Cultura, Lazer, Deporto), sendo que maioritariamente estes se encontram dentro do perímetro urbano do concelho.

Foi assim necessário identificar, localizar e georreferenciar os principais equipamentos. Estes foram escolhidos devido à sua importância nos movimentos pendulares e diários pedonais existentes no concelho.

A categoria e quantidade de equipamentos considerados foram as seguintes:

- Comércio (6 equipamentos)
- Educação (22 Equipamentos)
- Lazer (12 Equipamentos)
- Saúde (5 Equipamentos)
- Serviços Públicos (20 Equipamentos)
- Transporte (2 Equipamentos)
- Turismo (6 Equipamentos)

Nas tabelas 14 e 15 são apresentados os equipamentos escolhidos, agrupados pelas respetivas categorias.

Tabela 14 - Principais equipamentos do concelho: Comércio, Educação e Saúde

Categoria	Equipamento
Comércio	1 - Covilhã Shopping
	2 - Intermarché
	3 - Serra Shopping
	4 - Lidl
	5 - Mercado Municipal da Covilhã
	6 - Sporting Shopping Center
Educação	7 - UBI - Faculdade de Ciências da Saúde
	8 - UBI - Faculdade de Ciências / Faculdade de Artes e Letras
	9 - UBI - Faculdade Engenharias
	10 - UBI - Faculdade Ciências Sociais e Humanas
	18 - UBI - Polo Desporto/Residências
	11 - Escola Secundária Quinta das Palmeiras
	12 - Escola Secundária Frei Heitor Pinto
	13 - Escola Secundária Campos Melo
	14 - Escola Pêro da Covilhã
	15 - Escola Básica 2º e 3º ciclo do Teixoso
	16 - Escola Básica Integrada de São Domingos
	17 - Escola Básica 2º e 3º ciclo do Tortosendo
	19 - Escola Profissional de Artes da Beira Interior
	20 - Escola Básica "A Lã e a Neve"
	21 - Escola Básica da Boidobra
	22 - Escola Básica de Santo António
	23 - Escola Básica do Refúgio
	24 - Escola Básica de São Silvestre
25 - Escola Básica do Rodrigo	
26 - Escola Básica nº1 do Teixoso	
27 - Escola Básica de Vila do Carvalho	
28 - Escola Básica dos Penedos Altos	
Saúde	41 - Centro de Saúde da Covilhã
	42 - Centro Hospitalar Cova da Beira
	43 - CEDIR - Centro de Diagnostico
	44 - Centro de Saúde do Tortosendo
	45 - Posto Médico de Vila do Carvalho
	66 - Estação Ferroviária da Covilhã
Transporte	67 - Central de Camionagem
	67 - Central de Camionagem

Tabela 15 - Principais equipamentos do concelho: Lazer, Serviços e Turismo

Categoria	Equipamento
Lazer	29 - Complexo Desportivo da Covilhã
	30 - Jardim do Lago
	31 - Jardim das Artes
	32 - Jardim da Goldra
	33 - Estádio José Santos Pinto
	34 - Jardim Municipal
	35 - Piscina Municipal
	36 - ADE - Associação Desportiva da Estação
	37 - Museu de Arte Sacra
	38 - Museu dos Lanifícios
	39 - Tinturaria - Galeria de Exposições
	40 - Teatro Cine
Serviços	46 - Finanças
	47 - Câmara Municipal da Covilhã
	48 - CTT - Posto de correios da Covilhã
	49 - ADC - Águas da Covilhã, EM
	50 - IEFP
	51 - Biblioteca Municipal
	52 - Esquadra PSP
	53 - CTT - São Lazaro
	54 - Tribunal
	55 - Junta de Freguesia da Covilhã
	56 - Posto de Turismo
	57 - Biblioteca Central da UBI
	58 - Posto da GNR
	59 - Estaleiros da CMC
	60 - Junta de Freguesia do Tortosendo
	61 - Junta de Freguesia do Teixoso
62 - Junta de Freguesia da Boidobra	
63 - Junta de Freguesia da Vila do Carvalho	
64 - Junta de Freguesia de Cantar-Galo	
65 - Segurança Social	
Turismo	68 - Hotel Pura Lã
	69 - Hotel TRYP D Maria
	70 - Hotel Santa Eufémia
	71 - Hotel Solneve
	72 - Hotel Covilhã Jardim
	73 - Covilhã Parque Hotel

Na Figura 27 é possível visualizar a distribuição dos principais equipamentos pelo perímetro urbano do concelho, representados por pontos e com simbologia por categorias. Os pontos no mapa correspondem à localização da entrada principal de cada um dos equipamentos. Na Figura 28 cada equipamento é identificado por um número que dá correspondência nas Tabelas 14 e 15 ao nome do equipamento.

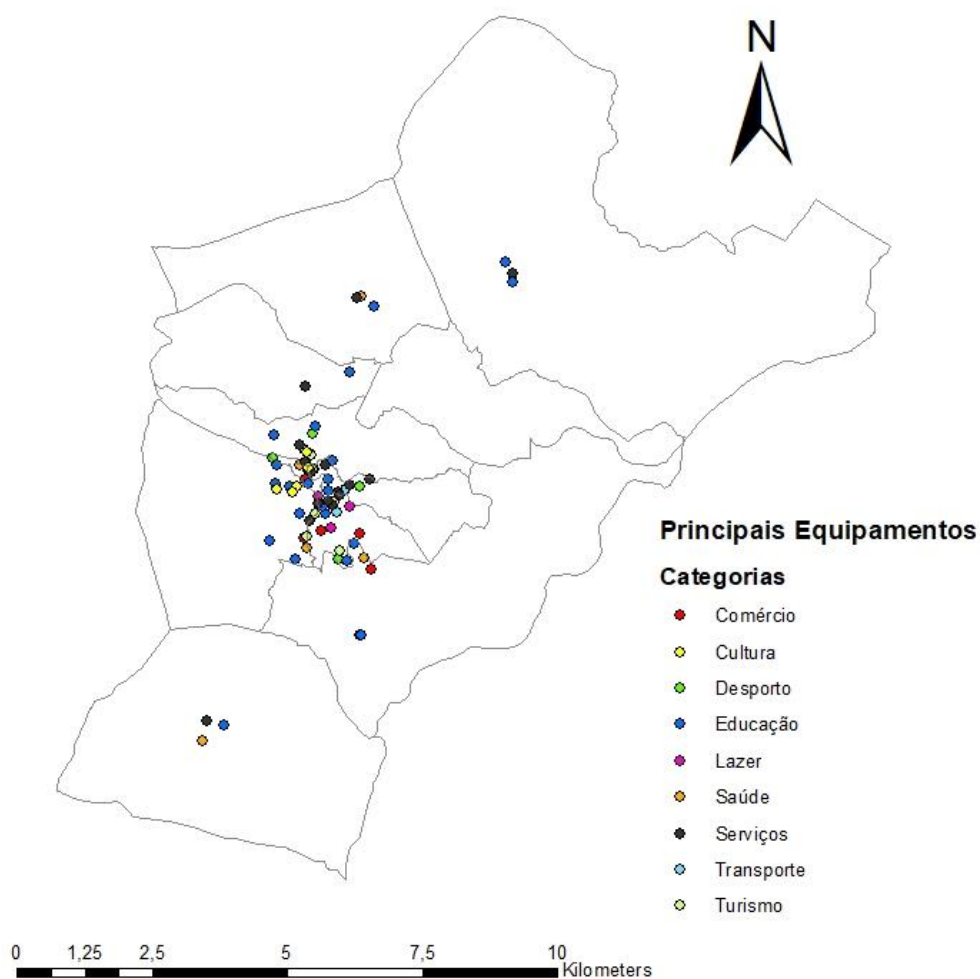


Figura 27 - Mapa com os principais equipamentos do concelho da Covilhã, por categorias

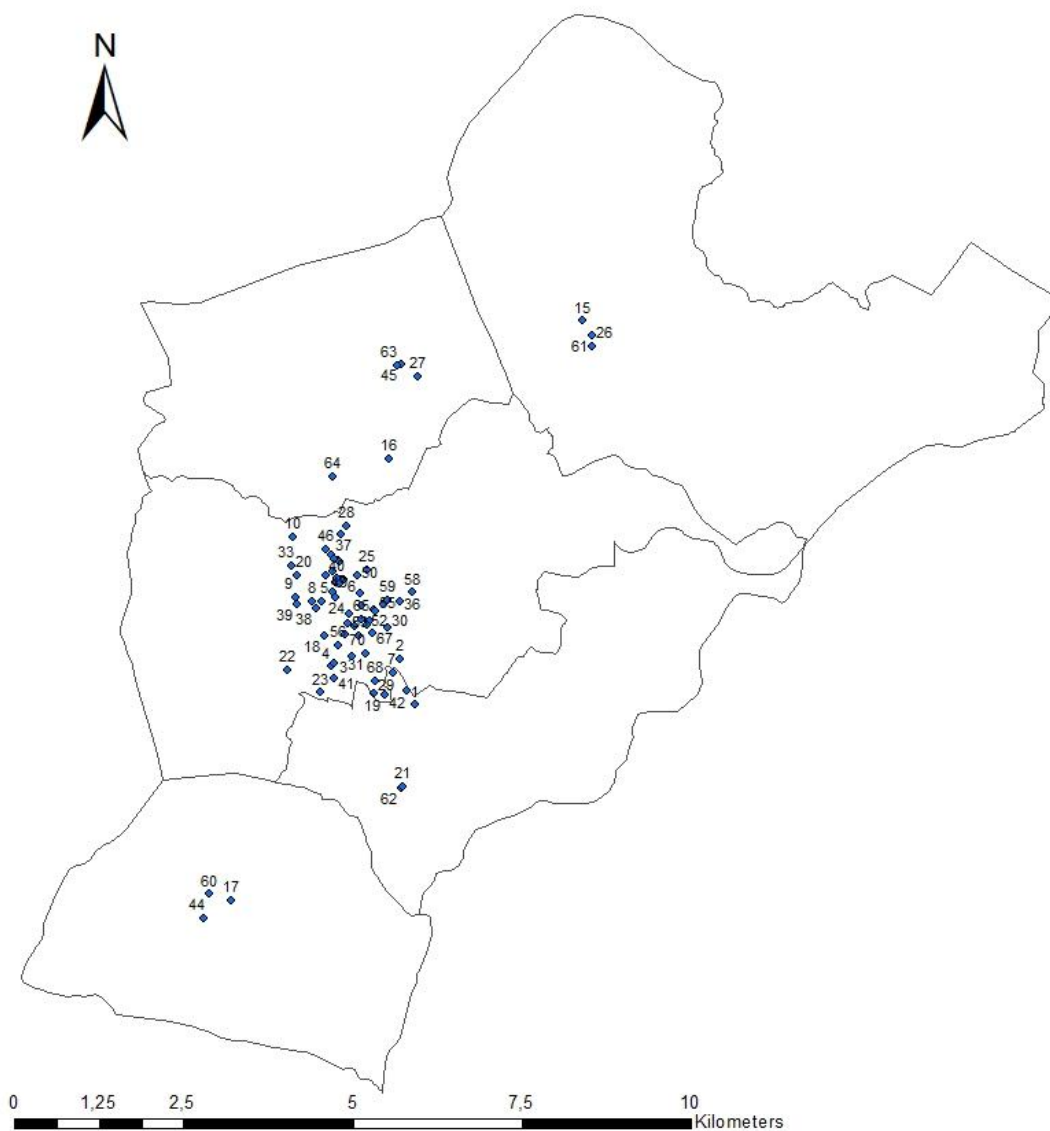


Figura 28 - Mapa com os principais equipamentos do perímetro urbano do concelho da Covilhã

## Variável 2: Densidade Populacional

Para o cálculo desta segunda variável utilizou-se a informação vetorial e alfanumérica da Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI) do INE (INE, 2011a), relativa aos Censos 2011 (INE, 2011b). Esta informação é disponibilizada ao nível da subseção estatística. Assim, tendo em conta a população residente, expressa em habitantes, e o cálculo da área em hectares, foi possível obter a densidade populacional por subseção estatística, expressa em Hab/ha. A distribuição espacial da densidade populacional por subseção estatística do perímetro urbano da Covilhã pode ser observada no mapa da Figura 29.

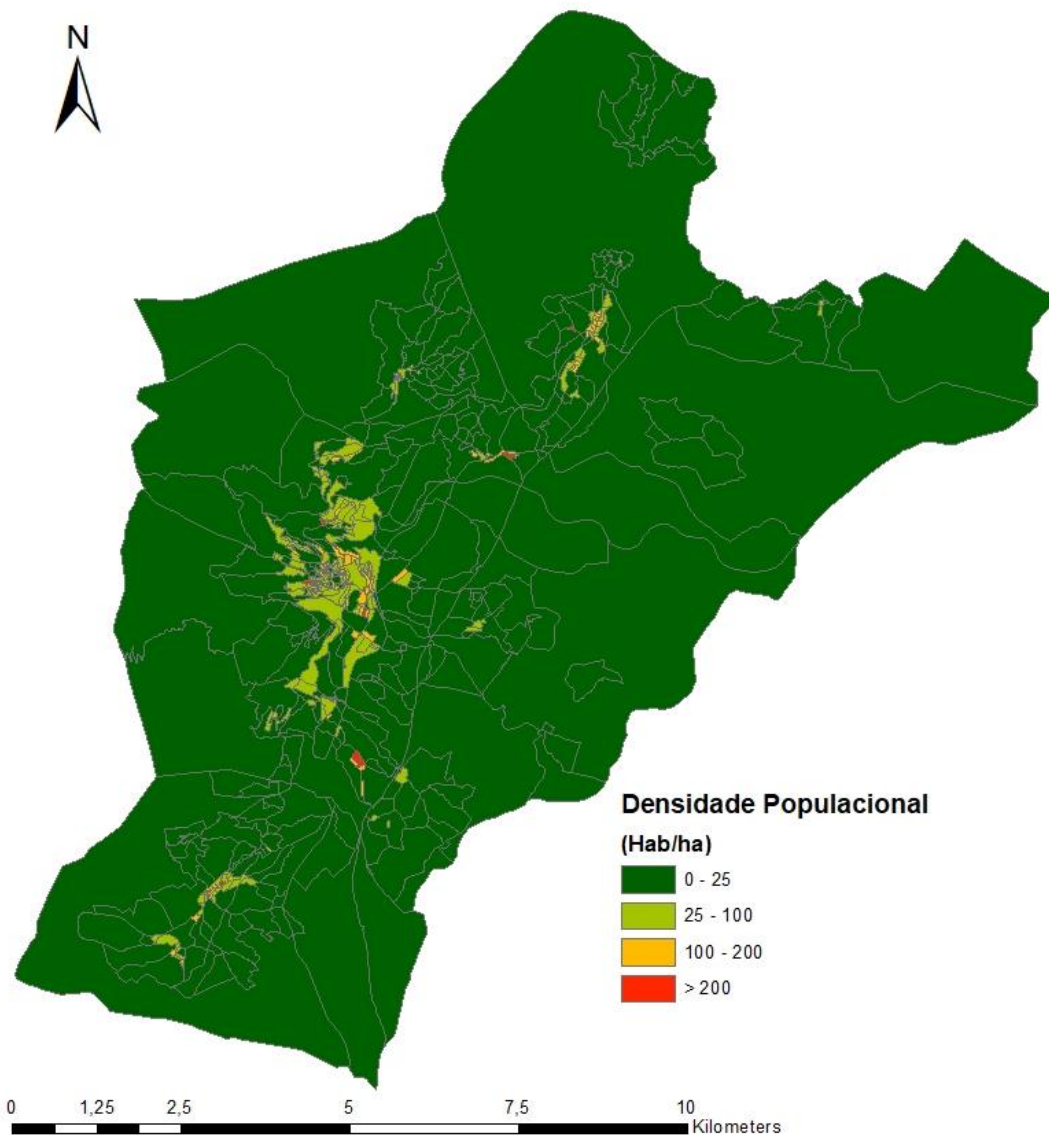


Figura 29 - Mapa da densidade populacional (Hab/ha) no Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã, por subseção estatística

### Variável 3: Rede Viária

O concelho da Covilhã apresenta uma rede viária com uma extensão total de 1898 km, sendo que 425 km se encontram dentro do perímetro urbano. No total do concelho e em termos de hierarquização viária, existem 65,6 km (3,46%) de Vias Coletoras (VC), 212,7 km (11,20%) de Vias Distribuidoras Principais (VDP), 226,5 km (11,93%) de Vias Distribuidoras Locais (VDL) e 1393,5 km (73,41%) de Vias de Acesso Local (VAL). No perímetro urbano existem 31,1 km (7,31%) de Vias Coletoras, 49,5 km (11,64%) de Vias Distribuidoras Principais, 114,1 km (26,82%) de Vias Distribuidoras Locais e 230,6 km (54,23%) de Vias de Acesso Local.

Na Figura 30 e 31 está ilustrada a distribuição da rede viária do concelho e do perímetro urbano da Covilhã, por tipo de via,

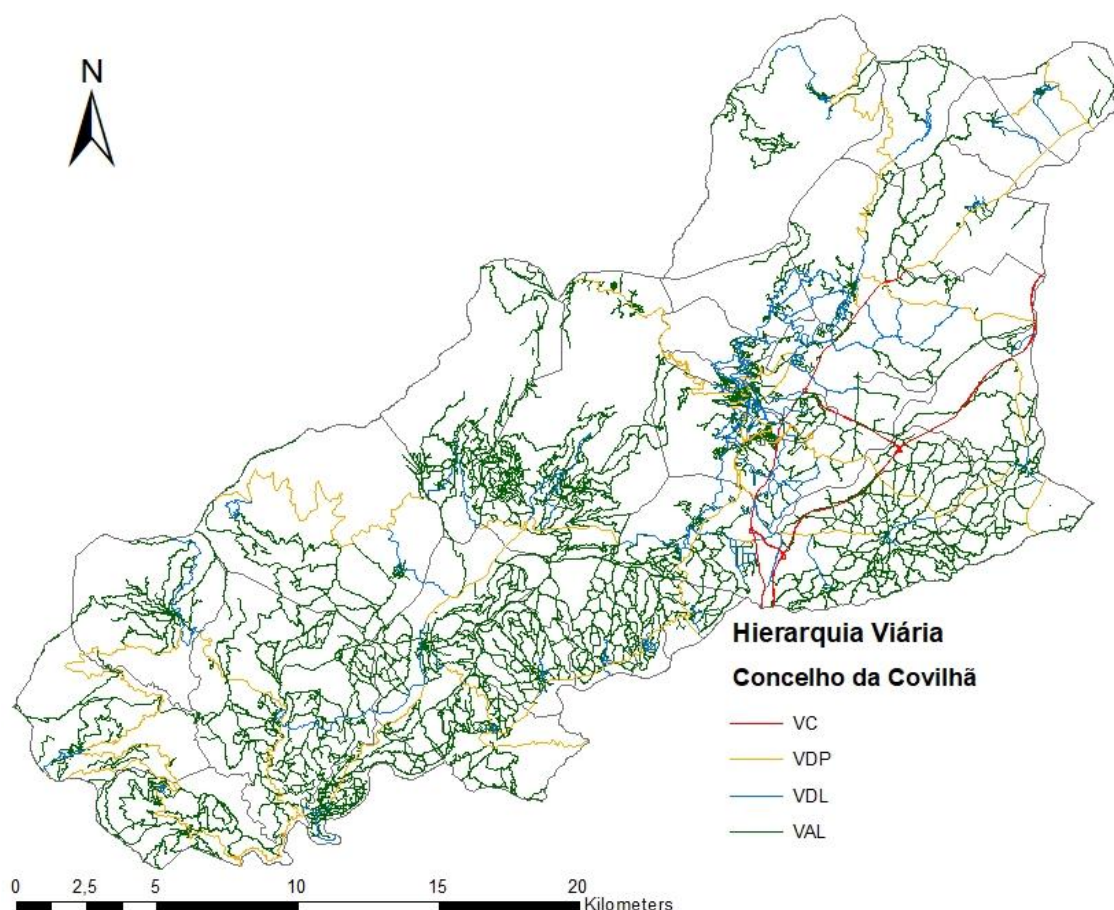


Figura 30 - Mapa da rede viária do Concelho da Covilhã e respetiva hierarquização

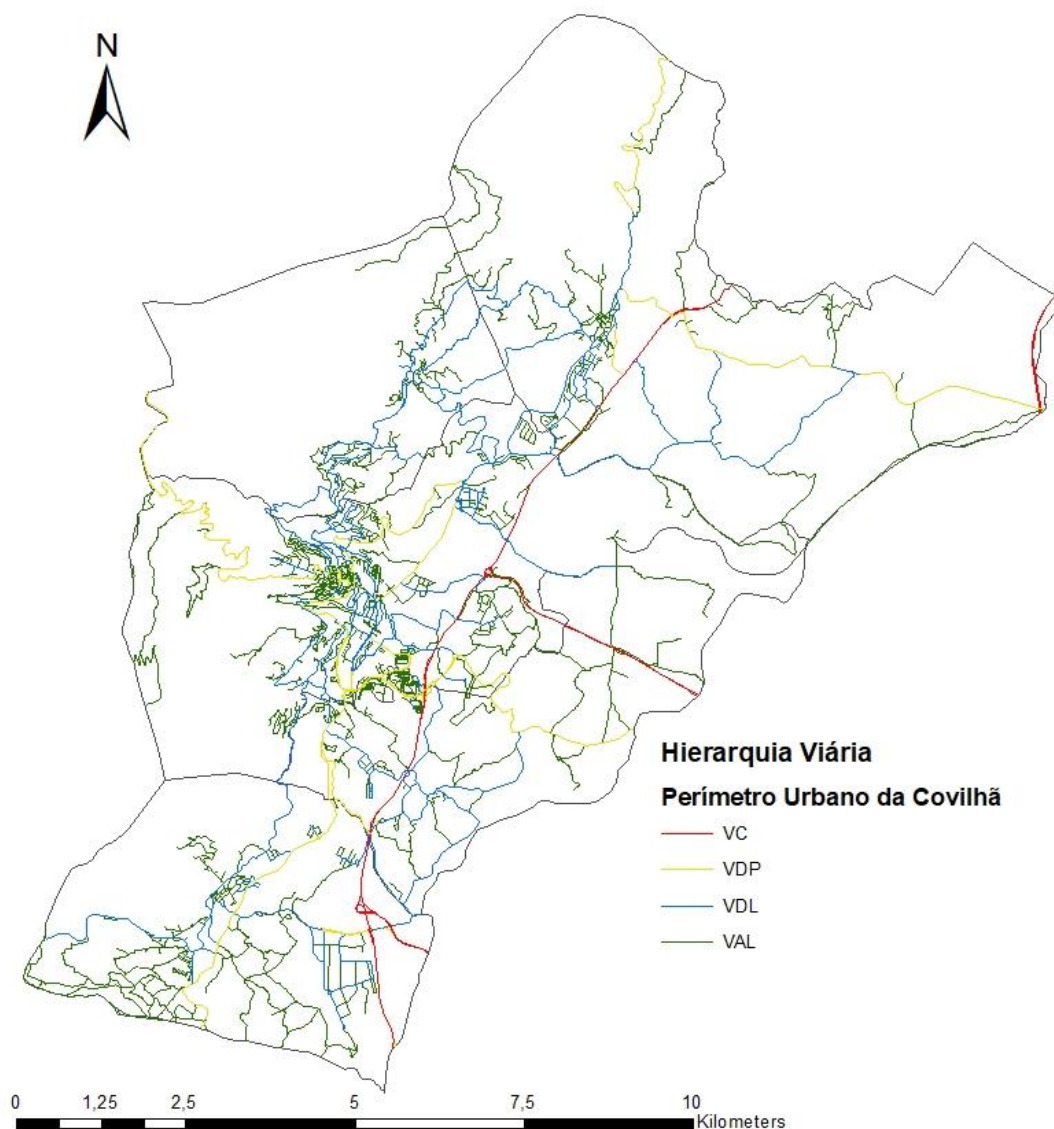


Figura 31- Mapa da rede viária do Perímetro Urbano da Covilhã e respetiva hierarquização

### 5.3.2. Análise Espacial Inicial

#### 5.3.2.1. Preparação da Rede a Analisar

Após reunir toda a informação descrita anteriormente, passou-se à análise espacial inicial. Foi utilizada uma rede previamente tratada, tendo sido completada a informação sobre os nomes das ruas, verificou-se a hierarquia viária, adicionaram-se os percursos pedonais não coincidentes com a rede viária (parques, jardins, escadarias, elevadores), fez-se o cálculo da extensão das vias e a correção do sentido de orientação, uma vez que sendo percursos pedonais a circulação é permitida em todas as vias nos dois sentidos.

Para o estudo, apenas são consideradas as vias onde é possível a circulação pedonal, pelo que as vias do tipo coletoras não foram consideradas por não ser permitida a circulação pedonal nas mesmas. Como referido anteriormente, o perímetro urbano da Covilhã situa-se numa área cuja altitude varia entre os 450 e os 800 metros, o que dificulta as deslocações pedonais. De forma a minorar estas complicações, a câmara municipal decidiu construir dois elevadores verticais, um funicular, dois elevadores inclinados e uma ponte pedonal. Para além destes equipamentos, existe um grande número de escadarias espalhadas por toda a área da cidade. Tendo em conta a sua importância para a circulação pedonal, estes elementos do sistema pedonal existente foram identificados e incorporados na rede a analisar (ver Figura 32 e 33).

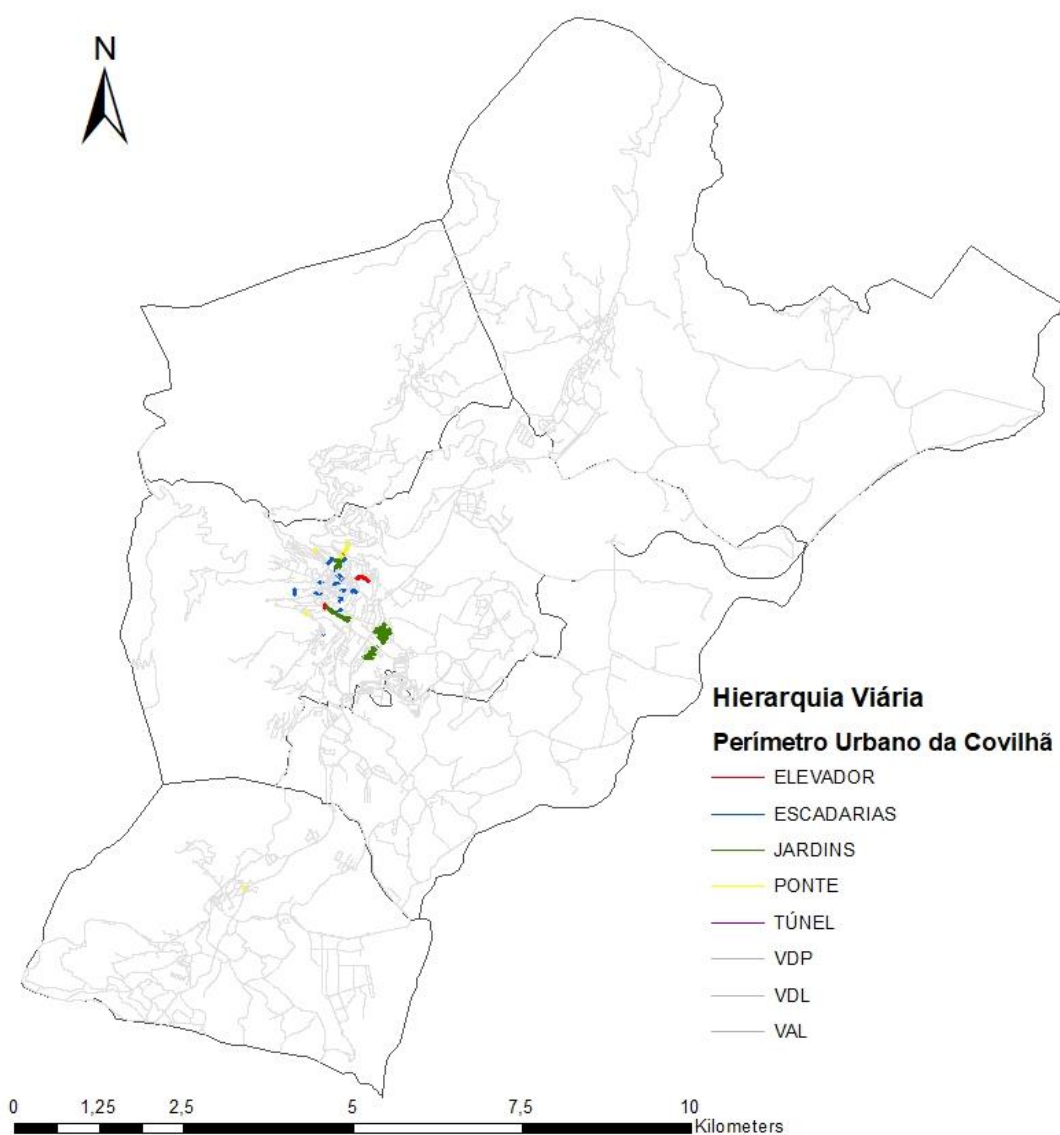


Figura 32 - Mapa da rede viária e dos elementos do sistema pedonal



Figura 33 - Pormenor dos elementos do sistema pedonal existentes na Rede Pedonal

De forma a garantir a continuidade adequada dos percursos a efetuar na análise espacial, foram utilizadas as ferramentas disponíveis no SIG para corrigir os erros topológicos.

