



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

**Instrumento de apoio à criação de um mapa
de potencial ciclável da rede viária com
recurso a SIG**

“Versão final após defesa pública”

Silvia Valentina González de Passos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Sistemas de Informação Geográfica
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutora Bertha Maria Batista dos Santos

Covilhã, outubro de 2018

*A vida é como andar de
bicicleta: para ter equilíbrio é preciso se
manter em movimento*

Albert Einstein

Agradecimentos

Antes de mais quero agradecer a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

Agradecer em especial à Professora Bertha Santos, por ter acreditado e confiado em mim para abordar este tema, tendo demonstrado sempre total disponibilidade, apoio e partilha de conhecimentos para a realização da dissertação.

Ao Professor Pedro Almeida, pela cedência do MDT 5, sem o qual não seria possível obter os resultados finais com tanto detalhe.

Ao Eng. André Tomé, por ter partilhado e cedido tão prontamente a rede viária do concelho da Covilhã.

Agradecer aos meus pais e irmãos, por nunca terem desistido de mim e me terem apoiado ao longo de todos estes anos.

Um agradecimento especial ao Nuno, por todo o carinho, amor e paciência que tem tido ao longo destes anos e deste percurso.

Ao Tomás, por ter sido o meu companheiro nesta aventura académica, à Telma por ter sido tão tolerante e compreensiva nestes últimos meses e a todos os meus amigos que de certa forma acompanharam o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

A necessidade de um desenvolvimento sustentável dos centros urbanos colocou a mobilidade como um dos vetores mais importantes e urgentes a ter em conta nas ações a desenvolver nas cidades. A sensibilização da população e a implementação de medidas em meio urbano com vista a potenciar a circulação com recurso a modos suaves, onde se inclui a bicicleta, é assim uma prioridade das políticas atuais de transportes.

Neste contexto, o trabalho apresentado tem por objetivo abordar a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no processo de criação de um instrumento de apoio ao conhecimento, compreensão, planeamento e gestão do espaço público, nomeadamente para identificação das áreas das cidades com maior potencial ciclável da rede viária existente, possibilitando assim a definição de prioridades de atuação no espaço público.

O instrumento proposto recorre a 3 tipos de análises em ambiente SIG (espacial, de redes e multicritério), combinando dados no formato vetorial e *raster* de 3 variáveis (polos geradores de viagens, densidade populacional e rede viária) para obter mapas de potencial ciclável da rede viária.

O instrumento foi aplicado à rede viária do concelho da Covilhã, tendo permitido identificar as vias com potencial ciclável para a utilização de bicicletas tradicionais e elétricas. Os resultados permitiram concluir que 23% da rede viária total do perímetro urbano apresenta potencial para o uso da bicicleta tradicional e 34% para a bicicleta elétrica.

A identificação das vias com efetivo potencial ciclável permite uma melhor afetação dos recursos humanos e financeiros das autoridades responsáveis pelo espaço público e o efetivo aumento da prática de andar de bicicleta, contribuindo para a sustentabilidade urbana dadas as vantagens ambientais, económicas e sociais associadas.

Palavras-chave

SIG; Análise Espacial; Análise de Redes; Análise Multicritério; Potencial Ciclável da Rede Viária

Abstract

The need for a sustainable development of urban areas has placed mobility as one of the most important and urgent directions to consider in the actions to be developed in cities. Awareness of the population and the implementation of measures to promote circulation using soft modes, including cycling, is therefore a priority of current transport urban policies.

In this context, the present work aims to address the use of Geographic Information Systems (GIS) in the creating process of an instrument to support the knowledge, understanding, planning and management of the public space, through the identification of urban areas with the greatest cycling potential of the existing road network. The identification of these areas enables the definition of intervention priorities in the public space.

The proposed instrument uses 3 types of analysis (spatial, network and multicriteria) that are performed in a GIS environment to combine vector and *raster* data of 3 variables (travel generator poles, population density and road network) in order to obtain cycling potential maps of road networks.

The instrument was applied to the Covilhã city road network to identify the segments with cycling potential for the use of traditional and electric bicycles. The results allowed to conclude that 23% of the total road network of the urban perimeter presents potential for the use of traditional bicycle and 34% for electric bicycle.

The identification of segments with effective cycling potential allows a better allocation of the human and financial resources of the authorities responsible for the public space and the effective increase of the practice of cycling, contributing to the urban sustainability given the associated environmental, economic and social advantages.

Keywords

GIS; Spatial Analysis; Network Analysis; Multicriteria Analysis; Road Cycle Potential.

Índice

Resumo	vii
Palavras-chave	vii
Abstract	ix
Keywords	ix
Índice	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Acrónimos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Objetivos	6
1.3. Estrutura da dissertação	6
Capítulo 2	9
Rede Ciclável	9
2.1. Ciclistas	9
2.2. Planeamento	12
2.3. Desenho	16
2.4. Desafios na definição de redes cicláveis em cidades de encosta	18
Capítulo 3	21
Os SIG e a Análise de Redes	21
3.1. O conceito de SIG	21
3.2. Modelos de dados Espaciais.....	22
3.3. Análise Espacial	23
3.4. Análise de Redes	26
3.5. Análise Multicritério com Recurso a SIG.....	29
Capítulo 4	31
Caso de estudo	31
4.1. Metodologia.....	31
4.2. Caso de estudo: Mapa de Potencial Ciclável da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã	37
4.3. Aplicação da Metodologia	50

4.4. Resultados.....	62
Capítulo 5	71
Conclusões	71
Bibliografia	75
Anexos	77
A1 Lista de equipamentos por Categoria e Quantidade.....	77
A2 Inquérito realizado.....	78
A3 Resultados do Inquérito	79
A4 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Categorias).....	87
A4 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Comércio).....	89
A6 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Cultura).....	91
A7 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Desporto).....	93
A8 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Educação)	95
A9 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Lazer)	97
A10 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Saúde).....	99
A11 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Serviços)	101
A12 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Transporte).....	103
A13 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Turismo)	105
A14 Carta temática: Principais equipamentos de Polos Geradores (Critério).....	107
A15 Carta temática: Principais equipamentos de Polos Geradores (Normalização)	109
A16 Carta temática: Densidade Populacional	111
A17 Carta temática: Densidade Populacional (Normalização).....	113
A18 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Hierarquia das vias)	115
A19 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Inclinação das vias)	117
A20 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Bicicleta Elétrica).....	119
A21 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Bicicleta Tradicional).....	121
A22 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (70% PG – 30% DP)	123
A23 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (60% PG – 40% DP)	125
A24 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (50% PG – 50% DP)	127
A25 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (70% PG – 30% DP)	129
A26 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (60% PG – 40% DP)	131
A27 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (50% PG – 50% DP)	133

Lista de Figuras

Figura 1- Comparação dos tempos de deslocação em distâncias até 8km em meio urbano (IMTT, 2011b)	2
Figura 2 - Meios de transporte utilizados nos movimentos pendulares entre 2001 e 2011 em Portugal (INE)	4
Figura 3 - Hierarquia de tomada de decisão (IMTT, 2011b)	13
Figura 4 - Processo de planeamento de uma rede ciclável (adaptado do IMTT)	16
Figura 5 - Critérios para a implementação das diferentes tipologias de percursos cicláveis. Fonte: Rede ciclável - Princípios de Planeamento e Desenho (IMTT, 2011b)	18
Figura 6 - Modelo Vetorial e Modelo <i>Raster</i> . Adaptado de Produção e manipulação de dados Geográficos (Deer, 2011)	22
Figura 7 - Eliminação de alguns dados na passagem de modelo vetorial para modelo <i>raster</i> . (Cunha 2009)	23
Figura 8 - Reclassificação de uma imagem em formato <i>raster</i>	25
Figura 9 - Mapa de Autoestradas de Portugal. Fonte: IMTT	26
Figura 10 - Grafo simples (Inácio, 2011)	27
Figura 11 - Grafo não simples (Inácio, 2011)	27
Figura 12 - Exemplo de uma rede com nós e ligações	28
Figura 13 - Fases da metodologia adotada.....	33
Figura 14 - Ferramentas utilizadas na abordagem da metodologia	35
Figura 15 - Bicicletas elétricas e bicicletas tradicionais.....	37
Figura 16 - Freguesias do concelho da Covilhã (divisão das freguesias antes da reorganização)	39
Figura 17 - Perímetro Urbano da Covilhã	40
Figura 18 - Evolução da população residente do concelho da Covilhã de 1991 a 2011 (INE)	40
Figura 19 - Evolução da população residente no concelho, por faixa etária, de 2001 a 2011	41
Figura 20 - Densidade populacional no concelho (hab/km ²)	41
Figura 21 - Mapa com as categorias dos principais equipamentos do concelho da Covilhã	46
Figura 22 - Mapa com os principais equipamentos do concelho da Covilhã	47
Figura 23 - Mapa da rede viária do Concelho da Covilhã com a hierarquia das vias ..	49

Figura 24 - Mapa de classes de Densidade populacional no perímetro urbano (Covilhã).....	51
Figura 25 - Mapa da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã	52
Figura 26 - Mapa da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã com hierarquia viária.....	53
Figura 27 - Inclinação longitudinal da rede viária	54
Figura 28 - Mapa das áreas de serviço dos equipamentos da categoria Educação.....	55
Figura 29 - Mapa de pontuação para as áreas de influência da categoria Educação (formato <i>raster</i>)	56
Figura 30 - Mapas dos resultados obtidos para ao Critério dos Polos Geradores (valores não normalizados).....	59
Figura 31 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério dos Polos Geradores - PG (valores normalizados)	60
Figura 32 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério da Densidade Populacional - DP (valores normalizados).....	61
Figura 33 - 1ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (70% PG - 30% DP)	64
Figura 34 - 2ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (60% PG - 40% DP)	65
Figura 35 - 3ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (50% PG - 50% DP)	66
Figura 36 - 1ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (70% PG- 30% DP)	67
Figura 37 - 2ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (60% PG- 40% DP).....	68
Figura 38 - 3ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (50% PG - 50% DP)	69

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Diferenças entre o ciclista experiente e o ciclista casual (TRB, 2010).....	10
Tabela 2 - Categorias de ciclistas - nível de experiência e características (Austroads, 2017)	11
Tabela 3 - Quadro síntese das características geométricas das vias (IMTT, 2011b)(Austroads, 2017)(TRB, 2010)(AASHTO, 2012)	12
Tabela 4 - Inclinações aceitáveis para percursos em bicicleta (TRB, 2010)(IMTT, 2011b)(AASHTO, 2012)	14
Tabela 5 - Caracterização do tipo de tipologia de percurso ciclável (adaptado do (IMTT, 2011b))	17
Tabela 6 - Funções utilizadas no modelo de dados vetorial (adaptado (Morais, 2013)).....	24
Tabela 7 - Proporção da população em relação ao modo de transporte utilizado (Covilhã e Portugal NUTS - 2011).....	42
Tabela 8 - Parte 1/2 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de residência (Portugal, Cova da Beira, Covilhã e freguesias da Covilhã)	42
Tabela 8 - Parte 2/2 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de residência (Portugal, Cova da Beira, Covilhã e freguesias da Covilhã)	43
Tabela 9 - Principais equipamentos do concelho (Saúde, Educação e Serviços Públicos)	44
Tabela 10 - Principais equipamentos do concelho (Comércio, Transporte, Lazer e Turismo).....	45
Tabela 11 - Classes de Densidade populacional.....	50
Tabela 12 - Aptidão para a circulação com bicicleta tradicional em função da inclinação longitudinal das vias (TRB, 2010)(IMTT, 2011b)(AASHTO, 2012)	54
Tabela 13 - Pontuação atribuída a cada área de serviço	56
Tabela 14 - Pesos dos subcritérios dos Pólos geradores	58
Tabela 15 - Quadro resumo do potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano da Covilhã para o uso de Bicicleta tradicional	63
Tabela 16 -Quadro resumo do potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano da Covilhã para o uso de Bicicleta elétrica	63

Lista de Acrónimos

ADC	Águas da Covilhã
ADE	Associação Desportiva da Estação
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
BGRI	Base Geográfica de Referenciação de Informação
BUGA	Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro
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
ENDS	Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
GNR	Guarda Nacional Republicana
ha	hectare
Hab	Habitante
IEFP	Instituto do Emprego e Formação Profissional
IMTT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
INE	Instituto Nacional de Estatística
MDT	Modelo Digital do Terreno
PCRv	Potencial Ciclável da Rede Viária
PDM	Plano Diretor Municipal
PG	Polos Geradores
PMT	Planos de Mobilidade e Transportes
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNPOT	Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território
POR	Planos Operacionais Regionais
PEDU	Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano
PSP	Polícia de Segurança Pública
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
RV	Rede Viária
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UBI	Universidade da Beira Interior
VAL	Vias de Acesso Local
VC	Vias Coletoras

VDL	Vias Distribuidoras Locais
VDP	Vias Distribuidoras Principais
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

Capítulo 1

Introdução

1.1. Enquadramento do tema

A necessidade de um desenvolvimento sustentável dos centros urbanos colocou a mobilidade como um dos vetores mais importantes e urgentes a ter em conta nas ações a desenvolver nas cidades. Para isso foi necessário definir medidas práticas e sustentáveis para a resolução de novos desafios, surgindo assim um novo domínio da mobilidade, a mobilidade sustentável, que se caracteriza por ser uma forma de deslocação das pessoas com recurso a modos de transporte sustentáveis (APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

A mobilidade sustentável pressupõe que os cidadãos disponham de condições e escolhas de acessibilidade e mobilidade que lhes proporcionem deslocações seguras, confortáveis, com tempos aceitáveis e custos acessíveis. Implica, ainda, que a mobilidade se exerça com eficiência energética e reduzidos impactos ambientais (IMTT, 2011b).

Esta eficiência vai depender de iniciativas que têm como objetivo o de reduzir a utilização do transporte individual, melhorar a utilização do transporte público e promover o uso dos modos suaves de transporte como modo ciclável e modo pedonal (Almeida, 2015). E, segundo o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2009) a mobilidade é importante para o desenvolvimento social e económico de uma região, visto que permite o acesso a recursos, serviços, mercado de trabalho e pessoas, tornando possível um aumento na qualidade de vida dos cidadãos promovendo assim a competitividade e eficiência de uma região. Mas, se por um lado, este aumento da qualidade de vida, a redução de custos de transporte e a melhoria na saúde são as principais vantagens vistas pelos utilizadores na escolha dos modos suaves, por outro lado o estado das infraestruturas e a segurança são as principais desvantagens. É necessário, dessa forma, garantir um bom dimensionamento da rede pedonal e também a existência de uma rede ciclável bem estruturada e segura.

É essencial uma rede ciclável que satisfaça a necessidade dos utilizadores, fazendo uma ligação entre os pontos principais de forma segura e atrativa. É igualmente importante garantir uma rede de estacionamento de bicicletas que cubra os pontos mais frequentados da cidade, de forma a incentivar a realização de iniciativas de sensibilização da utilização do modo ciclável, como por exemplo a iniciativa “De Bicicleta para o Trabalho - *Bike to Work Day*” (Almeida, 2015).

Tendo em conta a sua importância, os modos suaves são definidos como sendo “meios de deslocação e transporte de velocidade reduzida, ocupando pouco espaço na via pública e sem emissões de gases para a atmosfera como a simples pedonalidade ou a deslocação com recurso a bicicletas, patins, skates, trotinetas ou quaisquer outros similares, encarados como uma mais-valia económica, social e ambiental, e alternativa real ao automóvel”¹ mas também são definidos como “modos de transporte não motorizados, modos verdes, transportes ativos, modos saudáveis, modos lentos e modos de transporte de propulsão humana” (APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

Nos trajetos urbanos de curta distância, até 5km, a bicicleta é considerada mais rápida que o automóvel, especialmente em situações de congestionamento (ver Figura 1). O seu uso isolado ou combinado com outros meios de transporte contribui para a promoção da saúde pública e para a melhoria do ambiente urbano.

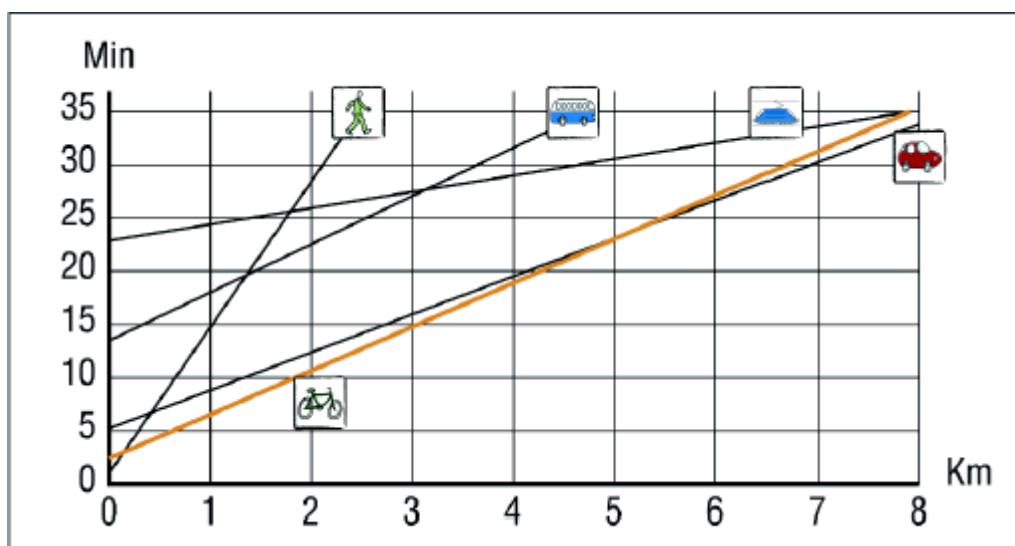


Figura 1- Comparação dos tempos de deslocação em distâncias até 8km em meio urbano (IMTT, 2011b)

Atualmente é cada vez mais comum a utilização da bicicleta no contexto urbano, sendo que nos últimos anos a União Europeia tem vindo a promover os modos suaves de deslocação nas viagens de média e curta distância.

Segundo o relatório “Cidades para as bicicletas, cidades para o futuro” (Comissão Europeia, 2000) a União Europeia adotou uma diretiva-quadro (Diretiva 96/62/CE, JO L 296 de 21.11.1996) que obriga as cidades com mais de 250 000 habitantes (ou qualquer outra zona

¹ Resoluções da Assembleia da República n. °3/2009 aprovados em 23 de Janeiro e Despacho n. °11125/2010 publicado a 7 de Julho, da Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, do Ambiente e do Ordenamento do Território e da Educação

onde se verifiquem problemas de poluição) a informar a população acerca da qualidade do ar e a adotar planos de melhoramento relativamente a 13 poluentes. No ano seguinte, em novembro de 1997, 35 países participantes da Conferência Regional da Comissão Económica para a Europa (UN-CE) assinaram uma declaração sobre os transportes e o ambiente, bem como um programa de ação em que a bicicleta é citada como alternativa às deslocações de curta distância. Para além dessa diretiva, existem ainda alguns instrumentos de política nacional, nomeadamente a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS) que foi apresentada em 2005 e que é um instrumento de orientação estratégica, que estabelece como objetivos a redução de emissões poluentes atmosféricas e do ruído, de forma a tornar as cidades mais atrativas, acessíveis e sustentáveis (Costa, Gomes, & Neves, 2012). Em 2007, é também aprovado o Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT), que é um plano que se refere à insustentabilidade ambiental e económica do sector dos transportes. Entre 2011 e 2015, alguns documentos estabelecem princípios orientadores e conjuntos de medidas a implementar, nomeadamente o Plano Estratégico dos Transportes - Mobilidade Sustentável; o PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética; o PNAC- Programa Nacional para as Alterações Climáticas, o QREN - Quadro de Referência Estratégica Nacional e o POR - Planos Operacionais Regionais (Costa et al., 2012).

Tendo em conta o exposto é possível concluir que a sensibilização da população e a implementação de medidas em meio urbano com vista a potenciar a circulação pedonal, ciclável ou com recurso à rede de transportes coletivos públicos, com o fim de diminuir o uso do transporte privado, tem vindo a ser uma prioridade das políticas atuais de transportes.

No que diz respeito ao uso da bicicleta e segundo o relatório “*Safety of vulnerable road users*” (OECD, 1998), em média, na União Europeia, entre 3 a 28% das viagens são feitas de bicicleta, com percursos médios de aproximadamente 3km. No entanto, estudos mais recentes indicam que a média europeia se encontra nos 9%. Dados do *European Cyclists’ Federation* («European Cyclists’ Federation») apontam a Holanda como o país que apresenta a maior percentagem de utilização da bicicleta como meio de transporte, enquanto que o Chipre apresenta a menor, com uma percentagem de 1%. É ainda possível concluir que os países europeus que mais utilizam a bicicleta nos percursos diários são a Alemanha, Bélgica, Finlândia, Suécia, Hungria, Dinamarca e Holanda.

Destes 7 países, a Holanda apresenta uma média de utilização da bicicleta de 36% e a Alemanha de 11%, sendo que Portugal está abaixo dos 5% de utilização.

A nível nacional, a bicicleta ainda tem um papel discreto como modo de transporte diário, mas à semelhança do que acontece nos restantes países da Europa, cada vez se utiliza mais para esse fim. A falta de infraestruturas dedicadas, bem como a elevada sinistralidade rodoviária associada à utilização da bicicleta, faz com que este modo não seja preferencial

face ao transporte rodoviário. Por consequência, uma das razões que mais contribui para a não utilização da bicicleta como modo de transporte resulta da insegurança oferecida pela infraestrutura (Andrade, 2017).

Como é possível verificar na Figura 2, o uso do automóvel em Portugal é predominante aos outros tipos de transporte, nomeadamente à bicicleta. É necessário, portanto, adotar medidas e estratégias de forma a incentivar o uso de modos de deslocação mais sustentáveis.

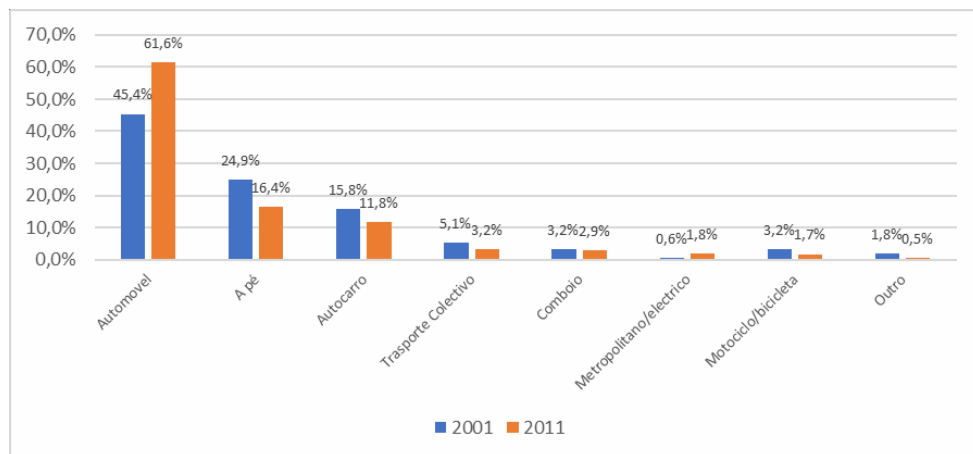


Figura 2 - Meios de transporte utilizados nos movimentos pendulares entre 2001 e 2011 em Portugal (INE)

Estas medidas passam pela redução da velocidade de circulação dos veículos motorizados, nomeadamente em meio urbano, ou através de outras medidas de acalmia de tráfego; pelo reforço da complementaridade entre a bicicleta e os transportes públicos, para que haja uma procura equilibrada dos 2 modos de transporte; e pela promoção de ações de educação, formação e sensibilização para a segurança rodoviária, dirigidas aos ciclistas e aos condutores de veículos motorizados, uma vez que a segurança dos ciclistas não depende apenas das características físicas do trajeto, mas também do comportamento dos automobilistas (IMTT, 2011b).

Em 2009-2010, no seguimento de uma recomendação da Assembleia da República, o Governo Português determina a elaboração de um “Plano nacional de promoção da bicicleta e outros modos de transporte suaves” (IMTT, 2011b). Na sequência deste plano, e tendo como base as linhas de orientação e opções estratégicas apresentadas nas Diretrizes Nacionais para a Mobilidade, as autarquias têm de elaborar Planos de Mobilidade e Transportes (PMT). Em relação à sua obrigatoriedade, as Diretrizes estipulam que no prazo máximo de 5 anos (até 2017) os PMT são obrigatórios para todos os concelhos com mais de 50 mil habitantes (ou próximo desse limiar) e em todos os restantes concelhos com cidades capitais de distrito, para além dos PMT previstos para as Áreas Metropolitanas de Lisboa e do Porto (IMTT, 2011a). Atualmente, várias autarquias Portuguesas se encontram a concluir ou a implementar os respetivos Planos de Mobilidade. No caso da autarquia da Covilhã, caso de estudo da presente dissertação, prevê-se a implementação de medidas a curto prazo, tal como descrito no seu

Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano (PEDU) (UBI, 2016). O objetivo passa pelo acentuado crescimento da utilização dos modos suaves na mobilidade urbana através de medidas que se baseiam na criação de uma rede de bicicletas elétricas para uso público e ainda, pela construção de ciclovias. Ainda inserido no PEDU encontra-se o projeto U-Bike Portugal, que pretende promover a adoção de uma mobilidade sustentável e a utilização de transportes cicláveis nas comunidades académicas das universidades europeias (UBI, 2016). Exemplos de promoção destes modos suaves de deslocação podem ser encontrados em várias cidades portuguesas.

Se por um lado existem várias cidades que favorecem a utilização da bicicleta pela sua reduzida orografia, como Aveiro e Cantanhede, por outro, cidades com declives específicos, como Lisboa, atraem os amantes do desporto em bicicleta. Como exemplos da promoção da utilização da bicicleta nos cenários descritos é possível salientar a BUGA - Bicicleta de Utilização Gratuita (BUGA), o *Lisbon Bike Map* (Maps) e o projeto “Zona Central a Proteger” em Cantanhede (APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

No caso de Aveiro, a reduzida orografia sempre proporcionou condições para a utilização da bicicleta nas deslocações do dia-a-dia. Contudo, na década de 50, o seu uso foi progressivamente substituído pelo automóvel. Desta forma, com o objetivo de reanimar a utilização da bicicleta foi criado um sistema público gratuito de aluguer de bicicletas, o projeto BUGA - Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro (em execução desde 2001), que nasceu por iniciativa do Município com o objetivo de reanimar a cultura de utilização da bicicleta e como forma a atuar na prevenção de futuros problemas derivados da utilização do automóvel.

No caso de Cantanhede foi necessário adaptar a rede de forma a que o uso da bicicleta fosse seguro e houvesse um condicionamento do trânsito automóvel. Isto porque, se verificou a importância que os modos suaves tinham ao nível da mobilidade interna da cidade após os Censos de 2001, em que 22,4% dos residentes da freguesia se deslocavam a pé ou de bicicleta para o seu local de trabalho. Mas, apesar dos hábitos enraizados da utilização da bicicleta, a infraestrutura ciclável é praticamente inexistente. Foi então necessária, a adaptação da rede, em particular nos espaços circundantes ao centro nobre da cidade. Nesse sentido, o objetivo deste projeto prendeu-se com a necessidade de restituir o centro nobre e consolidado da cidade aos modos suaves, em detrimento da circulação automóvel e prática de estacionamento.

Relativamente ao projeto *Lisbon Bike Map*, este foi lançado no final de Novembro de 2014 e consiste num conjunto de percursos para circular de bicicleta em Lisboa e nos arredores, neste caso numa cartografia desenhada a pensar nos amantes da bicicleta. Estes percursos são diferenciados quanto à sua dificuldade e objetivo, isto porque embora o mapa seja destinado a descobrir a cidade, o mesmo apresenta percursos e informação útil para quem utiliza a bicicleta como meio de transporte no dia-a-dia. Os mapas, incluem ainda pontos de interesse e dicas de utilização e segurança para os ciclistas.

Tendo em conta o apresentado, torna-se necessário criar instrumentos de apoio à decisão que permitam sustentar tecnicamente medidas eficientes de incentivo ao uso deste modo de transporte nas viagens quotidianas (viagens casa-trabalho, casa-escola e viagens relacionadas com lazer), de forma a que a utilização do mesmo seja segura e viável. Para o efeito, pode ser adotado um modelo de análise de decisão multicritério baseado em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que permita atender a todos os tipos de necessidades e satisfazer critérios explícitos de planeamento de rotas de bicicletas.

1.2. Objetivos

A presente dissertação pretende abordar a utilização dos SIG no processo de criação de instrumentos de apoio à decisão que permitam sustentar intervenções no âmbito da mobilidade sustentável, nomeadamente na criação de mapas de potencial ciclável da rede viária. Desta forma, o instrumento a desenvolver visa contribuir para o apoio ao conhecimento, compreensão, planeamento e gestão do espaço público, nomeadamente para perceber quais são as vias urbanas com maior potencial ciclável da rede viária existente, possibilitando assim a definição de prioridades de atuação no espaço público.

A identificação das vias com efetivo potencial ciclável vai permitir uma melhor afetação dos recursos humanos e financeiros das autoridades responsáveis pelo espaço público e o efetivo aumento da prática de andar de bicicleta, promovendo assim a mobilidade sustentável e melhorando a qualidade de vida e do meio ambiente das cidades.

Este instrumento de apoio à decisão, neste caso de estudo em particular, foi aplicado para a identificação das vias com potencial ciclável no perímetro urbano da Covilhã.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos, que se descrevem de seguida.

No presente Capítulo é efetuado o enquadramento do tema, nomeadamente a sua importância no âmbito da mobilidade sustentável e na promoção da utilização de modos suaves nas deslocações diárias de pequena extensão, assim como são apresentados os objetivos do trabalho e a estrutura do mesmo.

No Capítulo 2, é feita uma apresentação da rede ciclável, havendo uma referência ao tipo de utilizador (ciclista), quais os motivos de deslocação e quais as características para que a rede ciclável responda às necessidades dos ciclistas. Para haver uma caracterização da rede

ciclável, neste capítulo existem várias referências nacionais e internacionais, de modo a identificar todos os fatores necessários para a solução desejada.

No Capítulo 3, é feita uma abordagem relativamente à ferramenta ArcGIS® e também onde existe uma breve apresentação dos conceitos e componentes do mesmo, passando ainda pelas técnicas e ferramentas utilizadas para análise de dados, seja ela espacial, de redes ou multicritério.

O caso de estudo e a metodologia utilizada, está presente no Capítulo 4. É feita uma apresentação do caso de estudo, tanto a nível geográfico, como também a nível socioeconómico. Neste capítulo, estão presentes a metodologia e as análises efetuadas para chegar aos mapas de potencial ciclável da cidade da Covilhã, e é feita uma breve análise aos resultados obtidos.

No Capítulo 5, encontram-se os resultados, as avaliações, vantagens e limitações da análise multicritério para a implementação de um mapa de potencial ciclável da rede viária. São ainda apresentadas, propostas de continuidade ao presente trabalho.

Capítulo 2

Rede Ciclável

2.1. Ciclistas

De acordo com a convenção de Viena, um ciclo é qualquer veículo que tenha pelo menos duas rodas e seja propulsionado unicamente pela energia muscular da pessoa nesse veículo, nomeadamente por meio de pedais ou manivelas. Essa definição torna os ciclistas uma categoria mais homogénea do que os pedestres (OECD, 1998).

Portanto, antes de planear qualquer rede ciclável, é preciso identificar primeiro o tipo de percurso/deslocação, o tipo de ciclista e quais as condições necessárias de circulação dos mesmos para que as condições sejam garantidas.

Existem, portanto, vários motivos para a deslocação ciclável, e os mesmos podem categorizar-se de forma diferente consoante os manuais/publicações consultados.

Em primeiro lugar, pelo IMTT (IMTT, 2011b), existem os seguintes motivos de deslocação:

Quotidiano - viagens casa-trabalho, casa-escola, compras e lazer. Estas correspondem a viagens urbanas ou periurbanas regulares, frequentes e periódicas.

Desporto - deslocações em estrada onde a velocidade pode ser mantida. Podem ainda ser utilizadas estradas de terra, trilhos de terra ou trilhos em montanha (por ex. para praticantes do BTT).

Recreio e lazer - viagens de itinerário ou percurso turístico. Como percurso, são utilizadas as ciclovias, ecopistas ou percursos com baixo nível de tráfego.

Outra abordagem sobre o tipo/motivo de viagem, é feita pelo manual AASHTO (TRB, 2010)(AASHTO, 2012). Este divide o tipo de viagem em 2: o utilitário e o recreativo.

O tipo de viagem **utilitária**, são viagens necessárias no dia-a-dia de uma pessoa. Estas viagens podem incluir viagens casa-trabalho, compras, lazer ou até mesmo levar os filhos à escola. Consoante a distância ou as condições das infraestruturas, estas viagens podem ser intercaladas com outros modos de transporte (TRB, 2010).

O tipo de viagem **recreativa**, inclui as viagens para exercício físico ou lazer. Estas viagens englobam todas as idades, e também tem vários níveis de conforto quando circulam

juntamente com veículos motorizados. As distâncias para estas viagens, podem variar entre distâncias curtas dentro de um bairro, e distâncias longas durante várias horas à descoberta, ou até mesmo por desporto. (TRB, 2010).

Para além do tipo ou razão, o percurso pode ser adotado consoante o tipo de ciclista. Nesse sentido, segundo o IMTT (IMTT, 2011b) é possível identificar 3 tipos de ciclistas, em função dos seus níveis de experiência:

- O **ciclista frequente** - trata-se de um tipo de ciclista experiente, que apresenta boa condição física e que está consciente dos seus direitos e obrigações. Sente-se confortável na presença de tráfego motorizado e considera que os percursos segregados penalizam a sua deslocação, sendo esta uma deslocação quotidiana.
- O **ciclista ocasional** - este tipo de ciclista não se sente confortável em todas as situações, nomeadamente na presença de tráfego motorizado, devido à sua falta de experiência e/ou agilidade. Sente-se mais confortável a utilizar as pistas cicláveis. Estes ciclistas podem ser adultos menos experientes ou mais idosos e ainda adultos que transportam crianças.
- O **ciclista pouco experiente** - apresenta um conhecimento prático reduzido e muitas vezes inconsciência face aos potenciais perigos. Estes podem ser os “ciclistas de domingo”, as crianças e os jovens mais inexperientes que para além de desconhecerem os direitos e obrigações de um ciclista, são impulsivos e facilmente distraídos.

Pelas indicações do manual AASHTO (TRB, 2010)(AASHTO, 2012), de uma forma resumida, os ciclistas podem ser categorizados em 2 grupos: os **ciclistas experientes** e os **ciclistas casuais**. Na Tabela 1 é possível ver as diferenças entre os mesmos.

Tabela 1 - Diferenças entre o ciclista experiente e o ciclista casual (TRB, 2010)

Ciclista Experiente	Ciclista Casual
Confortável a andar junto de veículos motorizados; Prefere rotas diretas; Evita passeios. Desloca-se com o fluxo do tráfego automóvel; Alguns destes ciclistas preferem ciclovias, calçadas ou caminhos de uso partilhado, se disponíveis / acessíveis; Pode atingir velocidades de 30 km/h em terreno plano, e de 70 km/h em descidas íngremes; Percorre distâncias longas.	Prefere caminhos de uso partilhado ou ciclovias em ruas de baixo volume de tráfego; Tem dificuldade em avaliar o tráfego e pode não estar familiarizado com as regras da estrada; Para evitar tráfego, prefere rotas menos diretas; Circula nos passeios; Pode atingir velocidades entre os 10 km/h em terreno plano, e os 20 km/h em descidas; Percorre distâncias menores, entre 3 a 8 km.

E se, no guia AASHTO (AASHTO, 2012) apenas aparecem 2 categorias de ciclistas, pelo manual Austroads (Austroads, 2017) os ciclistas podem ser agrupados em 4 tipos diferentes, como se pode verificar na Tabela 2.

Tabela 2 - Categorias de ciclistas - nível de experiência e características (Austroads, 2017)

Ciclista imaturo	<p>Tem as suas habilidades cognitivas não desenvolvidas, e tem pouca ou nenhuma compreensão das regras da estrada; É um tipo de ciclista que requer supervisão; Para este tipo de ciclista é mais importante a separação dos veículos motorizados, do que a velocidade; Preferem caminhos compartilhados e caminhos separados do tráfego automóvel, e quando permitido utilizam caminhos pedonais.</p> <p>As crianças são alguns exemplos deste tipo de ciclista.</p>
Novato	<p>As suas habilidades são básicas; Procura a separação dos veículos motorizados; Prefere caminhos fora das estradas, mas pode ocasionalmente cruzar estradas com diferentes condições de tráfego.</p> <p>Os adolescentes ou adultos menos experientes na bicicleta são considerados novatos.</p>
Intermediário	<p>Este tipo de ciclista tanto procura a separação dos veículos motorizados como também pode estar confortável em ambientes de tráfego misto; Ao mesmo tempo que a separação dos veículos motorizados é importante, a velocidade também o é; Prefere tráfego partilhado (com baixa velocidade ou baixo volume de tráfego); Procura pistas ou ciclovias separadas.</p> <p>Adultos com capacidades médias na utilização da bicicleta, são exemplos desta categoria.</p>

Tendo em conta as características dos percursos/viagens e do tipo de ciclista que existe, é necessário garantir que os ciclistas têm todas as condições necessárias para que circulem em segurança e possam usufruir das infraestruturas específicas para o seu objetivo e também que tenham conhecimento da legislação em vigor, nomeadamente em relação aos direitos e deveres dos condutores.

Para tal, é importante ter em consideração algumas características geométricas para o espaço que os utilizadores necessitam, e embora hajam algumas diferenças em termos de medidas, como se verifica na Tabela 3, é necessário ter em conta todos os manuais consultados.

Tabela 3 - Quadro síntese das características geométricas das vias (IMTT, 2011b)(Austroads, 2017)(TRB, 2010)(AASHTO, 2012)

	IMTT	AASHTO	Austroads
Espaço necessário para o movimento e/ou manobras dos ciclistas	1,5 m	1,2 m	2 m
Distâncias a objetos fixos	Lancis: 0,25 a 0,50 m Sinalização vertical: 0,75m Paredes ou fachadas: 1 m Veículos estacionados/ estacionamentos:0,80 m	Paredes ou fachadas: 1,2 m Veículos estacionados/ estacionamentos:1,2 m	-
Distâncias para ultrapassagem	Distância média de 1,5 m	0,90 m consoante a velocidade do veículo que ultrapassa	-
Envelope dinâmico (desvio necessário para manter o equilíbrio)	Distância adicional de 0,2 m para velocidades superiores a 10 km/h Distância adicional de 0,80 m para velocidades inferiores a 10 km/h	-	-

2.2. Planeamento

Segundo o IMTT (IMTT, 2011b), o planeamento de uma rede ciclável tem 3 princípios fundamentais como base: a sustentabilidade, a integração, e a concertação com todos os utilizadores interessados.

Relativamente à sustentabilidade, esta promove um desenvolvimento sustentável do ponto de vista do bem-estar económico, social e ambiental das gerações futuras. Quanto à integração, esta tem de integrar as relações de colaboração entre os diferentes modos de deslocação; integrar as relações entre o planeamento de transportes, o ordenamento do território, o desenvolvimento económico, a saúde e a educação; integrar a articulação entre

os diferentes níveis de planeamento e ainda a integração tendo em conta os efeitos do “todo” e não das partes. A concertação entre os utilizadores visa combinar uma articulação e negociação de soluções entre os diferentes sectores envolvidos (sector privado, público e a sociedade civil); garantir a perceção direta dos problemas, das necessidades, das expectativas e das oportunidades; e também garantir decisões mais informadas e conscientes.

Para o planeamento da rede é necessário considerar a bicicleta um veículo e o ciclista um condutor. Por esse motivo, deve-se privilegiar soluções de partilha do espaço rodoviário entre os veículos motorizados e as bicicletas, em alternativa às soluções segregadas. Esta abordagem tem vindo a generalizar-se na Europa, e tem em consideração uma hierarquia de tomada de decisão (Figura 3) aquando da implementação de percurso cicláveis em meio urbano (IMTT, 2011b).

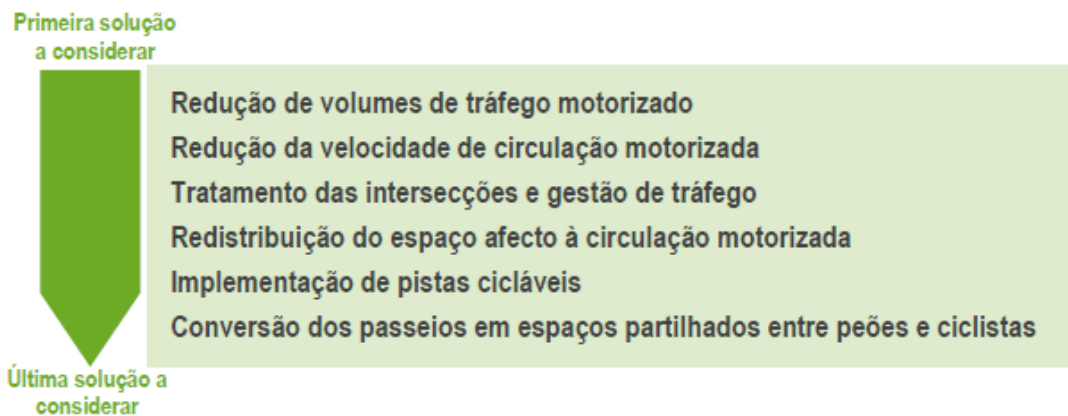


Figura 3 - Hierarquia de tomada de decisão (IMTT, 2011b)

O planeamento e o desenho das redes de modos suaves partilham os princípios basilares de continuidade e coerência, da necessidade de assegurar percursos diretos e da minimização dos desvios, bem como, da garantia da segurança nas deslocações. Ainda que, em relação aos percursos diretos, nas bicicletas são admitidos percursos maiores para evitar declives acentuados.

Para além destes aspetos, é necessário também ter em consideração o conceito de *bikeability*. Este conceito corresponde à aptidão dos percursos ou áreas para a deslocação ciclável que dele decorrem para, assim serem garantidas as condições necessárias de circulação dos ciclistas (IMTT, 2011b). O pavimento e o declive são alguns desses aspetos a considerar na definição das condições de *bikeability*. O pavimento ideal deve ser regular, impermeável e antiderrapante. Já o declive, influencia esta aptidão uma vez que, se acentuado dificulta a circulação das bicicletas.

No que diz respeito aos declives e extensões máximas a considerar, o *Cycling England* (Cycling England, 2009) recomenda limitar o declive em 7% para percursos com comprimentos até 30m, e 3 a 5% para percursos com comprimentos até 100m.

Por outro lado, o *Cycling Aspects of Austroads Guides* (Austroads, 2017) considera que 3% é o declive máximo considerável a adotar neste tipo de redes. Quando não é possível garantir esse valor deve-se considerar a limitação do declive a um máximo de 5% fornecendo secções curtas e planas em intervalos regulares (por ex. 20m) de forma a que o ciclista consiga recuperar gradualmente do esforço. Este manual indica ainda que se deve evitar declives superiores a 10% em extensões superiores a 50m com curvas horizontais e a 12% ao longo de um caminho reto com extensão de 50m. O manual recomenda também evitar declives acentuados e dar preferência a percursos extensos.

Por fim, as recomendações a considerar serão as do IMTT e AASHTO. Estas categorizam os declives em 6 grupos, como se verifica na Tabela 4.

Tabela 4 - Inclinações aceitáveis para percursos em bicicleta (TRB, 2010)(IMTT, 2011b)(AASHTO, 2012)

Inclinação	Percursos
0 a 3%	Via com aptidão total para circulação em bicicleta
3 a 5%	Via satisfatória para percurso até médias distâncias
5 a 6%	Percursos aceitáveis até 240m
7%	Percursos aceitáveis até 120m
8%	Percursos aceitáveis até 90m
9%	Percursos aceitáveis até 60m
10%	Percursos aceitáveis até 30m
>11%	Percursos aceitáveis até 15m

Segundo o manual do IMTT (IMTT, 2011b), é necessário ter em conta que em sistemas que visam a intermodalidade, um declive acentuado representa dificuldades no sentido ascendente, podendo ser criadas condições que permitam ao ciclista recorrer à utilização do transporte público ou mesmo de meios mecânicos, como ascensores, que são igualmente úteis para peões, para ultrapassar esta dificuldade.

Quanto ao planeamento de uma rede ciclável, para além da aptidão dos percursos e dos declives, é necessário ter em conta 7 critérios: conectividade e adequabilidade; acessibilidade; segurança rodoviária; segurança pessoal; legibilidade; conforto; atratividade e convivialidade (IMTT, 2011b).

Relativamente ao primeiro critério, a **conectividade**, este pressupõe que uma rede ciclável deve oferecer ligações diretas e contínuas entre os principais polos geradores/atratores de deslocação; a rede deve ser desenhada em função da orografia, tendo em consideração os fluxos existentes e potenciais; a rede deve articular-se com as restantes redes de transporte (intermodalidade); nas interseções com sinalização luminosa, o tempo de espera dos ciclistas deve ser minimizado; as infraestruturas de estacionamento devem ser adequadas, seguras e estar convenientemente localizadas.

Para garantir a **acessibilidade**, a rede ciclável deve assegurar acessos aos locais estruturantes onde deve ser dada uma especial atenção à organização física do espaço (de forma a promover a intermodalidade), assegurando a existência de infraestruturas de estacionamento para as bicicletas; deve assegurar as necessárias condições de circulação aos ciclistas, considerando opções de tráfego motorizado e de desenho viário que garantam a sua segurança; devem ser promovidos itinerários cicláveis em zonas onde existem restrições de acesso a veículos motorizados (zonas 30, zonas de coexistência); deve estar corretamente integrada com a rede pedonal, não devendo introduzir potenciais situações de conflito no seu desenho.

As condições de **segurança rodoviária** e circulação dos ciclistas estão diretamente relacionadas com o tráfego motorizado, para garantir as mesmas deve-se sempre que possível promover num primeiro momento a redução dos volumes de tráfego e das respetivas velocidades e devem ainda ser minimizados os potenciais conflitos entre peões e ciclistas.

No caso das condições de **segurança pessoal**, é necessário ter em atenção a necessidade de não potenciar situações de insegurança nos espaços cicláveis e públicos, havendo a criação de espaços que permitam o contacto visual entre todos os utilizadores e que os locais sejam bem iluminados, tal como as infraestruturas de estacionamento que também devem de estar em locais bem visíveis e devidamente iluminados.

Em termos de **legibilidade**, uma rede ciclável, deve de ser bem legível, devendo estar devidamente assinalada para garantir a sua fácil leitura e compreensão, recorrendo a sinalização específica e clara, e é também fundamental promover a divulgação da rede.

Quanto ao **conforto**, este não só está relacionado com a perceção da segurança de circulação, como também pelos equipamentos e infraestruturas de apoio, e materiais usados na conceção dos percursos cicláveis. Estes materiais devem ser adequados e proporcionar uma deslocação segura e confortável, devendo ao mesmo tempo ser ajustados ao uso, desgaste e condições climatéricas.

Por último, é importante assegurar a **atratividade** através do aspeto estético, da redução do ruído e da integração com a zona envolvente, e deve também dar-se particular atenção aos elementos que promovam a estadia, o usufruto dos espaços e a interação social, de forma a garantir a atratividade. De forma a assegurar todos os pontos anteriores, é necessário ter em conta todo um processo de planeamento. Este processo é composto por 6 etapas, tal como se pode verificar na Figura 4.

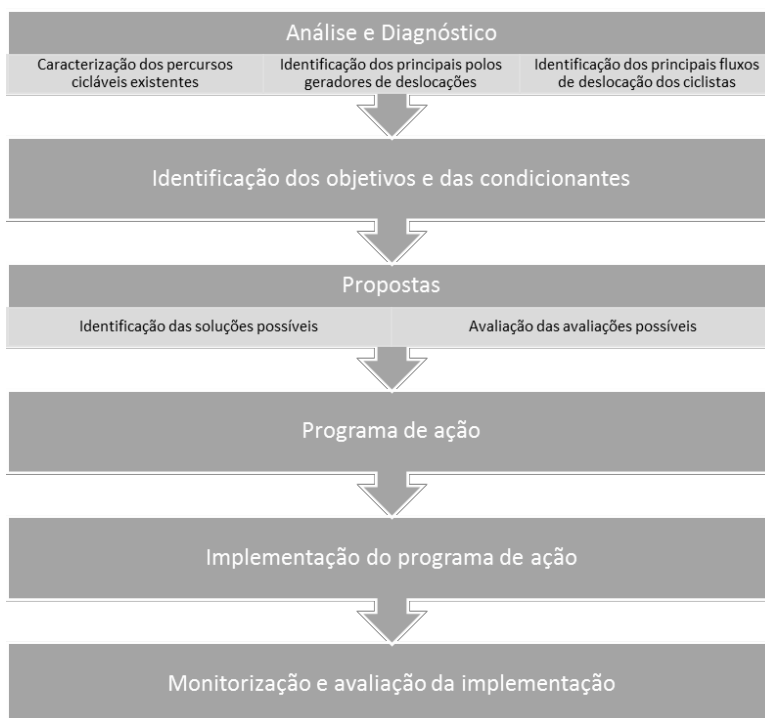


Figura 4 - Processo de planeamento de uma rede ciclável (adaptado do IMTT)




2.3. Desenho

Relativamente aos princípios de desenho dos percursos cicláveis, é fundamental assegurar a coerência da rede, devendo evitar-se a alternância de tipologias de percurso em curtas distâncias, de forma a evitar conflitos adicionais. Estas tipologias variam em função do nível de segregação do tráfego rodoviário (IMTT, 2011b). Por esse motivo, existem 4 tipologias de forma a diferenciar os percursos cicláveis:

- Via banalizada - existe uma partilha total do espaço rodoviário da bicicleta com o tráfego motorizado;
- Faixa Ciclável - existe uma separação visual, através de sinalização horizontal no pavimento de um espaço próprio destinado à circulação da bicicleta;
- Pista ciclável - existe uma separação física do espaço rodoviário, e existe um canal de circulação próprio, destinada à circulação de bicicletas;
- Partilha do corredor BUS - existe uma utilização partilhada do corredor de circulação reservado a autocarros. Para este tipo de solução, podem ser considerados os corredores segregados, não segregados e não segregados alargados. Embora esta opção não seja permitida em Portugal, é defendida pelos utilizadores de bicicleta e contestada por operadores de transportes.

Das 4 apresentadas, apenas se consideram 3 e na Tabela 5 é possível identificar as mesmas.

Tabela 5 - Caracterização do tipo de tipologia de percurso ciclável (adaptado do (IMTT, 2011b))

	Coexistência	Separação visual	Separação física
Princípio			
Tipologia de percurso	Via banalizada	Faixa ciclável	Pista ciclável
Aplicabilidade	Interior da malha urbana	Ligações entre bairros ou em meio urbano	Zonas periurbanas ou entre aglomerados urbanos. Ao longo das vias de comunicação.
Características geométricas	Largura de 0,90m	Largura de 1,50m	Pista unidirecional: largura mínima de 1,30m. Pista bidirecional: largura mínima de 2,20m
Vantagens	Coexistência entre modos que circulam a baixa velocidade. Aproveitamento de infraestrutura existente. Possibilidade de implementação temporária	Boa integração nas intersecções. Efeito da redução de velocidade do tráfego motorizado. Consumo de espaço reduzido. Facilidade de manutenção.	Impressão geral de segurança. Conforto. Facilitador de novos utilizadores de bicicleta.
Desvantagens	Exige o estrito cumprimento de regras de trânsito e acalmia de tráfego. Envolve uma mudança gradual de mentalidade. Exige campanhas de informação e sensibilização para modificar comportamentos e melhorar a aceitação por parte dos condutores de veículos motorizados.	Possibilidade de invasão do espaço. Proximidade com o tráfego motorizado, sem qualquer tipo de restrição.	Custos de implementação e manutenção. Dificuldade em encontrar espaço físico disponível em meio urbano. Dificuldade de iluminação e pontos de água.

Para além das características da tipologia de percurso ciclável, existem ainda critérios adicionais que podem influenciar na sua escolha, tal como se pode ver na Figura 5.