Concluída esta análise e situando-se a área do caso de estudo numa cidade de encosta, um dos elementos mais importantes a ter em conta é a inclinação longitudinal dos percursos. Foi então necessário obter do Modelo Digital do Terreno (MDT) informação relativa às cotas da rede pedonal de forma a obter a inclinação de cada via, escadaria, ponte pedonal, caminho e elevador. Para isso efetuou-se a sobreposição do MDT, com 5 metros de resolução espacial, com a rede pedonal. Após esta sobreposição foi possível calcular a cota a que se encontra o início e o fim de cada segmento, que junto com o respetivo comprimento, possibilitou a obtenção da inclinação.

A Figura 34 ilustra a inclinação da rede pedonal do perímetro urbano da Covilhã.

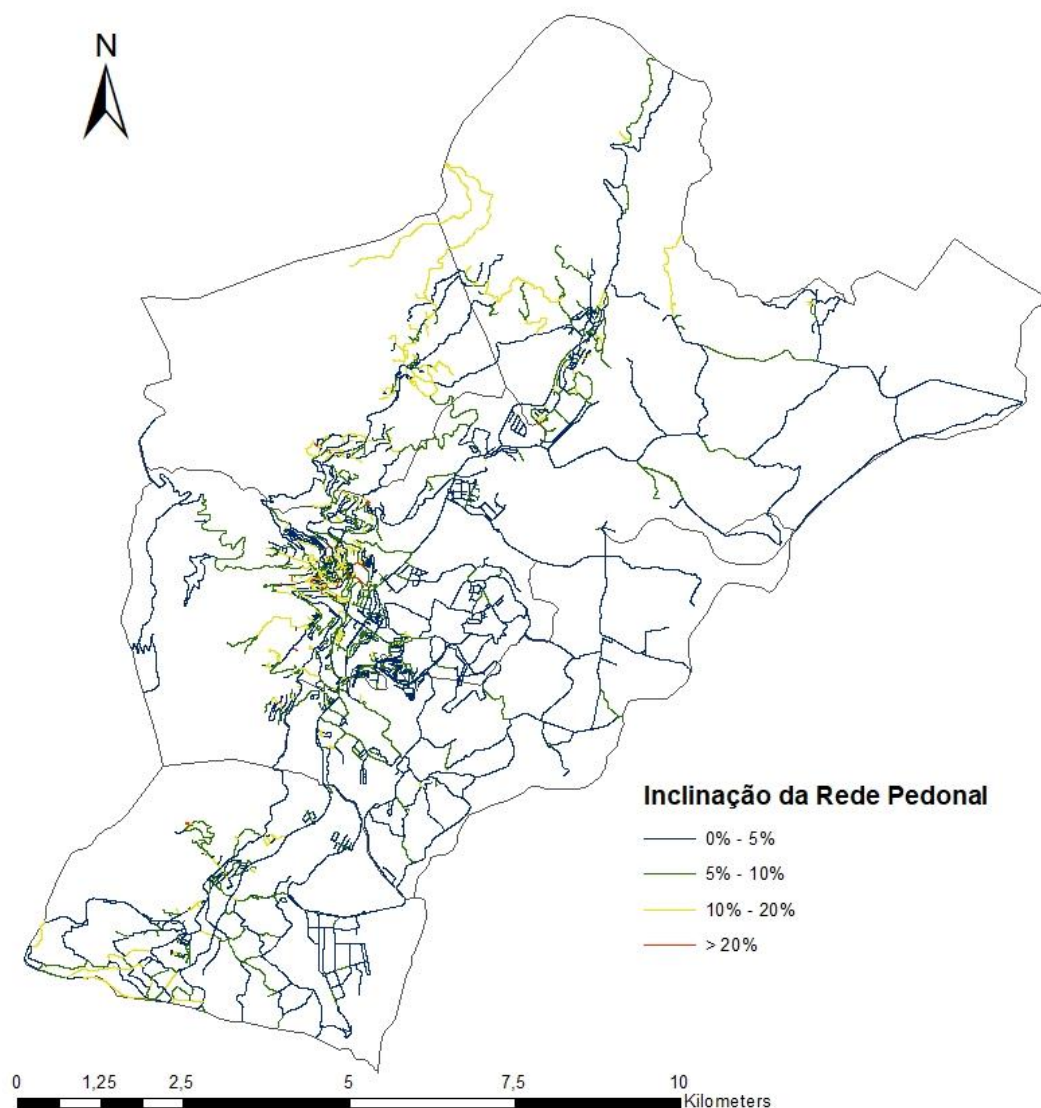


Figura 34 - Mapa da inclinação da Rede Pedonal

Com a inclinação dos segmentos da rede e recorrendo aos modelos Tobler's Hiking Function e Naismith Rule, foi determinada a velocidade de circulação pedonal para cada segmento. Neste estudo, optou-se por usar os valores obtidos no modelo Tobler's Hiking Function, uma vez que a expressão permite obter diretamente a velocidade de circulação pedonal. Foi também necessário calcular a velocidade pedonal em escada e nos elevadores. No caso das escadas, a velocidade usada foi a proposta por Fruin (1987), assumindo que a velocidade média na subida de escadas é cerca de um terço da velocidade de caminhada sem qualquer declive, e a velocidade em descida, aumenta 10% do valor em relação à velocidade de subida. Nos elevadores, a velocidade foi determinada a partir dos dados do tempo de viagem dos percursos efetuados pelos mesmos recolhidos *in situ* e das distâncias medidas no SIG (ver tabela 16).

Tabela 16 - Velocidade dos Elevadores/Funiculares

Nome do Elevador/Funicular	Velocidade (Km/h)
Elevador do Jardim (junto ao Jardim Público)	2,78
Elevador do Jardim (junto à Ponte Pedonal)	2,54
Elevador da Goldra	3,6
Funicular de São João	7,2
Elevador de Santo André	3,6

Tendo os valores da velocidade é possível obter o tempo de viagem pedonal e, assim, considerar este dado na análise espacial do potencial da infraestrutura pedonal.

### 5.3.3. Análise das Áreas de Influência

Após a preparação da rede pedonal, utilizou-se a extensão *Network Analyst* do ArcGIS® para calcular as áreas de serviço (ou áreas de influência) dos diferentes polos geradores de tráfego pedonal (equipamentos), tendo sido realizadas análises para as categorias de polos geradores consideradas nas Tabelas 14 e 15.

Com base nos resultados obtidos nos inquéritos efetuados à população e ao painel de especialistas (Anexo 2), optou-se por determinar, para cada equipamento, três áreas de influência em função do tempo de percurso pedonal: entre 0 e 10 minutos, entre 10 e 15 min e entre 15 e 20 minutos. Esta escolha baseia-se ainda na consideração de que, mesmo numa cidade de encosta como a Covilhã, 10 minutos para uma deslocação pedonal é razoável tendo em conta a existência de elevadores e pontes pedonais como meios facilitadores na deslocação, e que a partir dos 20 minutos o peão optaria por um meio de transporte diferente para a sua deslocação. Ao contrário da maioria das análises deste tipo, onde as áreas de influência são determinadas em função da distância, neste estudo optou-se pelo tempo, uma vez que se torna

mais perceptível e representa melhor o que os peões estão dispostos a percorrer a pé numa cidade de encosta.

Considera-se ainda que os peões circulam junto à rede viária, nos passeios ou nas bermas das estradas (quando não existe passeio) e que utilizam os elementos do sistema pedonal adicionados (elevadores, escadarias, pontes pedonais, túneis e caminhos em jardins e parques).

Nas figuras 35 e 36 apresentam-se, a título de exemplo, dois mapas produzidos com as áreas de influência obtidas para o caso dos equipamentos das categorias Serviços e Educação. Os restantes mapas correspondentes às restantes categorias, encontram-se nos Anexos 6 a 14.

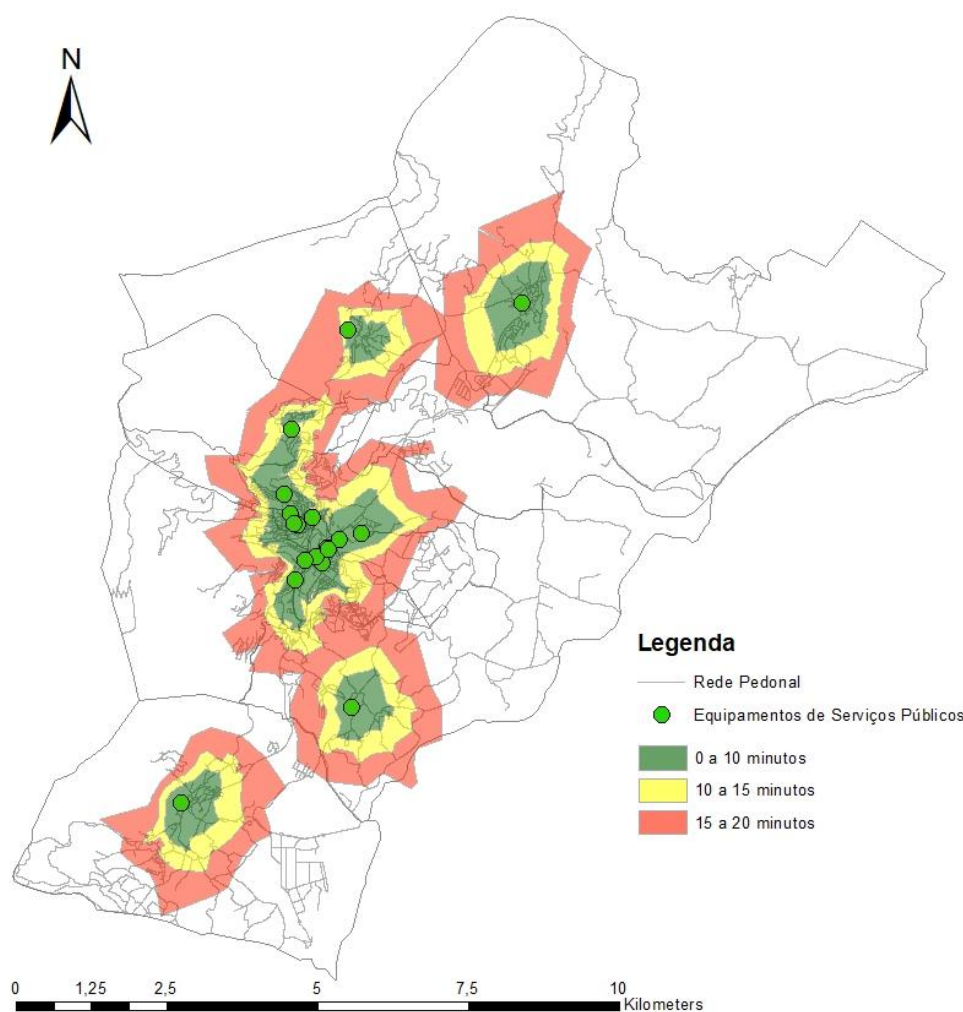


Figura 35 - Mapa das áreas de influência de circulação pedonal para os equipamentos da categoria Serviços

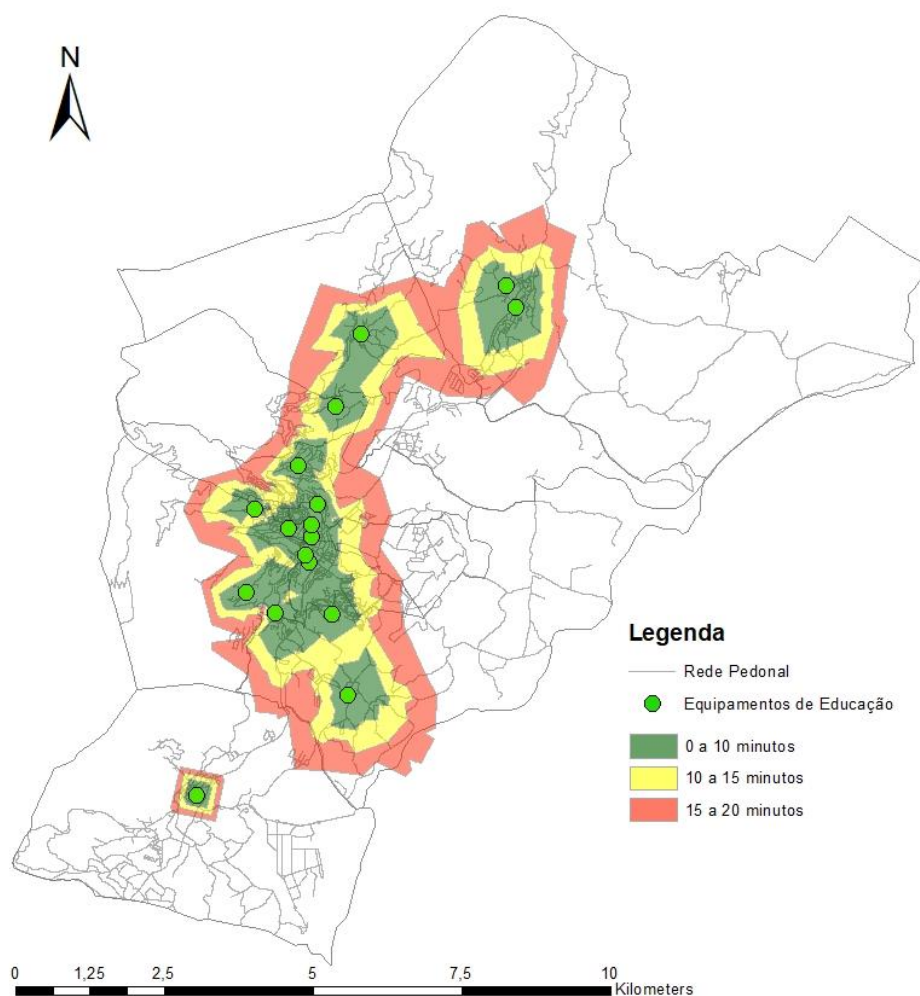


Figura 36 - Mapa das áreas de influência de circulação pedonal para os equipamentos da categoria Educação

De seguida foi atribuída uma pontuação às áreas de influência dos polos geradores, de modo a definir o grau de importância de cada uma. Para isso utilizou-se uma metodologia de atribuição de pontos entre 0 e 100, conforme o apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Pontuação atribuída às áreas de serviço

Tempo de percurso (min)	Pontuação (0-100)
0 - 10 min	90
10 - 15 min	60
15 - 20 min	30
> 20 min	1

Considera-se que quanto menor for o tempo de percurso, mais provável é o uso do modo pedonal na deslocação.

Na conversão para *raster* dos mapas das áreas de influência obtidas em formato vetorial para cada categoria de equipamento, a cada célula (pixel) é atribuído o valor desta pontuação. Na Figura 37, está representado o mapa com a pontuação atribuída às áreas de influência da categoria Serviços.

A conversão para *raster* permitirá na etapa seguinte da análise, combinar os resultados obtidos para as diferentes categorias de forma a obter um único mapa de áreas de influência (para o total dos equipamentos considerados).

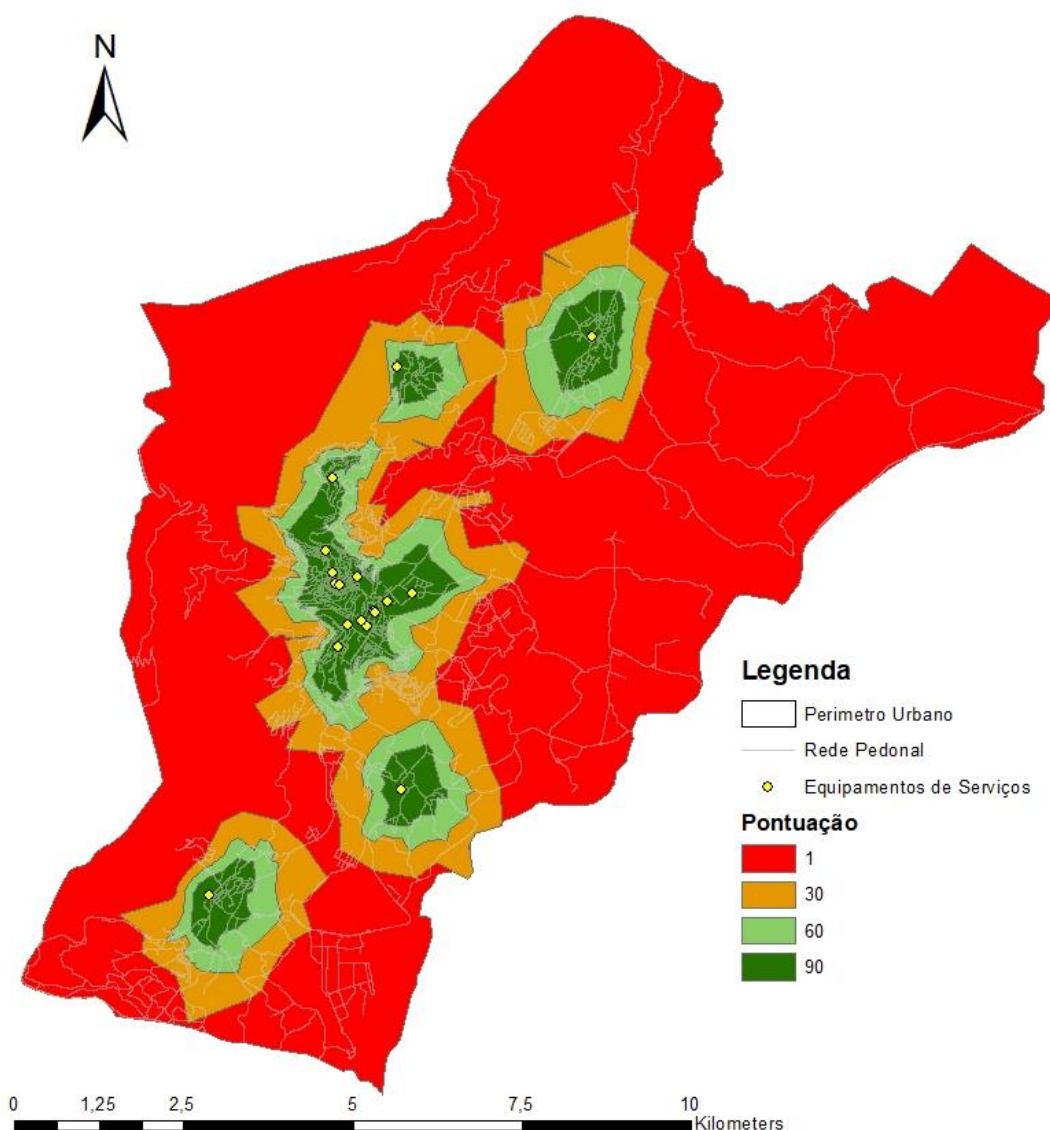


Figura 37 - Mapa da pontuação para as áreas de influência da categoria Serviços

### 5.3.4. Análise Multicritério

Iniciou-se a análise multicritério pela definição do peso de cada subcritério (categoria de equipamento) do critério 1 (polos geradores). Preparou-se e realizou-se então para este efeito um inquérito, em formato *online*, com o objetivo de ser enviado a um grupo de Especialistas na área dos Transportes e Mobilidade, Professores Universitários de várias instituições nacionais, Gestores municipais da rede pedonal e cidadãos da Covilhã. Neste estudo, foi solicitado a distribuição do inquérito pelos trabalhadores e estudantes da UBI e pelos funcionários do Centro Hospitalar da Cova da Beira. No total obtiveram-se 15 respostas de especialistas e 275 respostas dos cidadãos, num total de 290 respostas. O inquérito e respetivas respostas são apresentados nos Anexos 2 e 3.

Com este inquérito foi possível atribuir pesos a cada uma das categorias de equipamentos considerada, traduzindo assim a sua atratividade pedonal, conforme o apresentado na Tabela 18. Optou-se por subdividir a categoria de lazer nas categorias de desporto e cultura, passando-se a considerar 9 categorias em vez das 7 iniciais.

Tabela 18 - Pesos dos subcritérios dos polos geradores

Categoria	Peso Especialistas	Peso Cidadãos
Transportes	0,79	0,66
Saúde	0,74	0,64
Ensino	0,75	0,75
Serviços	0,61	0,62
Comércio	0,61	0,65
Turismo	0,66	0,56
Cultura	0,55	0,53
Lazer	0,64	0,66
Desporto	0,55	0,60

Visto existirem diferenças significativas em alguns pesos obtidos para os especialistas e os cidadãos, não foi possível agrupar as respostas. Foi então necessário atribuir percentagens aos pesos de cada grupo de inquiridos e determinar um peso composto para cada subcritério. Para a definição destas percentagens optou-se por efetuar um estudo de sensibilidade, tendo-se considerados as seguintes 3 distribuições de pesos: 60% para os especialistas e 40% para os cidadãos, 50% para os especialistas e 50% para os cidadãos e 40% para os especialistas e 60% para os cidadãos. A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 19 - Percentagens dos Pesos atribuídos a cada grupo

Categoria	Peso Especialistas 15	Peso Cidadãos 275	Pesos 40%/60%	Pesos 50%/50%	Pesos 60%/40%
Transportes	0,79	0,66	0,71	0,73	0,74
Saúde	0,74	0,64	0,68	0,69	0,70
Ensino	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Serviços	0,61	0,62	0,62	0,62	0,61
Comércio	0,61	0,65	0,63	0,63	0,62
Turismo	0,66	0,56	0,60	0,61	0,62
Cultura	0,55	0,53	0,54	0,54	0,54
Lazer	0,64	0,66	0,65	0,65	0,65
Desporto	0,55	0,6	0,58	0,58	0,57

Os resultados das 3 distribuições revelaram-se bastante semelhantes, tendo-se optado pela adoção da distribuição de peso de 40% para os especialistas e 60% para os cidadãos. A decisão baseia-se na elevada discrepância entre o número de inquéritos respondidos pelos especialistas (15) e o elevado número de cidadãos que responderam ao inquérito (275). Embora os especialistas possam ter uma melhor perceção sobre as questões de mobilidade colocadas no inquérito, há que ter em conta que a maioria deles não habita na cidade do caso de estudo.

Após a definição dos pesos dos subcritérios a utilizar na análise determinou-se, através da aplicação da Expressão 5, o valor do critério 1 em função da influência de cada categoria de equipamento e área de influência.

$$PG = \sum_i^n \frac{w_n \times i_n}{n}$$

Expressão 6

Onde,

PG representa o critério dos polos geradores.

w é o peso de cada subcritério.

i é a pontuação das áreas de influência de cada subcritério.

n é o número de subcritérios.

Na figura 38 apresenta-se o resultado da aplicação da Expressão 5 para determinação do critério 1, tendo-se verificado valores de PG entre 0,64 e 53.

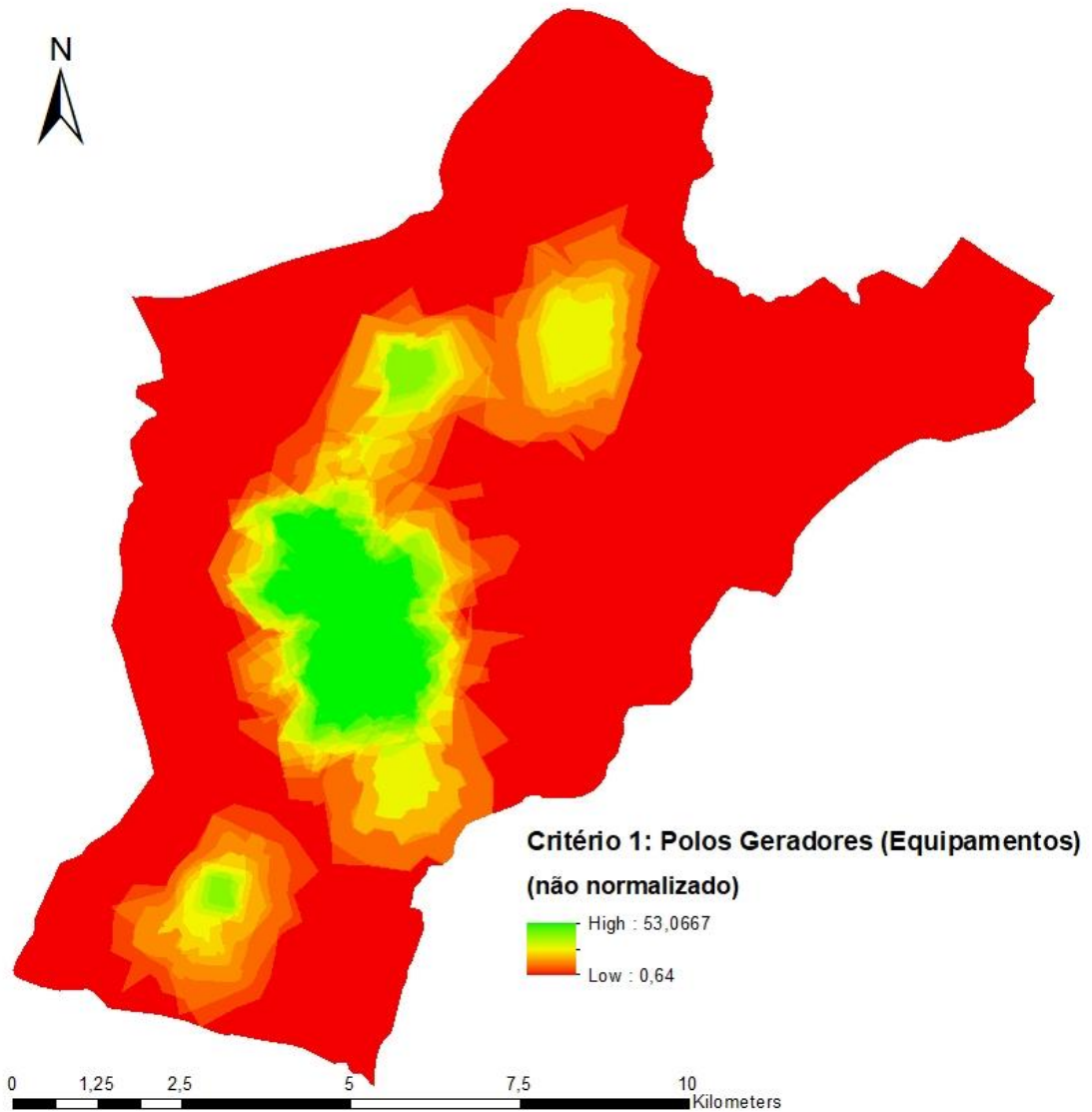


Figura 38 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério dos Polos Geradores (não normalizado)

Os resultados obtidos para os critérios 1 e 2 (Critério 2: Densidade Populacional - ver Figura 40) foram normalizados para uma escala de 0 a 100, de modo a que possam ser combinados na análise multicritério. Esta normalização foi realizada através de uma reclassificação de valores, aplicando a Expressão 6.

$$x_i = \frac{(R_i - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})} \times 100$$

Expressão 7

Onde,

$x_i$  é o valor do pixel normalizado.

$R_i$  é o valor do pixel a normalizar.

$R_{\min}$  e  $R_{\max}$  são os valores máximo e mínimo do pixel para o critério em análise.

Nas Figuras 39 e 40, apresentam-se os resultados normalizados obtidos para os critérios 1 e 2 (polos geradores e densidade populacional).

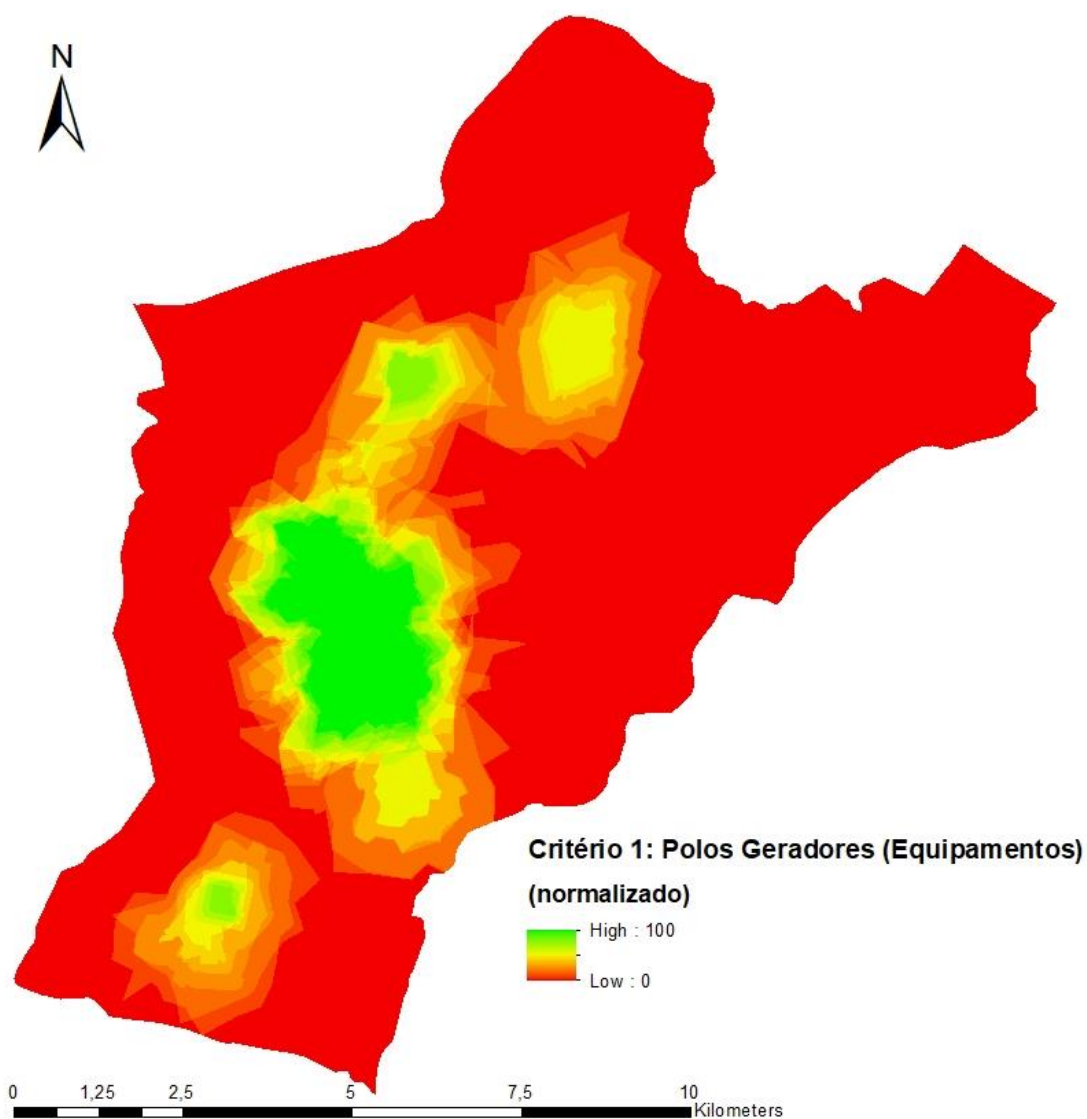


Figura 39 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério 1: Polos Geradores (normalizado)

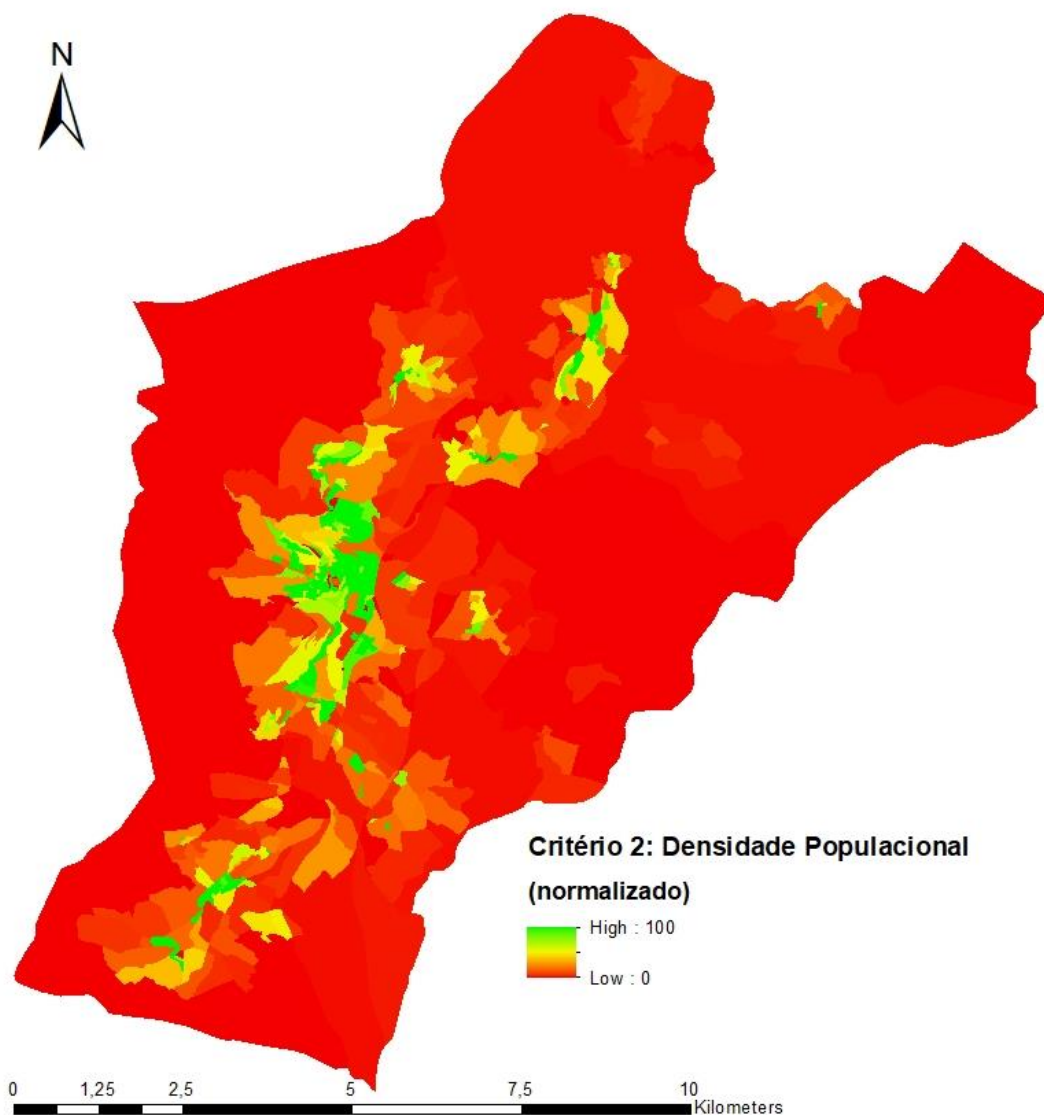


Figura 40 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério 2: Densidade Populacional (normalizado)

O critério 3 (Rede Pedonal) foi definido aquando da seleção da rede com interesse para a análise, eliminando as vias do tipo VC, onde a circulação pedonal não é recomendada, e adicionando os principais percursos exclusivamente pedonais (elevadores, escadarias, pontes pedonais, caminhos em jardins e parques).

Concluída a normalização dos critérios e definida a rede pedonal, os critérios podem ser combinados através da Expressão 8, obtendo uma pontuação que traduz o potencial da infraestrutura pedonal.

$$PIP = (p_{PG} \times PG + p_{DP} \times DP) \times RP$$

Expressão 8

Em que,

PIP representa o potencial da infraestrutura pedonal, numa escala de 0 a 100, em que 0 representa segmentos com potencial pedonal muito reduzido e 100 representa segmentos com elevado potencial pedonal.

$p_{PG}$  representa o peso a atribuir aos polos geradores na análise do potencial pedonal.

PG representa o valor do critério dos polos geradores (0-100).

$p_{DP}$  representa o peso a atribuir à densidade populacional na análise do potencial pedonal.

DP representa o valor do critério da densidade populacional (0-100).

RP representa o valor do critério da rede pedonal (toma o valor de 0 para segmentos da rede viária sem características para a circulação pedonal e de 1 para segmentos com características para a circulação pedonal).

Para o cálculo do potencial da infraestrutura pedonal da rede viária, consideraram-se três combinações de pesos para os critérios PG e DP:

Combinação 1:

$$PIP = (0,70 \times PG + 0,30 \times DP) \times RP$$

Expressão 9

Combinação 2:

$$PIP = (0,60 \times PG + 0,40 \times DP) \times RP$$

Expressão 10

Combinação 3:

$$PIP = (0,50 \times PG + 0,50 \times DP) \times RP$$

Expressão 11

### 5.3.5. Resultados

Na Tabela 20 e nas Figuras 41 a 43 são apresentados os resultados obtidos para as análises efetuadas com as diferentes combinações de pesos para os critérios dos polos geradores e da densidade populacional.

Tabela 20 - Quadro resumo do potencial da infraestrutura pedonal do perímetro urbano da Covilhã

	Análise 70% PG e 30% DP		Análise 60% PG e 40% DP		Análise 50% PG e 50% DP	
	Extensão da rede pedonal (km)	Extensão da rede pedonal (%)	Extensão da rede pedonal (km)	Extensão da rede pedonal (%)	Extensão da rede pedonal (km)	Extensão da rede pedonal (%)
Muito elevado	0,29	0,06	0,18	0,04	0,08	0,02
Elevado	41,42	9,21	10,62	2,36	1,96	0,43
Médio	58,07	12,91	76,29	16,96	60,15	13,37
Reduzido	60,95	13,55	63,23	14,05	78,77	17,51
Muito reduzido	289,17	64,27	299,58	66,59	308,94	68,67

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que para um peso de 70% da variável PG e de 30% da variável DP, 22,18% da rede tem um potencial médio a muito elevado. 64,27% da rede apresenta um potencial muito reduzido. Este valor representa que, a maior percentagem da rede pedonal considerada se encontra fora da área de influência dos polos geradores, verificando-se também que correspondem a locais com menor população. (ver Figura 41). Para o peso de 60% PG e 40% DP, 19,36% da rede tem um potencial de médio a muito elevado e 80,64% um potencial reduzido ou muito reduzido (ver Figura 42). Para o peso de 50% de PG e 50% de DP, 13,82% da rede apresenta um potencial de médio a muito elevado e 86,18% um potencial reduzido ou muito reduzido (ver Figura 43). Nos dois últimos pesos apresentados o valor de potencial muito reduzido aumenta em relação ao primeiro peso, o que indicia que o critério PG influencia mais os valores de potencial mais elevados.

Com base nos resultados, na bibliografia consultada e na opinião de representantes da Câmara Municipal, a combinação com um peso de 70% da variável PG e de 30% da variável DP foi escolhida como representativa, pois a variável PG deve apresentar um peso superior ao critério DP, uma vez que influencia mais a realização de viagens a pé. Sendo assim, optou-se pela combinação com maior percentagem da variável PG.

Devido à passagem do resultado obtido do formato *raster* para o formato vetorial, verificou-se que a rede final com potencial pedonal apresenta um erro por excesso na sua extensão, de cerca de 6%.

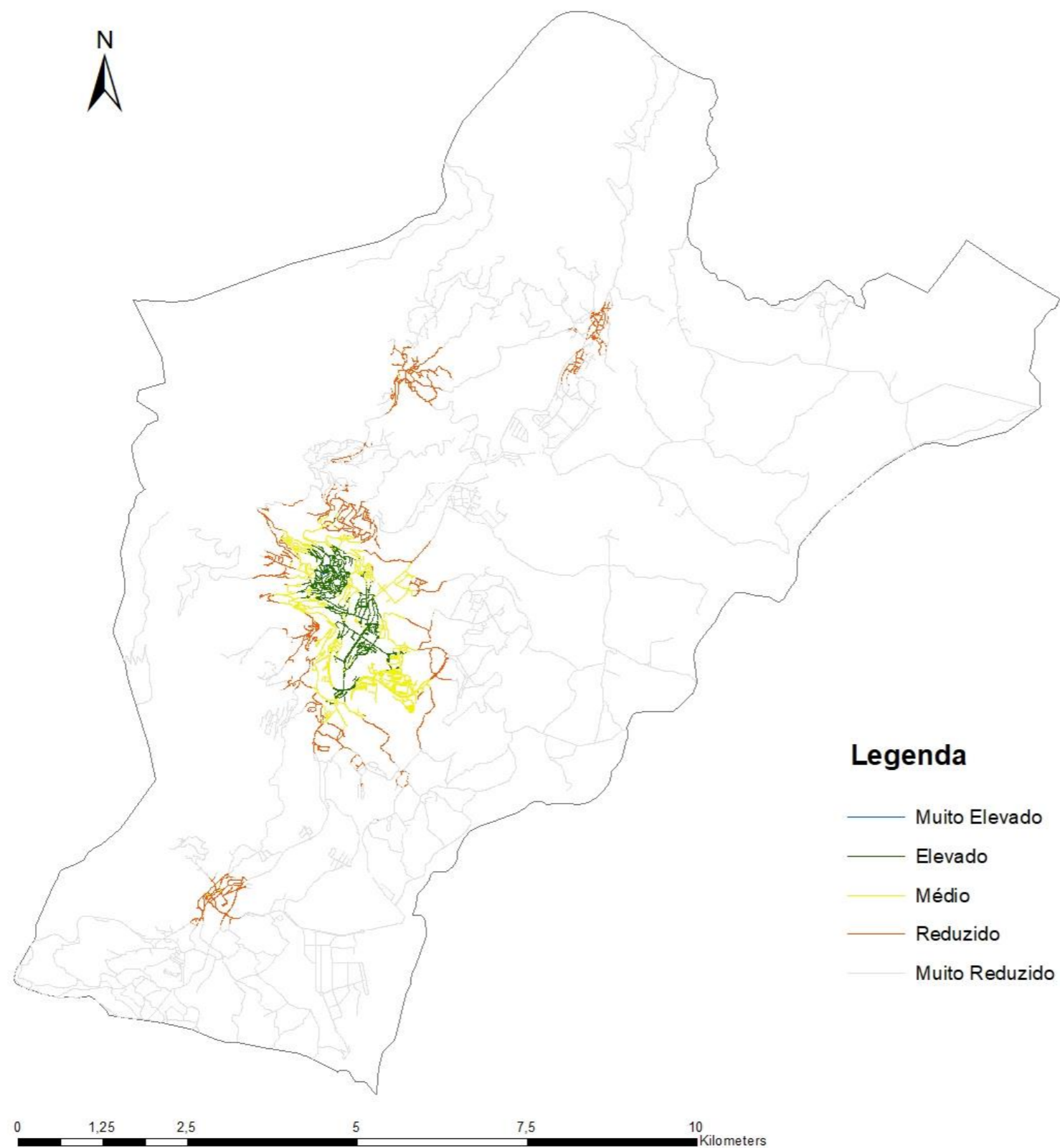


Figura 41 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (1ª Combinação - 70% PG e 30% PD)

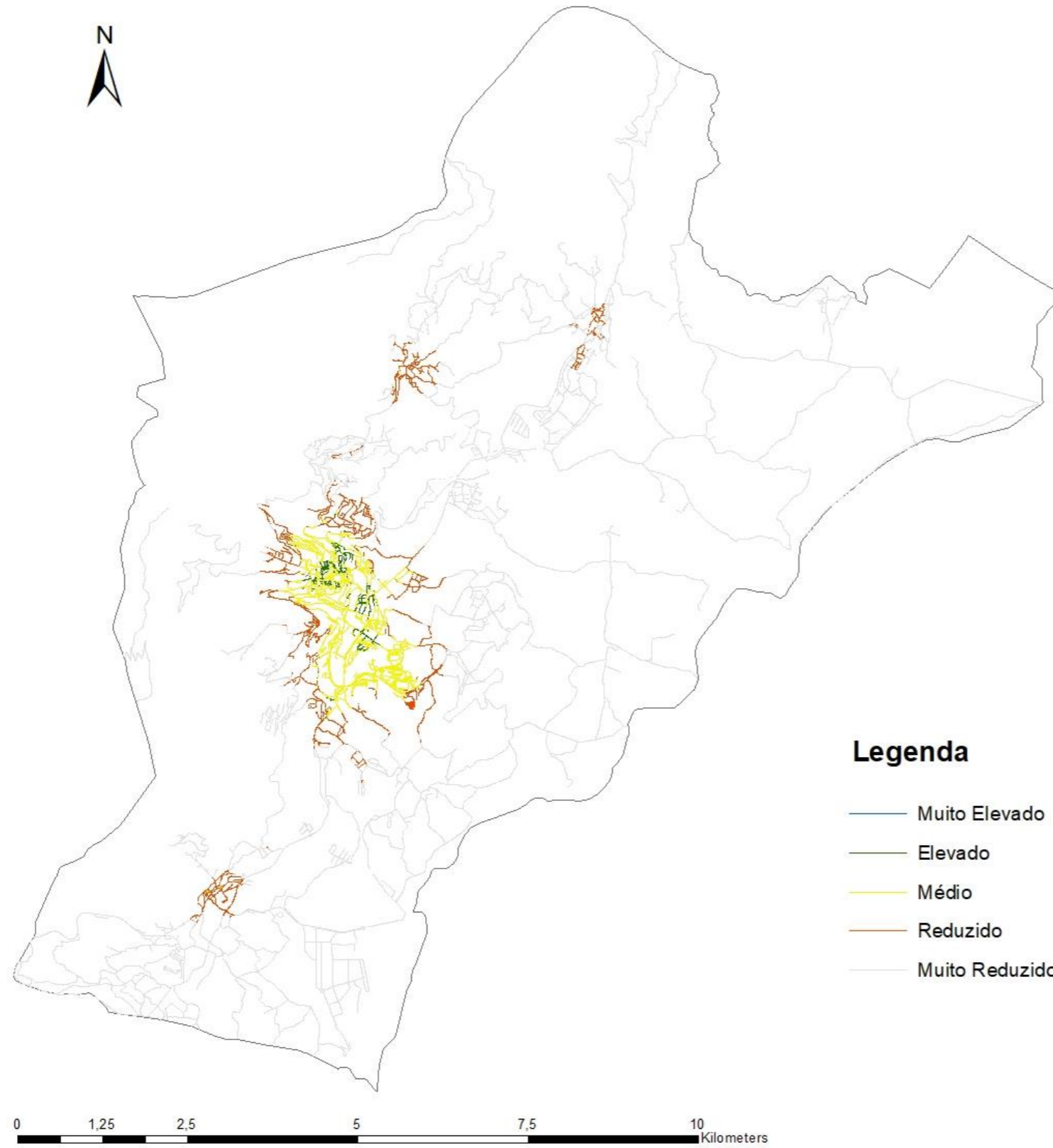


Figura 42 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (2ª Combinação - 60% PG e 40% PD)

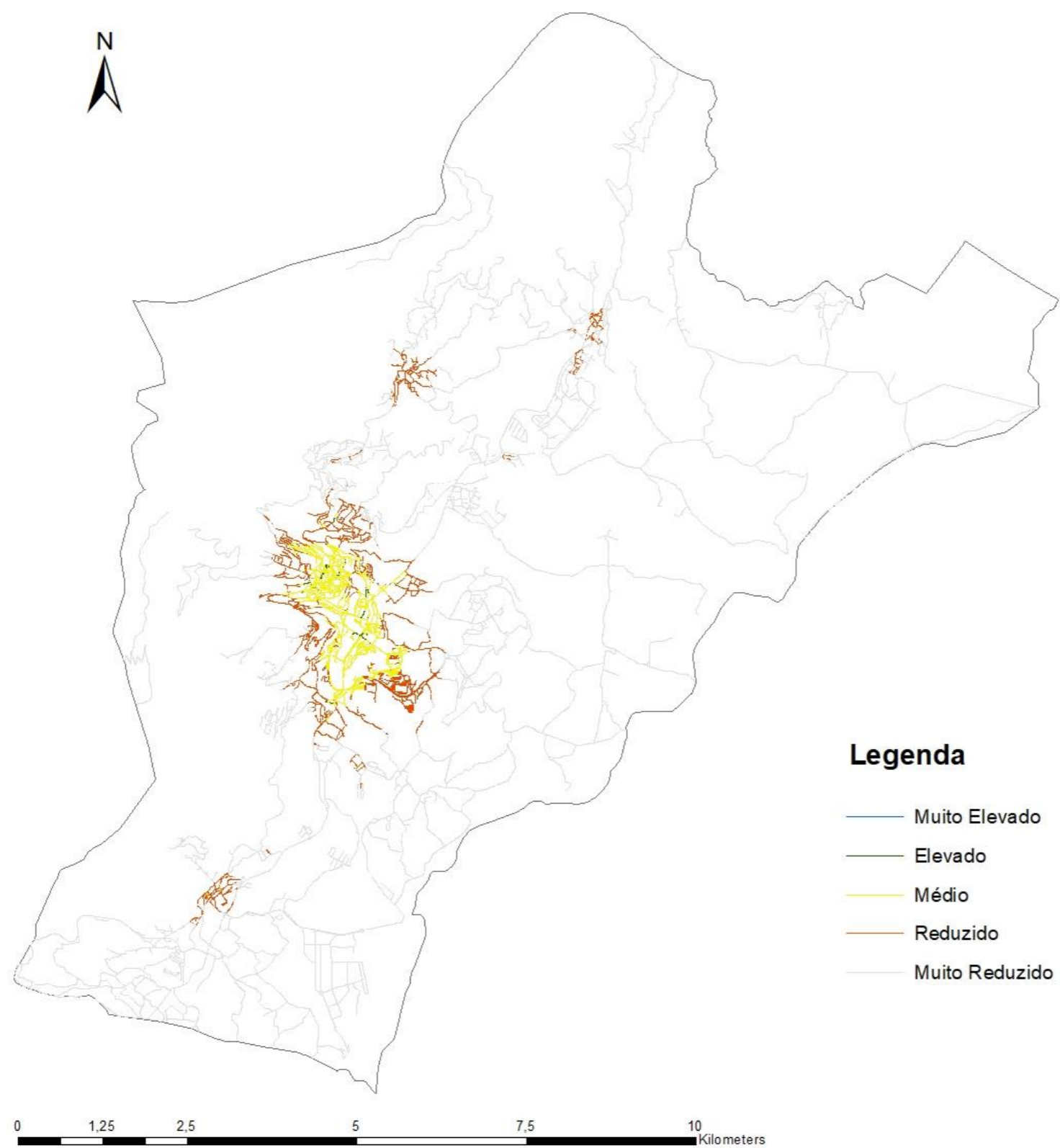


Figura 43 - Mapa do potencial da infraestrutura pedonal (3ª Combinação - 50% PG e 50% PD)

## 6. Conclusões e Trabalhos Futuros

O contínuo aumento da utilização do automóvel como meio de transporte principal contribuiu para o aumento das emissões dos gases com efeito de estufa, deteriorando a qualidade do meio ambiente urbano e ampliando a emergência climática atual. Para ajudar a combater esse flagelo é necessário a promoção de uma mobilidade urbana mais sustentável, restringindo a livre utilização do automóvel em detrimento do uso dos modos suaves como o pedonal e o ciclável. A prioridade dada no passado às necessidades dos veículos motorizados, aliada a uma inércia intrínseca dos cidadãos para alteração das suas escolhas modais nas suas deslocações diárias, resultou na negligência e degradação dos espaços destinados aos peões em cidades de todo o mundo. Em locais onde as condições climáticas e orográficas não são favoráveis, a diferença entre a repartição modal do modo pedonal e os restantes modos é ainda mais acentuada, implicando a necessidade de estudos mais aprofundados que permitam encontrar formas de inverter esta tendência.

A União Europeia, a partir do final da primeira década dos anos 2000, dedicou particular atenção à mobilidade sustentável. A definição de várias políticas neste âmbito, assim como o surgimento de legislação relativa à qualidade do ar, com o estabelecimento de limites para a emissão de gases com efeitos de estufa, dotou os Estados Membros de orientações para a prática de uma melhor mobilidade urbana. À semelhança dos restantes Estados Membros da UE, Portugal iniciou a transposição destas políticas para o cenário nacional, no entanto, embora os modos suaves comecem a ganhar mais expressão, o automóvel continua a ser o modo de transporte mais utilizado nas cidades portuguesas. Este facto é confirmado pelos resultados do Flash Eurobarómetro 312: Future of Transport de 2015, no qual Portugal apresenta uma repartição de 53% das pessoas a utilizar o automóvel particular como modo de transporte, 21,9% a utilizar o transporte público, 17,8% o modo pedonal e 1,6% o modo ciclável.

Para promover uma mobilidade mais sustentável e aumentar o uso dos modos suaves, em particular o pedonal, é necessário dotar as infraestruturas de transporte de características adequadas adaptadas às necessidades das pessoas e às particularidades específicas das cidades, principalmente em cidades de encosta, onde devido à orografia, a deslocação a pé requer um esforço adicional. Torna-se então imperativo a adoção das recomendações técnicas específicas para espaços de circulação de peões, com destaque para os passeios e travessias pedonais, assim como a integração destes com o uso de transportes públicos, promovendo a sustentabilidade das deslocações pendulares dos cidadãos.

Surge assim, a necessidade de criar instrumentos que auxiliem as autoridades gestoras do espaço urbano na alocação de recursos com vista a introduzir melhorias nas infraestruturas

pedonais, encorajando os cidadãos a considerarem o modo pedonal como o modo de transporte principal para as suas deslocações diárias de curta extensão/duração.

Tendo em conta o descrito, o presente estudo pretende contribuir para a promoção da mobilidade suave através da criação de um instrumento que permita a avaliação do potencial da infraestrutura pedonal existente. A metodologia proposta apoia-se em 3 variáveis, polos geradores, densidade populacional e rede pedonal, e baseia-se em análises de rede e espaciais realizadas com recurso às ferramentas disponíveis nos SIG, que combinadas com uma análise multicritério permitem obter um resultado que traduz uma medida do potencial da infraestrutura pedonal. Este resultado pode ser usado no apoio à tomada de decisão.

Este estudo trata em particular o caso das cidades de encosta. Neste tipo de cidades a mobilidade pedonal encontra dificuldades acrescidas devido às limitações impostas pela orografia, sendo comum os cidadãos equacionarem o uso de outros modos de transporte que não o pedonal, mesmo para realizarem deslocações pequenas. Para combater algumas destas dificuldades, várias cidades de encosta investem em meios de apoio à deslocação pedonal, através da construção de elevadores, funiculares, escadarias e pontes pedonais, garantindo desta forma a ligação entre os principais pontos da cidade.

A metodologia proposta foi validada através da sua aplicação a um caso de estudo, a cidade de encosta da Covilhã. Inicialmente foi realizada a recolha, organização e tratamento dos dados necessários à análise e definidas as variáveis a considerar. De seguida foram realizadas correções à rede pedonal, com a correção dos erros de topologia, adição dos percursos e meios de auxílio à deslocação pedonal, cálculo da inclinação longitudinal dos percursos e cálculo da velocidade e tempos de viagem. Após isso e tendo por base um inquérito realizado aos cidadãos, especialistas e gestores na área dos transportes, foi aferida a importância relativa de cada tipo de equipamento. De seguida e utilizando a extensão *Network Analyst*, foi efetuada uma análise de redes com a criação de áreas de serviço (isócronas), tendo como base tempos admissíveis para percursos pedonais em cidades de encosta. Para isso foi necessário ter em atenção a inclinação longitudinal para considerar de forma mais realista o impacto da orografia. Por fim, e recorrendo à análise espacial, as variáveis foram combinadas, em ambiente SIG, recorrendo a uma análise multicritério.

A análise multicritério foi efetuada para 3 combinações de pesos das variáveis polos geradores (PG) e densidade populacional (DP), resultando em três mapas de potencial da infraestrutura pedonal. Os resultados permitiram obter, para as combinações consideradas, extensões da rede por nível de potencial da infraestrutura pedonal (muito elevado, elevado, médio, reduzido e muito reduzido). Visto ser uma rede pedonal em que previamente foram retiradas as vias onde não é permitida a circulação a pé, a toda a rede pedonal é atribuído um dos 5 níveis de potencial pedonal.