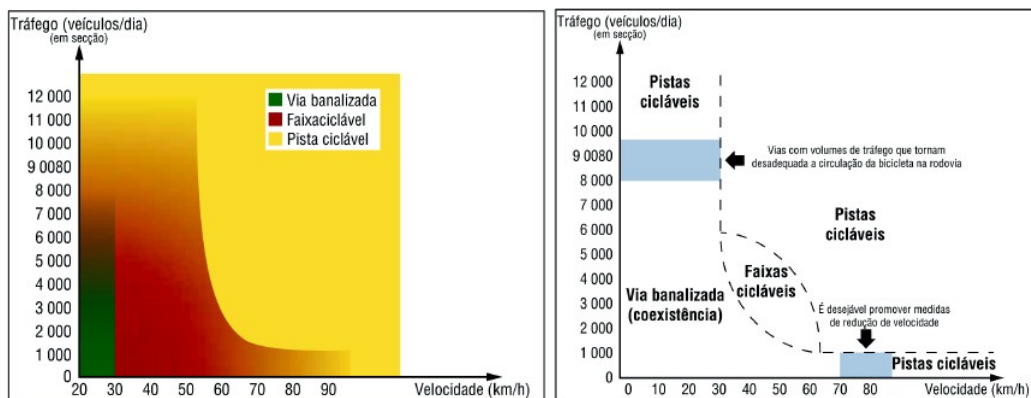


Figura 5 - Critérios para a implementação das diferentes tipologias de percursos cicláveis. Fonte: Rede ciclável - Princípios de Planeamento e Desenho (IMTT, 2011b)

Segundo a coleção de Brochuras técnicas/temáticas (IMTT, 2011b) estes critérios são, nomeadamente:

Características do tráfego: na presença de autocarros ou veículos pesados, a necessidade de introduzir uma separação aumenta,

Orografia/relevo: para desníveis de 3% e 4%, é necessário prever uma separação na subida, uma vez que a velocidade do ciclista diminui e o risco de oscilação é maior, garantindo assim as distâncias do envelope dinâmico (distância adicional de 0,2m para velocidades superiores a 10 km/h e distância adicional de 0,80m para velocidades inferiores a 10 km/h),

Estacionamento: na envolvente de estacionamento automóvel surgem vários problemas, como abertura de portas, podendo ser necessário implementar uma pista ciclável ou segregada para que o ciclista esteja mais protegido,

Dimensão do arruamento: se o espaço rodoviário é reduzido, é necessário encontrar uma solução conjunta com todos os utilizadores envolvidos,

Frequência de interseções: o aumento teórico de segurança (na pista ciclável) pode ser posto em causa pelo perigo causado pelo excesso de intersecções, ou entradas e saídas de parques de estacionamento.

2.4. Desafios na definição de redes cicláveis em cidades de encosta

O maior desafio em definir redes cicláveis em cidades montanha, está diretamente relacionado com a inclinação. Nesse aspeto, a inclinação tem de ser considerada tanto no sentido ascendente como no sentido descendente, o que faz com que alguns

percursos tenham de ser adaptados e tenham de ser mais compridos para garantir as condições necessárias ao uso da bicicleta (Tralhao et al, 2015).

Para além da rede ciclável, é importante definir e utilizar dispositivos de ajuda, de modo a contornar a inclinação mais íngreme. Esses dispositivos podem ser elevadores, funiculares, escadas, rampas ou até túneis.

Para além disso, nos dias que correm, já é possível minimizar a dificuldade que a inclinação impõe, isto porque, com o uso da bicicleta elétrica, é possível usufruir de um motor de ajuda para as subidas mais acentuadas.

Devido ao progresso tecnológico, tem vindo a ser possível utilizar materiais mais leves, mudanças e motores elétricos nas bicicletas elétricas, mas é importante referir que o motor apenas deve funcionar quando se pedala e para tal existem 3 níveis de assistência:

- Baixo - o motor desliga-se quando atinge os 13 km/h,
- Médio - o motor desliga-se quando atinge 18 km/h,
- Máximo - o motor desliga-se quando atinge uma velocidade de 25 km/h, que é o limite máximo permitido legalmente.

De salientar que mesmo quando a inclinação é muito íngreme (8 a 10%), é necessário pedalar, embora o esforço necessário seja muito menos do que sem assistência do motor.

Capítulo 3

Os SIG e a Análise de Redes

3.1. O conceito de SIG

Por terem uma aplicação ampla, o conceito de SIG depende da área ou do domínio em que são utilizados. Os SIG podem ser aplicados em várias áreas científicas auxiliando organizações de qualquer dimensão e de qualquer sector de atividade no inventário, na análise e no suporte à tomada de decisão relativa a aspetos que podem ser georreferenciados.

Os SIG são constituídos por 5 componentes essenciais: o *hardware*, o *software*, os dados, os métodos e os utilizadores.

De uma forma geral e segundo Morais (Morais, 2013) cita Gonzalez et al. (2012) e Estes (Estes & Star, 1990), as principais componentes de um SIG são:

- o *hardware*, que com todo o desenvolvimento que tem tido ao longo dos anos, permite atualmente um aumento da capacidade de armazenamento e de leitura dos dados, auxiliando na expansão dos SIG,
- o *software* permite manipular, gerir e analisar os dados. Aliado à melhoria do *hardware* e à diminuição dos preços destes, tem potenciado a uma expansão da utilização dos programas de SIG e por consequência uma maior procura destes por parte do público em geral,
- os dados contêm a informação georreferenciada que posteriormente é analisada e armazenada. A estrutura da base de dados e a qualidade dos dados nela introduzido, será diretamente proporcional à qualidade dos resultados finais,
- os métodos são o conjunto de práticas, procedimentos e de análises em SIG que possibilitam obter resultados consistentes e admissíveis. Para tal, é essencial existir uma metodologia que possa garantir uma correta interação entre os componentes, desde a simples recolha de dados, à forma como o resultado final é apresentado,
- e a componente humana, que se refere aos técnicos, é a componente mais instável para o sucesso ou insucesso de um SIG, pois depende de vários fatores como da experiência e da área de formação, entre outros aspetos. Cabe também a esta componente, a responsabilidade de avaliar o ambiente em que o SIG é desenvolvido.

3.2. Modelos de dados Espaciais

Os dados espaciais ou dados geográficos apresentam características diferentes de outros tipos de dados de informação, uma vez que incluem a localização espacial de um determinado fenómeno. São estes dados que vão ser a fonte de alimentação de um SIG e a partir destes pode-se criar nova informação através da realização de análises espaciais. Morais (Morais, 2013) cita Galati (2006).

Dentro dos modelos espaciais, existem duas formas de simplificação da informação espacial, o modelo de dados vetorial e o modelo *raster*.

Na figura 6 é apresentado o modelo original e a passagem para cada um dos modelos.

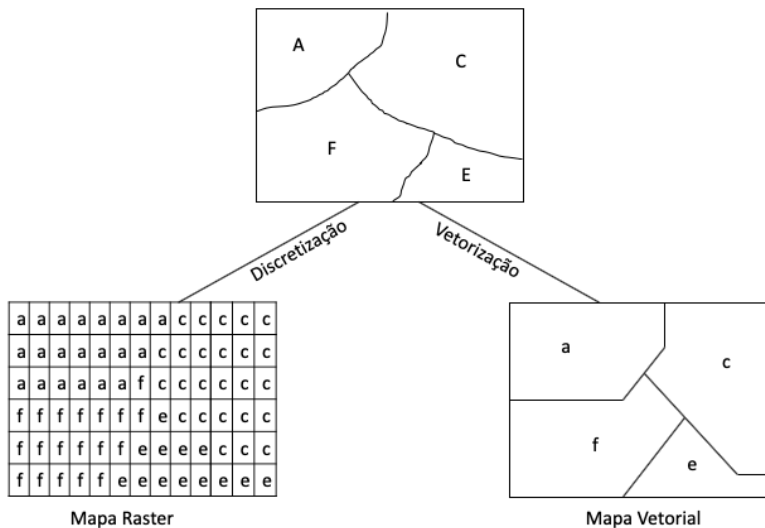


Figura 6 - Modelo Vetorial e Modelo *Raster*. Adaptado de Produção e manipulação de dados Geográficos (Deer, 2011)

Em relação ao modelo de dados vetoriais, este representa a informação do mundo real a partir de 3 tipos de objetos bidimensionais: pontos, polígonos e linhas. E uma das principais características deste modelo de dados é a possibilidade de atribuir vários atributos a um determinado objeto, ou seja, é possível atribuir diferentes características a um objeto, podendo ainda haver uma manipulação geométrica dos dados consoante a sua tipologia.

Relativamente às vantagens deste modelo de dados, para além da manipulação geométrica, é o facto deste modelo ser mais atrativo, pois encontra-se em alta resolução e por isso acaba por ser mais preciso e confiável, e também porque embora tenha alta resolução, o seu armazenamento não é diretamente proporcional (Davis, 2001).

Quanto às desvantagens deste modelo, estas estão relacionadas com o facto da análise de dados vetorial requerer mais conhecimento por parte do utilizador e necessitar de *hardware* de ponta para a realização de cálculos entre camadas de dados vetoriais (Davis, 2001).

Por outro lado, e ao contrário do modelo vetorial, o modelo de dados *raster*, ou matricial, representa o espaço a partir de uma matriz composta por colunas e linhas que definem uma unidade mínima que se denomina por célula ou pixel.

As representações do modelo *raster* são caracterizadas por: resolução, valor, localização, zona e classe. A característica mais importante é a resolução, pois diz respeito à dimensão que cada célula vai representar, dependendo do detalhe que se pretende, pois quanto maior for a resolução, maior vai ser o rigor.

Uma das vantagens do modelo *raster* é a facilidade de uniformização do espaço, sendo que dessa forma se podem proceder vários tipos de análise espacial, como por exemplo análises de sobreposição e de reclassificação ou análises de vizinhança.

Por outro lado, este modelo apresenta algumas desvantagens tais como, na representação dos elementos geográficos, o espaço geográfico é dividido em células uniformes, o que dificulta a determinação das fronteiras dos objetos que se pretendem representar, e que pode levar à eliminação de alguns dados residuais, como se verifica na Figura 7. Em relação à resolução, quanto menor for a resolução do modelo de dados, menor será a definição do conteúdo, que se traduz numa falta de pormenor na representação da realidade.

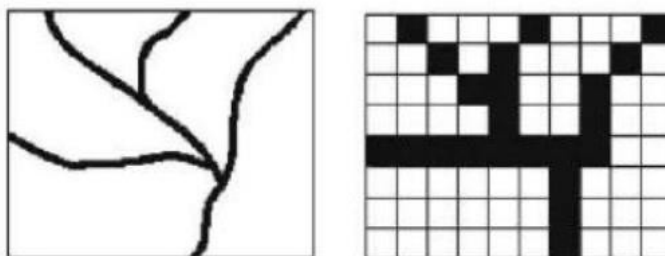


Figura 7 - Eliminação de alguns dados na passagem de modelo vetorial para modelo *raster*. (Cunha 2009)

3.3. Análise Espacial

Tendo em consideração os modelos de dados de SIG apresentados anteriormente, é necessário saber ainda a forma como se podem desenvolver as análises dos mesmos.

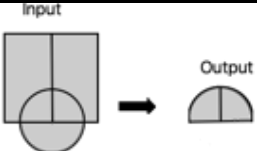
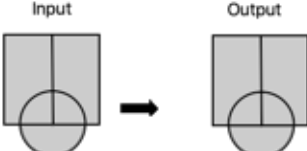
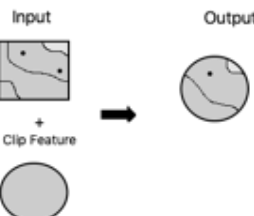
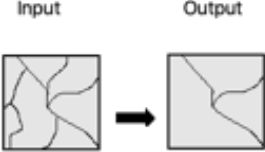
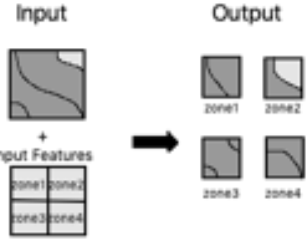

Dessa forma, entende-se por análise espacial, um conjunto de procedimentos com a finalidade de explorar e analisar os dados espaciais. Esta análise pode ser vista como um processo de transformação de dados brutos em informação útil, e os métodos desta análise baseiam-se em 2 aspetos principais: nos algoritmos matemáticos e na primeira lei da

geografia (“tudo está relacionado com todos, mas objetos perto estão mais relacionados que objetos distantes”) (Morais, 2013). Segundo *Morais (Morais, 2013)* cita Longley et al. (2005) a análise espacial é a chave de qualquer projeto em SIG, porque nela se encontram as maiores potencialidades dos SIG. Nesse sentido é importante saber que, tal como os modelos, também existem duas formas de análise espacial, a vetorial e a *raster*.

3.3.1. Análise espacial em modelo de dados vetorial

Em modelo de dados vetoriais, as análises podem ser de sobreposição, de extração, de união, de estatística, entre outras. Estas análises são feitas de forma direta através de comandos específicos do ArcGIS®. As operações mais utilizadas neste tipo de análise estão descritas na Tabela 6.

Tabela 6 - Funções utilizadas no modelo de dados vetorial (adaptado (Morais, 2013))

Visualização	Operação de análise e característica
	<p>Intersect</p> <p>Consiste na sobreposição de dois <i>inputs</i> e o <i>output</i> é somente a zona de sobreposição entre ambos.</p>
	<p>Union</p> <p>Utilizado para sobrepor dois <i>inputs</i> e manter todos os atributos e geometria originais no final.</p>
	<p>Clip</p> <p>No <i>clip</i> é utilizado somente a forma exterior de um <i>input</i> para eliminar/cortar a área de outro <i>output</i>.</p>
	<p>Merge</p> <p>No <i>output</i> são agregados todos os polígonos que tenham o mesmo valor no atributo designado para a agregação.</p>
	<p>Dissolve</p> <p>Habitualmente utilizada para dividir um tema de subconjuntos.</p>
	<p>Buffer</p> <p>Operação aplicada a todos os objetos vetoriais, gera um objeto do tipo polígono com uma distância pretendida dos elementos do objeto original.</p>

3.3.2. Análise espacial em modelo de dados *raster*

O facto do modelo de dados *raster* ser mais simples, facilita na realização das diferentes funções da sua análise.

Estas funções podem ser do tipo: focais; zonais; globais e locais.

As funções focais consideram o valor de uma célula isolada, mas também os valores das células na sua vizinhança e por isso, são também denominadas operações de vizinhanças, que envolvem uma janela de pixéis em torno de uma célula e estas calculam valores que dependem da variabilidade geográfica, como por exemplo, o declive ou a orientação de vertentes (Matos, 2008).

Em relação às funções zonais, estas são realizadas em zonas próximas dos pixéis e envolvem um conjunto de pixéis com o mesmo atributo para determinar valores geométricos. Já as funções globais, são realizadas em todos os pixéis, em toda a extensão.

Relativamente às funções locais, estas consideram cada célula isoladamente e por esse motivo o resultado é uma nova imagem cujo valor de cada célula depende do valor que apresentava anteriormente. Dentro destas funções locais, encontram-se as funções de reclassificação, sobreposição e estatísticas.

A função de reclassificação, consiste na alteração dos valores de uma imagem originando uma nova imagem. A cada célula da nova imagem é atribuído um valor que está diretamente relacionado com o valor da célula da imagem original. Esta reclassificação pode ser feita através de variáveis qualitativas ou variáveis quantitativas. Em relação às variáveis qualitativas, estas podem alterar os valores numéricos que as células possuem, recorrendo a classes. No caso das variáveis quantitativas podem-se agregar classes. Na Figura 8 é possível verificar um exemplo de uma reclassificação de um mapa.

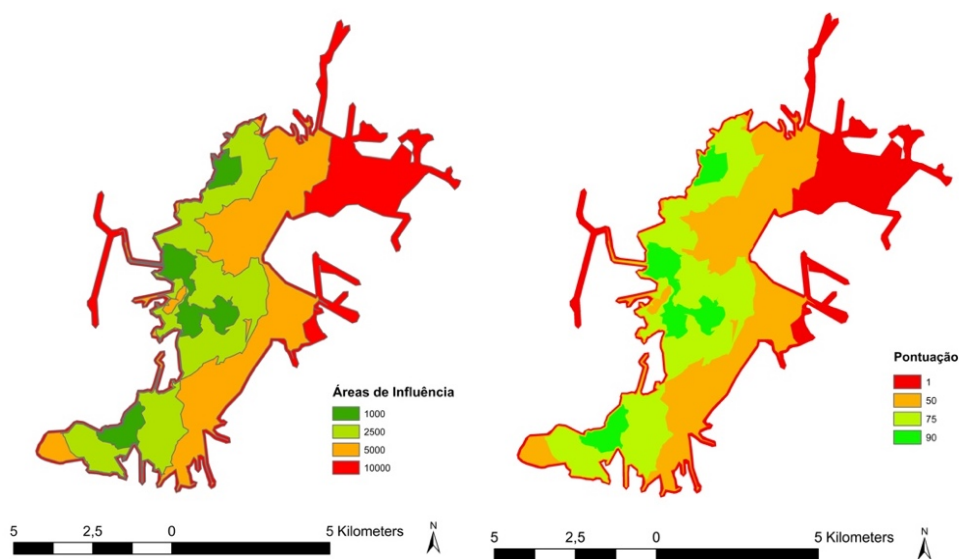


Figura 8 - Reclassificação de uma imagem em formato *raster*

3.4. Análise de Redes

O estudo das redes é proveniente de uma subdisciplina da matemática, que é denominada Teoria dos Grafos, que estuda a tipologia das redes (Morais, 2013).

A Teoria dos Grafos define grafo como sendo o elemento base do estudo e o grafo é representado por um conjunto de pontos, os nós ou os vértices, ligados por retas, as arestas ou os arcos. Esta teoria permite a resolução de problemas em várias áreas como a dos transportes, a das telecomunicações e as computacionais (Inácio, 2011).

Em termos matemáticos, chamamos grafo a um par $G(V,E)$ onde V é o conjunto finito não vazio cujos elementos são designados por vértices e E é um conjunto de pares não ordenados de elementos de V a que chamamos arestas (Inácio, 2011).

O mapa das autoestradas de Portugal (Figura 9) pode ser um exemplo de grafo, em que as arestas correspondem aos km entre as várias cidades.



Figura 9 - Mapa de Autoestradas de Portugal. Fonte: IMTT

Importante referir que existem vários tipos de grafos, como por exemplo o grafo simples (Figura 10) e o grafo não simples (Figura 11).

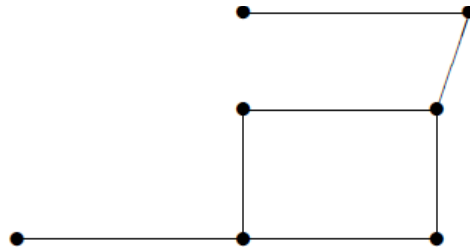


Figura 10 - Grafo simples (Inácio, 2011)

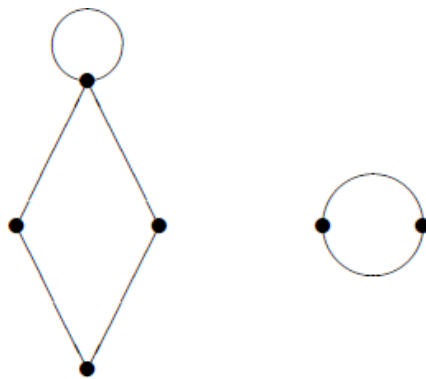


Figura 11 - Grafo não simples (Inácio, 2011)

Tendo em conta a teoria apresentada, pode dizer-se que a partir de um grafo é possível efetuar análise sobre as medidas de conectividade e de ligação, como por exemplo análises de rede.

A análise de redes é um dos casos de análise vetorial mais complexa, e segundo Bolstad (Bolstad, 2016), uma rede pode ser definida como um conjunto de recursos ligados, ao que se dá o nome de nós. Este conjunto de recursos podem ser nós de pedido, nós de abastecimento, ou ambos. Estes nós estão conectados a pelo menos uma ligação de rede, podendo ligar a várias. As ligações interligam e fornecem caminhos entre os nós, como se pode ver na figura 12.

As análises de rede são usadas para representar e analisar o custo, tempo, a distribuição, e a acumulação de recursos ao longos das ligações e entre os nós conectados.

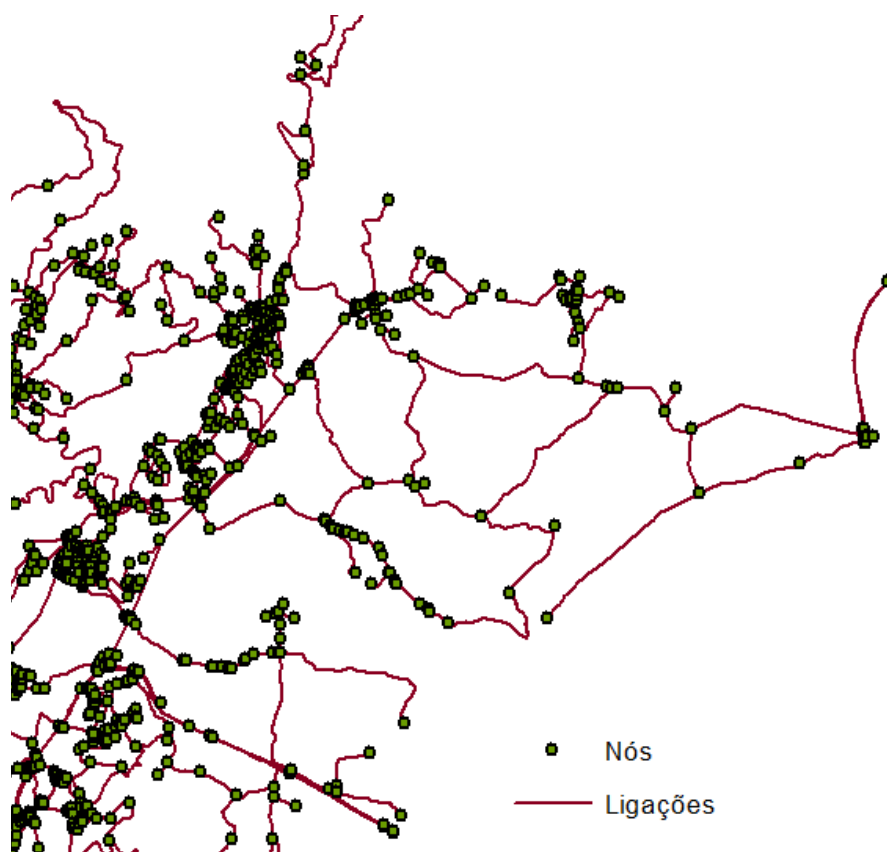


Figura 12 - Exemplo de uma rede com nós e ligações

Existem vários tipos de problemas de rede, mas os 3 tipos de problemas que são frequentemente analisados usando redes são: seleção de rotas, distribuição de recursos e territórios, e ainda modelação de tráfego.

Para a seleção de rotas, a análise de redes é utilizada normalmente para encontrar a rota menos dispendiosa que passe por um determinado número de nós. A melhor rota é escolhida baseada em alguns critérios, normalmente no caminho mais curto, mais rápido ou menos dispendioso (Eastman, 1999).

Quanto à distribuição de recursos, um ou mais nós de distribuição são definidos numa rede, e os territórios são definidos para cada um desses nós. As suas características são geralmente atribuídas ao centro mais próximo, onde a distância é medida em linha, comprimento ou unidade monetária (Eastman, 1999).

Em relação à modelação de tráfego, as ruas são representadas por uma rede de arcos e nós interconectados, e os atributos associados aos arcos definem a velocidade e a direção do deslocamento (Eastman, 1999).

De entre as ferramentas disponíveis para a realização de análises de rede é possível destacar a extensão *Network Analyst* do ArcGIS®. Trata-se de um módulo de análises de redes que permite conceber redes e posteriormente realizar análises sobre a mesma de forma a resolver problemas complexos de rotas. Esta extensão utiliza um modelo de dados configurável de

uma rede de transportes, que permite ao utilizador representar com precisão as necessidades específicas relacionadas com as redes de transporte (ESRI).

O *Network Analyst* tem como principais características:

- Otimizar rotas - encontrar a rota mais rápida, mais curta ou com melhor enquadramento em relação a alguns pontos estratégicos. A estas rotas podem associar-se valores de custo, distância, tempo, inclinação, entre outros.
- Encontrar a instalação mais próxima de uma dada localização - encontra a(s) instalação(ões) mais próximas de uma determinada localização, sendo possível definir o número de instalações desejadas, o sentido em que se faz a viagem e eventuais bloqueios na rede.
- Resolver problemas de rotas com vários veículos.
- Selecionar localizações e atribuir alocações - encontrar as melhores localizações, de forma a manter os custos baixos e a acessibilidade alta, maximizando dessa forma o lucro e a alta qualidade do serviço.
- Definir áreas de serviço (ou áreas de influência) - a área de serviço é uma região que pode ser encontrada a partir de uma localização com base na distância ou no tempo de viagem.
- Criar matrizes de origem/destino - desta forma é possível criar tabelas de distâncias com o trajeto de menor custo ao longo da rede, para várias origens e para vários destinos.

3.5. Análise Multicritério com Recurso a SIG

Atualmente os SIG têm sido utilizados para realizar análises de critérios múltiplos e para a quantificação de múltiplos fatores que permitem definir metas com diferentes níveis de sucesso, podendo para tal incorporar múltiplos critérios tanto do lado da oferta como do lado do pedido (Rybarczyk & Wu, 2010).

A análise multicritério é uma metodologia que permite resolver, avaliar e formular modelos de análise de modo a que o decisor esteja o mais seguro possível no processo da tomada de decisão. Nesse sentido, para a implementação de uma análise multicritério em SIG é necessário ter em atenção a seleção e definição dos critérios, a implementação dos pesos de cada critério e ainda a escolha do procedimento para a combinação destes.

Em SIG, a análise multicritério pode ser abordada através da análise tipo Booleano, ou através da combinação linear ponderada.