Analisando os resultados, pode-se concluir que para a combinação de pesos de 70% para a variável PG e 30% para a variável DP, 22,18% da rede apresenta um potencial entre médio a muito elevado e um potencial reduzido e muito reduzido em 77,82% da rede. Já para a combinação 60% para a variável PG e 40% para a variável DP, 19,36% da rede tem um potencial de médio a muito elevado e 80,64% um potencial reduzido ou muito reduzido. Na última combinação de pesos considerada, 50% para a variável PG e 50% para a variável DP, 13,82% da rede apresenta um potencial de médio a muito elevado e 86,18% um potencial reduzido ou muito reduzido. O facto de uma extensão considerável da rede apresentar potencial reduzido ou muito reduzido está relacionado com vários fatores: com a consideração da rede viária como rede pedonal, com exceção das vias coletoras; com o modo de transporte considerado na análise, o modo pedonal; e com a localização concentrada dos polos geradores nas zonas de carácter mais urbano e de maior densidade populacional (onde o potencial é médio a muito elevado). A estas zonas, que em geral se encontram a mais de 20 minutos de viagem a pé dos polos geradores, foi atribuído um peso para a variável PG de 1 em 100, o que claramente penaliza o valor obtido para o potencial da infraestrutura pedonal. O contrário também é válido, pois às zonas mais próximas da zona urbana e, conseqüentemente, mais próximas dos polos geradores, é atribuído um maior peso no critério PG, dando origem a um maior potencial pedonal. Em suma, as zonas mais urbanas, com maior densidade populacional e com maior peso no critério PG, apresentam um potencial da infraestrutura pedonal entre médio e muito elevado, enquanto as zonas mais periféricas da cidade, com menos peso no critério PG e menor densidade populacional, apresentam um potencial reduzido ou muito reduzido. Foi possível identificar as zonas de expansão da cidade que atualmente apresentam um bom potencial pedonal, mas apresentam valores ainda relativamente baixos de densidade populacional.

Durante a realização do estudo, identificaram-se alguns pontos críticos que condicionaram os resultados obtidos:

- A precisão do modelo digital do terreno, uma vez que se trata o caso específico das cidades de encosta. A utilização de um MDT com maior precisão resulta numa consideração mais rigorosa da orografia na análise. Neste estudo foi utilizado um MDT com 5 metros de precisão.
- A falta de informação organizada sobre as características da infraestrutura pedonal coincidente com a rede viária, em particular a existência e largura dos passeios e a existência e localização das travessias pedonais.
- Na análise efetuada para o caso de estudo foi considerado que os elevadores e funiculares estariam sempre em funcionamento, o que na realidade pode não acontecer, pois estes têm horário de funcionamento e por vezes encontram-se fora de serviço.

- O erro por excesso na extensão da rede proveniente das operações de conversão da rede pedonal do formato vetorial para *raster* e posteriormente do formato *raster* para vetorial (cerca de 6% para o caso de estudo considerado).

Como trabalhos futuros, sugere-se completar a informação sobre a rede pedonal, nomeadamente com dados sobre a existência e largura dos passeios, existência e localização das travessias pedonais, condições para a circulação de peões com mobilidade reduzida e avaliação do nível de serviço (pedonal). Esta informação pode ser então incluída na análise através da atribuição de pesos às diferentes vias em função das condições de circulação pedonal oferecidas.

## Bibliografia

Aronoff, S. (1989) - Geographic information systems: A management perspective. Ottawa. WDL Publications. 1989.

Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2010a). Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável (Volume II). Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora. 2010. Disponível em: <http://mobilidade.apambiente.pt/>

Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2010b). Projecto Mobilidade Sustentável (Volume I). Amadora. Agência Portuguesa do Ambiente. 2010. Disponível em: <http://mobilidade.apambiente.pt/>.

Austroroads (2017). Guide to Road Design Part 6A: Paths for Walking and Cycling. Austroroads. Sydney. 2017. Disponível em: <https://austroroads.com.au/safety-and-design/road-design/guide-to-road-design>

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) (2018a). Programa de Proteção Pedonal e de Combate aos Atropelamentos. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. 2018. Disponível em: [http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/PlanosdeSegurancaRodoviaria/Documents/PPPCA\\_vs\\_site.pdf](http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/PlanosdeSegurancaRodoviaria/Documents/PPPCA_vs_site.pdf)

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) (2018b). Vítimas a 30 Dias Ano 2017. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. 2018. Disponível em: <http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) (2019). Vítimas a 30 Dias Ano 2018. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. 2019. Disponível em: <http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>.

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária/ Ministério da Administração Interna (ANSR/MAI) (2014). Guia do Peão. 2014. Disponível em: [http://www.ansr.pt/Campanhas/Documents/GuidoPeao2013/Guia\\_do\\_Peao\\_ANSR\\_versao\\_04-02-2014.pdf](http://www.ansr.pt/Campanhas/Documents/GuidoPeao2013/Guia_do_Peao_ANSR_versao_04-02-2014.pdf)

Bastos Silva, A. e Santos, S. (2011). Medidas de Acalmia de Tráfego (Vol.1) - Medidas Individuais Aplicadas em Atravessamentos de Localidades, Disposições Normativas. Instituto de Infra-

Estruturas Rodoviária IP. 2011. Disponível em: <http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/DivulgaoTcnica/MedidasAcalmiaTrafegoVol1.pdf>

Belton, V. e Stewart, T. J. (2002) - Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Boston. Kluwer Academic Publishers. 2002. Disponível em: [https://books.google.pt/books?id=mxNsRnNkL1AC&pg=PA1&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=mxNsRnNkL1AC&pg=PA1&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)

Câmara Municipal da Covilhã (CMCovilhã) (2019). [www.cmcovilha.pt](http://www.cmcovilha.pt). 2019. Disponível em: <http://www.cm-covilha.pt/?cix=820&tab=792&curr=813&lang=1>

Coelho, M. (2011). Os Peões E a Mobilidade Urbana. Dissertação de Mestrado. Lisboa. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/539>.

Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems. Volume 5. 1991. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1080/02693799108927858>

Chandra, S. e Bharti, A. K. (2013). Speed Distribution Curves for Pedestrians during Walking and Crossing. 2<sup>nd</sup> Conference of Transportation Research Group of India. 2013.

Comissão das Comunidades Europeias (2007). Livro Verde: Por uma nova cultura de mobilidade urbana, Livro Verde: Por uma nova cultura de mobilidade urbana. Bruxelas. 2007. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0551&from=EN>

Comissão das Comunidades Europeias (2009). Plano de Acção para a Mobilidade Urbana. Bruxelas. 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0490:FIN:PT:PDF>

Comissão das Comunidades Europeias (2010) Europa 2020. Bruxelas. 2010. Disponível em: <https://infoeuropa.eu/registro/000043517/documento/0001/>

Comissão das Comunidades Europeias (2011). Livro Branco. Bruxelas. 2011. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144&from=EN>

Comissão das Comunidades Europeias (2013). Avançar em conjunto para uma mobilidade urbana competitiva e eficiente na utilização de recursos. Bruxelas. 2013. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0913&from=PT>

Comissão dos Transportes e do Turismo (2017). Relatório sobre uma Estratégia Europeia de Mobilidade Hipocarbónica (2016/2327(INI)). Parlamento Europeu. 2017. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0356\\_PT.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0356_PT.pdf)

Conselho da União Europeia (2017). Declaração de Valeta. 2017. Disponível em: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8666-2017-REV-1/pt/pdf>

Decreto-Lei nº 163/2006. D.R. I Série. 152 (2006-08-08) 5670-5689.

Decreto Regulamentar n.º 22-A/98 de 1 de outubro (1998). Ministério da Administração Interna. 1998. Disponível em: <http://data.dre.pt/eli/decregul/22-a/1998/10/01/p/dre/pt/html>

Driving Test Tips (2019). <https://www.drivingtesttips.biz>. 2019.

Eastman, J.R., Jin, W., Kyem, P., Toledano, J. (1995). Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 1995.

European Platform on Mobility Management (EPOMM) (2011). TEMS - The EPOMM Modal Split Tool. 2011. Disponível em: [http://www.epomm.eu/tems/result\\_cities.phtml?new=1](http://www.epomm.eu/tems/result_cities.phtml?new=1)

EU Open Data Portal (EU) (2015). Flash Eurobarometer 312: Future of transport. 2015. Disponível em: [https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S959\\_312](https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S959_312)

Ferreira, A. R. (2016). Definição de Estratégias de Atravessamentos Pedonais em Rotundas. Dissertação de Mestrado. Coimbra. 2016. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/38706>

Federal Highway Administration (FHA) (2002). Pedestrian Facilities Users Guide - Providing Safety and Mobility. US. 2002. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/01102/01102.pdf>

Fruin, J. J. (1971). *Pedestrian Planning and Design*. New York. 1971.

Fruin, J. J. (1987). *Pedestrian, Planning and Design*. Inc. Elevator World. 1987.

Fujiyama, Taku; Tyler, N. (2004). An Explicit Study on Walking Speeds of Pedestrians on Stairs. Londres. 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/32885784\\_An\\_explicit\\_study\\_on\\_walking\\_speedsof\\_pedestrians\\_on\\_stairs](https://www.researchgate.net/publication/32885784_An_explicit_study_on_walking_speedsof_pedestrians_on_stairs)

González, I.B., Freire, C.F., Morente, L.M.F., Asensio, E. P. (2012). Los sistemas de informacion geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales. C. C. E. de C. de E. Locales. Madrid. 2012. Disponível em: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los SIG y la Investigacion en Ciencias Humanas y Sociales.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.pdf)

Grass (2013). GRASS GIS manual: r.walk. GRASS Development Team. 2013. Disponível em: <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.walk.html>

HMSO (1987). Roads and Traffic in Urban Areas. Institution of Highways and Transportation and Department of Transport. Londres. 1987.

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2001). Censos 2001. 2001. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados)

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2011a). Censos 2011 - Importação dos principais dados alfanuméricos e geográficos (BGRI). n.d. Disponível em: <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2011b). Censos 2011. 2011. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados)

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2019). Estatísticas Demográficas. 2019. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=358632586&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=358632586&PUBLICACOESmodo=2)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT) (2012). Ciclando: Plano Nacional da Promoção da Bicicleta e Outros Modos de Transporte Suaves 2013-2020. 2012. Disponível em: [http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosdeReferencia/PlanoNacionalBicicleta/Documents/PPBOMS\\_Final.pdf](http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosdeReferencia/PlanoNacionalBicicleta/Documents/PPBOMS_Final.pdf)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (2011a). Guia para a elaboração de planos de mobilidade e transportes. Pacote da mobilidade - Território, acessibilidade e gestão de mobilidade. 2011. Disponível em: [http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/guia\\_pmts/Guia\\_para\\_a\\_elaboracao\\_de\\_PMT\\_Marco\\_2011.pdf](http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/guia_pmts/Guia_para_a_elaboracao_de_PMT_Marco_2011.pdf)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (2011b). Guião orientador: Acessibilidades, mobilidade e transportes nos planos municipais de ordenamento do território. IMTT - Gabinete de Planeamento, Inovação e Avaliação (GPIA). 2011. Disponível em: [http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/guiao\\_pmts/Guiao\\_Orientador\\_Marco\\_2011.pdf](http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/guiao_pmts/Guiao_Orientador_Marco_2011.pdf)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (2011c). Rede Ciclável - Princípios de Planeamento e Desenho. Pacote da mobilidade - Território, acessibilidade e gestão de mobilidade. 2011. Disponível em: [http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosdeReferencia/PacotedaMobilidade/Documents/Pacote da Mobilidade/Rede Ciclável\\_Princípios de Planeamento e Desenho\\_Março 2011.pdf](http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosdeReferencia/PacotedaMobilidade/Documents/Pacote da Mobilidade/Rede Ciclável_Princípios de Planeamento e Desenho_Março 2011.pdf)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (2011d). Rede Pedonal - Princípios de planeamento e desenho. Pacote da mobilidade - Território, acessibilidade e gestão de mobilidade. 2011. Disponível em: [http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/rede\\_pedonal/Rede\\_Pedonal\\_Principios\\_de\\_Planeamento\\_e\\_Desenho\\_Marco2011.pdf](http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/rede_pedonal/Rede_Pedonal_Principios_de_Planeamento_e_Desenho_Marco2011.pdf)

Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT) (2012). Pacote da Mobilidade - Directrizes Nacionais para a Mobilidade. 2012. Disponível em: [http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/directrizes/Directrizes\\_Nacionais\\_para\\_a\\_Mobilidade.pdf](http://server109.webhostingbuzz.com/~transpor/conferenciamobilidade/pacmob/directrizes/Directrizes_Nacionais_para_a_Mobilidade.pdf)

Irtenkauf (2014) Analyzing Tobler's Hiking Function and Naismith's Rule Using Crowd-Sourced GPS Data. The Pennsylvania State University. US. 2014. Disponível em: [https://gis.e-education.psu.edu/sites/default/files/capstone/Irtenkauf\\_596B\\_20140430.docx](https://gis.e-education.psu.edu/sites/default/files/capstone/Irtenkauf_596B_20140430.docx)

Matias, I., Santos, B. and Virtudes, A. (2019). Making Cycling Spaces in Hilly Cities. STARTCON19 International Doctorate Students Conference + lab. Workshop in Civil Engineering, KnE Publishing (accepted). 2019.

Ministério da Economia (2014). Plano Estratégico Transportes e Infraestruturas. 2014. Disponível em: <https://www.historico.portugal.gov.pt/pt/o-governo/arquivo-historico/governos-constitucionais/gc20/os-temas/peti3mais/peti3mais.aspx>

Ministério da Economia (2015). Plano Estratégico dos Transportes (PET). 2015. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/70064710>

Morais, P. M. B. (2013). Os SIG no processo de criação de instrumentos de apoio à decisão- Mestrado em sistemas de informação geográfica e modelação territorial aplicados ao ordenamento. Dissertação de Mestrado. Lisboa. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/17807>

ODT (1995). Oregon Bicycle and Pedestrian Plan. Oregon Department of Transportation. 1995. Disponível em: [https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/14456/dot\\_14456\\_DS1.pdf?](https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/14456/dot_14456_DS1.pdf?)

Osgood, C.E., Suci, G.J., Tannenbaum, P.H. (1957). The measurement of meaning. Urbana: University of Illinois Press. 1957.

Passos, S. (2018). Instrumento de apoio à criação de um mapa de potencial ciclável da rede viária com recurso a SIG. Dissertação de Mestrado. Covilhã. 2018.

PENSE 2020 (2017). Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária. Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2017. 2017. Disponível em: <https://dre.pt/home/-/dre/107524708/details/maximized>

Pinna, F. e Murrau, R. (2018). Age Factor and Pedestrian Speed on Sidewalks. Department of Civil Engineering, Environmental and Architecture DICAAR, University of Cagliari. Italy. 2018.

Polis (2019). <https://www.polisnetwork.eu/>. 2019.

Ramos, R. (2000). Localização industrial. Um modelo espacial para o noroeste de Portugal. Dissertação de doutoramento. Braga. 2000. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/184>

Rastogi, R. e Chandra, S. (2011). Design Implications of Walking Speed for Pedestrian Facilities. Journal of Transportation Engineering. 2011.

Roque, C. (2011). Marcas Rodoviárias Características Dimensionais, Critérios de Utilização e Colocação. Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, IP. 2011. Disponível em: [http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/DivulgaoTcnica/MR\\_Caracteristicas.pdf](http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/InovacaoNormalizacao/DivulgaoTcnica/MR_Caracteristicas.pdf)

Ruxa, M. S. C. (2013). Integração da Bicicleta na Mobilidade Urbana - Análise de Casos de Estudo e Ensinamentos para Portugal. Dissertação de Mestrado. Lisboa. 2013 Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/10976>

Seco, A.J.M., Macedo, J.M.G. e Costa, A.H.P. (2008). Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes. Volume 8. 2008 Disponível em: <http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosEstrategicosPlanos/OutrosDocumentos/Paginas/OutrosDocumentos.aspx>

Sousa, A. (2016). Avaliação do Sistema Pedonal para Melhoria da Mobilidade Urbana. Dissertação de Mestrado. Covilhã. 2016.

Sousa, A., Santos, B., Gonçalves, J. (2019). Pedestrian Environment Quality Assessment in Portuguese Medium-Sized Cities. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.

Templer, J. A. (1992). The Staircase. Edited by M. Press. Massachusetts. 1992.

Tomé, A. (2016). Avaliação das Acessibilidades no Concelho da Covilhã com recurso a SIG. Dissertação de Mestrado. Covilhã. 2016.

Tomé, A., Santos, B., Carvalheira, C. (2019). GIS-Based Transport Accessibility Analysis to Community Facilities in Mid-Sized Cities. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.

Transportation Research Board (2016). High Capacity Manual. Washington D.C. 2016.

Urban Agenda (2018). Partnership for Urban Mobility. 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/futurium/en/urban-agenda-eu/what-urban-agenda-eu>



# Anexos

## Anexo 1: Lista de Equipamentos por Categoria e Número

Categoria	Tipo de Equipamento	Nº de Equipamentos
Saúde	Centro de Saúde/Posto Médico	3
	Hospital	1
	Centro de Diagnóstico	1
Educação	Polos da Universidade da Beira Interior	5
	Escolas Básicas	13
	Escolas Secundárias	3
	Escolas Profissionais	1
Serviços Públicos	Serviços da Câmara Municipal	3
	Juntas de Freguesia	6
	Tribunal	1
	Finanças	1
	Segurança Social	1
	Posto de Turismo	1
	Postos CTT	2
	Esquadras	2
	IEFP	1
Comércio	Pequeno Comércio	3
	Centros Comerciais	3
Turismo	Hotéis	6
Transporte	Estação Ferroviária	1
	Central de Camionagem	1
Lazer	Jardins	4
Cultura	Museus	3
	Teatro	1
	Bibliotecas	2
Desporto	Complexo Desportivo	1
	Piscina Municipal	1
	Estádios	2

## **Anexo 2: Inquérito**

Quantos minutos estaria disposto a andar a pé, numa deslocação diária, efetuada na cidade da Covilhã?

- Menos de 5 minutos;
- Entre 5 a 10 minutos;
- Entre 10 a 15 minutos;
- Mais de 15 minutos.

Na sua opinião, é habitual encontrar poucas ou muitas pessoas a andar a pé junto dos seguintes locais:

Por favor responda para cada um dos tipos de equipamentos indicados abaixo, usando uma escala de 1 a 10, em que 1 corresponde a Poucas Pessoas e 10 corresponde a Muitas Pessoas.

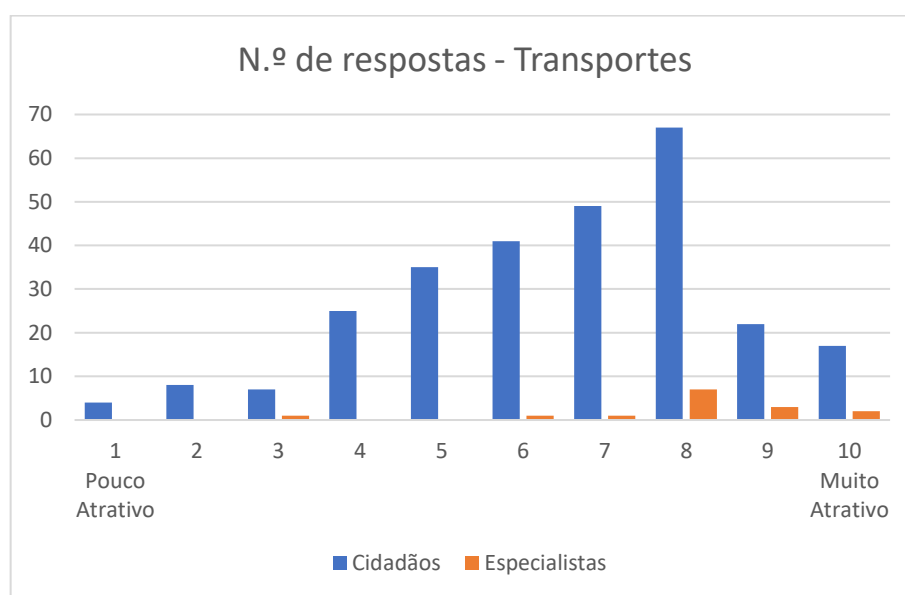
Transportes (Central de Camionagem, Estação Caminhos de Ferro, Elevadores, Paragens de Transporte Coletivo)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Saúde (Hospital, Centro de Saúde e Postos Médicos)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Ensino 1 (Escolas Primárias, Básicas, Secundárias e Profissionais)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Ensino 2 (Ensino Superior)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Serviços Públicos (C.M. Covilhã, Tribunal, Finanças, etc.)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Comércio 1 (Mercado Municipal e Comércio Tradicional)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Comércio 2 (Centros Comerciais)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Turismo (Hóteis, Monumentos)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Cultura (Teatros, Bibliotecas, etc.)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Lazer (Jardins, Miradouros, etc.)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo
Desporto (Piscina, Pavilhão Desportivo, Complexo Desportivo, etc.)	Pouco Atrativo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Muito Atrativo

### **Anexo 3: Resultados do Inquérito**

Duração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
Menos de 5 minutos	1	6,67	15	5,45
Entre 5 a 10 minutos	8	53,33	60	21,82
Entre 10 a 15 minutos	4	26,67	116	42,18
Mais de 15 minutos	2	13,33	84	30,55
Total	15	100	275	100

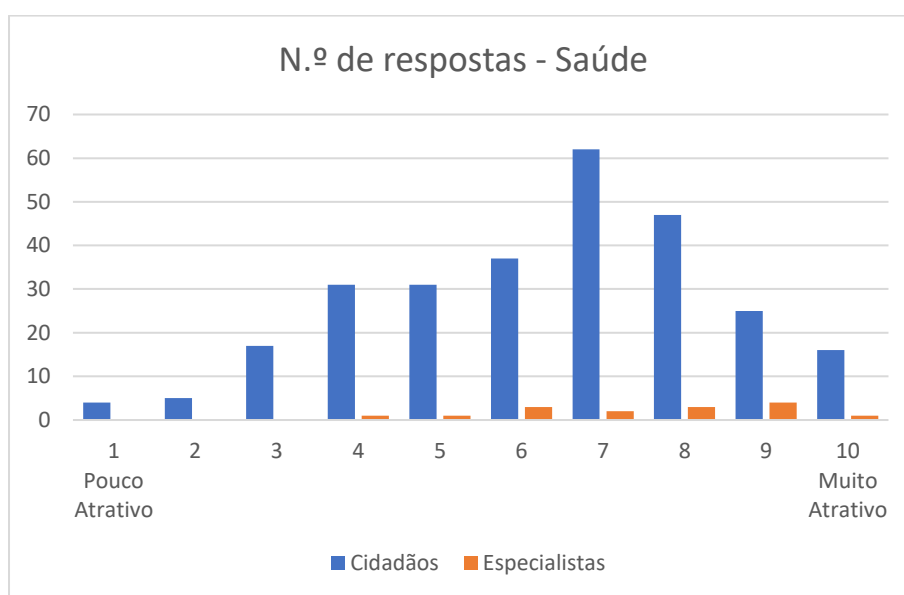
## Transportes

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	4	1
2	0	0	8	3
3	1	7	7	3
4	0	0	25	9
5	0	0	35	13
6	1	7	41	15
7	1	7	49	18
8	7	47	67	24
9	3	20	22	8
10 - Muito Atrativo	2	13	17	6



Saúde

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	4	1
2	0	0	5	2
3	0	0	17	6
4	1	7	31	11
5	1	7	31	11
6	3	20	37	13
7	2	13	62	23
8	3	20	47	17
9	4	27	25	9
10 - Muito Atrativo	1	7	16	6



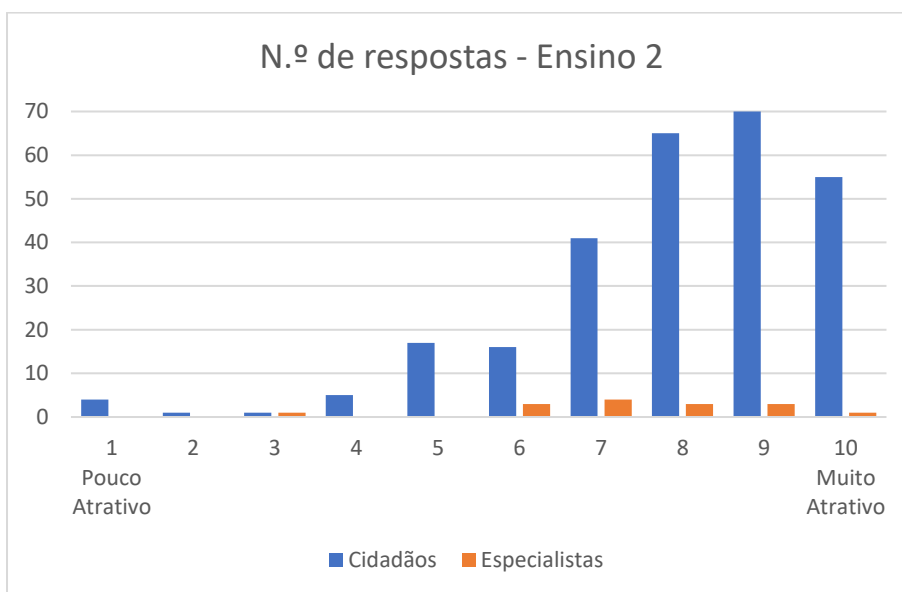
Ensino 1

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	5	2
2	0	0	0	0
3	0	0	11	4
4	0	0	12	4
5	3	20	30	11
6	1	7	41	15
7	1	7	46	17
8	5	33	63	23
9	4	27	41	15
10 - Muito Atrativo	1	7	26	9



Ensino 2

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	4	1
2	0	0	1	0
3	1	7	1	0
4	0	0	5	2
5	0	0	17	6
6	3	20	16	6
7	4	27	41	15
8	3	20	65	24
9	3	20	70	25
10 - Muito Atrativo	1	7	55	20



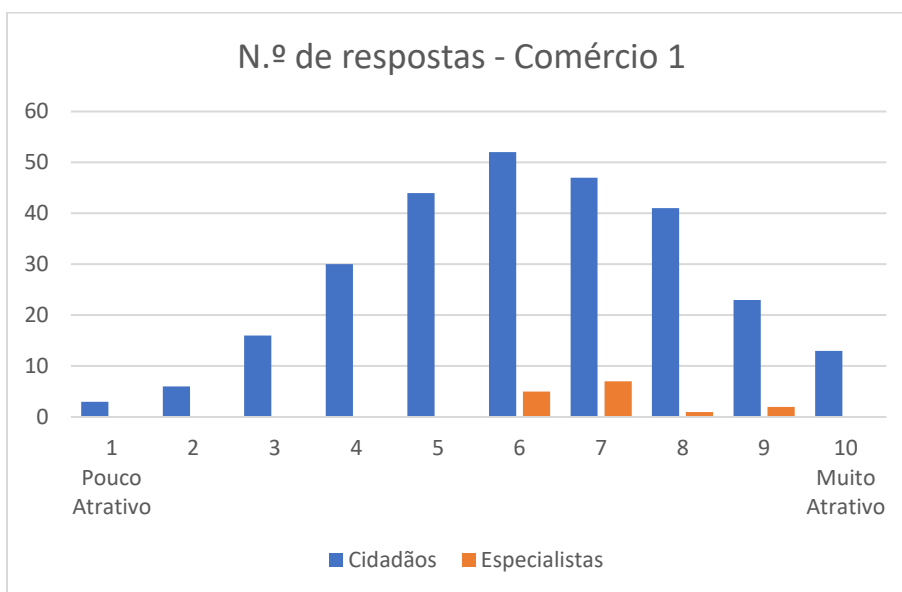
Serviços Públicos

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	5	2
2	0	0	6	2
3	0	0	9	3
4	3	20	25	9
5	2	13	51	19
6	4	27	63	23
7	4	27	46	17
8	1	7	41	15
9	0	0	18	7
10 - Muito Atrativo	1	7	11	4