No primeiro caso, todos os critérios são convertidos para formato Booleano, isto é, as variáveis são designadas por um sistema numérico binário (0;1) simples como pertencente ou não pertencente ao conjunto designado. Dessa forma, estas variáveis podem ser consideradas

como exclusões, já que vão servir para delimitar e delinear áreas que não são adequadas para a consideração na análise (Eastman, 1999).

No caso da combinação linear, os critérios quantitativos são avaliados com variáveis totalmente contínuas, em vez de reduzi-las a exclusões booleanas. Estes critérios são denominados de fatores e expressam diferentes graus de adequação para a decisão sob consideração (Eastman, 1999).

Embora para a definição de pesos para os critérios da análise multicritério, não exista um método consensual, encontram-se várias propostas de procedimentos para este efeito, sendo que os métodos mais usuais são os baseados em escalas de pontos e na distribuição de pontos. O método baseado em escalas de pontos, é utilizado sempre que uma avaliação direta é possível, e a escala surge como uma alternativa simples de atribuir pesos a critérios. E segundo o método baseado na distribuição de pontos, o decisor é incumbido de distribuir, pelos diferentes critérios, pontos cujo total foi definido à partida. Dessa forma, quanto maior o número de pontos atribuídos a um critério, maior será a sua importância (Rodrigues, 2001).

Após a avaliação dos pesos de cada critério, e visto que os dados obtidos normalmente resultam em grandezas e valores não comparáveis, é necessário proceder à sua normalização, de modo a facilitar as operações de análise entre os critérios. Esta normalização permite uma uniformização dos valores dos pesos numa mesma escala, o que vai possibilitar a comparação entre critérios.

Para a normalização de critérios, existe também uma grande variedade de processos, sendo que o que se utiliza frequentemente é a reclassificação a partir dos valores máximos e mínimos do critério em questão (Eastman, 1999).

Pode definir-se uma escala de reclassificação da seguinte forma:

$$x_i = \frac{(R_i - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

x_i é a pontuação do critério

R_i é o valor a ser normalizado

R_{max} e R_{min} são os valores máximo e mínimo para o critério

Capítulo 4

Caso de estudo

4.1. Metodologia

Com o objetivo de avaliar o potencial ciclável duma rede viária existente, foi definida uma metodologia de abordagem constituída pelas 3 fases apresentadas no fluxograma apresentado na Figura 13.

Na primeira fase é efetuada a recolha e tratamento da informação espacial disponível em formato digital (rede viária, limites administrativos do concelho e do perímetro urbano da cidade, polos geradores) e em formato *raster* (modelo digital do terreno); e é efetuada a escolha das variáveis a ter em consideração para a análise.

A segunda fase da metodologia inclui 3 tipos de análise efetuadas com recurso às ferramentas disponíveis num SIG. As análises compreendem uma análise espacial inicial com recurso a ferramentas de geoprocessamento, uma análise de redes com recurso à extensão *Network Analyst* e uma análise multicritério em ambiente SIG, considerando as variáveis escolhidas.

A calibração e avaliação dos resultados, tendo em conta a experiência de especialistas que atuam no âmbito da mobilidade urbana (académicos e gestão autárquica) é ainda considerada, constituindo a terceira fase da metodologia.

A sequência e interligação das diferentes etapas que constituem a abordagem metodológica, assim como a interligação entre as mesmas, as ferramentas usadas e os dados de saída são apresentados no fluxograma da figura 14.

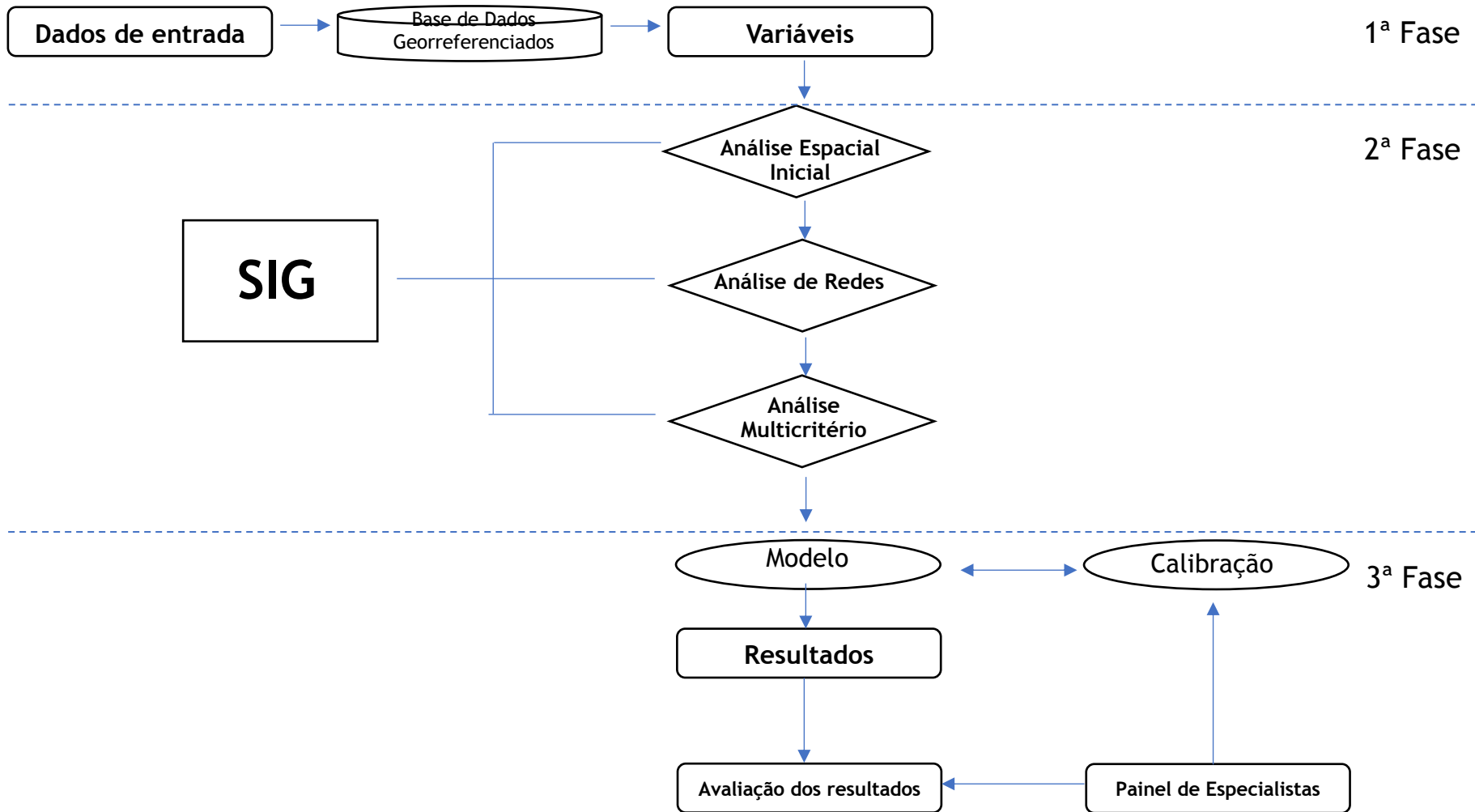


Figura 13 - Fases da metodologia adotada

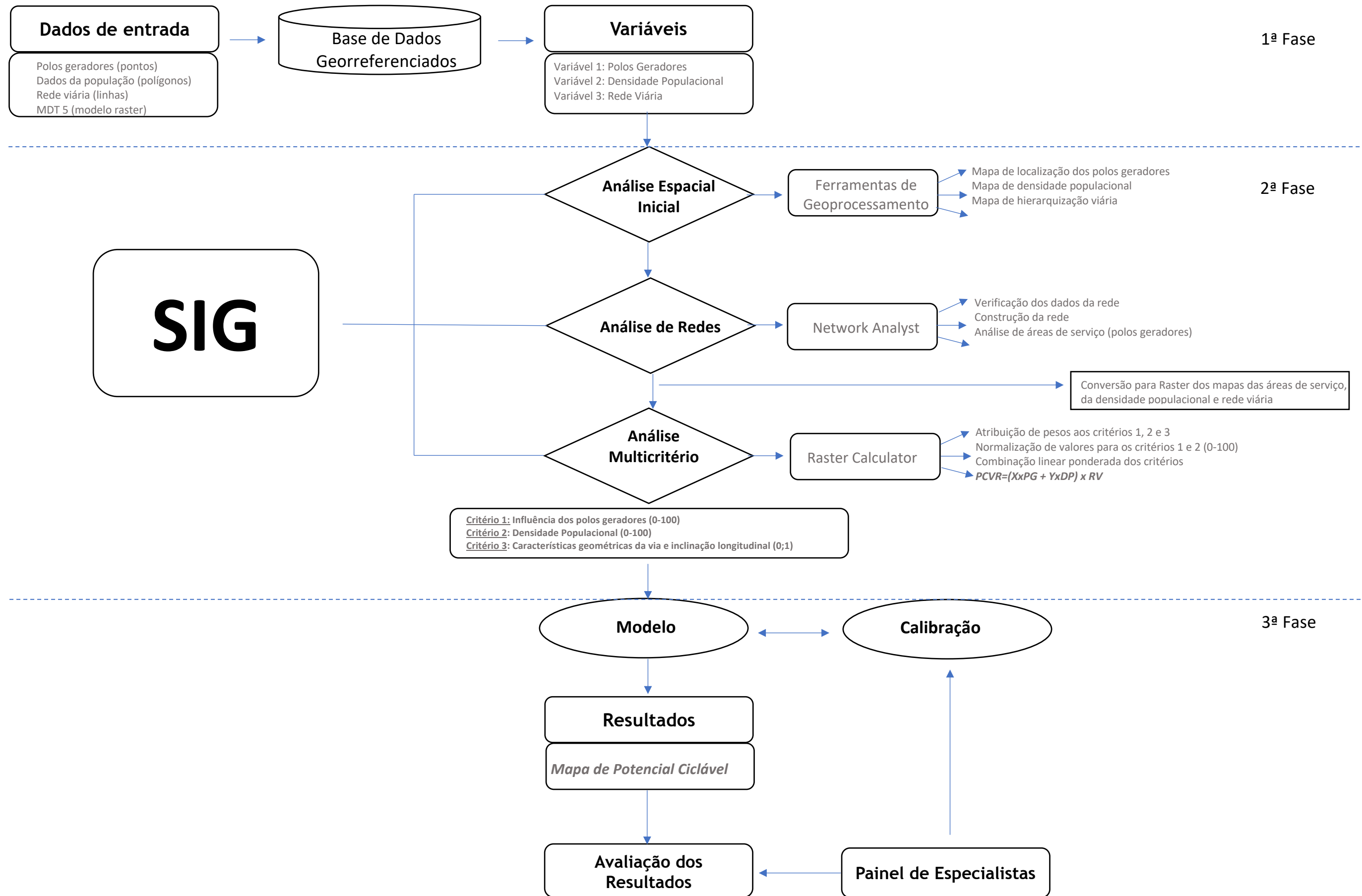


Figura 14 - Ferramentas utilizadas na abordagem da metodologia

4.2. Caso de estudo: Mapa de Potencial Ciclável da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã

4.2.1. Enquadramento

Atualmente, o concelho da Covilhã não dispõe de uma rede ciclável. No entanto, como descrito no PEDU, um dos objetivos a curto prazo da autarquia é a implementação de medidas que permitam o uso e a promoção do uso da bicicleta. Este objetivo enquadra-se na promoção do crescimento da utilização de modos suaves na mobilidade urbana através de medidas que se baseiam na criação de uma rede de bicicletas elétricas para uso público e ainda, pela construção de ciclovias.

Ainda, inserido no PEDU, encontra-se o projeto U-Bike Portugal, que pretende promover a adoção de uma mobilidade sustentável e a utilização de transportes cicláveis nas comunidades académicas das universidades europeias (UBI, 2016).

O projeto U-Bike UBI conta com 100 bicicletas elétricas que vão ser distribuídas pela comunidade académica a partir de setembro. Este é um projeto participado por fundos comunitários, que representa um investimento de 500 mil euros e que pretende a alteração dos hábitos de mobilidade da comunidade académica dentro da Covilhã, uma forma alternativa de transporte amiga do ambiente e mais económica, introduzindo assim hábitos de vida saudável e reduzindo o tempo de deslocação, sobretudo dos estudantes que fazem percursos a pé entre o local de residência e os Polos da Universidade, que se encontram dispersos pela cidade (URBI) e (U-Bike).

Deste modo, pretende-se aplicar a metodologia descrita no ponto anterior para avaliar o potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano da Covilhã, para o caso da utilização de bicicletas elétricas. Pretende-se ainda comparar esta análise com o mapa de potencial ciclável da rede, considerando a bicicleta tradicional.

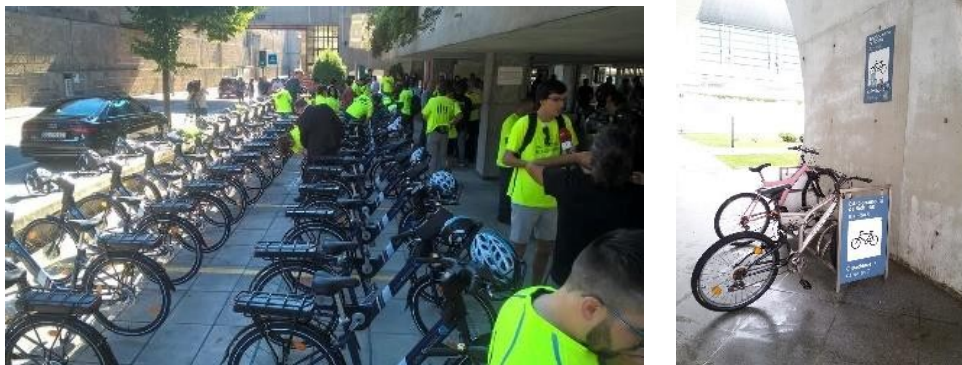


Figura 15 - Bicicletas elétricas e bicicletas tradicionais

4.2.2. Caracterização da área de estudo

O caso de estudo da presente dissertação é o concelho da Covilhã, mais propriamente o perímetro urbano da cidade.

A Covilhã situa-se na encosta voltada a Nascente da Serra da Estrela, a cerca de 700 metros de altitude e é conhecida pela sua orografia essencialmente montanhosa.

Atualmente, o município da Covilhã é composto por 21 freguesias, resultado da agregação de 10 freguesias na Reorganização Administrativa do Território das Freguesias efetuada em 2013. O seu concelho tem uma área de cerca de 555,60 km² e uma população de aproximadamente 51 800 habitantes, à data dos Censos 2011 (INE).

A área do concelho sobre a qual incide o estudo é definida pelo perímetro urbano, uma vez que é onde a densidade populacional é mais significativa e onde estão localizados os principais equipamentos do concelho, sendo que é importante referir que a maioria destes equipamentos estão localizados a distâncias das zonas residenciais consideradas aceitáveis para a deslocação em bicicleta, tanto tradicional como elétrica.

Segundo o PDM da Covilhã, a área urbana do concelho é composta por 5 freguesias: Covilhã e Canhoso; Cantar Galo e Vila do Carvalho; Boidobra; Tortosendo e Teixoso.

Nestas freguesias, as áreas a considerar serão:

Covilhã e Canhoso (antigas freguesias de Conceição, Santa Maria, São Martinho, São Pedro e Canhoso);

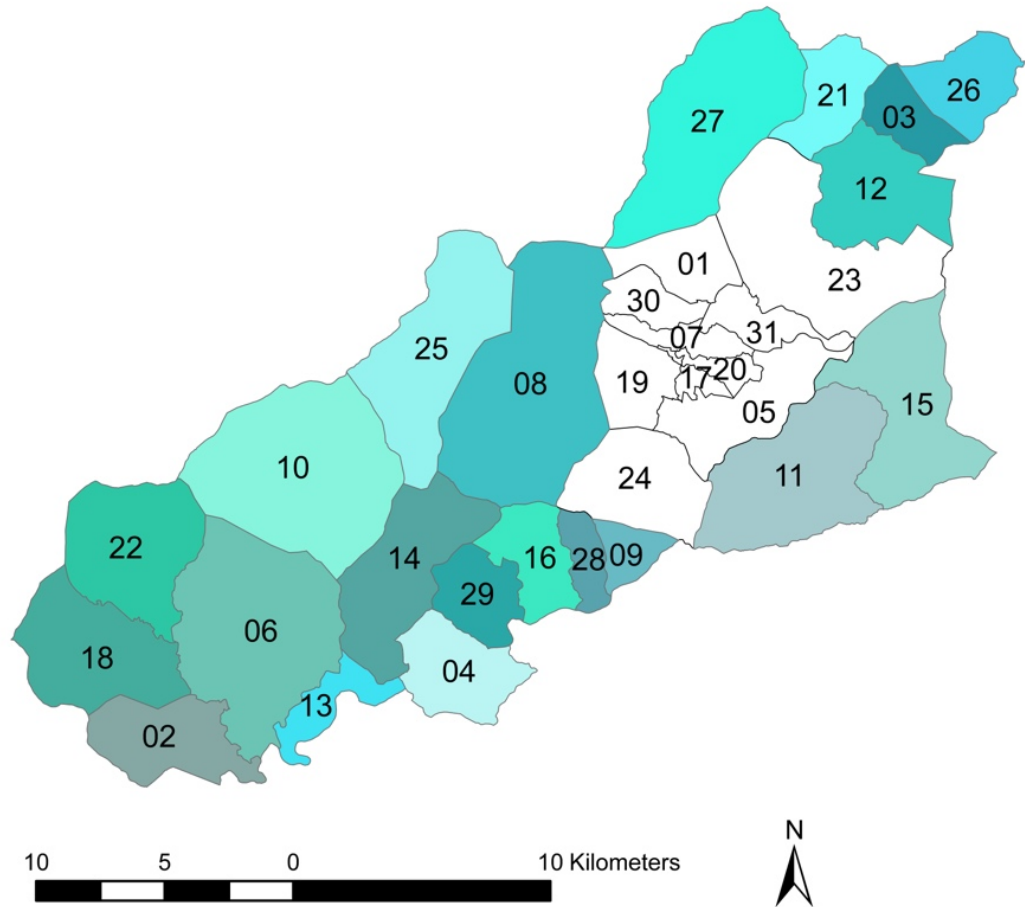
Tortosendo;

Teixoso;

Cantar Galo e Vila do Carvalho (antigas freguesias de Lameirão, Borralheira, Pousadinha);

Boidobra.

A Figura 16 apresenta as freguesias do Concelho da Covilhã, e a Figura 17 o perímetro urbano do concelho.



Freguesias do Concelho da Covilhã

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

Figura 16 - Freguesias do concelho da Covilhã (divisão das freguesias antes da reorganização)



Figura 17 - Perímetro Urbano da Covilhã

Relativamente à caracterização sociodemográfica, e embora a Covilhã seja uma cidade universitária, apresenta uma tendência de envelhecimento da população (24% da população total do concelho) à semelhança do que acontece a nível nacional. Nos últimos 20 anos verificaram-se alterações demográficas significativas, tendo havido um decréscimo na população, tal como se pode observar no gráfico da Figura 18.

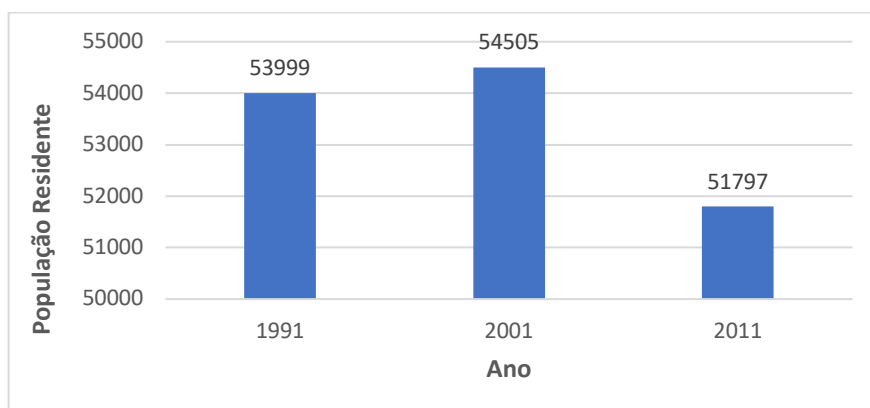


Figura 18 - Evolução da população residente do concelho da Covilhã de 1991 a 2011 (INE)

À data dos Censos 2011, e comparativamente aos Censos 2001, é visível o aumento do envelhecimento da população e o decréscimo da faixa etária correspondente à população jovem (0-14 anos) e à população ativa (15-65 anos).

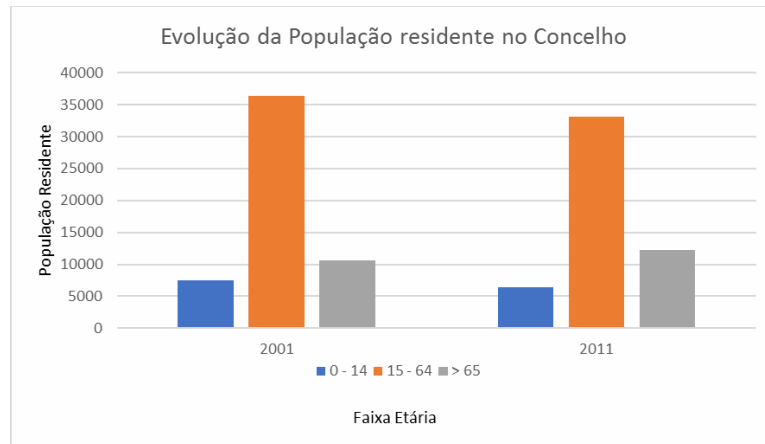


Figura 19 - Evolução da população residente no concelho, por faixa etária, de 2001 a 2011

Ao fazer uma análise inicial da população a nível do concelho valida-se que os valores mais elevados de densidade populacional, se encontram no perímetro da área urbana (Figura 20). Esta concentração deve-se também ao facto dos principais equipamentos do concelho se encontrarem dentro dessa área.

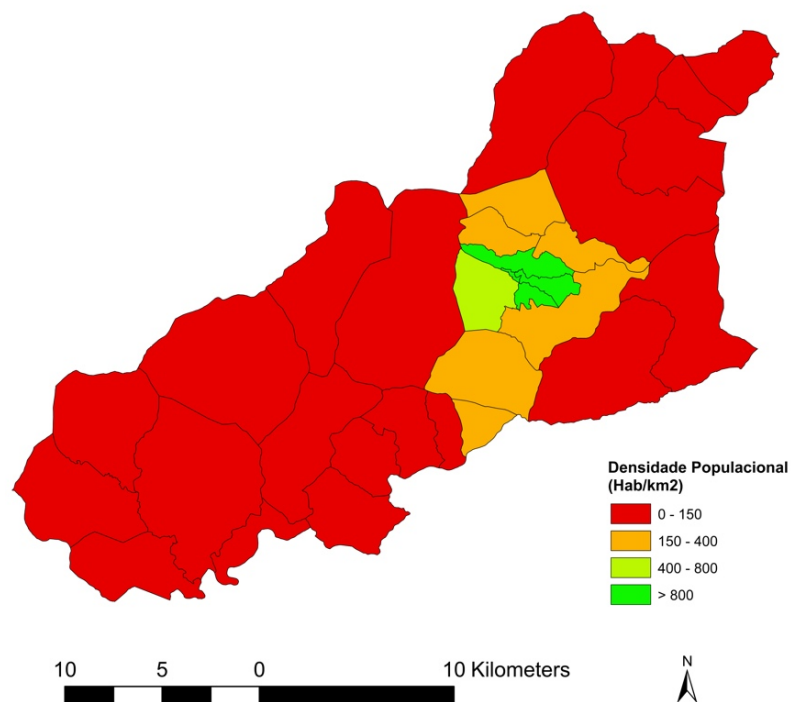


Figura 20 - Densidade populacional no concelho (hab/km²)

4.2.3. Caracterização da Mobilidade

Pelos dados dos Censos 2011 (INE) é possível verificar e comparar os dados sobre o uso dos diferentes modos de transporte em Portugal.

Tal como se verifica na Tabela 7, o concelho da Covilhã apresenta valores ligeiramente superiores para uso de modos suaves, nomeadamente o modo pedonal e o transporte coletivo. Sendo que a nível nacional, em relação à duração média dos movimentos pendulares, a Covilhã encontra-se dentro da média do país (Tabela 8). Para o uso da bicicleta, não é possível fazer essa análise, pois não existem dados para tal.

Tabela 7 - Proporção da população em relação ao modo de transporte utilizado (Covilhã e Portugal NUTS - 2011)

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 o modo de transporte individual nas deslocações pendulares (%)	Proporção da população residente empregada ou estudante que utiliza o modo de transporte coletivo nas deslocações pendulares (%)
Portugal	16,4	53,3	20,0
Concelho da Covilhã	17,0	67,5	15,1

Tabela 8 - Parte 1/2 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de residência (Portugal, Cova da Beira, Covilhã e freguesias da Covilhã)

Local de Residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante por local de residência
Portugal	20,02
Cova da Beira	15,94
Covilhã	16,05
Vila do Carvalho	18,40
Aldeia de São Francisco de Assis	18,71
Aldeia do Souto	17,00
Barco	21,18
Boidobra	13,97
Casegas	23,59
Covilhã (Conceição)	15,56
Cortes do Meio	19,53
Dominguiso	16,36
Erada	19,39

Tabela 8 - Parte 2/2 - Duração média dos movimentos pendulares da população por local de residência (Portugal, Cova da Beira, Covilhã e freguesias da Covilhã)

Local de Residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante por local de residência
Ferro	17,14
Orjais	16,99
Ourondo	20,40
Paul	17,92
Peraboa	20,87
Peso	17,96
Covilhã (Santa Maria)	14,17
São Jorge da Beira	25,35
Covilhã (São Martinho)	14,47
Covilhã (São Pedro)	13,80
Sarzedo	17,42
Sobral de São Miguel	28,18
Teixoso	15,89
Tortosendo	14,66
Unhais da Serra	16,63
Vale Formoso	18,24
Verdelho	27,34
Vales do Rio	17,80
Coutada	18,84
Cantar-Galo	17,42
Canhoso	14,28

4.2.4. Principais equipamentos do concelho

O concelho da Covilhã dispõe de variados equipamentos que asseguram os serviços de saúde, serviços públicos e municipais, serviços de educação, turismo, desporto e lazer. É importante referir que a maioria destes equipamentos se encontram concentrados na zona urbana do concelho, remetendo-se para as restantes freguesias alguns serviços de pequena dimensão, como as extensões de saúde e juntas de freguesias.