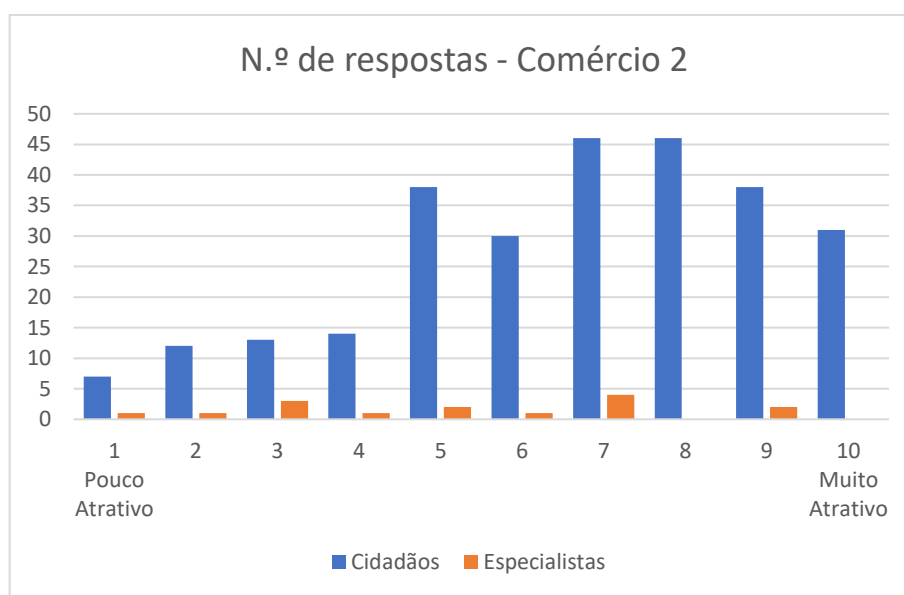
Comércio 1

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	3	1
2	0	0	6	2
3	0	0	16	6
4	0	0	30	11
5	0	0	44	16
6	5	33	52	19
7	7	47	47	17
8	1	7	41	15
9	2	13	23	8
10 - Muito Atrativo	0	0	13	5



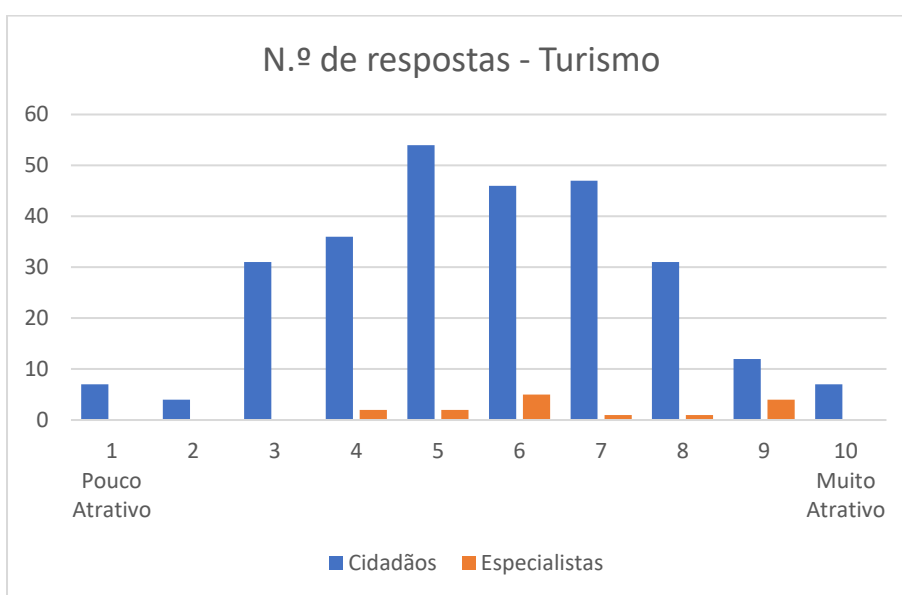
## Comércio 2

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	1	7	7	3
2	1	7	12	4
3	3	20	13	5
4	1	7	14	5
5	2	13	38	14
6	1	7	30	11
7	4	27	46	17
8	0	0	46	17
9	2	13	38	14
10 - Muito Atrativo	0	0	31	11



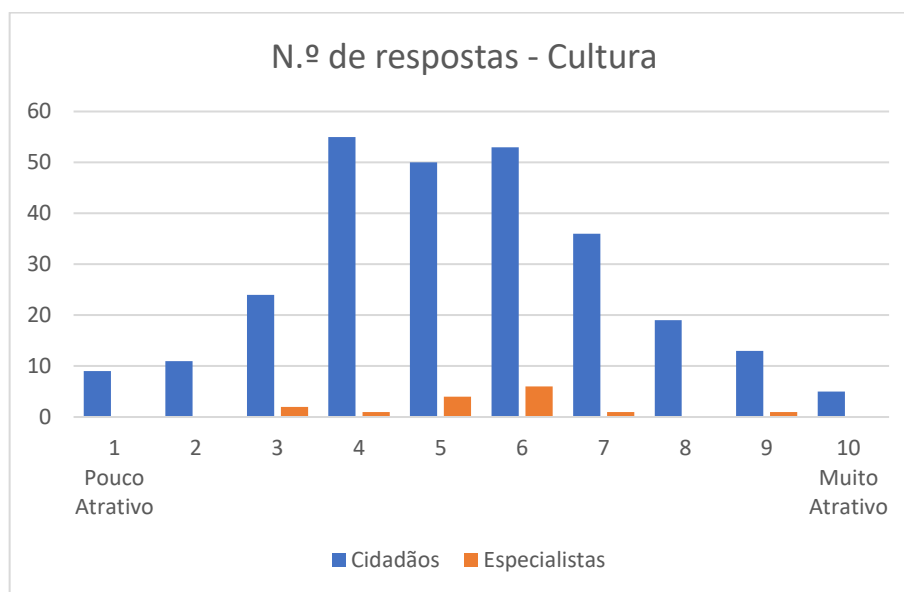
Turismo

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	7	3
2	0	0	4	1
3	0	0	31	11
4	2	13	36	13
5	2	13	54	20
6	5	33	46	17
7	1	7	47	17
8	1	7	31	11
9	4	27	12	4
10 - Muito Atrativo	0	0	7	3



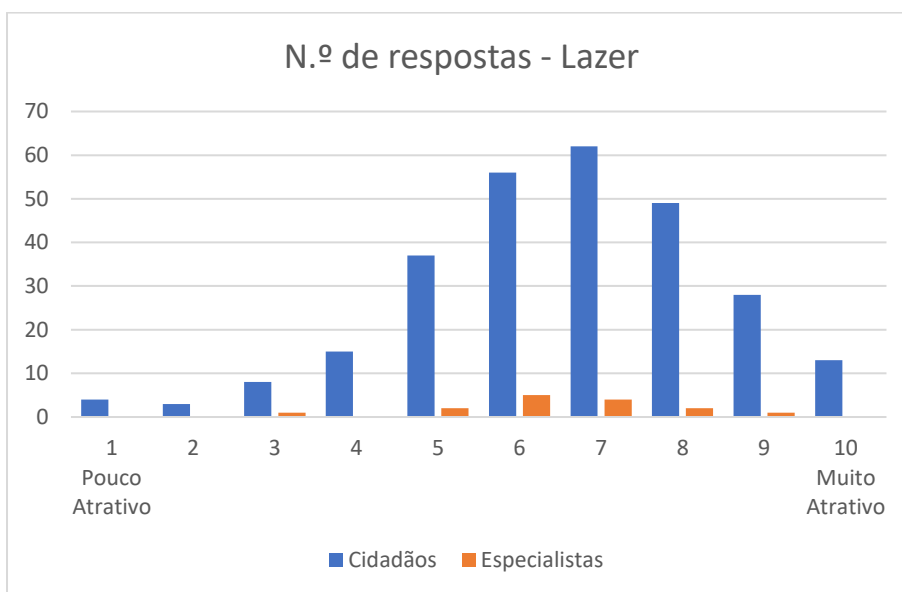
Cultura

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	9	3
2	0	0	11	4
3	2	13	24	9
4	1	7	55	20
5	4	27	50	18
6	6	40	53	19
7	1	7	36	13
8	0	0	19	7
9	1	7	13	5
10 - Muito Atrativo	0	0	5	2



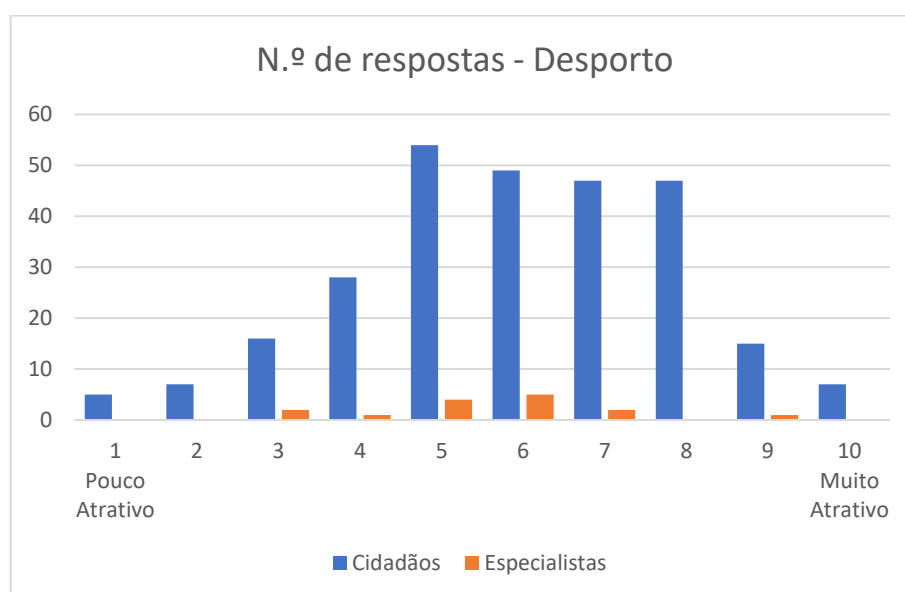
Lazer

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	4	1
2	0	0	3	1
3	1	7	8	3
4	0	0	15	5
5	2	13	37	13
6	5	33	56	20
7	4	27	62	23
8	2	13	49	18
9	1	7	28	10
10 - Muito Atrativo	0	0	13	5



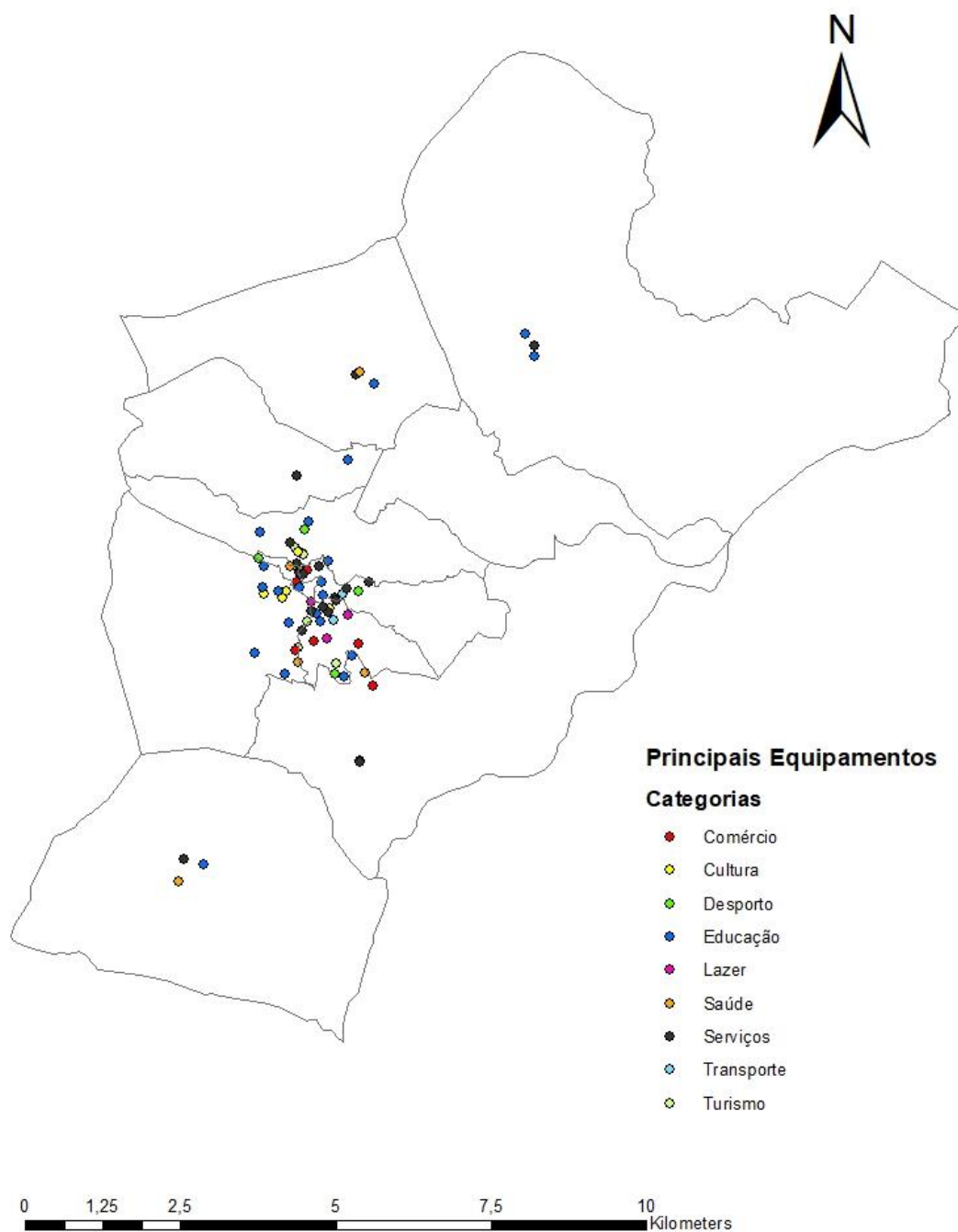
Desporto

Grau de Atração	N.º de respostas Especialistas	(%)	N.º de respostas Cidadãos	(%)
1 - Pouco Atrativo	0	0	5	2
2	0	0	7	3
3	2	13	16	6
4	1	7	28	10
5	4	27	54	20
6	5	33	49	18
7	2	13	47	17
8	0	0	47	17
9	1	7	15	5
10 - Muito Atrativo	0	0	7	3



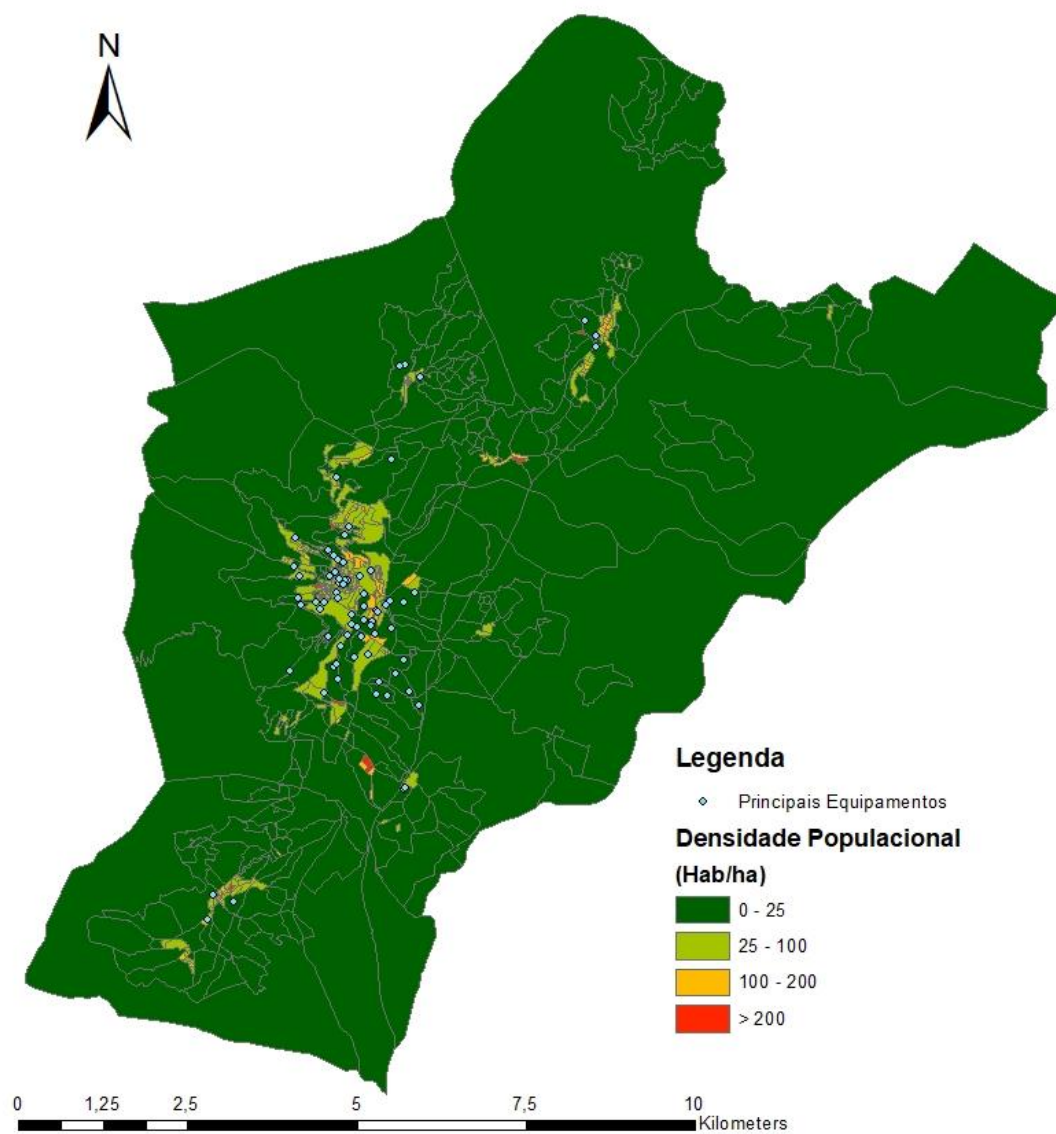
## Anexo 4: Carta Temática 1

### Principais Equipamentos e Respetivas Categorias (Perímetro Urbano da Covilhã)



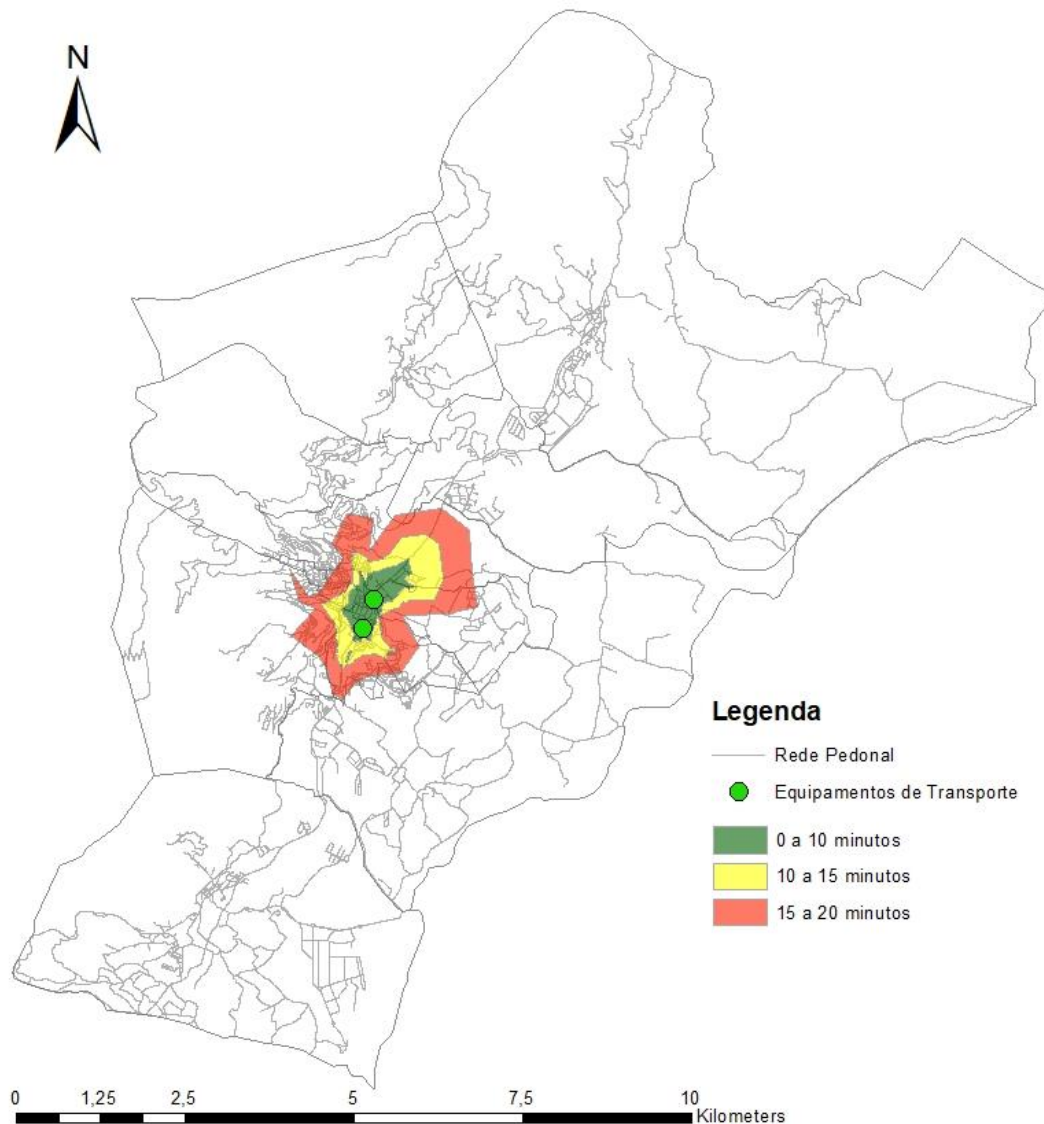
## Anexo 5: Carta Temática 2

### Localização dos Principais Equipamentos no Perímetro Urbano da Covilhã



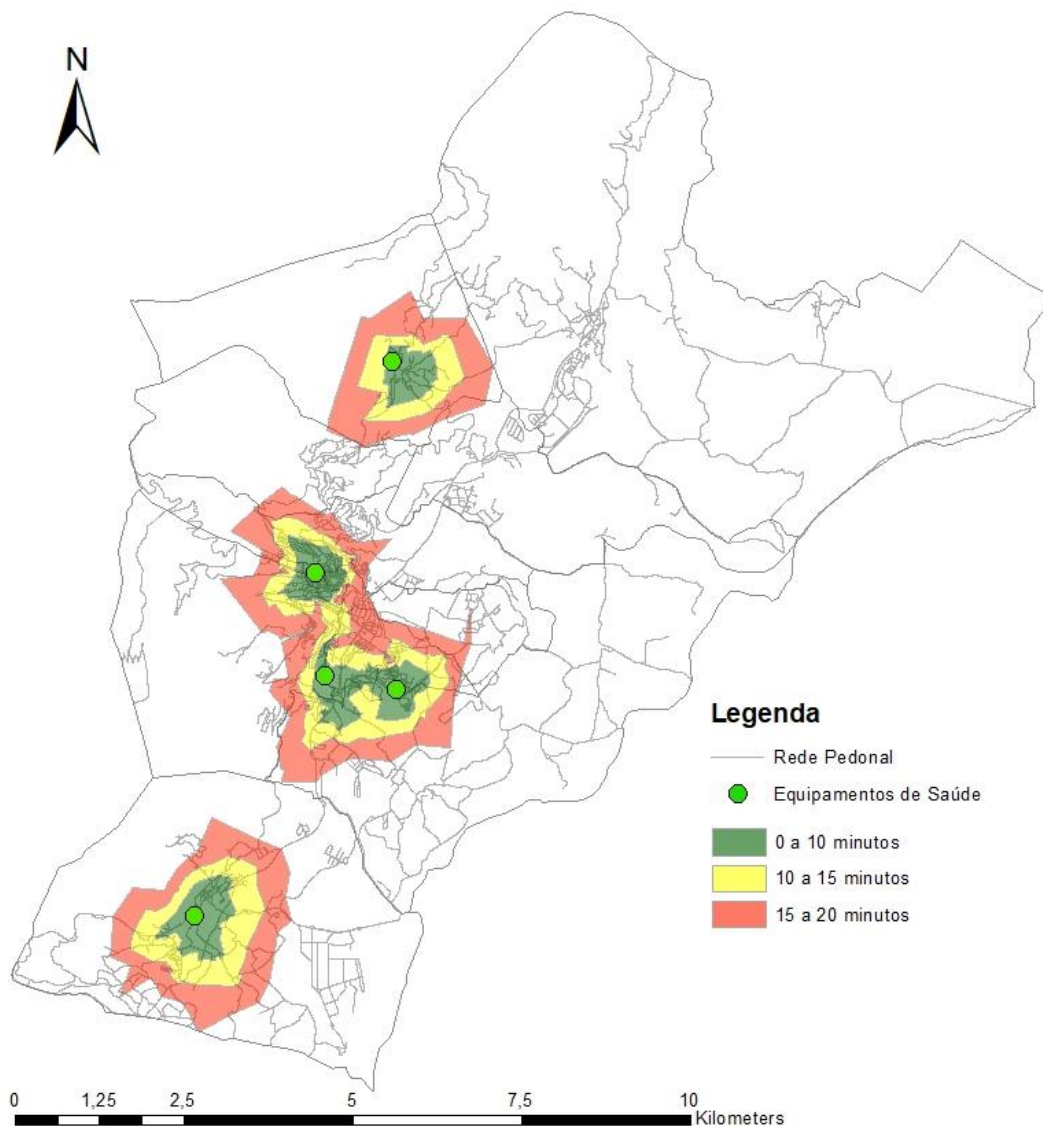
### **Anexo 6: Carta Temática 3**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Transportes**



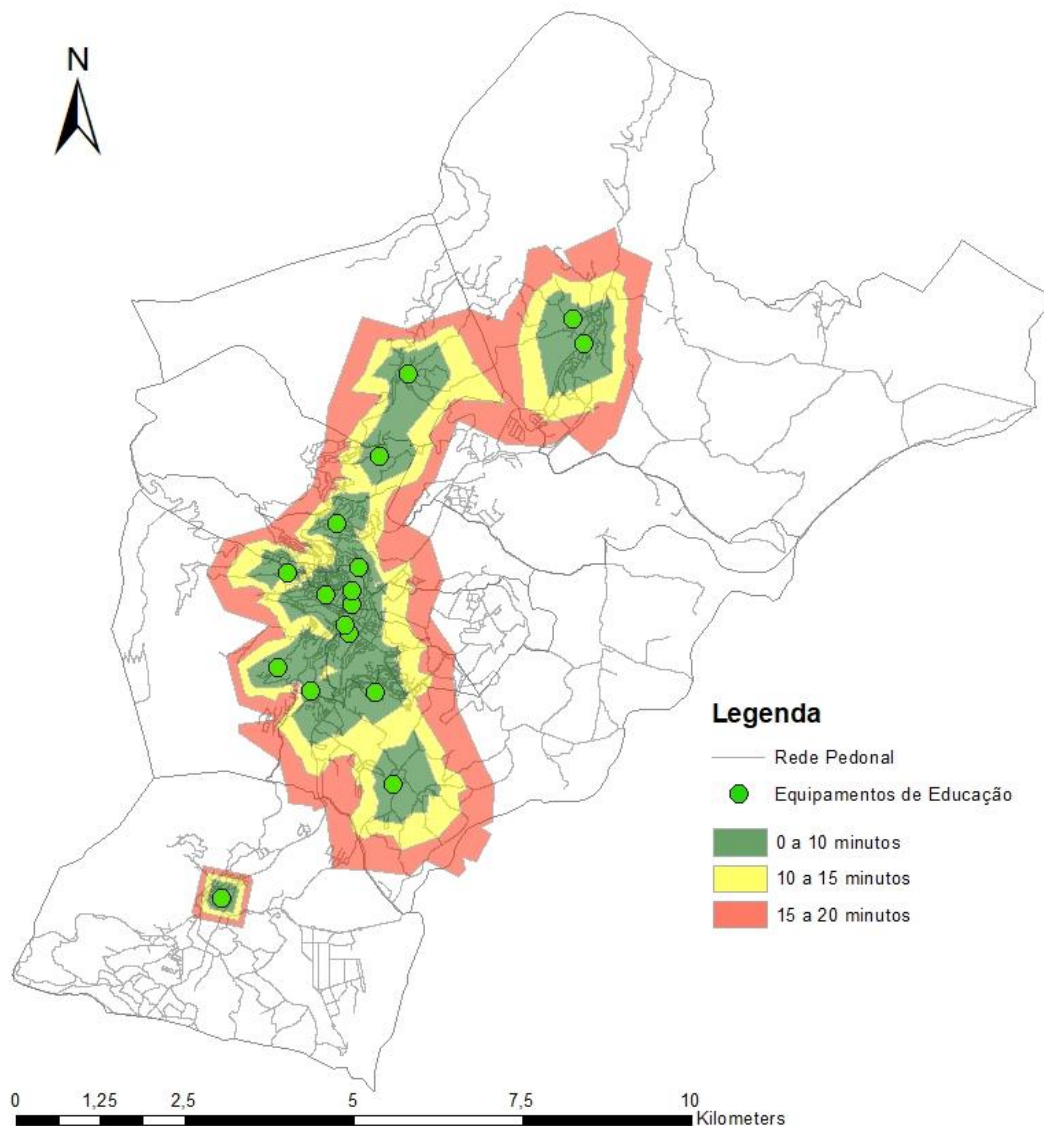
## **Anexo 7: Carta Temática 4**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Saúde**



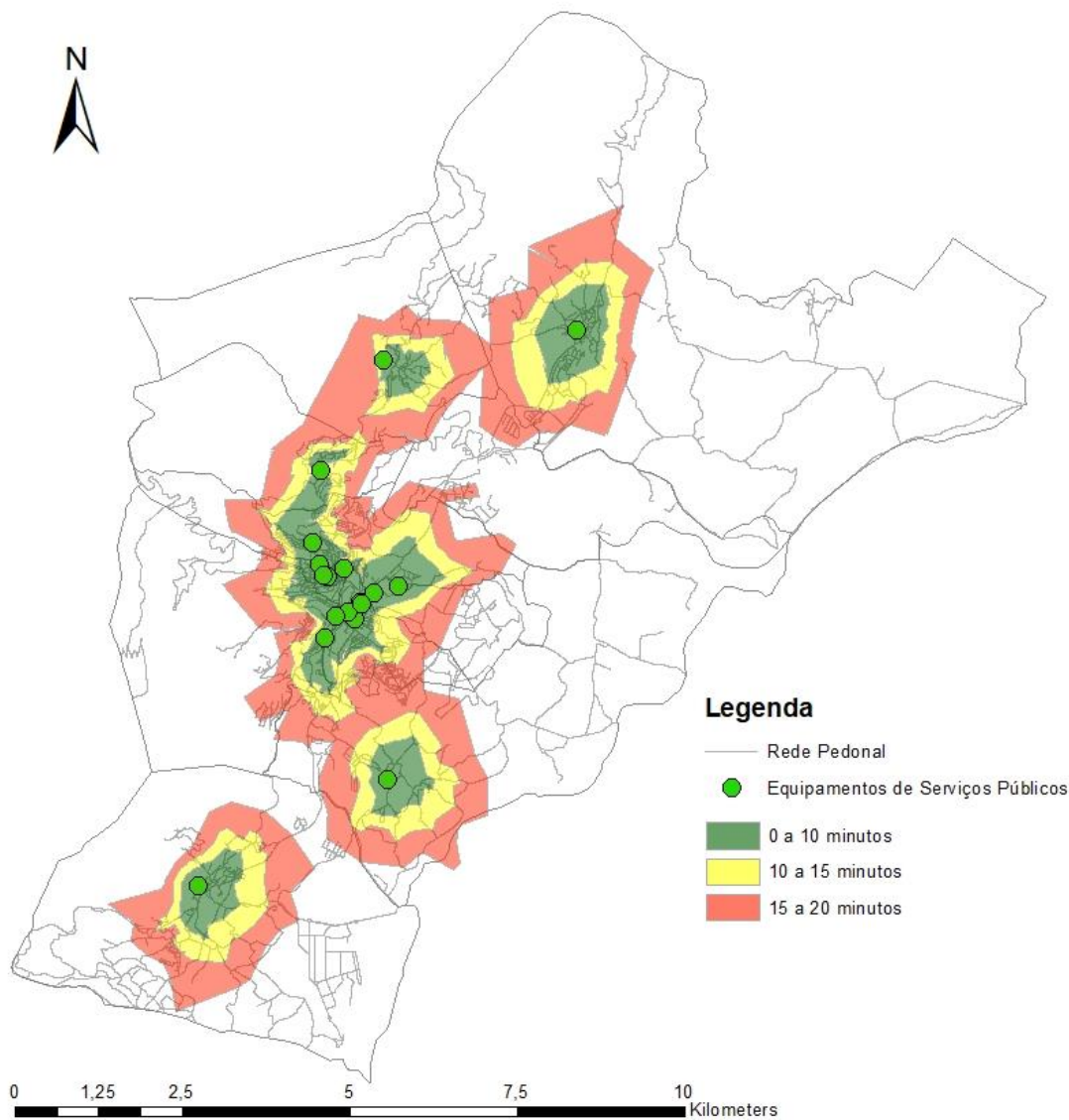
## **Anexo 8: Carta Temática 5**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Educação**



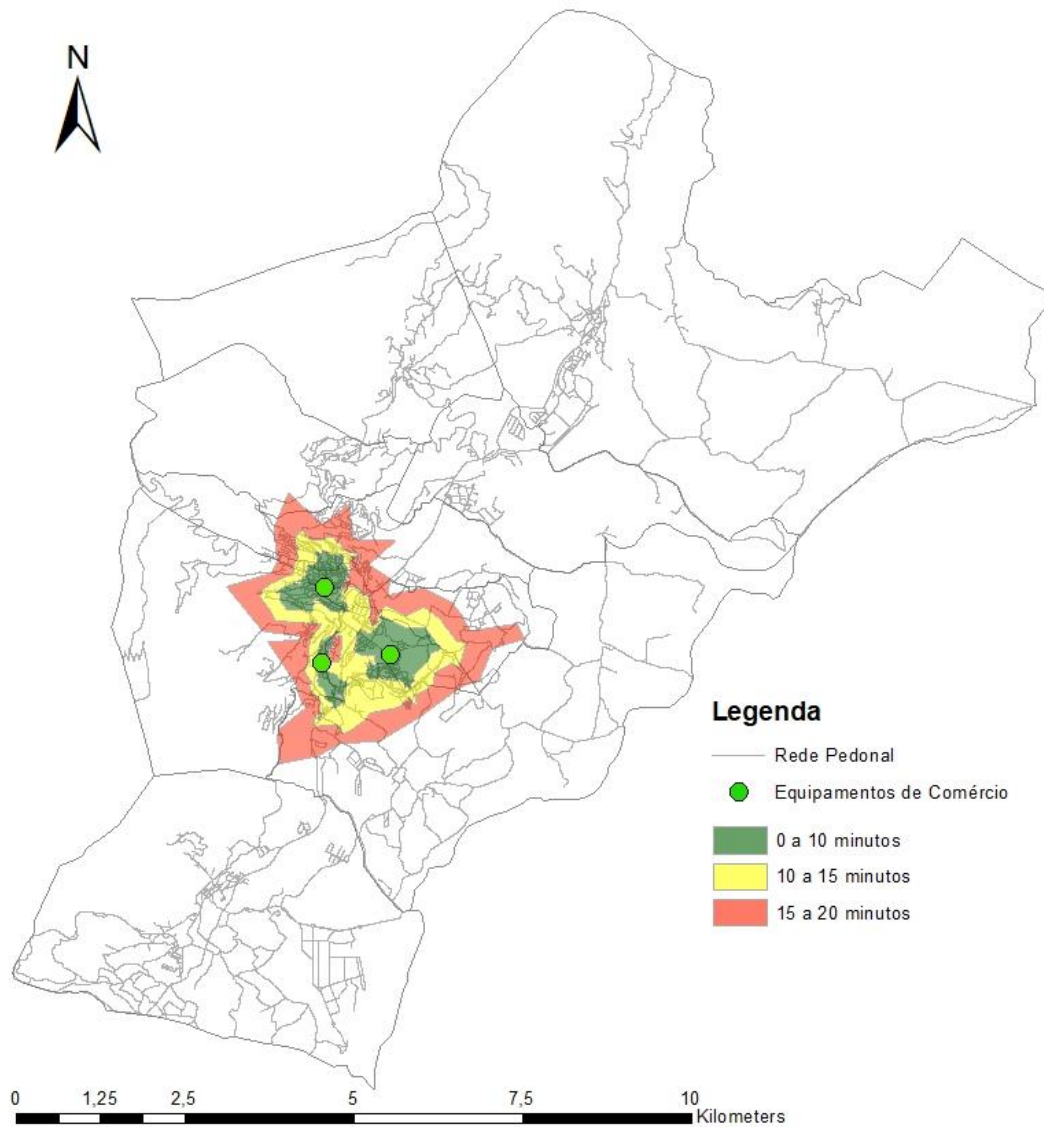
## **Anexo 9: Carta Temática 6**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Serviços Públicos**



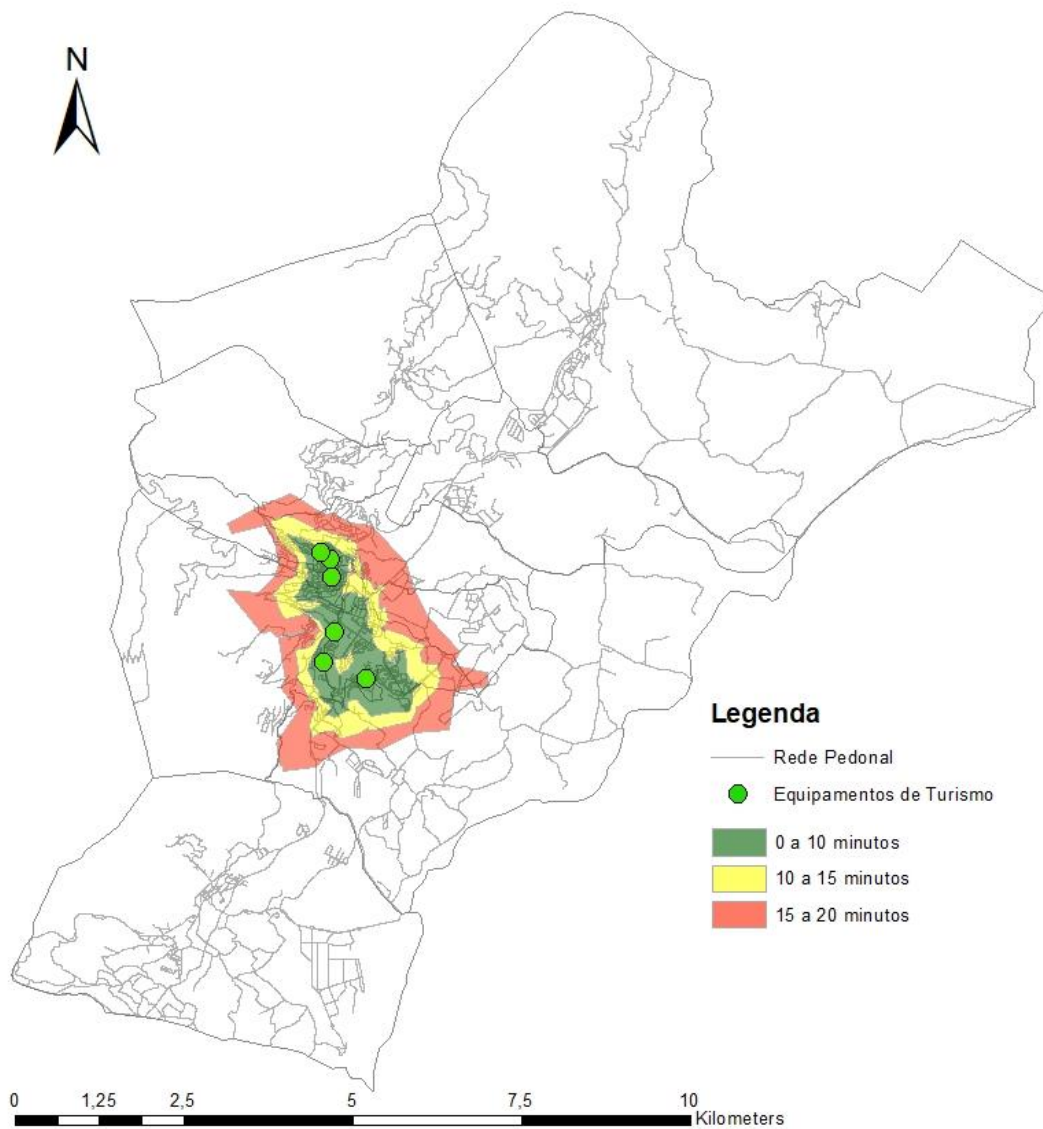
### Anexo 10: Carta Temática 7

### Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Comércio



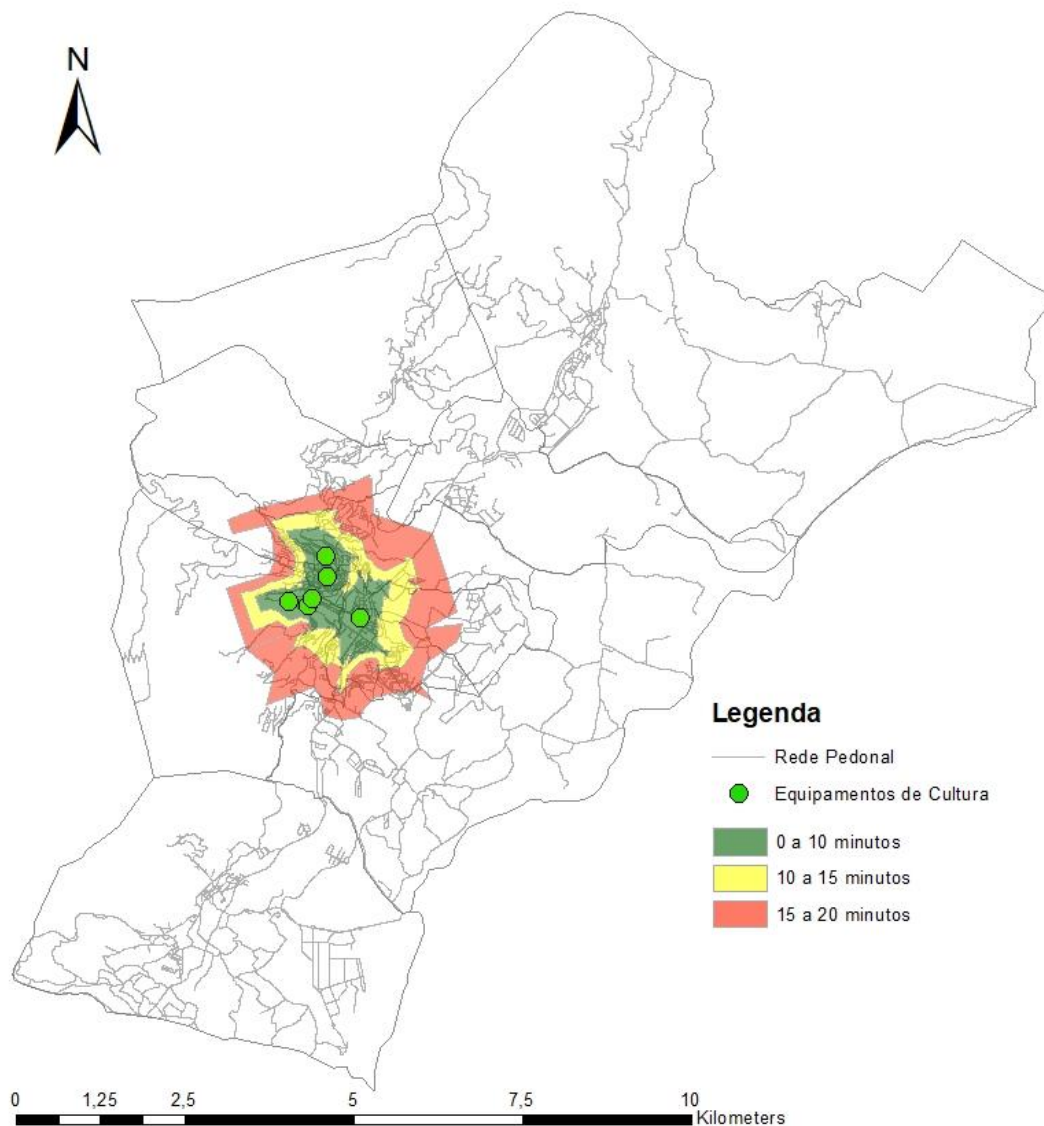
## **Anexo 11: Carta Temática 8**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Turismo**



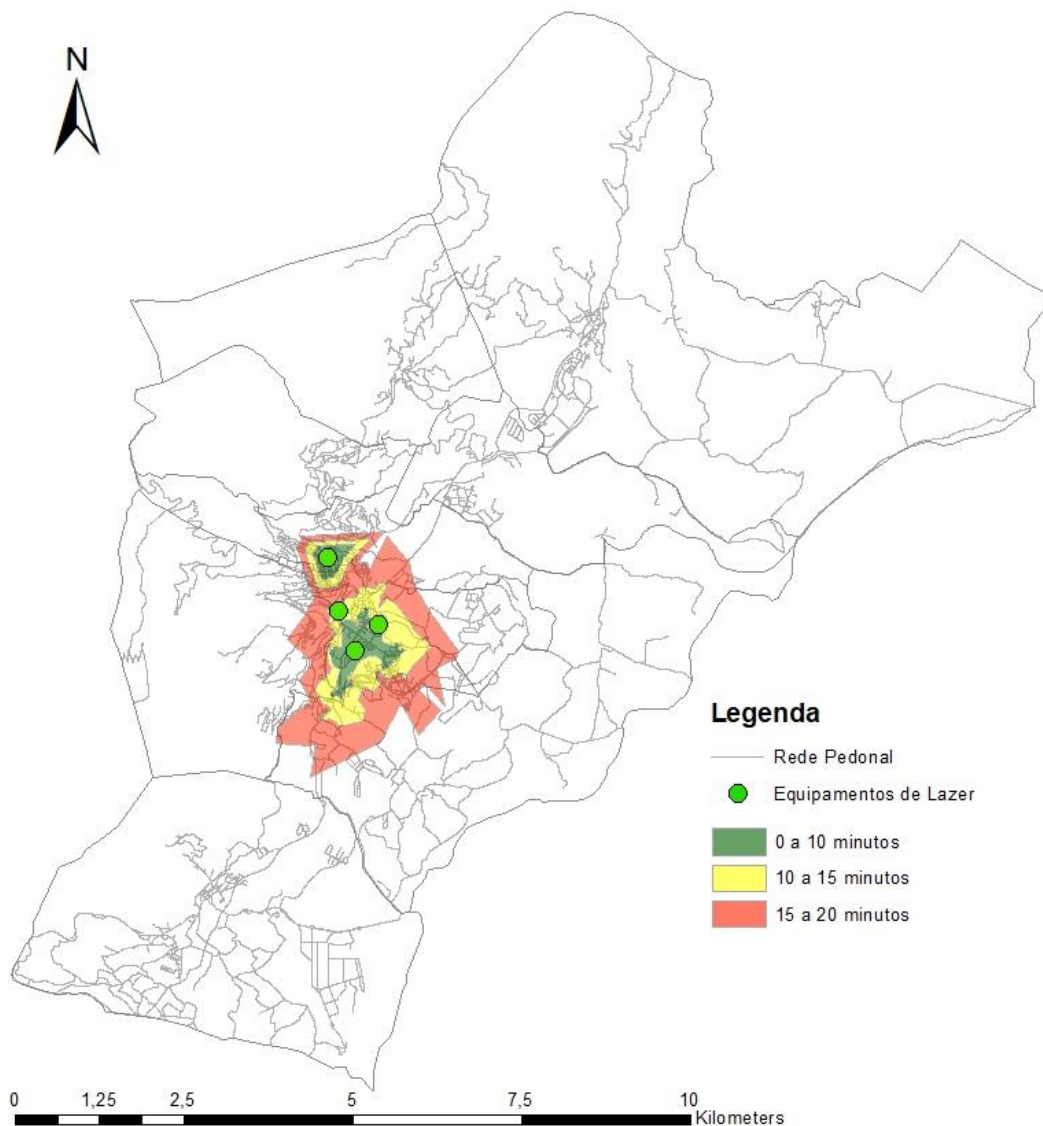
## **Anexo 12: Carta Temática 9**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Cultura**



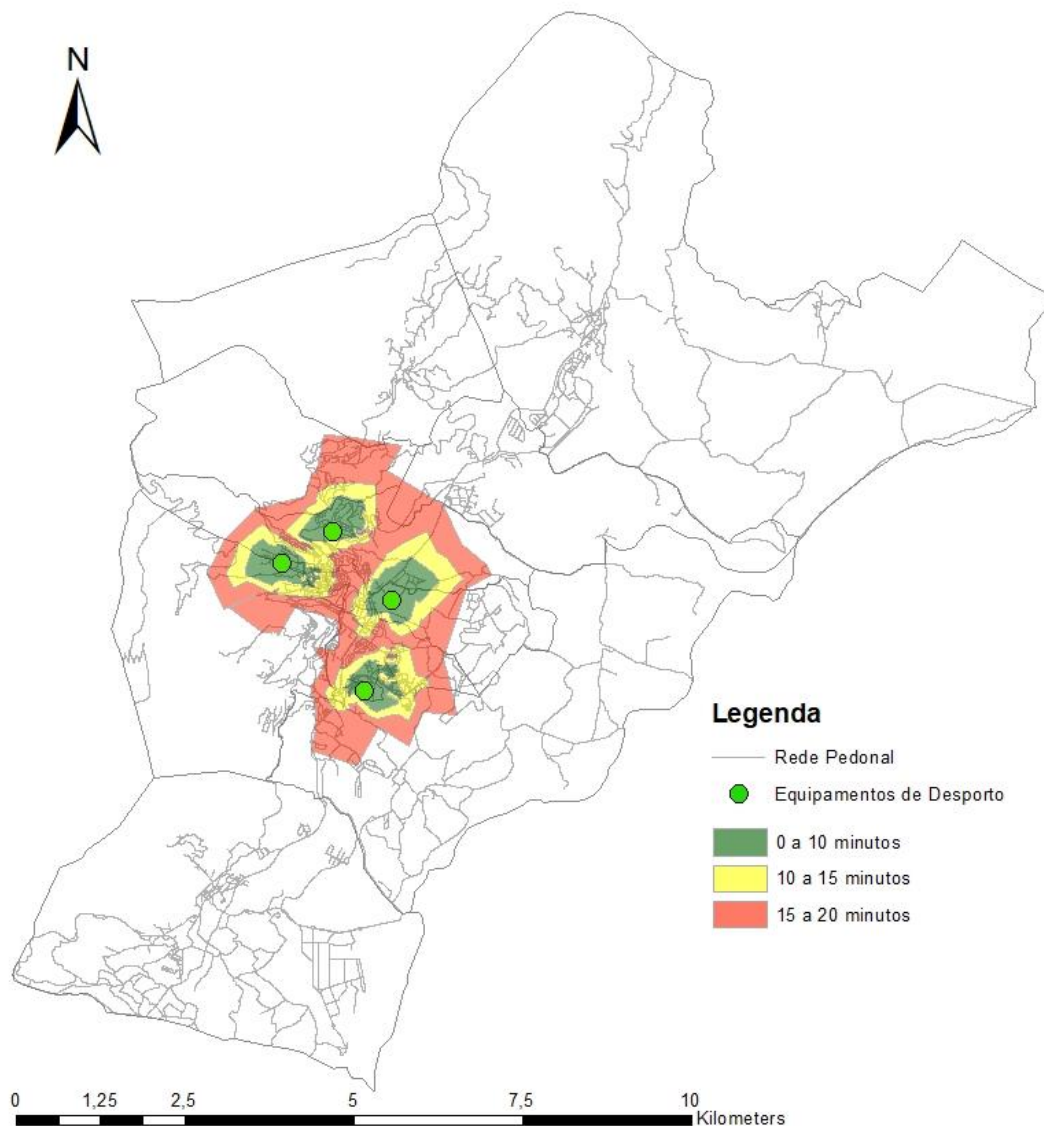
### **Anexo 13: Carta Temática 10**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Lazer**