Tendo em conta o descrito, foram identificados e georreferenciados os principais equipamentos e as suas localizações no perímetro urbano. Estes equipamentos, foram escolhidos devido à sua relevância para as viagens pendulares efetuadas no concelho, tendo em conta a vertente turística e a utilização dos serviços. Para tal, foi necessário considerar vários tipos de equipamentos, categorizando-os quanto à sua funcionalidade em:

- Saúde (5 equipamentos)
- Educação (13 equipamentos)
- Serviços públicos (19 equipamentos)
- Comércio (6 equipamentos)
- Transporte (6 equipamentos)
- Lazer (12 equipamentos)
- Turismo (6 equipamentos)

Na Tabela 9 e 10 apresentam-se os equipamentos escolhidos, agrupados pelas respetivas categorias.

Tabela 9 - Principais equipamentos do concelho (Saúde, Educação e Serviços Públicos)

Categoria	Equipamento
Saúde	CHCB - Centro Hospitalar Cova da Beira
	Centro de Saúde da Covilhã
	CEDIR - Centro de Diagnósticos de Imagiologia e Raio X
	Centro de Saúde do Tortosendo
	Posto Médico da Vila do Carvalho
Educação	UBI - Faculdade de Ciências da Saúde
	UBI - Faculdade de Ciências
	UBI - Faculdade de Engenharias
	UBI - Faculdade Ciências Sociais e Humanas
	Escola Secundária/ 3º Ciclo Quinta das Palmeiras
	Escola Básica 2º Ciclo Pêro da Covilhã
	Escola Secundária Frei Heitor Pinto
	Escola Secundária Campos Melo
	Escola Básica 2º e 3º Ciclo do Teixoso
	Escola Básica Integrada de São Domingos
	Escola Básica 2º e 3º ciclo do Tortosendo
	UBI - Polo Desporto/Residências
	EPABI - Escola Profissional de Artes da Beira Interior
Serviços Públicos	Finanças
	Câmara Municipal da Covilhã
	CTT - Estação dos Correios da Covilhã
	ADC - Águas da Covilhã EM
	IEFP - Instituto do emprego e Formação Profissional
	Biblioteca Municipal
	Esquadra da Polícia de Segurança Pública (PSP)
	CTT - São Lázaro
	Tribunal
	Juntas de Freguesia da Covilhã
	Posto de Turismo
	Biblioteca da UBI
	Posto da Guarda Nacional Republicana GNR
	Câmara Municipal da Covilhã - Departamento de Obras
	Junta de Freguesia do Tortosendo
	Junta de Freguesia do Teixoso
	Junta de Freguesia da Boidobra
	Junta de Freguesia de Cantar-Galo
Junta de Freguesia da Vila do Carvalho	

Tabela 10 - Principais equipamentos do concelho (Comércio, Transporte, Lazer e Turismo)

Categoria	Equipamento
Comércio	Covilhã Shopping
	Intermarché
	Serra Shopping
	Lidl
	Mercado Municipal da Covilhã
	Sporting Shopping Center
Transporte	Estação Ferroviária da Covilhã
	Central de Camionagem
	Funicular de São João
	Elevador do Jardim
	Elevador de Santo André
	Elevador da Goldra
Lazer	Complexo Desportivo da Covilhã
	Jardim do Lago
	Jardim das Artes
	Jardim da Goldra
	Estádio José Santos Pinto
	Jardim Municipal
	Piscina Municipal
	ADE - Associação Desportiva da Estação
	Museu de Arte Sacra
	Museu dos Lanifícios
	Tinturaria
	Teatro Cine
	Turismo
Hotel TRYP D Maria	
Hotel Santa Eufémia	
Hotel Solneve	
Hotel Covilhã Jardim	
Hotel Covilhã Parque Hotel	

Na figura 21, é possível identificar a distribuição dos equipamentos pelo perímetro urbano do concelho, separados por categorias. Estes, foram representados por pontos e a localização dos mesmos são à entrada de cada um.

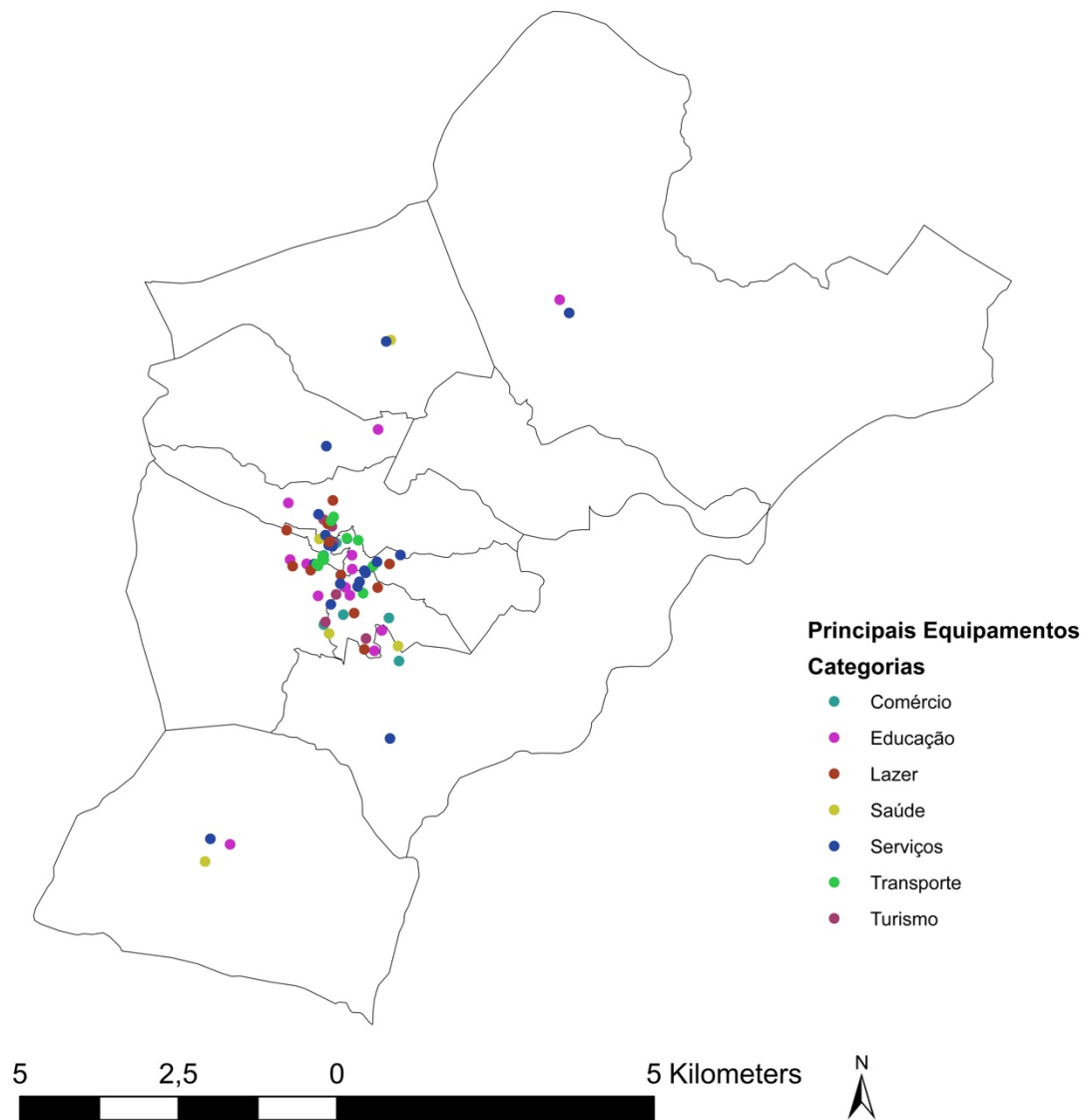


Figura 21 - Mapa com as categorias dos principais equipamentos do concelho da Covilhã

Na figura 22, apresentam-se os equipamentos, e a identificação dos mesmos.

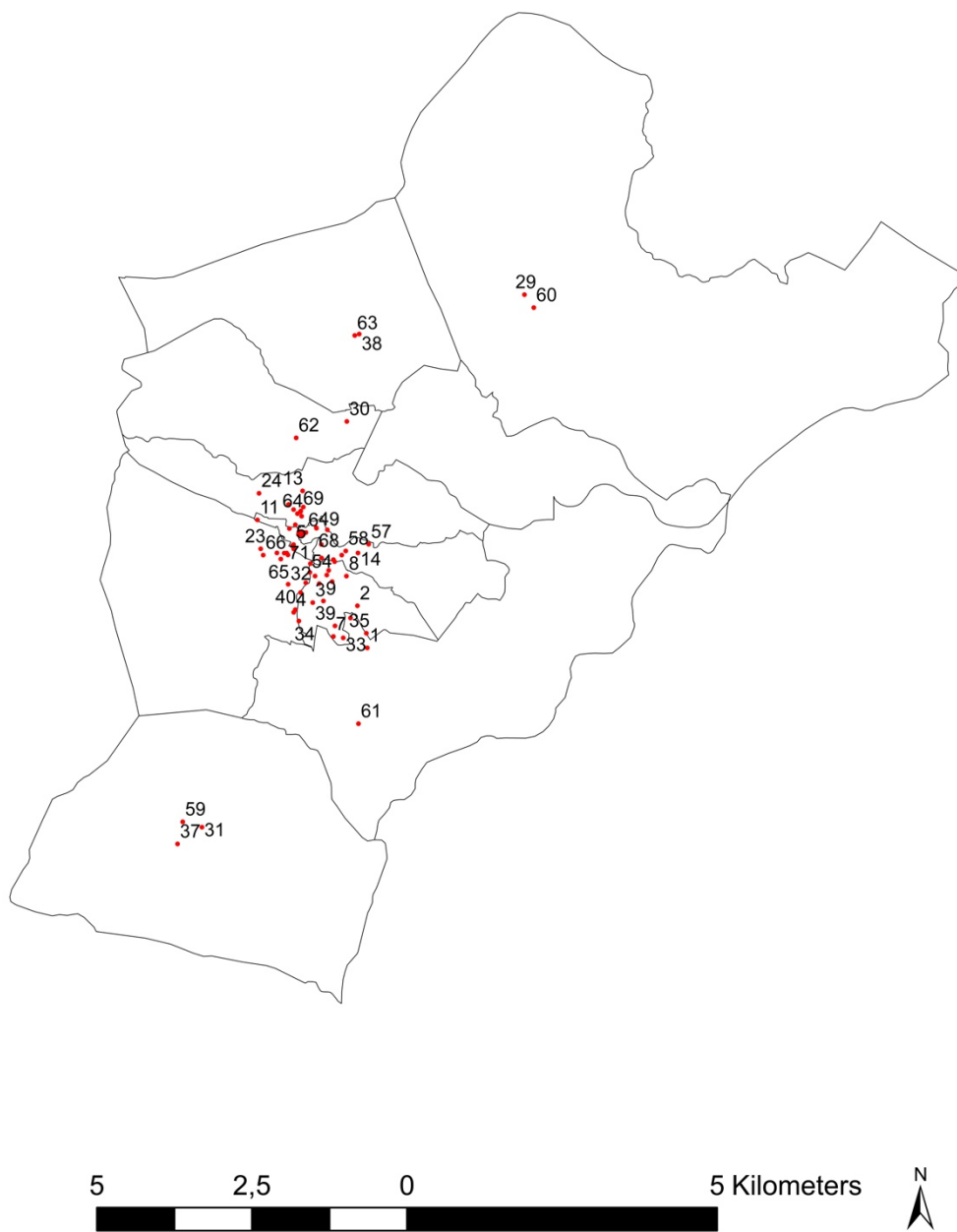


Figura 22 - Mapa com os principais equipamentos do concelho da Covilhã

Principais Equipamentos do Concelho da Covilhã

- 1, Covilhã Shopping
- 2, Intermarché
- 3, Serra Shopping
- 4, Lidl
- 5, Mercado Municipal da Covilhã
- 6, Sporting Shopping Center
- 7, Complexo Desportivo da Covilhã
- 8, Jardim do Lago
- 9, Jardim das Artes
- 10, Jardim da Goldra
- 11, Estádio José Santos Pinto
- 12, Jardim Municipal
- 13, Piscina Municipal
- 14, ADE
- 15, Estação Ferroviária da Covilhã
- 16, Central de Camionagem
- 17, Funicular de São João (Escola)
- 18, Elevador do Jardim (Ponte)
- 19, Elevador de Santo André
- 20, Elevador da Goldra (Jardim)
- 21, UBI - Faculdade de Ciências da Saúde
- 22, UBI - Faculdade de Ciências
- 23, UBI - Faculdade Engenharias
- 24, UBI - Faculdade Ciências Sociais e Humanas
- 25, Escola Secundária Quinta das Palmeiras
- 26, Escola Pêro da Covilha
- 27, Escola Secundária Frei Heitor Pinto
- 28, Escola Secundária Campos Melo
- 29, Escola Básica 2º e 3º ciclo do Teixoso
- 30, Escola Básica Integrada de São Domingos
- 31, Escola Básica 2º e 3º ciclo do Tortosendo
- 32, UBI - Polo Desporto/Residências
- 33, Escola Profissional de Artes da Beira Interior
- 34, Centro Hospitalar Cova da Beira
- 35, Centro de Saúde da Covilhã
- 36, CEDIR - Centro de Diagnóstico
- 37, Centro de Saúde do Tortosendo
- 38, Posto Médico de Vila do Carvalho
- 39, Hotel Pura Lã
- 40, Hotel TRYP D Maria
- 41, Hotel Santa Eufémia
- 42, Hotel Solneve
- 43, Hotel Covilhã Jardim
- 44, Hotel Covilhã Parque Hotel
- 45, Finanças
- 46, Câmara Municipal da Covilhã
- 47, CTT - Posto de correios da Covilhã
- 48, ADC - Águas da Covilhã EM
- 49, IEFP
- 50, Biblioteca Municipal
- 51, Esquadra PSP
- 52, CTT - São Lázaro
- 53, Tribunal
- 54, Juntas de Freguesia da Covilhã
- 55, Posto de Turismo
- 56, Biblioteca da UBI
- 57, Posto da GNR
- 58, Estaleiros da CMC
- 59, Junta de Freguesia do tortosendo
- 60, Junta de Freguesia do Teixoso
- 61, Junta de Freguesia da Boidobra
- 62, Junta de Freguesia de Cantar-Galo
- 63, Junta de Freguesia de Vila do Carvalho
- 64, Museu de Arte Sacra
- 65, Museu dos Lanifícios
- 66, Tinturaria
- 67, Teatro Cine
- 68, Funicular de São João (Garagem São João)
- 69, Elevador do Jardim (Jardim)
- 70, Elevador de Santo André (Mercado)
- 71, Elevador da Goldra (Biblioteca)

4.2.5. Rede viária

A rede viária no concelho da Covilhã tem uma extensão total de 1898,319 km, dos quais 430,665 km estão incluídos no perímetro urbano. De acordo com a hierarquização das vias, a rede do concelho é composta por vias coletoras - VC (3%), vias distribuidoras locais - VDL (12%), vias distribuidoras principais - VDP (11%) e vias de acesso local - VAL (73%) (Figura 23). Sem qualquer análise, apenas identificando a rede viária existente no perímetro urbano, continua a estar presente a hierarquização da mesma, vias coletoras (7%), vias distribuidoras principais (13%), vias distribuidoras locais (25%) e vias de acesso local (55%).

A rede viária utilizada em questão, foi previamente preparada para a utilização da extensão *Network Analyst* e gentilmente cedida pelo Eng^a André Tomé (Tomé, 2016).

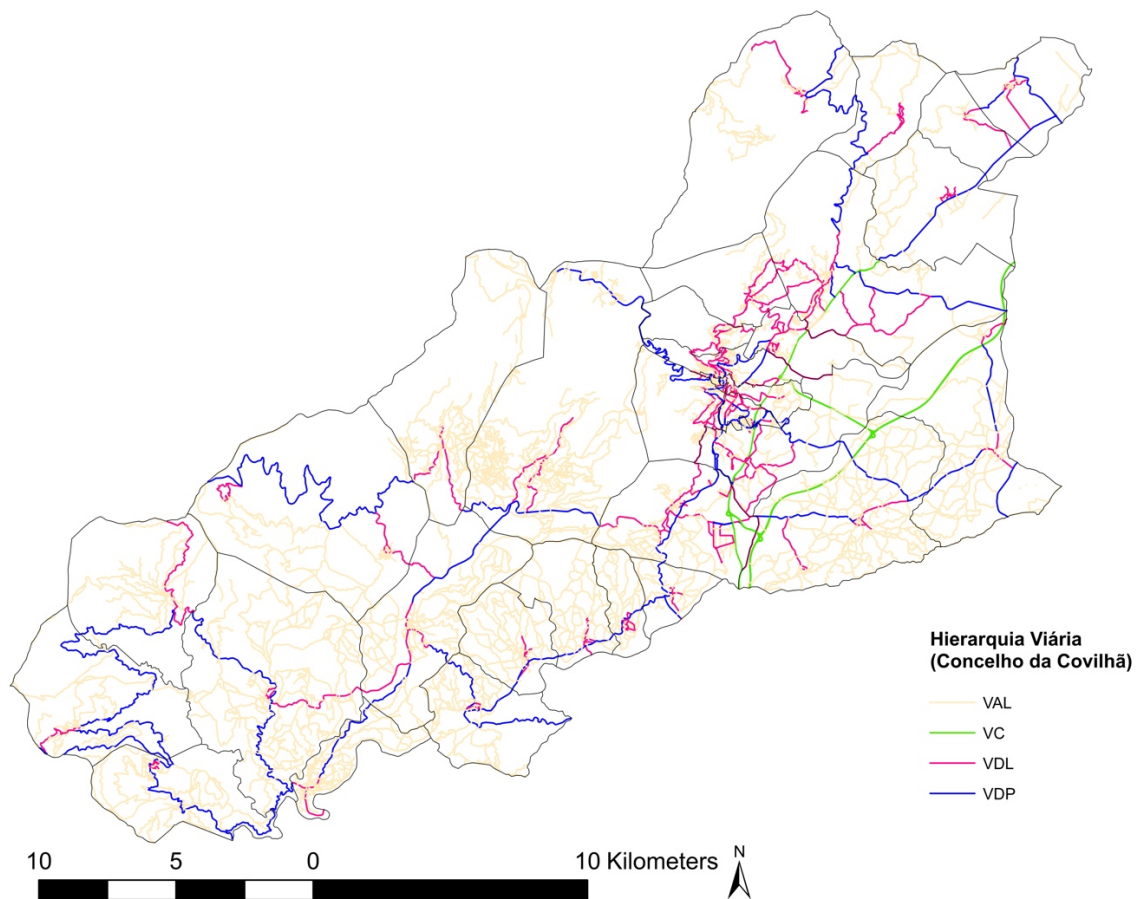


Figura 23 - Mapa da rede viária do Concelho da Covilhã com a hierarquia das vias

4.3. Aplicação da Metodologia

4.3.1. Dados

Para a análise do potencial ciclável da rede viária do concelho da Covilhã, foram consideradas/definidas 3 variáveis para utilizar na análise multicritério.

Os Polos Geradores são a variável 1, e estes contêm os principais equipamentos do concelho da Covilhã, nomeadamente escolas, estabelecimentos comerciais e serviços públicos.

A variável 2, é definida pela Densidade Populacional, calculada em Hab/ha através dos dados do INE.

Por último, a Rede Viária é a variável 3, e foram consideradas as vias com as características geométricas que permitam a inclusão de uma ciclovia na rede viária existente.

4.3.2. Análise Espacial Inicial

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

Para a **densidade populacional** foi utilizada a informação vetorial e alfanumérica da base geográfica de referência de informação (BGRI) do INE, relativa aos Censos 2011 (INE). A unidade territorial da informação disponibilizada é a subsecção estatística, que se representa por um polígono. Dessa forma, e tendo em conta os dados da população e a área de cada subsecção (em ha), foi calculada a densidade populacional, sendo expressa em Hab/ha. Foram ainda definidas e consideradas para efeitos de representação 4 classes de densidade populacional (Tabela 11). Estas classes, determinam a pontuação que cada uma vai ter na análise espacial.

Tabela 11 - Classes de Densidade populacional

Classe	Hab/ha
1	0 - 25
2	25 - 100
3	100 - 200
4	+ 200

Tendo em conta as classes de densidade definidas e uma análise espacial inicial ao nível do perímetro urbano, obteve-se o mapa da Figura 24.

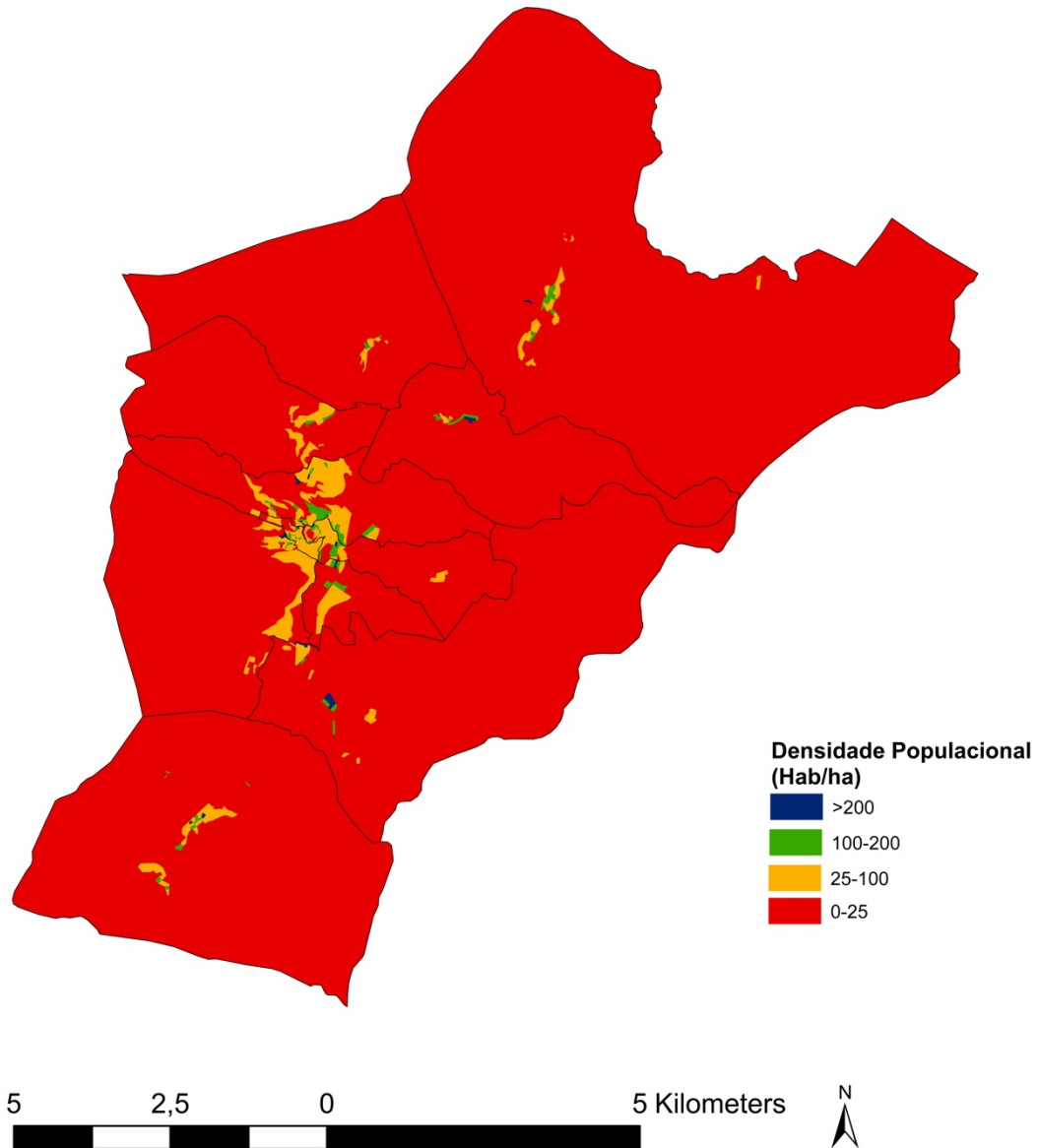


Figura 24 - Mapa de classes de Densidade populacional no perímetro urbano (Covilhã)

A rede viária será a infraestrutura utilizada, e o que se pretende neste caso é encontrar as vias da rede urbana com potencial para a incorporação de uma via para circulação em bicicleta. Para tal, a rede viária, que se encontra num modelo vetorial do tipo linha, é inicialmente preparada para a análise de redes, retirando-se as vias coletoras, visto que estes tipos de vias não são adequados para a circulação de ciclistas, pois são vias de movimentação rápida e têm uma percentagem elevada de utilização. Neste sentido, e após uma primeira análise, tendo em conta a hierarquia das vias, consideram-se todas as vias exceto as coletoras. Deste modo, é feita uma preparação prévia da rede, para ser utilizada na análise de redes a efetuar com o Network Analyst.

Para esta análise, foi necessário ter em conta que embora as bicicletas elétricas sejam equiparadas às bicicletas tradicionais, existem algumas diferenças que podem ser relevantes para o caso. A velocidade que atingem é uma das diferenças principais, pois enquanto que as velocidades praticadas pelos ciclistas de bicicletas tradicionais variam em geral entre os 13 e os 24 km/h, a velocidade de circulação máxima permitida por lei para a utilização da bicicleta elétrica é de 25 km/h (velocidade a que o motor se desliga).

Outra diferença importante e que será apresentada em pormenor no ponto 4.3.3, é a área de influência das deslocações efetuadas com cada um dos tipos de bicicleta, visto que em trajetos urbanos a bicicleta tradicional é normalmente utilizada para deslocações até 5km e a elétrica até aos 15km. Visto que a área de estudo vai incidir no perímetro urbano do concelho, as extensões dos trajetos não ultrapassam em geral os 15km.

Após seleção apenas da rede viária existente no perímetro urbano e remoção das vias coletoras, obtém-se o resultado apresentado na Figura 25. A restante rede viária não é considerada na análise.

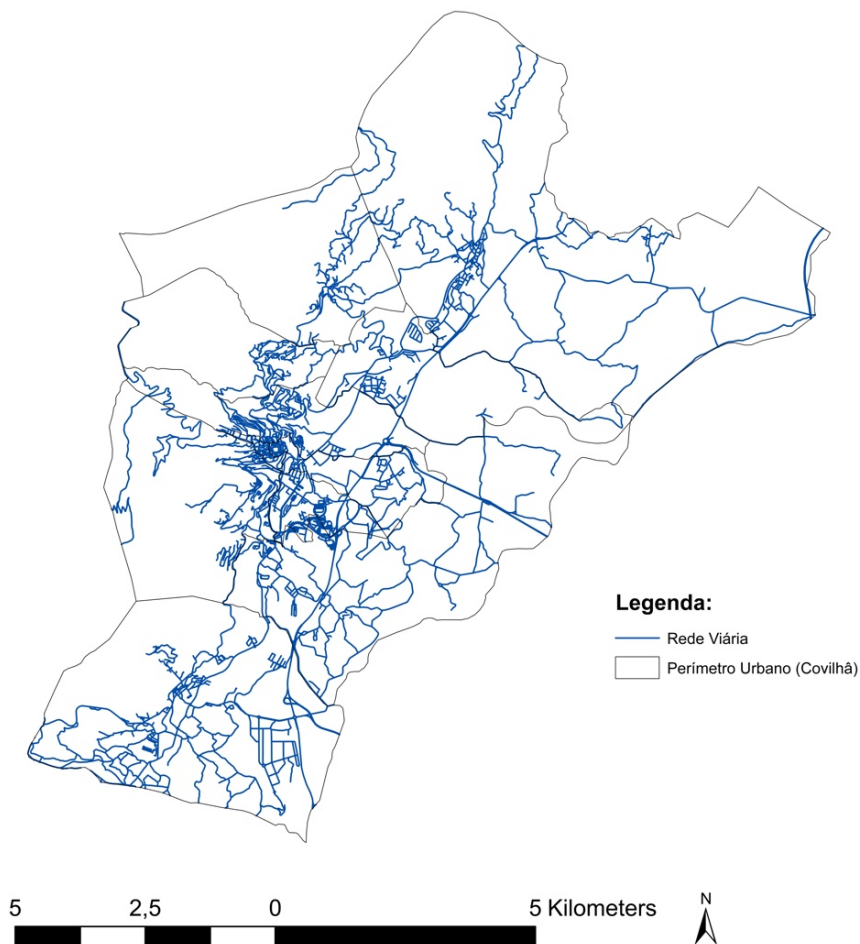


Figura 25 - Mapa da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã

Considerando a hierarquia das vias, as mesmas podem ser identificadas na Figura 26.

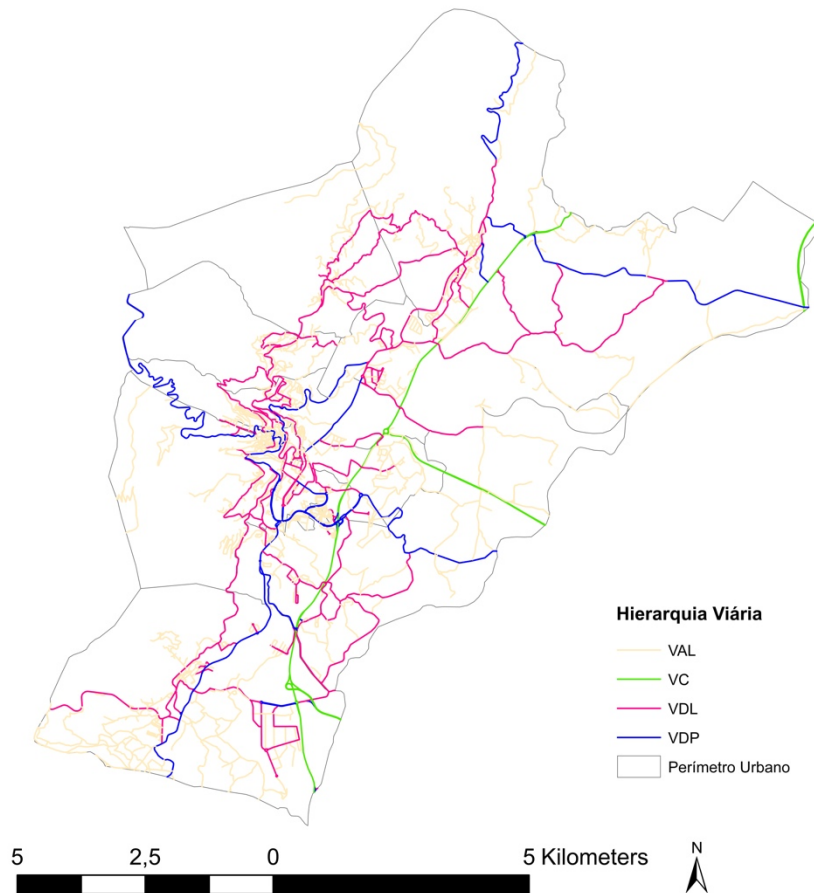


Figura 26 - Mapa da Rede Viária do Perímetro Urbano da Covilhã com hierarquia viária

Embora estas sejam as vias existentes no perímetro urbano, não significa que todas apresentem características geométricas adequadas para a utilização do modo de transporte pretendido. A inclinação é um desses aspetos, e para se verificar a mesma, foi necessário tratar o MDT 5 de forma a obter a inclinação respetiva a cada via.

Para obter a inclinação dos segmentos da rede viária foi necessário efetuar um tratamento e sobreposição de um modelo digital do terreno em formato *raster* (com 5m de resolução espacial) com a rede viária que se encontrava no formato vetorial.

Recorrendo à ferramenta *Interpolate Shape* (*3D Analyst Tools*) foi possível converter a *feature* para 3D, e no *output* resultante foi necessário criar na tabela de atributos os campos das inclinações (Inicial e Final). Dessa forma, foi possível determinar a coordenada altimétrica dos extremos dos segmentos da rede viária (*Calculate Geometry*), que junto com a informação respeitante ao comprimento, permitiu determinar a inclinação longitudinal das vias (*Field Calculator*). No final, foi criado um campo na tabela de atributos, para calcular a inclinação em valor absoluto, de forma a simplificar o cálculo em formato *raster*.

Após o cálculo da inclinação longitudinal da rede, é possível selecionar no ArcGIS® as secções viárias com inclinação inferior a 10 % para ser considerado na análise do potencial ciclável para a bicicleta elétrica, e inferior a 5% para a bicicleta tradicional. Como se verifica na Tabela 12, e para efeitos de representação da inclinação dos segmentos da rede, consideraram-se as seguintes classes de aptidão ciclável da rede em função da inclinação longitudinal das vias. A classificação baseia-se nos estudos efetuados por ASSHTO (TRB, 2010) e Pacote de Mobilidade - coleção de Brochuras Técnicas/Temáticas (IMTT, 2011b). Através da análise espacial inicial, e considerando a Tabela 12 com as respetivas inclinações, obtém-se o resultado apresentado na figura 27.

Tabela 12 - Aptidão para a circulação com bicicleta tradicional em função da inclinação longitudinal das vias (TRB, 2010)(IMTT, 2011b)(AASHTO, 2012)

Inclinação	Aptidão para a circulação com bicicleta tradicional
0 a 3%	Via com aptidão total
3 a 5%	Via satisfatória
5 a 8%	Via aceitável
8 a 10%	Percurso aceitável para curtas distâncias
10 a 20%	Percurso com grande esforço no uso da bicicleta
>20	Via não apta para o uso da bicicleta

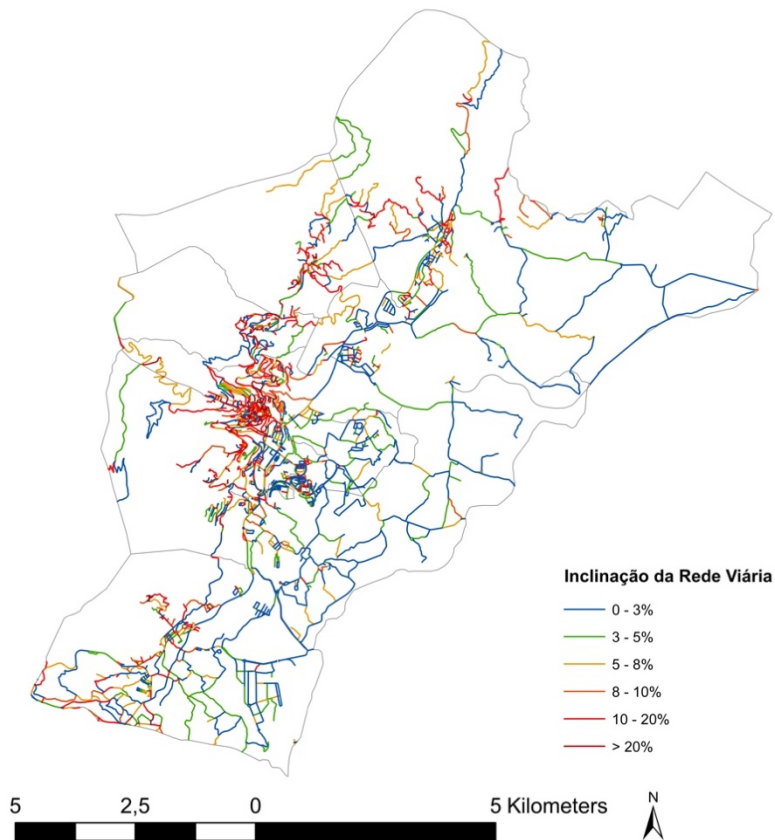


Figura 27 - Inclinação longitudinal da rede viária

4.3.3. Análise de Redes

Recorreu-se a uma análise de redes para determinar as áreas de influência dos polos geradores de viagens (principais equipamentos do concelho), tendo-se recorrido para este efeito a utilização do módulo *Network Analyst* do ArcGIS®.

Para a criação das áreas de serviço (influência) foram definidos valores razoáveis para as distâncias percorridas em viagens com utilização do modo bicicleta, que depois serão aplicadas a cada categoria de equipamento.

As distâncias escolhidas foram de 1km, 2,5km, 5km e 10km, de forma a que seja possível avaliar as deslocações tanto por bicicleta tradicional como por bicicleta elétrica e tendo em conta as indicações da bibliografia consultada ((IMTT, 2011b)(TRB, 2010)).

Na figura 28 é possível visualizar as áreas de serviço obtidas para os equipamentos da categoria de Educação. De referir que esta análise foi efetuada para todas as categorias de equipamentos.

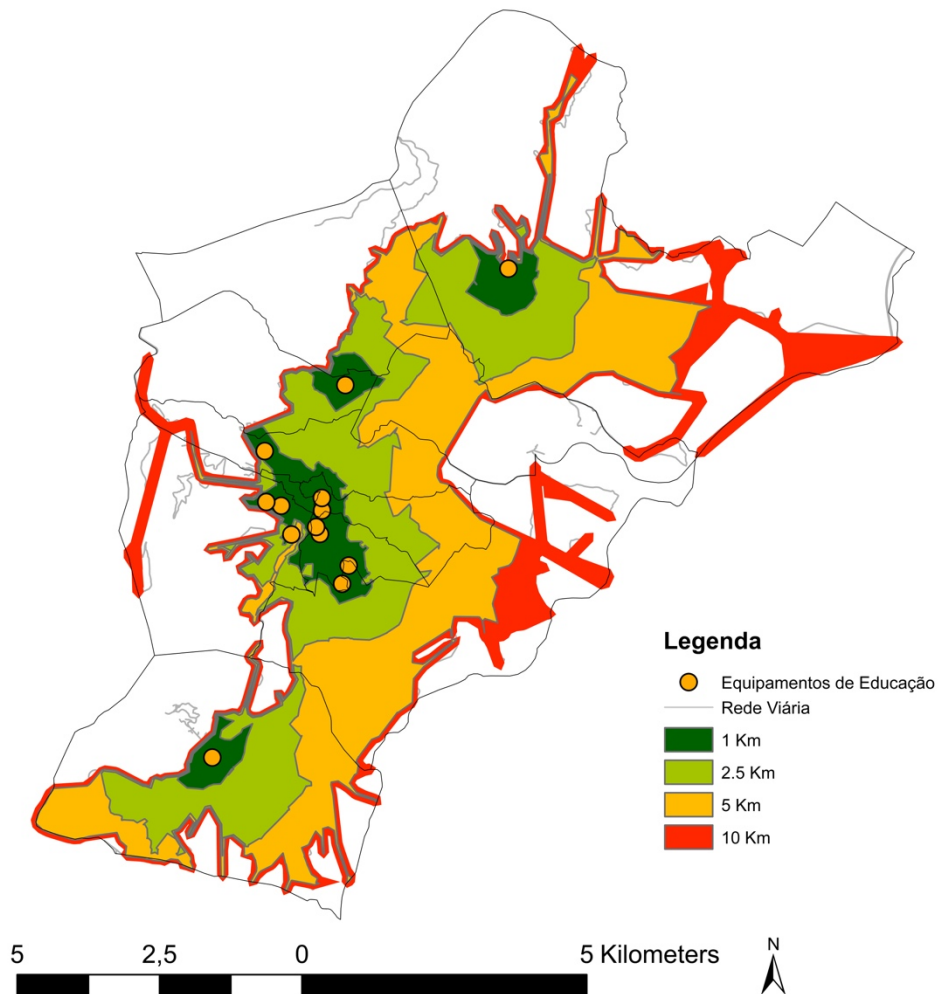


Figura 28 - Mapa das áreas de serviço dos equipamentos da categoria Educação

Tal como na densidade populacional, para as várias áreas de serviço também foi necessário adotar um sistema de pontuação, para identificar o grau de importância de cada uma das áreas de serviço. Visto que quanto menor for a distância, maior vai ser a probabilidade de usar a bicicleta na deslocação, adotou-se a pontuação apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 - Pontuação atribuída a cada área de serviço

Distância (m)	Pontuação (0 -100)
1000	90
2500	75
5000	50
10000	1

Ao aplicar a pontuação às áreas correspondentes, não só o resultado se torna mais perceptível, como traz vantagens na conversão das áreas de influência do formato vetorial para o formato *raster*, pois desta forma é possível atribuir a cada pixel um determinado valor. Para a conversão da informação vetorial para *raster* (Figura 29), foi utilizado o *Spatial Analyst* do ArcGIS®.

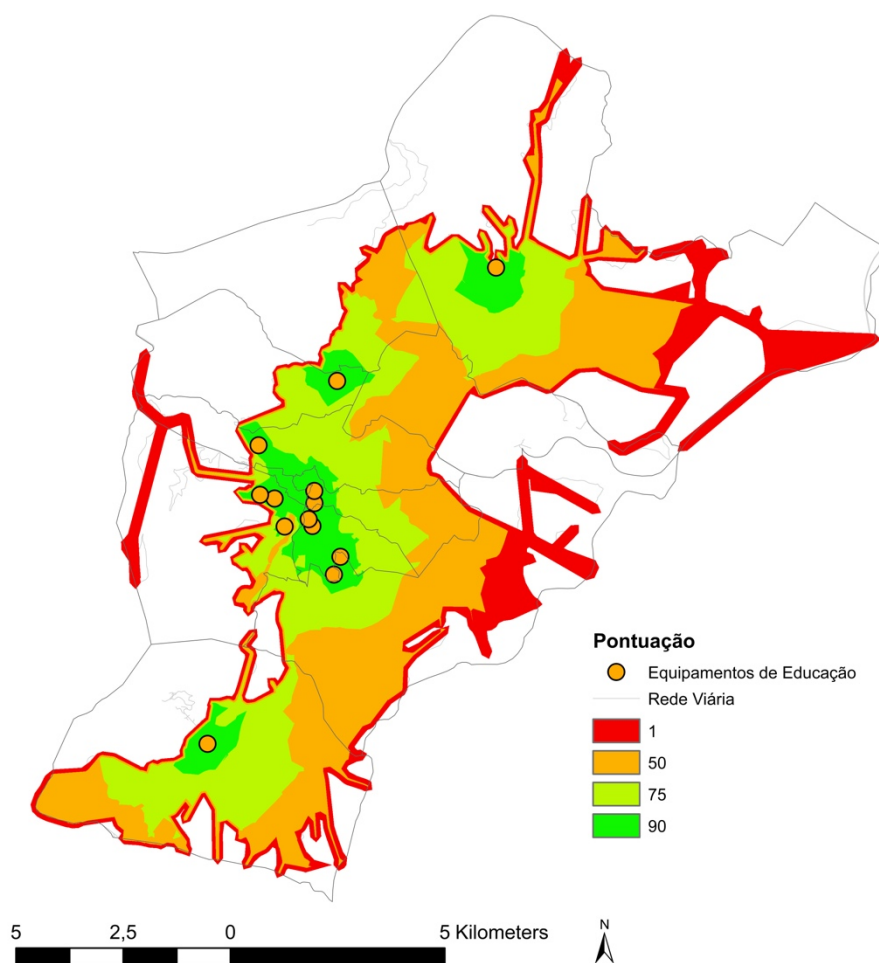


Figura 29 - Mapa de pontuação para as áreas de influência da categoria Educação (formato *raster*)

4.3.4. Análise Multicritério

Após a conversão da informação no formato *raster*, foi realizada uma análise multicritério. Foram considerados na análise 3 critérios, os polos geradores de viagens (PG), a densidade populacional (DP) e as características da rede viária (RV). Iniciou-se por avaliar o peso que cada subcritério dos PG e DP (intervalos de densidade populacional e categorias de equipamentos) deviam adotar na análise. De seguida procedeu-se à normalização dos critérios PG e DP para uma escala de valores de 0 a 100, que junto com o critério da RV, traduzido por uma variável binária (0;1), permitiu a combinação linear ponderada de todos os critérios

Na rede viária, o 0 é atribuído às vias coletoras e às vias de acesso local e o 1 representa a *bikeability* do percurso. Para a bicicleta elétrica, o 1 é aplicado às vias cuja inclinação é inferior a 10% e cuja hierarquia contemple as vias distribuidoras principais e as vias distribuidoras locais. Por outro lado, para a bicicleta tradicional, o 1 corresponde às vias distribuidoras principais e locais com inclinação inferior a 5%.

A definição dos pesos adotados para o critério DP foram definidos com base na bibliografia consultada. No que respeita à atribuição dos pesos às categorias de equipamentos consideradas nos PG, esta baseou-se nos resultados obtidos na aplicação de um inquérito. No mesmo, foi pedido que se indicasse numa escala de 1 a 10 o grau de atração de cada categoria de equipamento para uma potencial utilização de bicicleta elétrica. O inquérito elaborado para este efeito e os resultados obtidos podem ser consultados no Anexo 2 e 3.

O inquérito, em formato *online*, foi realizado a um grupo de especialistas na área dos Transportes e da Mobilidade e a um grupo de cidadãos da Covilhã (trabalhadores e estudantes universitários), tendo sido recebidas 8 respostas de especialistas e 92 respostas dos cidadãos, perfazendo um total de 100 respostas.

Através deste inquérito, foi possível obter os pesos para cada equipamento, e em vez de utilizar 7 categorias, optou-se por usar 11 categorias no inquérito, categorias essas que resultaram de subdividir as categorias Lazer, Ensino e Comércio. Estas por sua vez, foram agrupadas em 9 categorias para efeitos de aplicação na análise.

O peso foi determinado considerando que cada pontuação do grau de atratividade (de 1 a 10) tem uma representatividade de 10% no cálculo do peso total do subcritério.

Importante referir que numa primeira análise das respostas dos inquéritos foram considerados separadamente os grupos de especialistas e cidadãos. Uma vez que para todos os pesos e critérios não se verificaram diferenças significativas, as respostas foram agrupadas e analisadas no geral, resultando nos valores dos pesos apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Pesos dos subcritérios dos Polos geradores

Categoria	Peso
Lazer	0,82
Turismo	0,80
Educação	0,79
Desporto	0,78
Cultura	0,73
Comercio	0,71
Saúde	0,70
Transporte	0,69
Serviços Públicos	0,68

O peso ponderado devido à influência de cada categoria de equipamento e área de serviço foi determinado aplicando a expressão (2) na utilização da ferramenta *Raster Calculator*, para um tamanho pixel de 5x5m (em consonância com a precisão espacial do MDT usada na análise da inclinação longitudinal das vias).

$$PG = \sum_i^n \frac{w_n \times i_n}{n} \quad (2)$$

Em que:

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.

O resultado da aplicação da expressão (2) para determinação do critério PG pode ser visualizado na Figura 30.

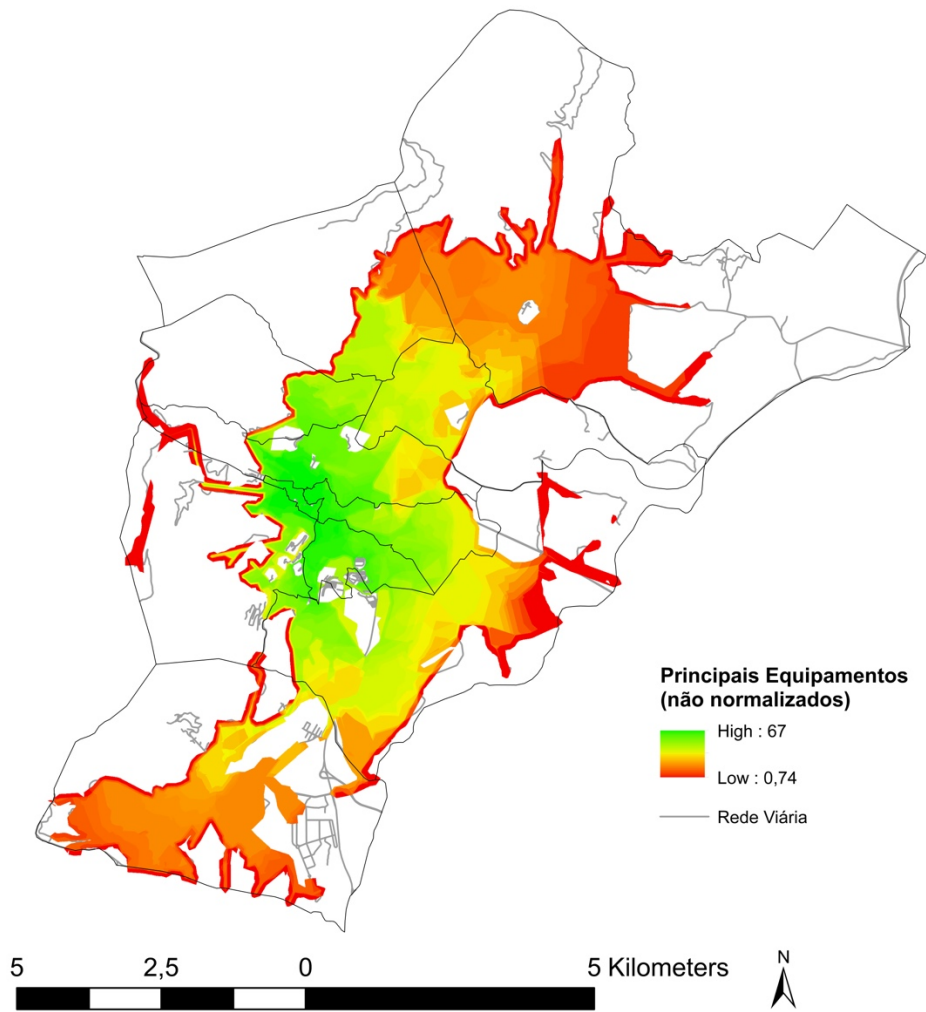


Figura 30 - Mapas dos resultados obtidos para ao Critério dos Polos Geradores (valores não normalizados)

De seguida procedeu-se à normalização dos resultados obtidos para os critérios PG e DP, para uma escala de 0 a 100, para que possam ser combinados na análise multicritério.

A normalização foi efetuada através de uma reclassificação dos valores por aplicação da expressão (3).

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

(3)

Onde:

X_i é o valor do pixel normalizado,

R_i é o valor do pixel a normalizar,

R_{max} e R_{min} são os valores máximos e mínimos para o critério.

O mapa da Figura 31 apresenta os resultados (valores normalizados) obtidos para PG, e o mapa da Figura 32 apresenta os resultados obtidos para DP.