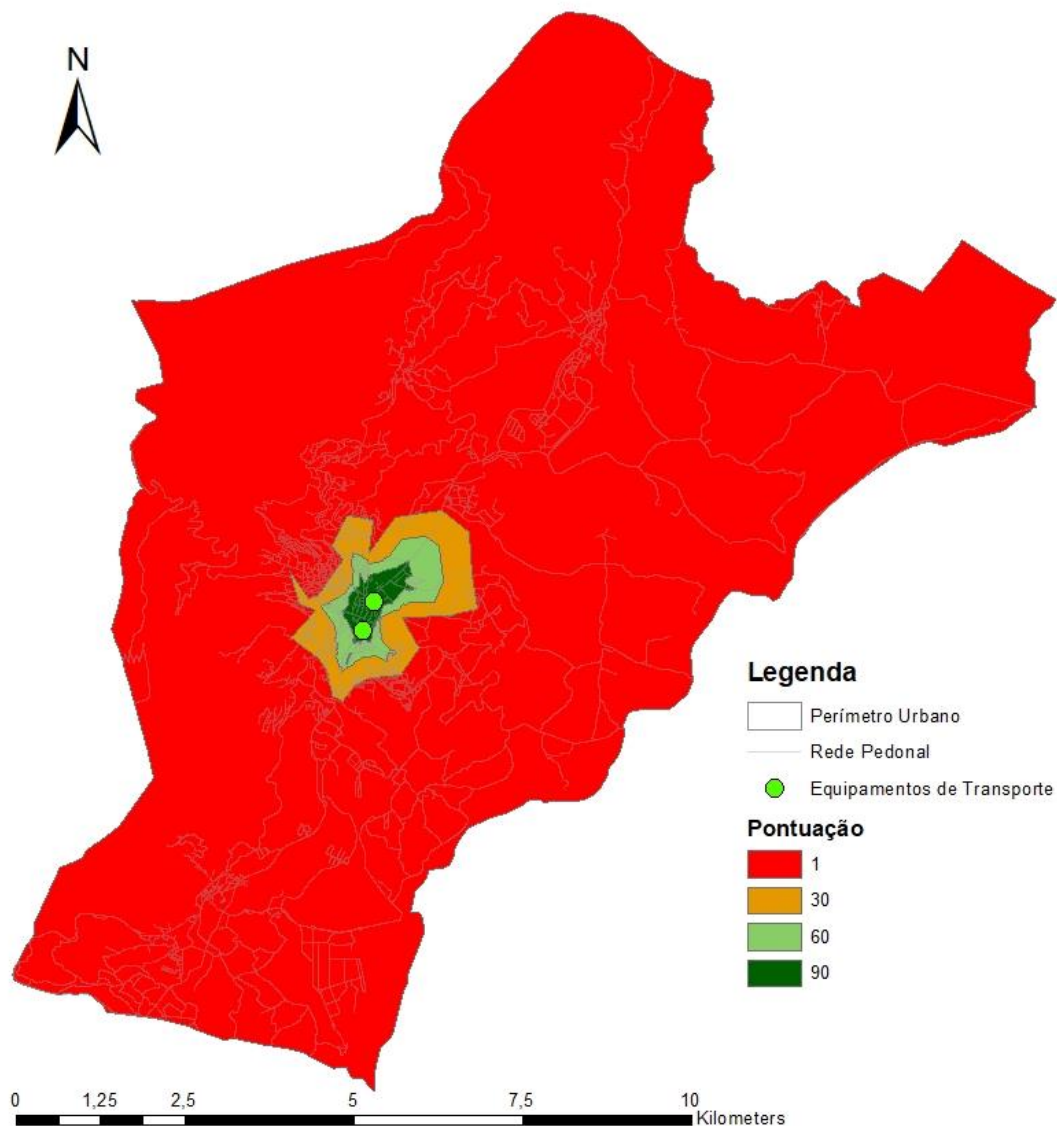
## **Anexo 14: Carta Temática 11**

### **Área de Influência da Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Desporto**



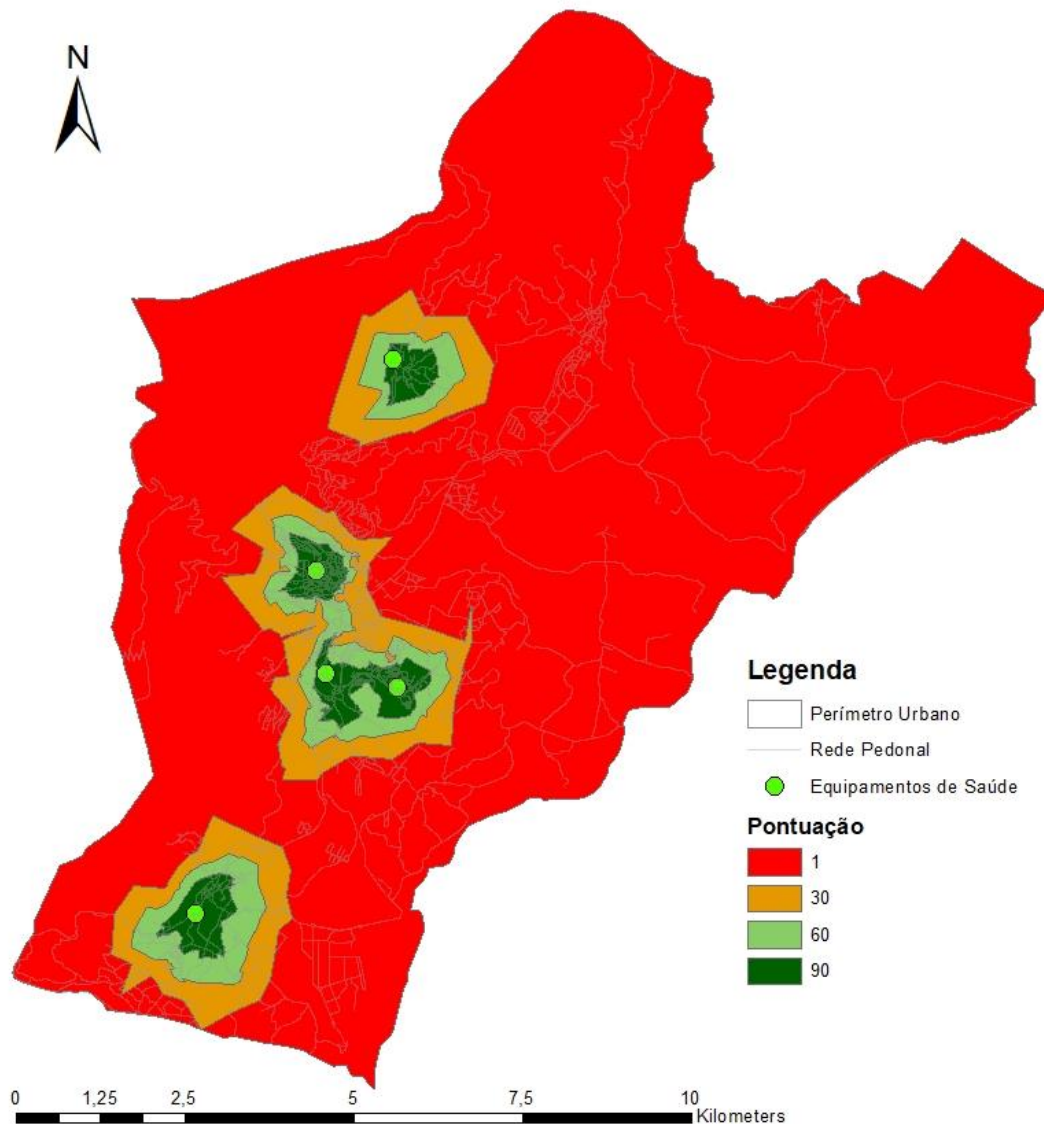
## Anexo 15: Carta Temática 12

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Transportes



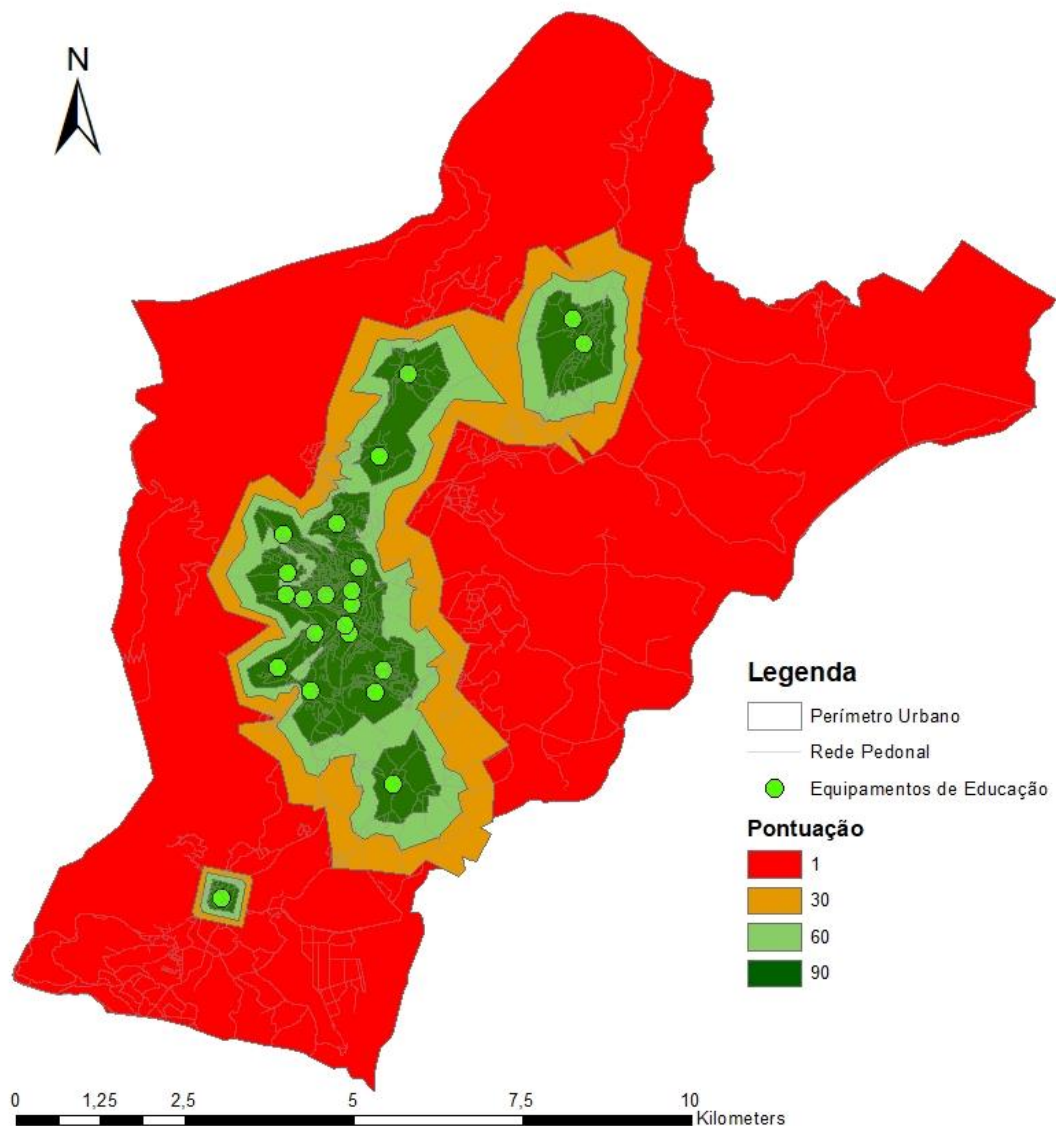
### Anexo 16: Carta Temática 13

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Saúde



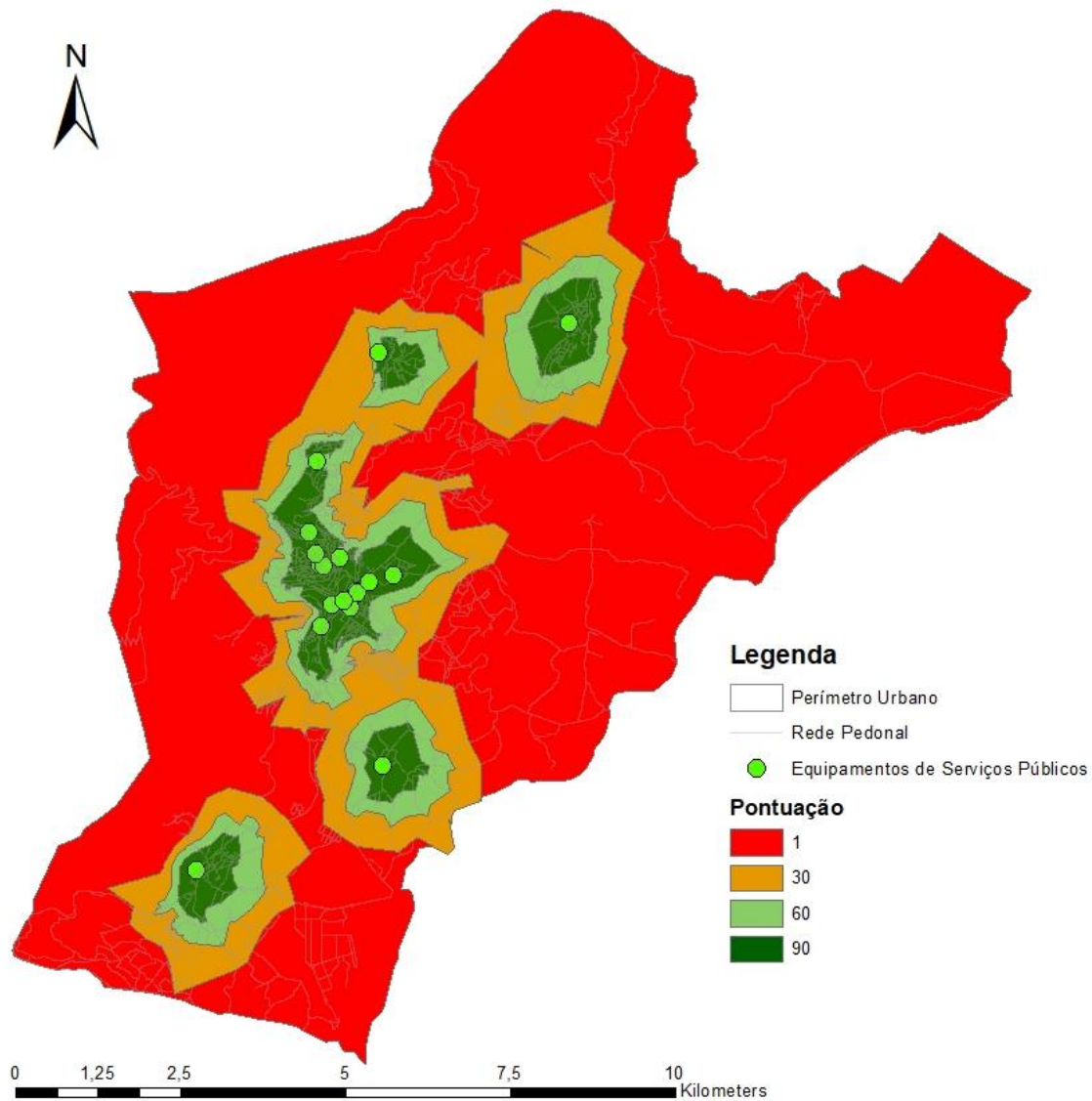
### Anexo 17: Carta Temática 14

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Educação



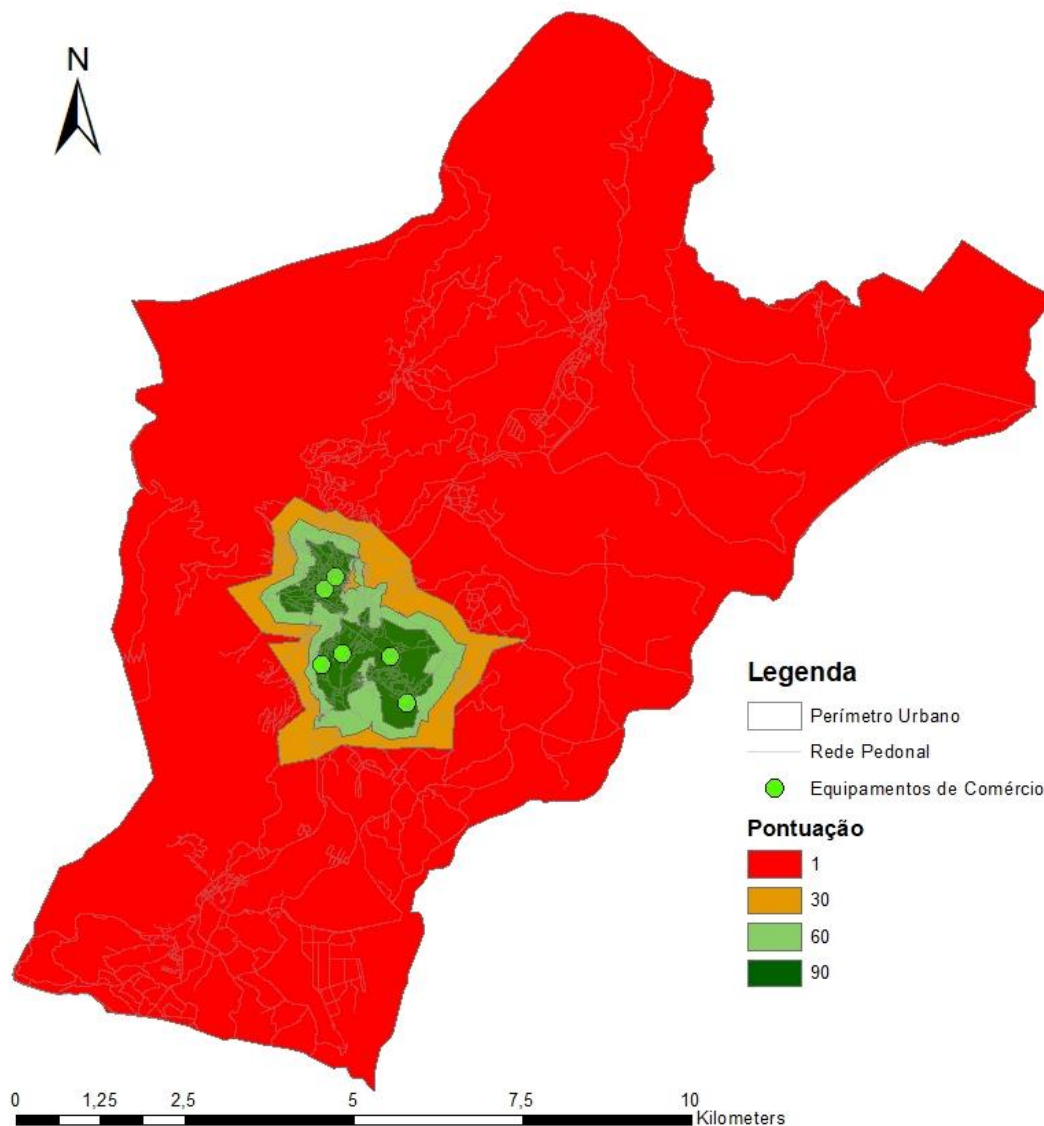
### Anexo 18: Carta Temática 15

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Serviços Públicos



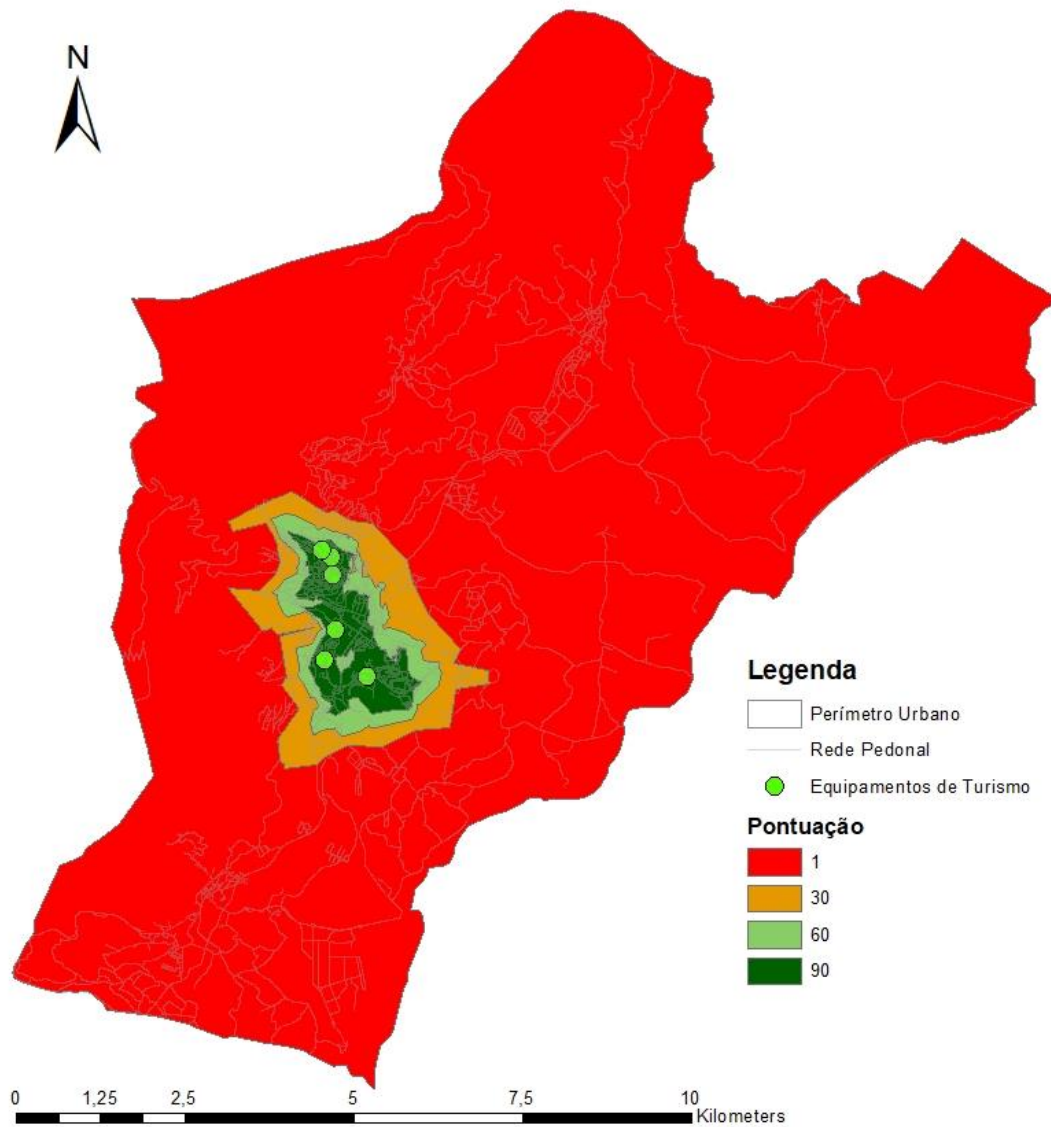
## Anexo 19: Carta Temática 16

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Comércio



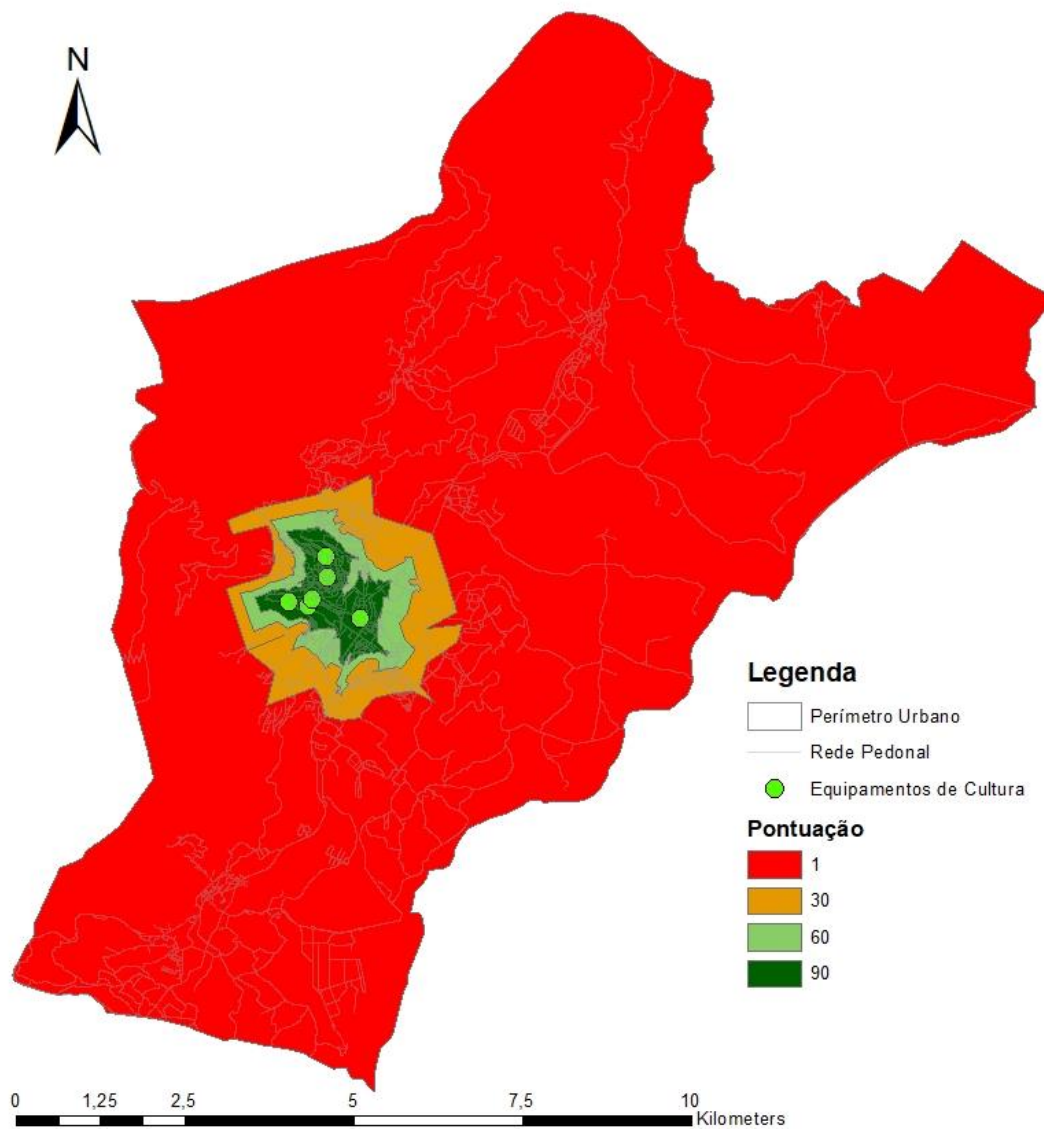
**Anexo 20: Carta Temática 17**

**Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Turismo**



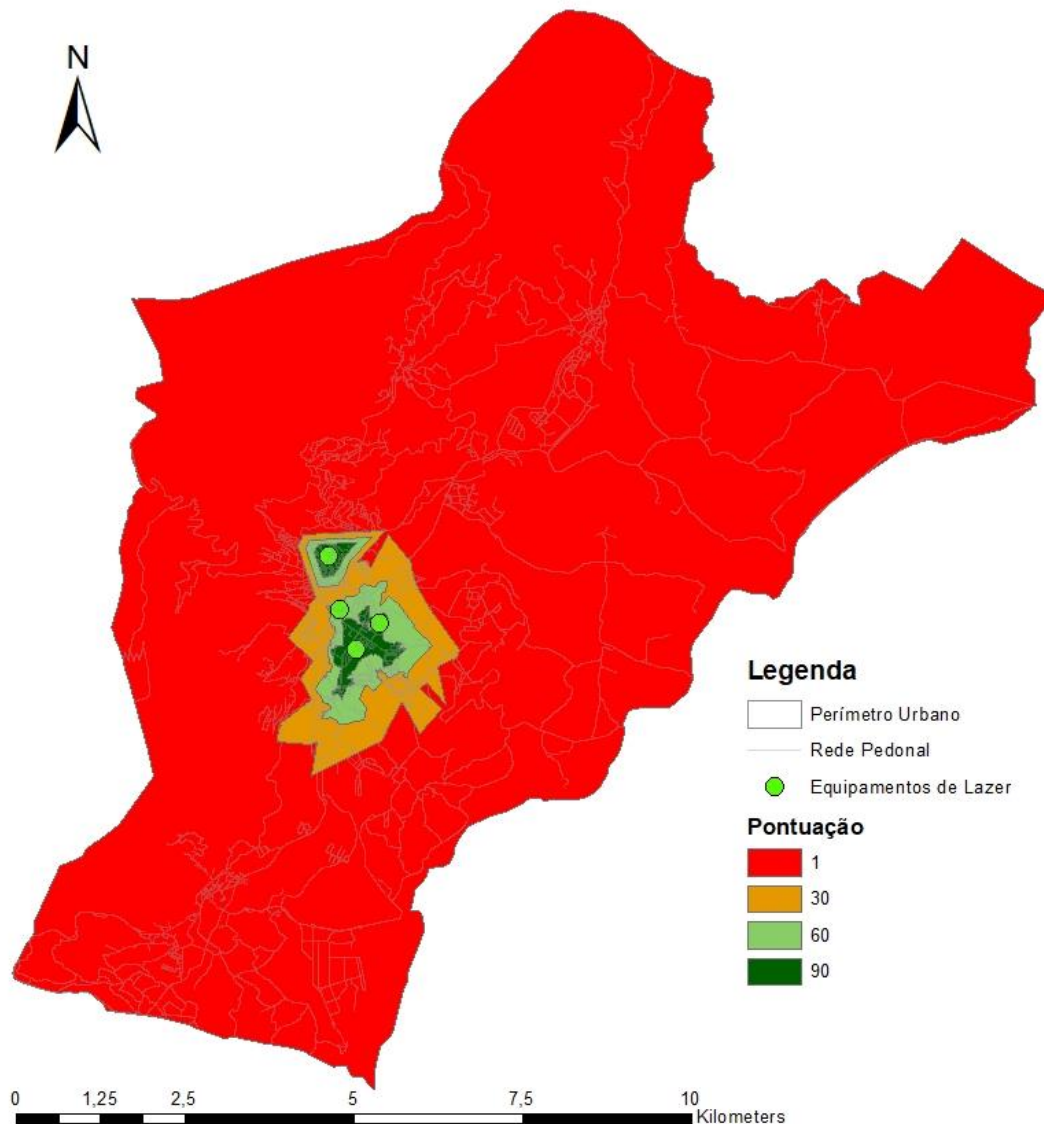
## Anexo 21: Carta Temática 18

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Cultura



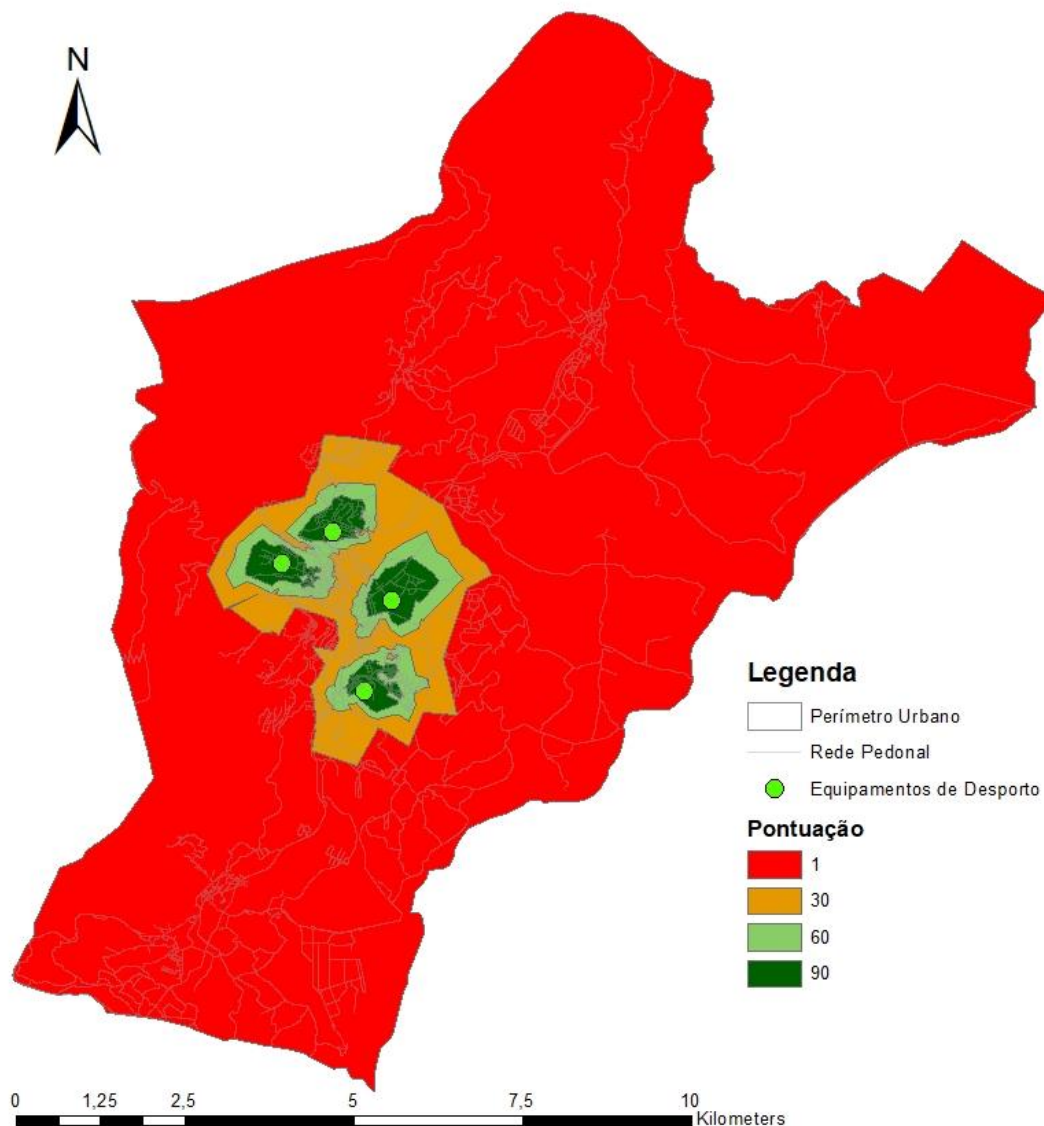
## Anexo 22: Carta Temática 19

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Lazer