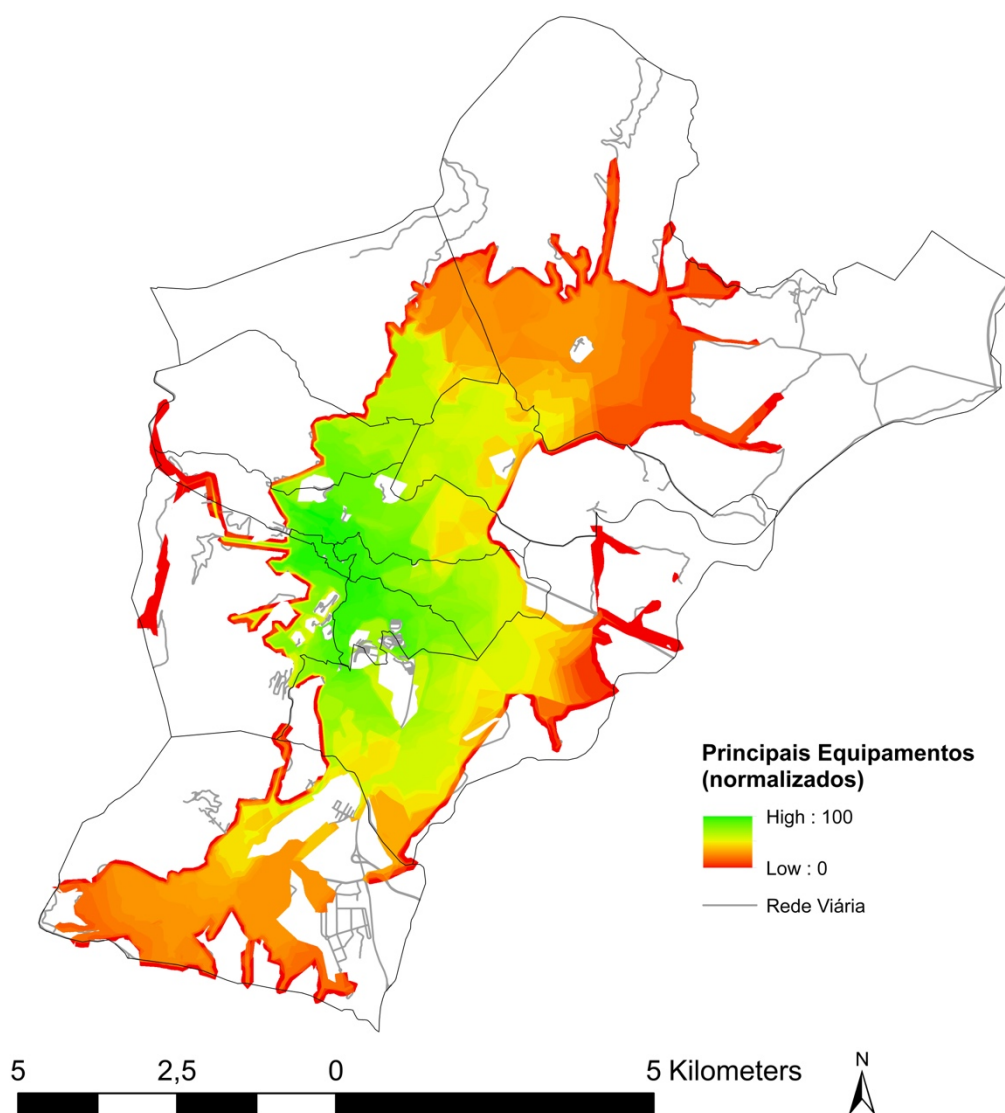


Figura 31 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério dos Polos Geradores - PG (valores normalizados)

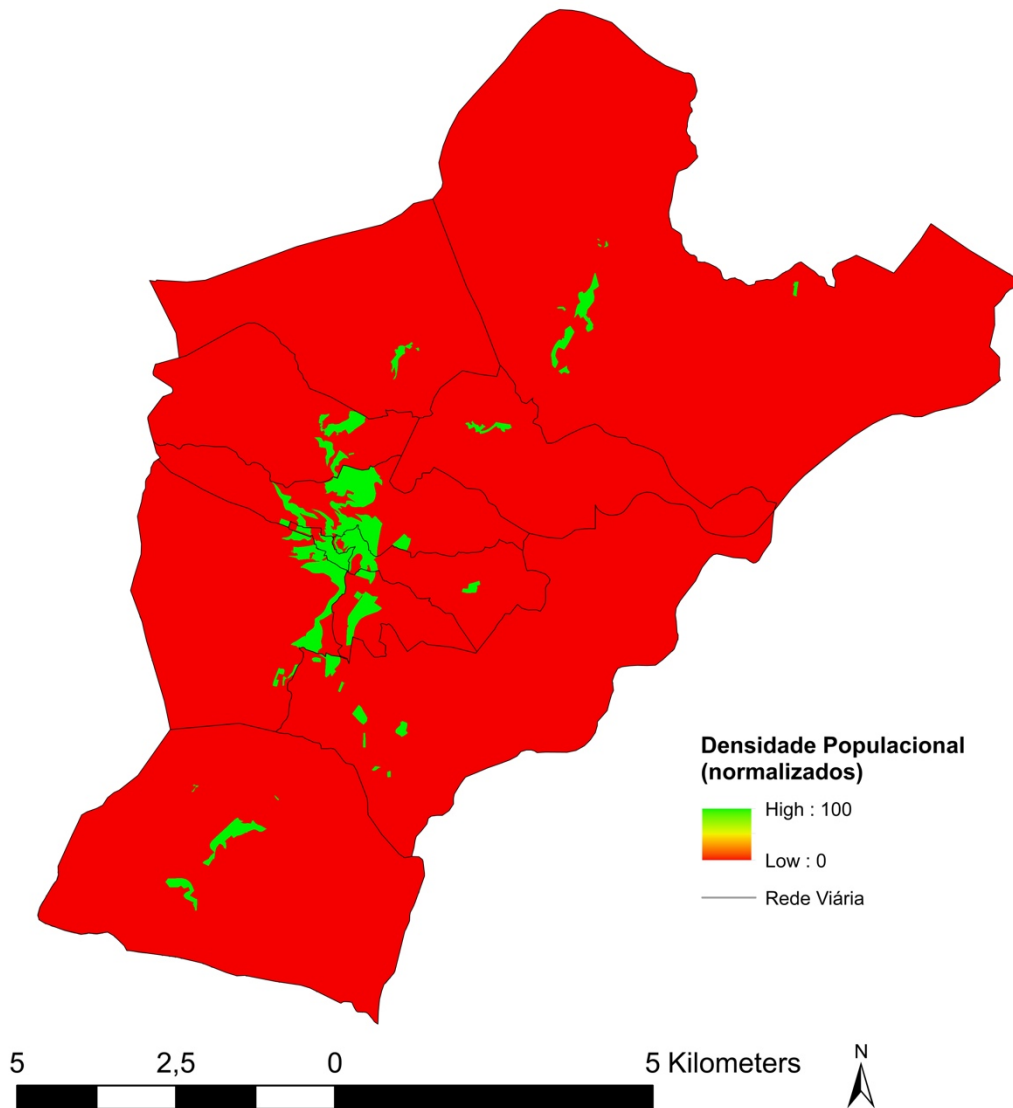


Figura 32 - Mapa dos resultados obtidos para o Critério da Densidade Populacional - DP (valores normalizados)

Após a normalização dos critérios PG e DP, foi efetuada uma combinação linear dos 3 critérios considerados na análise para obtenção de uma pontuação que traduz o potencial ciclável da rede viária (expressão (4)).

$$PCR\ V = (p_{PG} \times PG + p_{DP} \times DP) \times RV \quad (4)$$

Em que:

PCR_V representa o Potencial Ciclável da Rede Viária numa escala de 0 a 100, em que 0 corresponde a segmentos da rede sem potencial ciclável e 100 corresponde a segmentos da rede com potencial ciclável elevado,

P_{PG} representa o peso a atribuir aos equipamentos dos Polos Geradores,

PG representa os Polos Geradores,

P_{DP} representa o peso a atribuir à Densidade Populacional,

DP representa a Densidade Populacional,

RV representa a Rede Viária.

Para a avaliação do potencial ciclável da rede viária da Covilhã foram consideradas 3 combinações de pesos para os critérios PG e DP para a bicicleta elétrica e para a bicicleta tradicional, sendo que os pesos utilizados foram os mesmos para cada tipo de bicicleta.

1º Combinação:

$$PCRVR = (0,70 \times PG + 0,30 \times DP) \times RV \quad (5)$$

2ª Combinação:

$$PCRVR = (0,60 \times PG + 0,40 \times DP) \times RV \quad (6)$$

3ª Combinação

$$PCRVR = (0,50 \times PG + 0,50 \times DP) \times RV \quad (7)$$

4.4. Resultados

Nas Tabelas 15 e 16 e Figuras 33 a 38 é possível observar os resultados das análises efetuadas para aferir o potencial ciclável do perímetro urbano do concelho da Covilhã.

As análises incluem a consideração de várias combinações de pesos para as variáveis Polos Geradores e Densidade Populacional, para a bicicleta tradicional e elétrica.

Tabela 15 - Quadro resumo do potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano da Covilhã para o uso de Bicicleta tradicional

Bicicleta tradicional	Análise 70%PG_30%DP		Análise 60%PG_40%DP		Análise 50%PG_50%DP	
	Extensão (km)	%da rede	Extensão (km)	%da rede	Extensão (km)	%da rede
	Muito elevado	5,2	1,2	1,5	0,4	1,5
Elevado	19,6	4,6	12,6	2,9	6,3	1,5
Médio	30,4	7,1	27,8	6,5	20,3	4,7
Reduzido	23,3	5,4	28,3	6,6	36,8	8,5
Muito reduzido	21,4	5,0	29,8	6,9	35,2	8,2
Sem potencial	330,7	76,8	330,7	76,8	330,7	76,8

Tabela 16 -Quadro resumo do potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano da Covilhã para o uso de Bicicleta elétrica

Bicicleta elétrica	Análise 70%PG_30%DP		Análise 60%PG_40%DP		Análise 50%PG_50%DP	
	Extensão (km)	%da rede	Extensão (km)	%da rede	Extensão (km)	%da rede
	Muito elevado	5,7	1,3	3,1	0,7	2,7
Elevado	28,5	6,6	13,6	3,2	10,2	2,4
Médio	48,2	11,2	42,4	9,8	29,4	6,8
Reduzido	28,2	6,5	44,7	10,4	55,2	12,8
Muito reduzido	34,3	8,0	41,0	9,5	47,2	11,0
Sem potencial	286,0	66,4	286,0	66,4	286,0	66,4

Relativamente aos resultados obtidos, é possível verificar que 23% da rede viária total do perímetro urbano da Covilhã apresenta potencial para o uso da bicicleta tradicional, enquanto que para a bicicleta elétrica, mais adequada à orografia da cidade, a rede com potencial ciclável representa 34% da rede viária total.

É possível ainda verificar que:

- para um peso de 70% da variável PG, 12,8% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 19,1% para a bicicleta elétrica;
- para pesos de 60% da variável PG, 9,7% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 13,7% para a bicicleta elétrica;
- para os pesos de 50% da variável PG, 6,5% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 9,8% para a bicicleta elétrica.

A combinação de pesos mais adequada a considerar pode ser validada por especialistas e autarcas com atuação na área dos Transportes e Mobilidade.

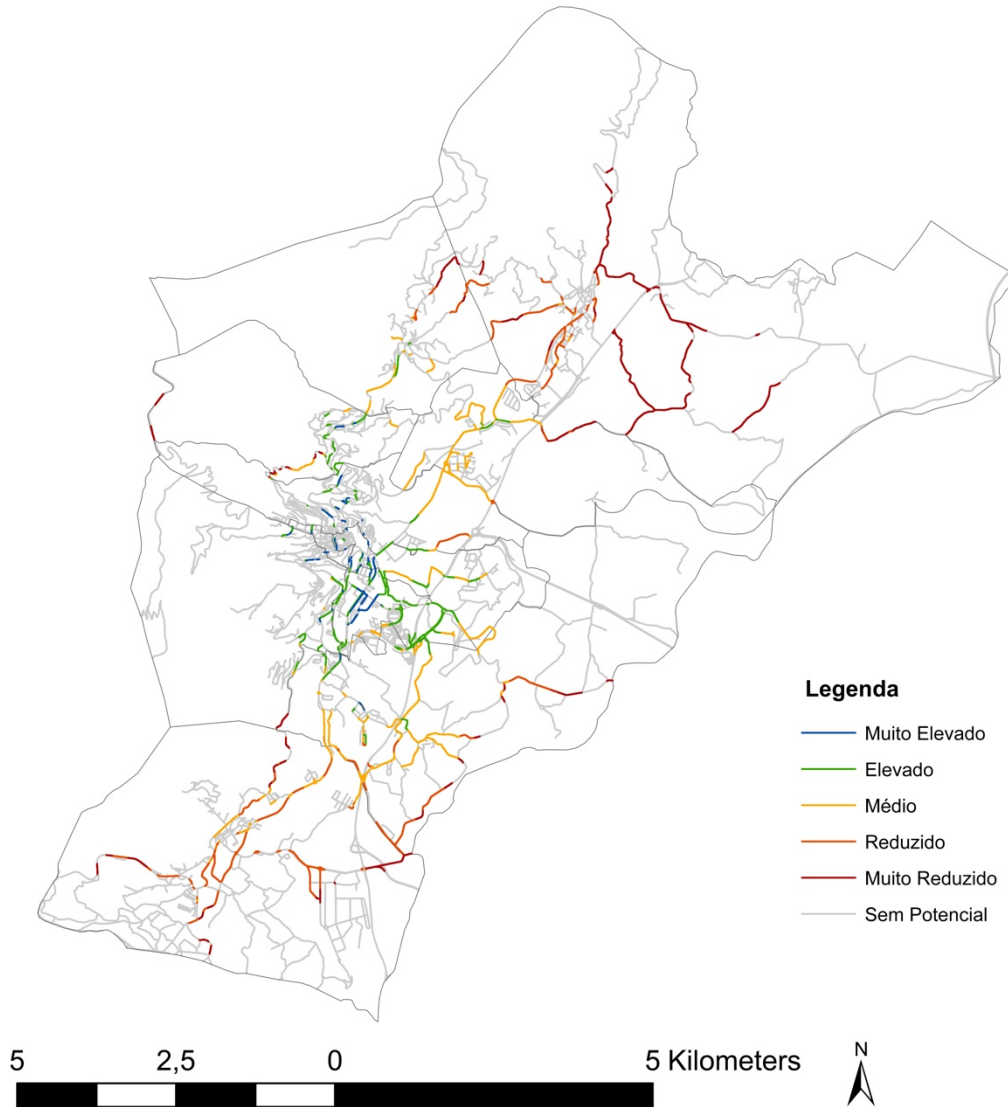


Figura 33 - 1ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (70% PG - 30% DP)

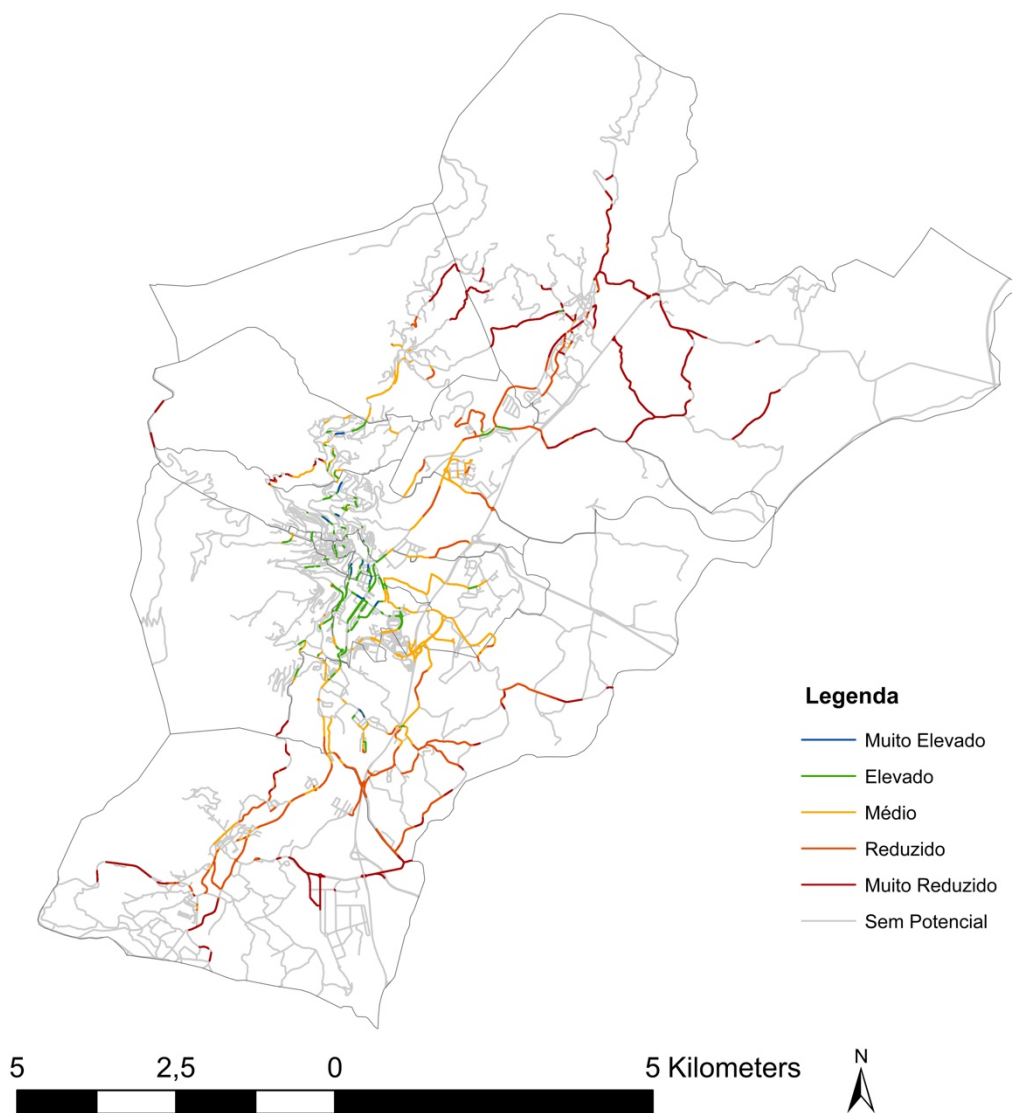


Figura 34 - 2ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (60% PG - 40% DP)

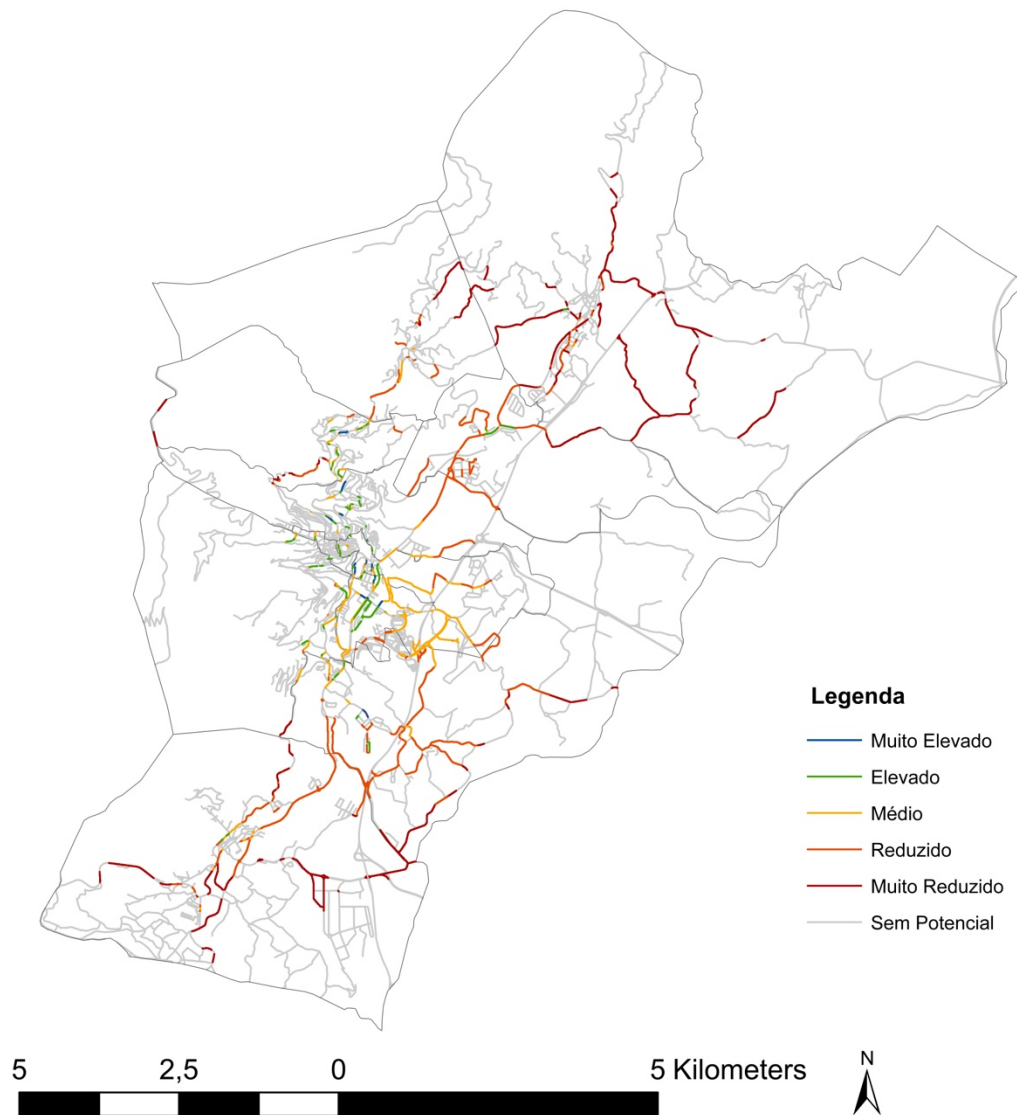


Figura 35 - 3ª Combinação Linear para a Bicicleta Tradicional (50% PG - 50% DP)

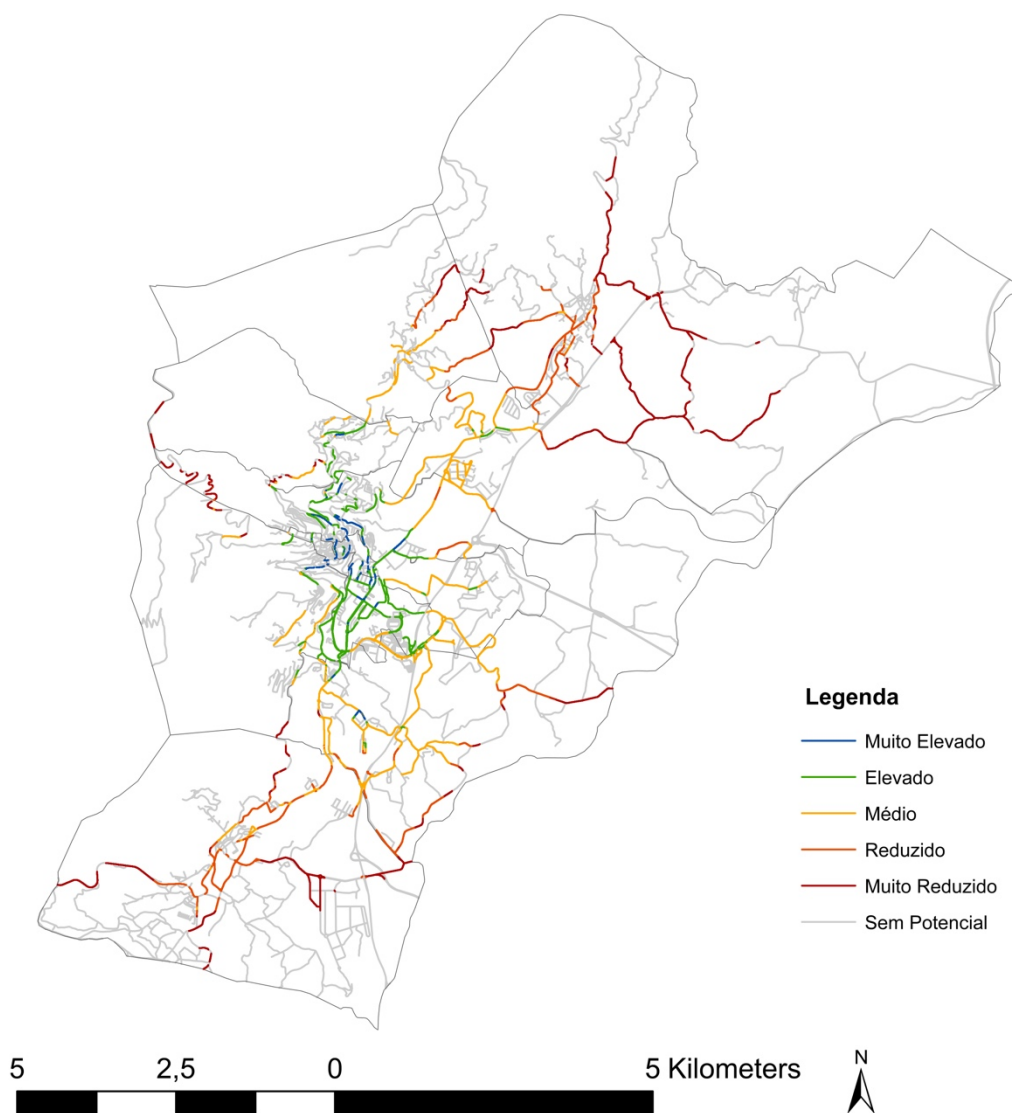


Figura 36 - 1ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (70%PG- 30% DP)

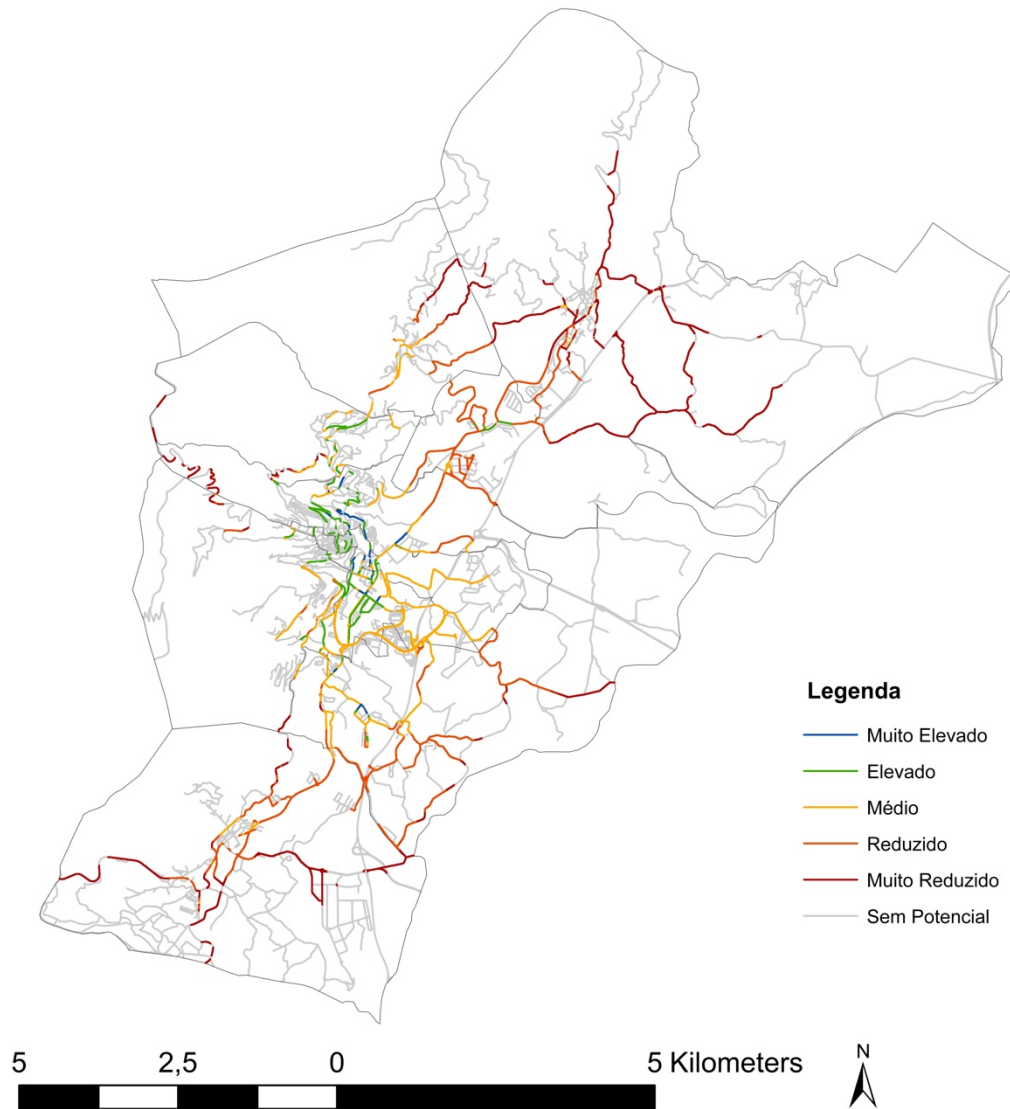


Figura 37 - 2ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (60%PG- 40% DP)