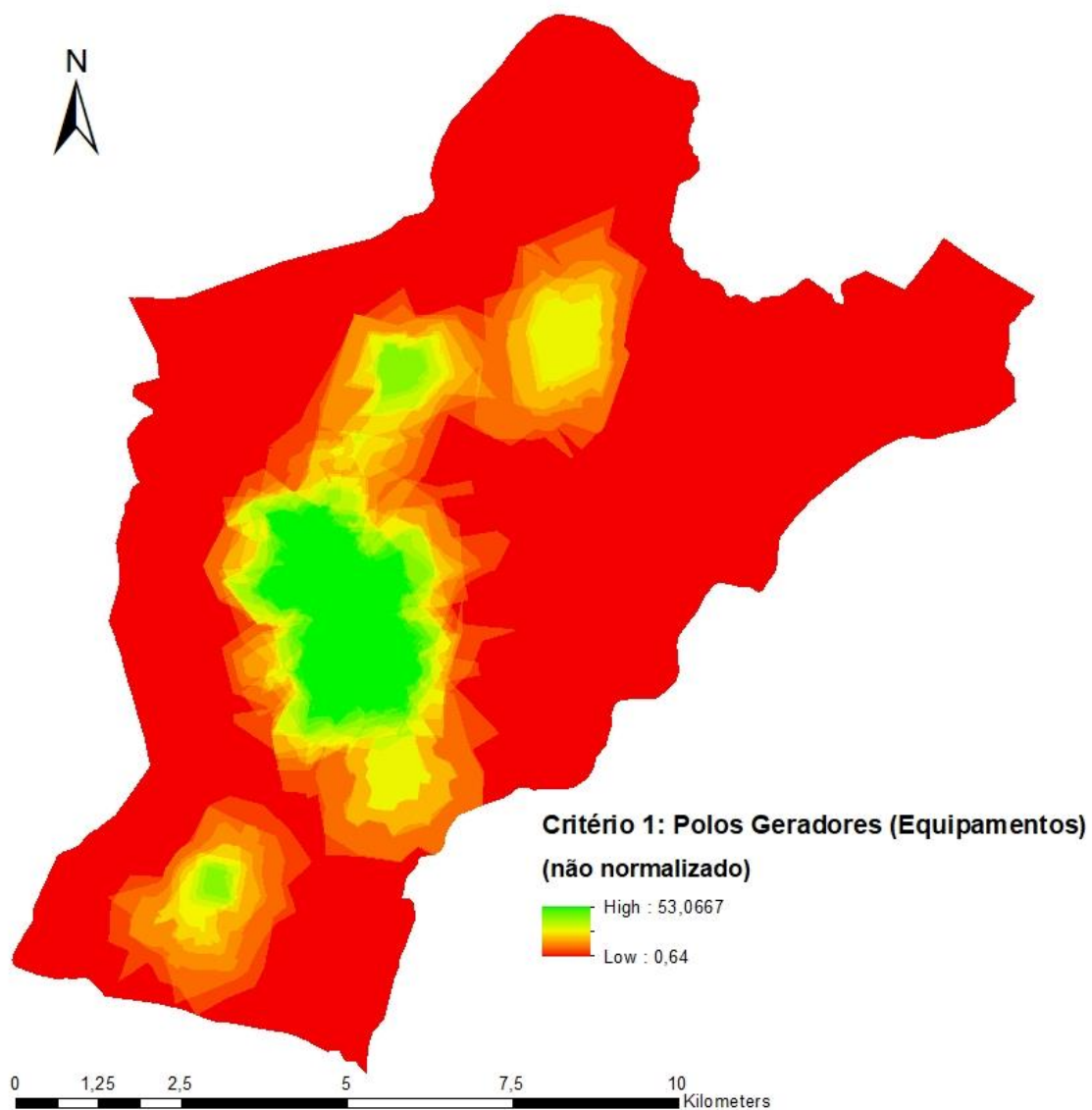
### Anexo 23: Carta Temática 20

### Pontuação das Área de Influência de Circulação Pedonal para os Equipamentos da Categoria Desporto



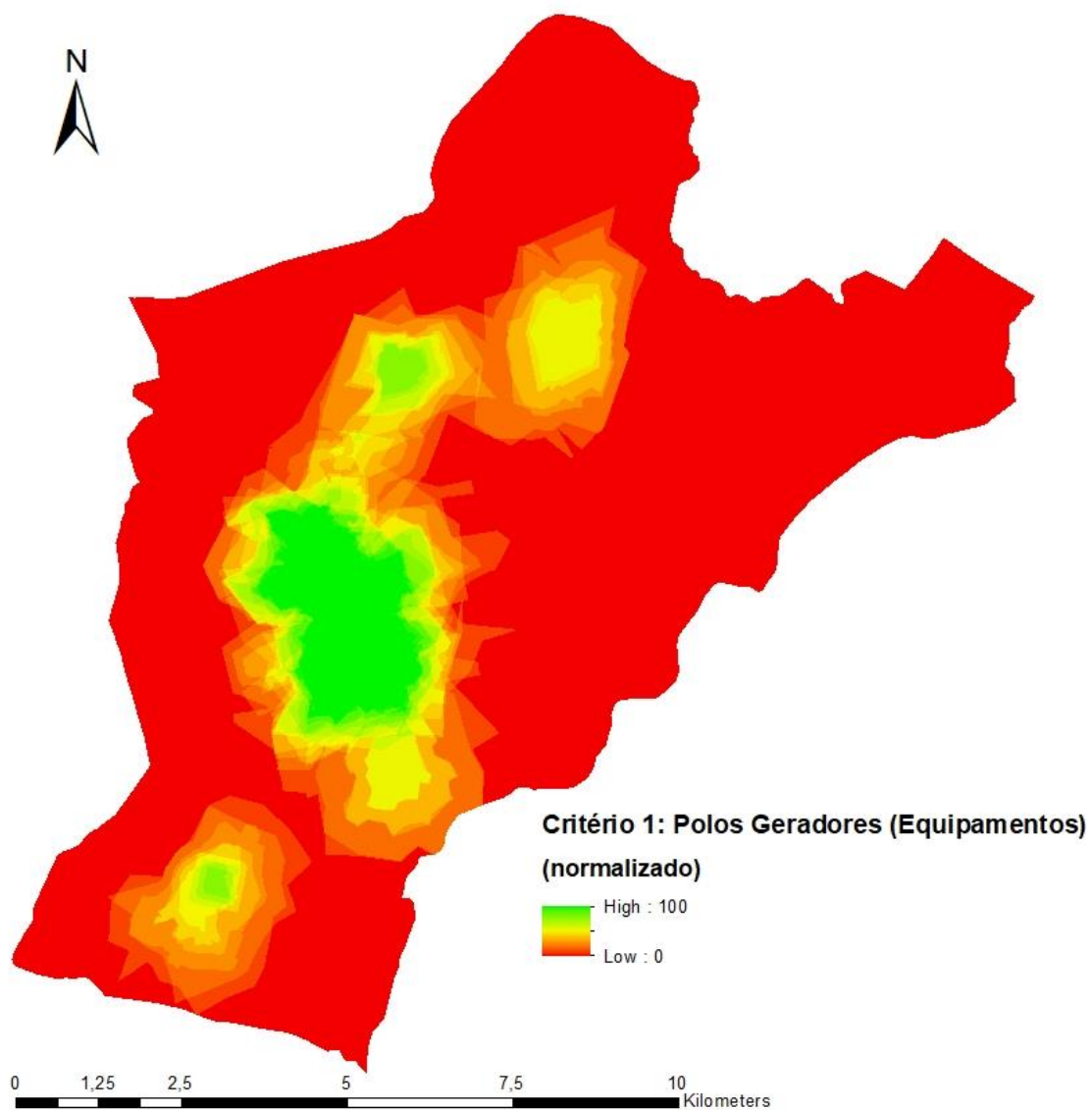
## Anexo 24: Carta Temática 21

### Mapa da Pontuação do Critério 1 - Polos Geradores (não normalizado)



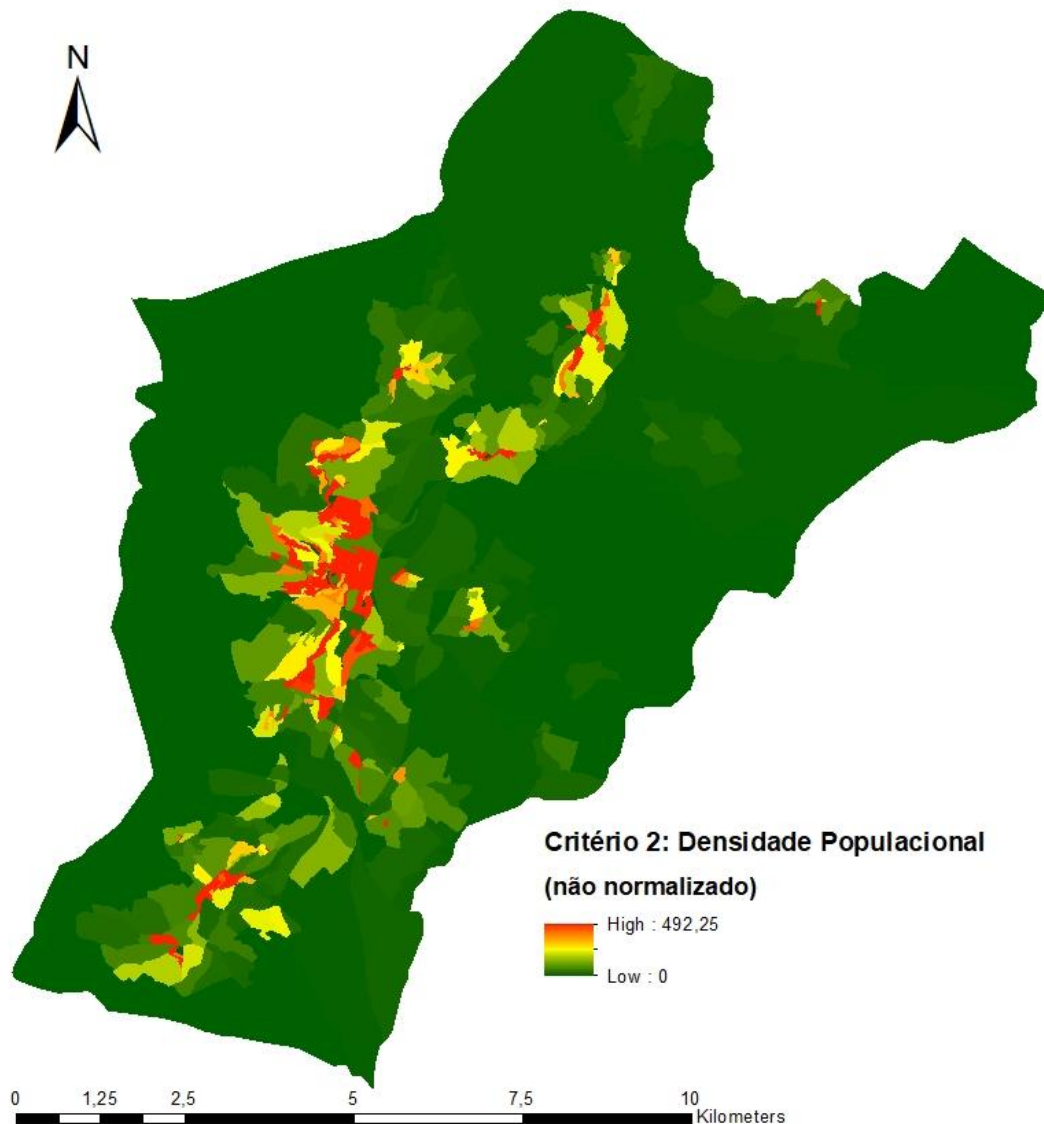
**Anexo 25: Carta Temática 22**

**Mapa da Pontuação do Critério 1 - Polos Geradores (normalizado)**



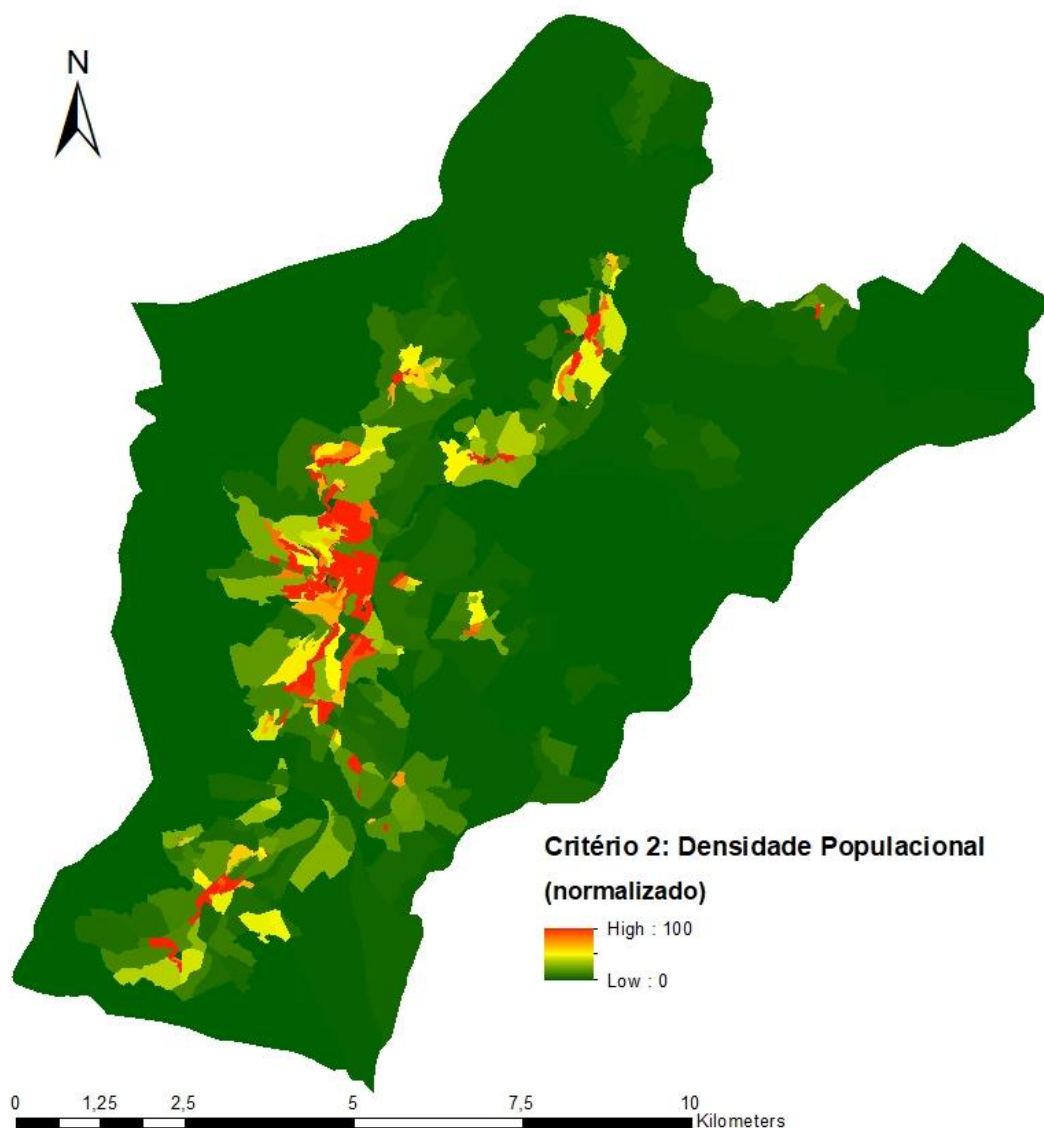
**Anexo 26: Carta Temática 23**

**Mapa da Pontuação do Critério 2 - Densidade Populacional (não normalizado)**



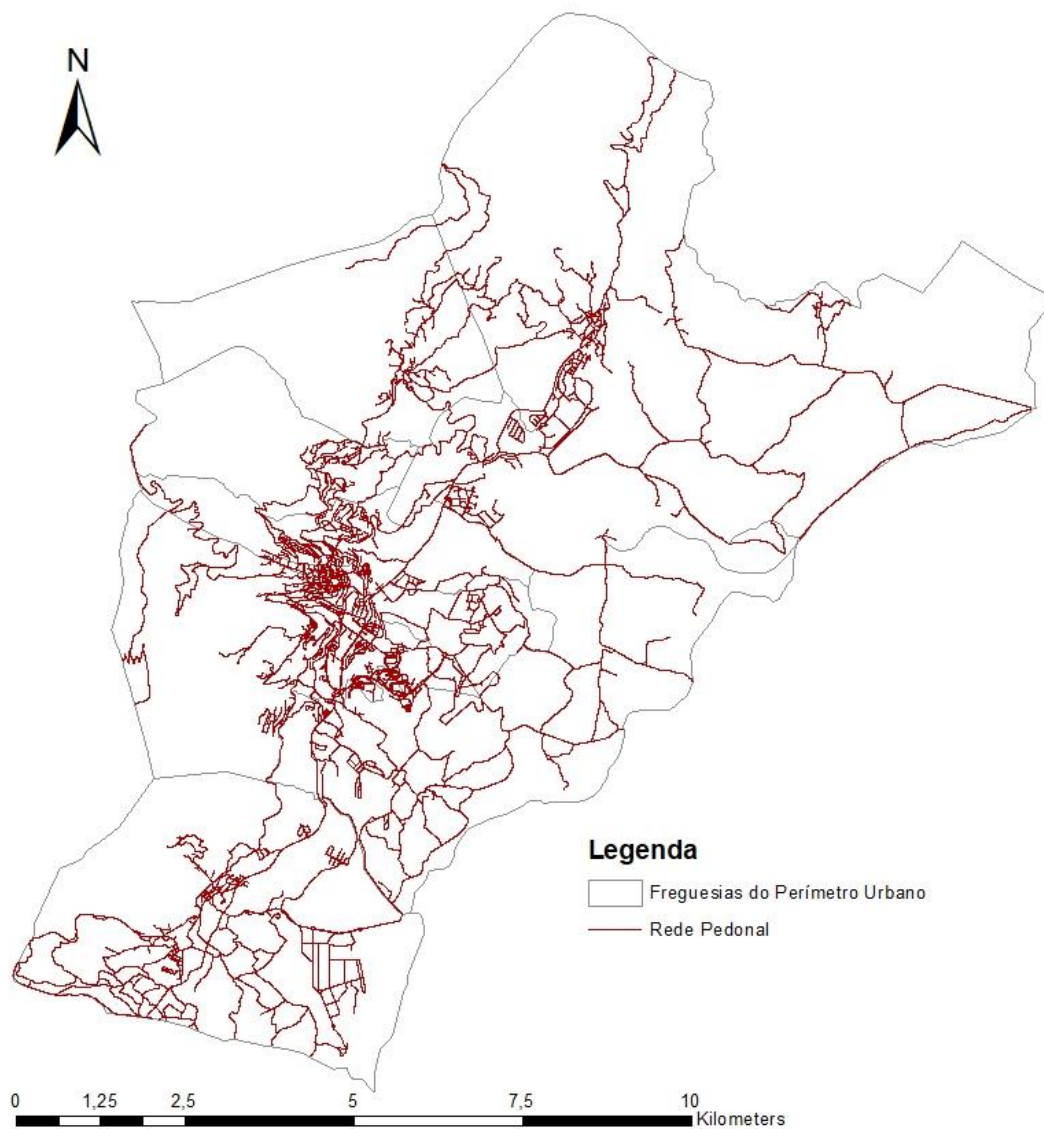
**Anexo 27: Carta Temática 24**

**Mapa da Pontuação do Critério 2 - Densidade Populacional (normalizado)**



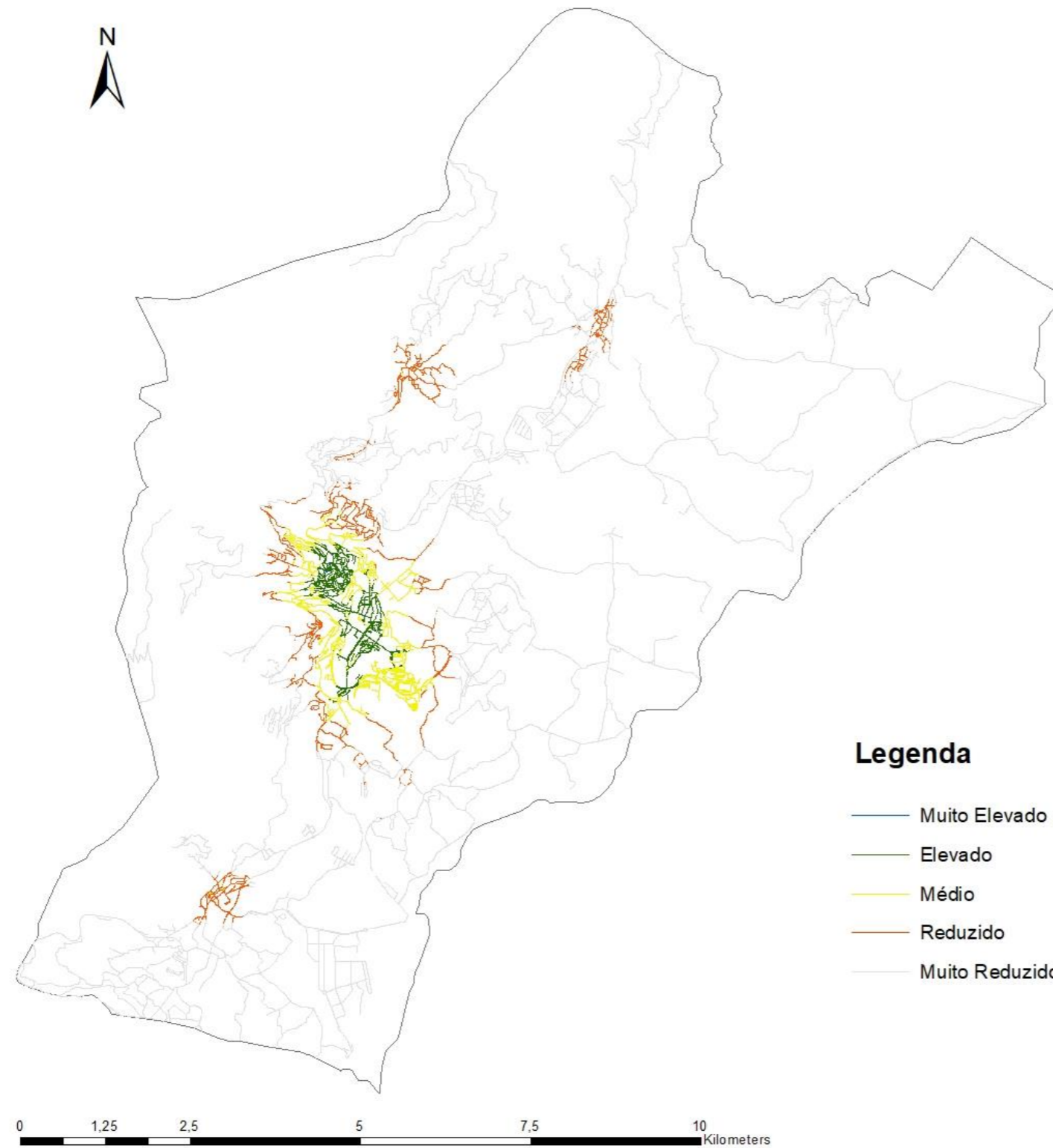
## **Anexo 28: Carta Temática 25**

### **Mapa do Critério 3 - Rede Pedonal**



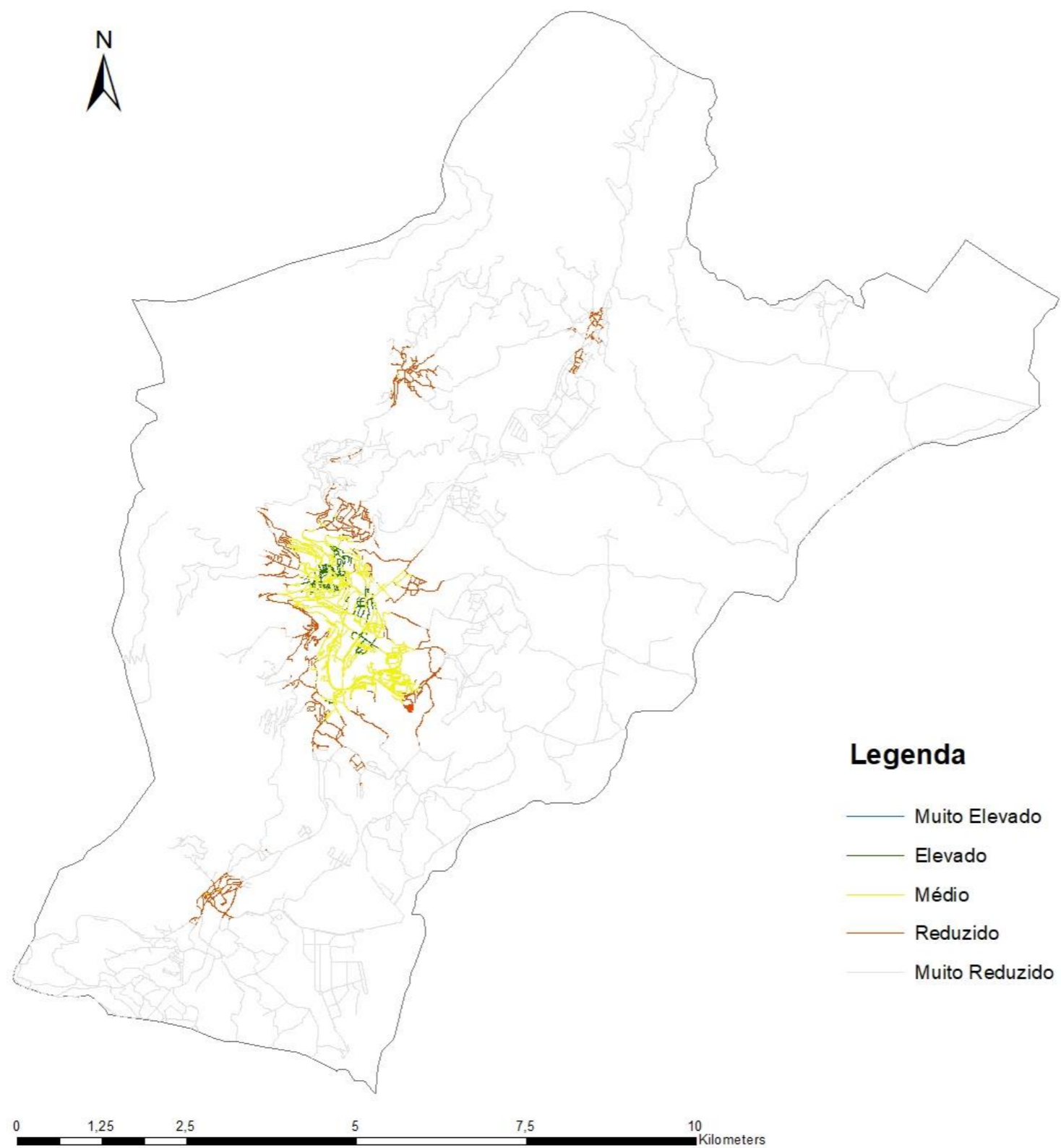
**Anexo 29: Carta Temática 26**

**Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (70% PG - 30% DP)**



**Anexo 30: Carta Temática 27**

**Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (60% PG - 40% DP)**



**Anexo 31: Carta Temática 28**

**Mapa do Potencial da Infraestrutura Pedonal (50% PG - 50% DP)**