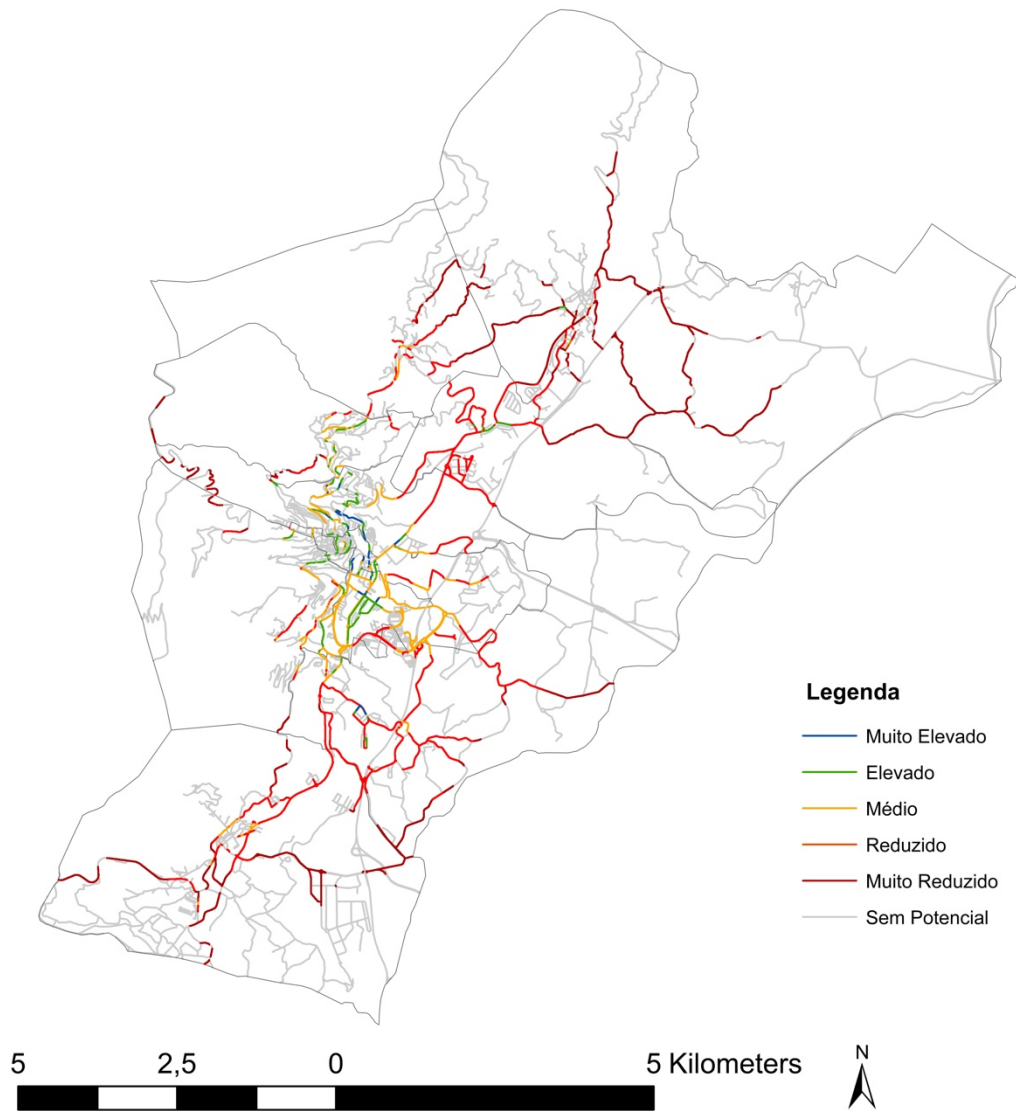


Figura 38 - 3ª Combinação Linear para a Bicicleta Elétrica (50% PG - 50% DP)

Capítulo 5

Conclusões

Atualmente, o uso da bicicleta nas viagens diárias é cada vez mais uma realidade, não só pela questão económica, mas também por ser considerada uma alternativa mais rápida que o automóvel em trajetos urbanos de curta distância (até 8km). Mas para que o seu uso seja seguro e atrativo, é necessário sensibilizar a população e adotar medidas governamentais e de planeamento que garantam todas as condições de segurança e satisfaçam as necessidades dos ciclistas. Estas condições, devem ser consideradas no planeamento de redes cicláveis ou na adaptação da rede viária existente em função do tipo de ciclista que as irá utilizar e dos principais propósitos das deslocações efetuadas com este meio de transporte.

Nesse sentido, uma vez que os SIG permitem organizar informação geográfica e alfanumérica e efetuar análises espaciais que suportam a avaliação de cenários, podem e devem ser utilizados no desenvolvimento de instrumentos de apoio à avaliação do potencial ciclável de redes viárias existentes, apoiando uma melhor gestão dos recursos disponíveis, tornando-se assim num instrumento fundamental de apoio à decisão.

A metodologia proposta neste estudo recorre às ferramentas de geoprocessamento e às extensões *Network Analyst* e *Spatial Analyst* do ArcGIS® para a obtenção de mapas de potencial ciclável de redes viárias e para a criação de áreas de serviço, para que seja possível identificar as áreas de influência dos polos geradores de atratividade.

Os principais passos da metodologia proposta para a análise do potencial ciclável com recurso às funcionalidades dos SIG incluem:

- Uma revisão bibliográfica para definição das características geométricas mínimas a garantir na rede viária para a circulação de bicicletas tradicionais e elétricas.
- A recolha e tratamento de dados alfanuméricos e geográficos (formato digital e *raster*) relativos aos polos geradores de viagens (principais equipamentos do concelho), limites administrativos do território, densidade populacional e rede viária.
- A definição de pesos para traduzir a atração de viagens associada a cada categoria de equipamento e classe de densidade populacional, suportada na bibliografia existente e na realização de inquéritos.
- A seleção das vias da rede viária com potencial para o uso da bicicleta tradicional e bicicleta elétrica.

- Análises espaciais e de redes para identificar os principais critérios e para a criação de áreas de serviço, de forma a identificar as áreas de influência dos polos geradores de atratividade e preparação de mapas temáticos.
- Uma análise multicritério com combinação linear ponderada de critérios relativos à atratividade dos polos geradores, densidade populacional e características geométricas da rede, para avaliação do potencial ciclável da rede viária existente.
- A criação do mapa de potencial ciclável da rede viária.
- A avaliação de resultados.

A metodologia proposta foi validada pela sua aplicação a um caso de estudo, correspondendo à avaliação do potencial ciclável da rede viária do perímetro urbano do concelho da Covilhã. Tratando-se de uma cidade de montanha com orografia difícil, foram analisados 2 cenários de utilização de bicicleta, uma para a bicicleta tradicional e outro para a bicicleta elétrica. Os resultados permitem concluir que da rede total do perímetro, 23% da rede tem potencial ciclável para o uso da bicicleta tradicional e 34% da rede tem potencial ciclável para o uso da bicicleta elétrica.

Das 5 classes para categorizar o potencial ciclável do perímetro urbano da Covilhã, apenas se consideram 3 para uma deslocação confortável: muito elevado, elevado e médio. Portanto, nesse sentido, dentro da rede viária existente no perímetro urbano, o potencial ciclável varia entre 9,7% e 19,1% para a bicicleta elétrica, e entre os 6,5% e os 12,8% para a bicicleta tradicional.

É possível ainda verificar que para um peso de 70% da variável PG, 12,8% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 19,1% para a bicicleta elétrica. Para pesos de 60% da variável PG, 9,7% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 13,7% para a bicicleta elétrica. Já para os pesos de 50% da variável PG, 6,5% apresenta potencial médio a muito elevado para a bicicleta tradicional e 9,8% para a bicicleta elétrica.

Durante o processo de validação foi possível identificar alguns pontos críticos que podem condicionar a realização e os resultados obtidos na análise:

- A existência da rede viária preparada para a realização de análises de redes com recurso ao Network Analyst. No caso de estudo foi utilizada a rede preparada pelo Eng. André Tomé (Tomé, 2016)) para o concelho da Covilhã.
- A necessidade de usar um modelo digital do terreno (MDT) com precisão inferior a 10m, para permitir a obtenção de valores fiáveis da inclinação longitudinal das vias da rede viária, pois esta é uma característica importante a considerar na utilização da bicicleta como modo de transporte. No caso de estudo foi usado um MDT com precisão de 5m disponibilizado pelo DECA-UBI.
- A definição de pesos a atribuir a cada critério considerado na análise multicritério.

- A passagem automática do resultado obtido relativo às vias com potencial ciclável em formato *raster* para o formato vetorial. Nesse aspeto, após análise dos resultados, foi possível concluir que a rede final com potencial para a bicicleta tradicional apresenta um erro por excesso na extensão da rede de cerca de 5%, sendo de 6% para a análise efetuada para a bicicleta elétrica.

Embora, esses sejam os valores finais, é necessário validar o resultado com especialistas e autarcas a trabalhar na área dos Transportes e Mobilidade.

Tendo em conta o apresentado, é possível concluir que o instrumento proposto permite efetivamente identificar as vias com potencial ciclável de uma determinada rede viária.

Como trabalhos futuros propõem-se os seguintes desenvolvimentos:

- incluir na base de dados da rede viária a largura efetiva das vias e o tipo de pavimento, incorporando esta informação na análise;
- o estudo da continuidade de percursos da rede tendo em conta as vias identificadas com potencial ciclável;
- e o estudo da ligação com outros modos de transporte sustentáveis como o pedonal, incluindo os elevadores, e o transporte público.

Bibliografia

- AASHTO. (2012). © 2010 by the American Association of State Highway and Transportation Officials. All rights reserved. Duplication is a violation of applicable law. *Transportation* (4ª).
- Almeida, G. C. De. (2015). Mobilidade Sustentável em Cidades de Pequena a Média Dimensão.
- Andrade, M. (2017). Measures to support bicycle at road intersections - A case study
Medidas de apoio à bicicleta em interseções rodoviárias - Um caso de Medidas de Apoio À Bicicleta em Interseções Rodoviárias - Um Caso de Estudo.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2010). *Projecto Mobilidade Sustentável: Volume II - Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável*.
- Austroroads. (2017). *Cycling Aspects of Austroroads Guides Quick Reference*.
- Bolstad, P. (2016). GIS Fundamentals.
- BUGA. (n.d.). www.w2g.pt/2015/03/sistemas-de-bike-sharing-o-caso-das-bugas-de-aveiro-192.
- Comissão Europeia. (2000). *Cidades para bicicletas, Cidades de Futuro. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias*. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. Retrieved from <http://www.ta.org.br/site2/Banco/7manuais/cycling1.pdf>
- Costa, M., Gomes, M., & Neves, J. (2012). *Ciclando - Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves*.
- Cycling England. (2009). Infrastructure Toolkit for Cycling Towns Cycling England Technical Support Infrastructure Toolkit for Cycling Towns (Technical Support Draft). Retrieved from http://www.sustrans.org.uk/sites/default/files/documents/infrastructure_toolkit_for_cycle_towns_ce_2009.pdf
- Davis, B. E. (2001). *GIS: A visual approach*.
- Deer, B. (2011). Manipulação de dados. *British Medical Journal*, 57-59.
- Eastman, J. (1999). Multi-criteria evaluation and GIS. *Geographical Information Systems*, 493-502. Retrieved from http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch35.pdf
- ESRI. (n.d.). ESRI. Retrieved from <http://www.esriportugal.pt/>
- Estes, J. E., & Star, J. (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*.
- European Cyclists' Federation. (n.d.). Retrieved from <https://ecf.com/resources/cycling-facts-and-figures>
- IMTT. (2011a). Guia para a elaboração de planos de mobilidade e transporte.

- IMTT. (2011b). *Rede Ciclável - Princípios de Planeamento e Desenho*.
- Inácio, I. (2011). *Workshop - Introdução à Teoria de Grafos*.
- INE. (n.d.). www.ine.pt. Retrieved from <http://www.ine.pt>
- Lisbon Bike Maps. (n.d.). <http://lisbonbikemap.com/pt/mapa/ciclovias/>.
- Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica* (5ª Edição). Lisboa.
- Morais, P. M. B. (2013). *Os Sig No Processo De Criação De Instrumentos De Apoio À Decisão*.
- OECD. (1998). Safety of Vulnerable Road Users. *DIRECTORATE FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND INDUSTRY*, 7(98), 229 p.
- Rodrigues, D. S. (2001). Avaliação Multicritério de Acessibilidade em ambiente SIG. *Geographical*.
- Rybarczyk, G., & Wu, C. (2010). Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, 30(2), 282-293.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.005>
- Tomé, A. (2016). *Avaliação das Acessibilidades no Concelho da Covilhã com recurso a SIG*. Covilhã.
- Tralhao, L., Sousa, N., Ribeiro, N., & Coutinho-Rodrigues, J. (2015). Design of bicycling suitability maps for hilly cities. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 168(Municipal Engineer 2), 96-106. <https://doi.org/10.1680/muen.14.00009>
- TRB. (2010). Revising the AASHTO Guide for the Development of Bicycle Facilities, (15), 15-37.
- U-Bike. (n.d.). U-Bike. Retrieved from <https://www.u-bike.pt/>
- UBI. (2016). PROJETO U-BIKE PORTUGAL - PROMOÇÃO DE BICICLETAS ELÉCTRICAS E CONVENCIONAIS NAS COMUNIDADES ACADÉMICAS Candidatura apresentada pela Universidade da Beira Interior Enquadramento Geral da Operação.
- URBI. (n.d.). <http://www.urbi.ubi.pt/>. Retrieved from <http://www.urbi.ubi.pt/i/cod-17589.html>
- WBCSD. (2009). World Business Council for Sustainable Development. Retrieved from <https://www.wbcd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Transforming-Mobility>

Anexos

A1 Lista de equipamentos por Categoria e Quantidade

Categoria	Tipo de Equipamento	Quantidade
Saúde	Centros de Saúde/Posto Médico	3
	Hospital	1
	Centro de Diagnóstico	1
Educação	Polos UBI	5
	Escolas Básicas	4
	Escolas Secundárias	4
Serviços Públicos	Serviços da Câmara Municipal	3
	Juntas de freguesias	6
	Tribunal	1
	Finanças	1
	Bibliotecas	2
	Posto de Turismo	1
	Postos CTT	2
	Esquadras	2
	IEFP	1
Comércio	Centros Comerciais	3
	Pequeno Comércio	3
Transporte	Estação Ferroviária	1
	Central de Camionagem	1
	Elevadores	4
Lazer	Jardins	4
	Museus	3
	Pavilhões Desportivos	4
	Teatro Cine	1
Turismo	Hotéis	6

A2 Inquérito realizado

Na sua opinião, qual é o grau de atração dos seguintes equipamentos para potenciais utilizadores de bicicleta elétrica na Covilhã?

Por favor responda para cada um dos tipos de equipamentos indicados abaixo, usando uma escala de 1 a 10, em que 1 é Pouco Atrativo e 10 é Muito Atrativo.

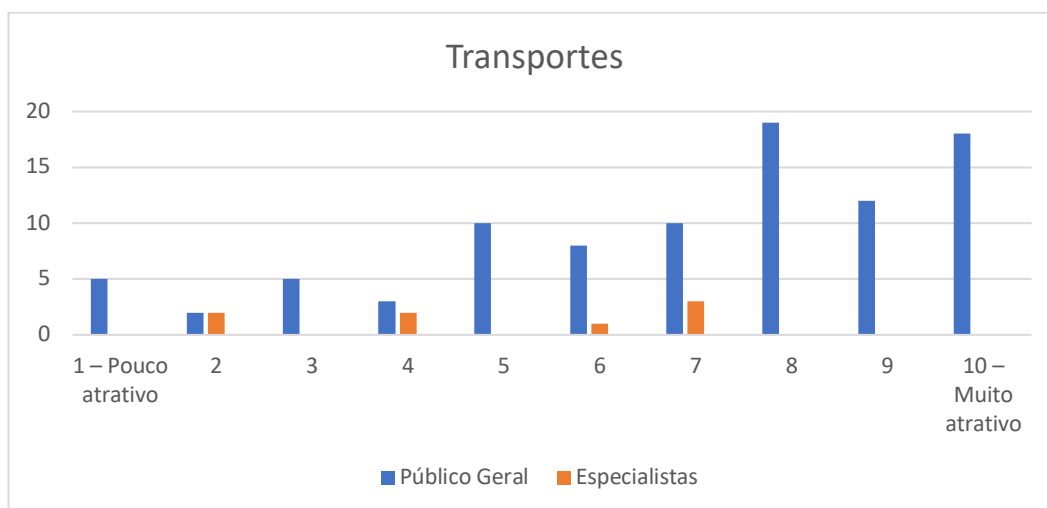
Nota: os utilizadores podem ser trabalhadores, estudantes ou utentes dos serviços e comércio.

Transportes (Central de Camionagem, CP, elevadores)	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 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. da 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 (Hotéis, 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, etc.)	Pouco Atrativo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Muito Atrativo

A3 Resultados do Inquérito

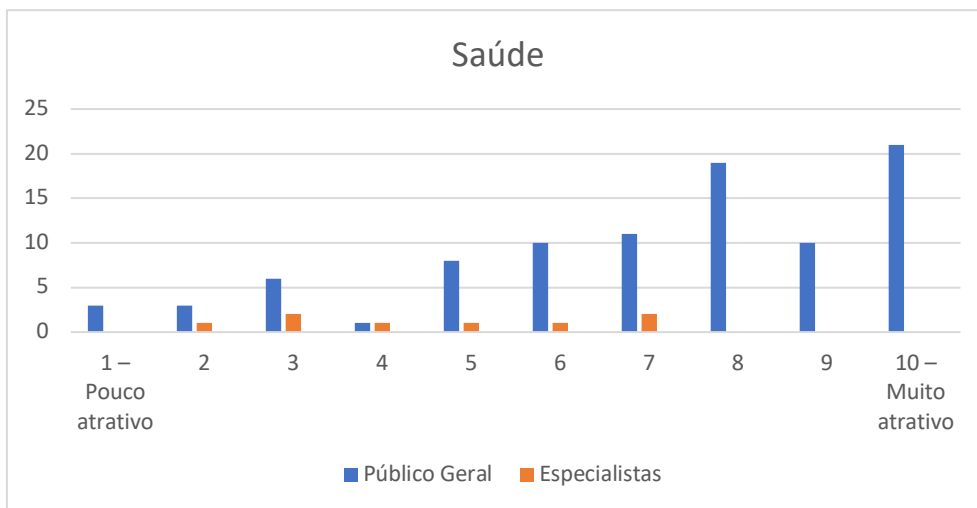
Transportes

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	5	5	0	0
2	2	2	2	25
3	5	5	0	0
4	3	3	2	25
5	10	11	0	0
6	8	9	1	13
7	10	11	3	38
8	19	21	0	0
9	12	13	0	0
10 - Muito atrativo	18	20	0	0



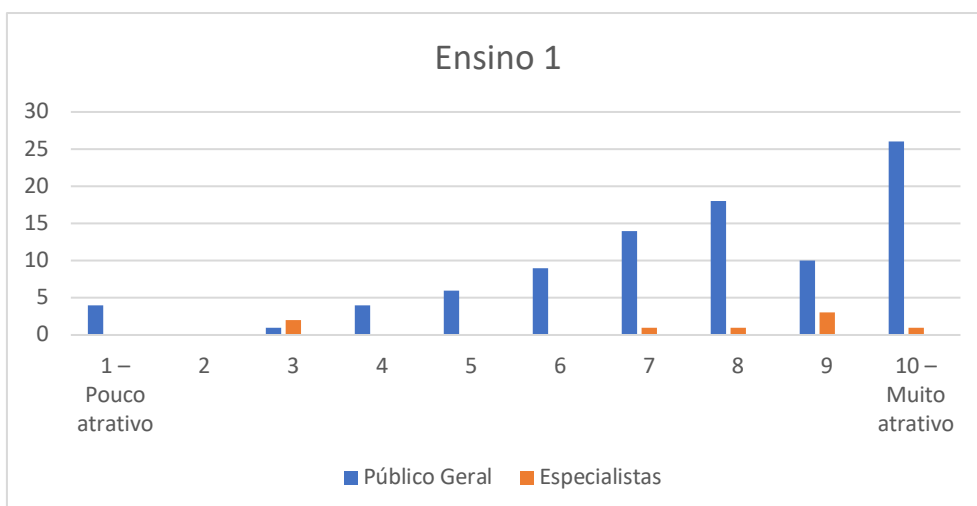
Saúde

Grau de Atração	Público em geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	3	3	0	0
2	3	3	1	13
3	6	7	2	25
4	1	1	1	13
5	8	9	1	13
6	10	11	1	13
7	11	12	2	25
8	19	21	0	0
9	10	11	0	0
10 - Muito atrativo	21	23	0	0



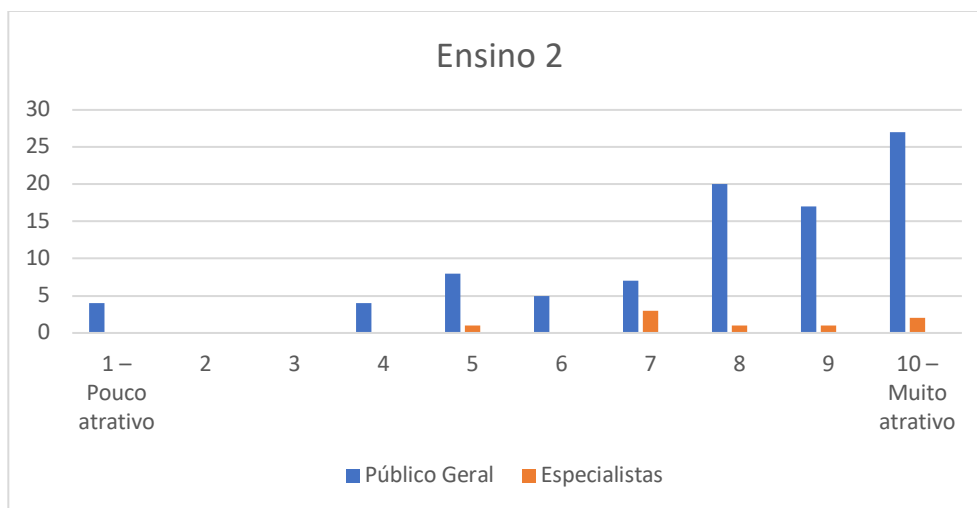
Ensino 1

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	0	0	0	0
3	1	1	2	0
4	4	4	0	25
5	6	7	0	0
6	9	10	0	0
7	14	15	1	13
8	18	20	1	13
9	10	11	3	38
10 - Muito atrativo	26	28	1	13



Ensino 2

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	4	4	0	0
5	8	9	1	13
6	5	5	0	0
7	7	8	3	38
8	20	22	1	13
9	17	18	1	13
10 - Muito atrativo	27	29	2	25



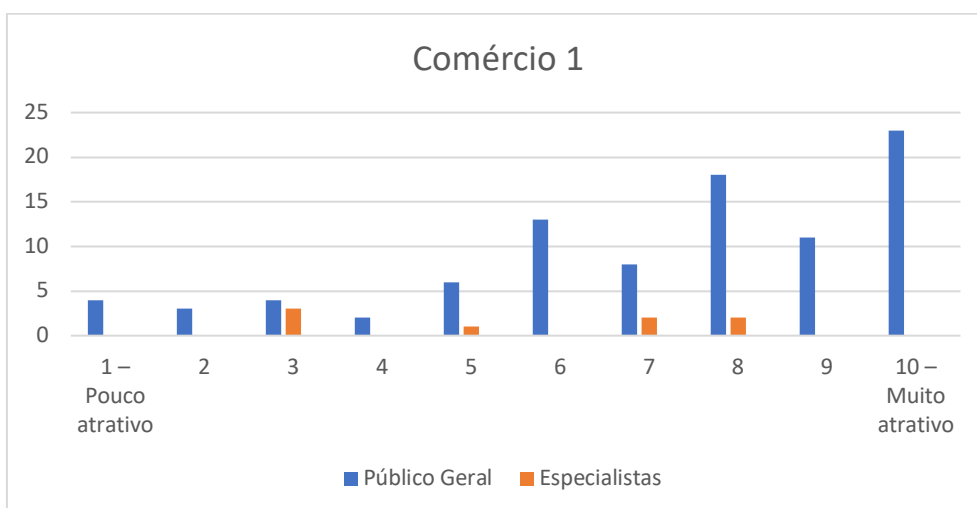
Serviços Públicos

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	5	5	0	0
2	2	2	1	13
3	6	7	1	13
4	4	4	1	13
5	8	9	3	38
6	9	10	0	0
7	12	13	0	0
8	17	18	2	25
9	11	12	0	0
10 - Muito atrativo	18	20	0	0



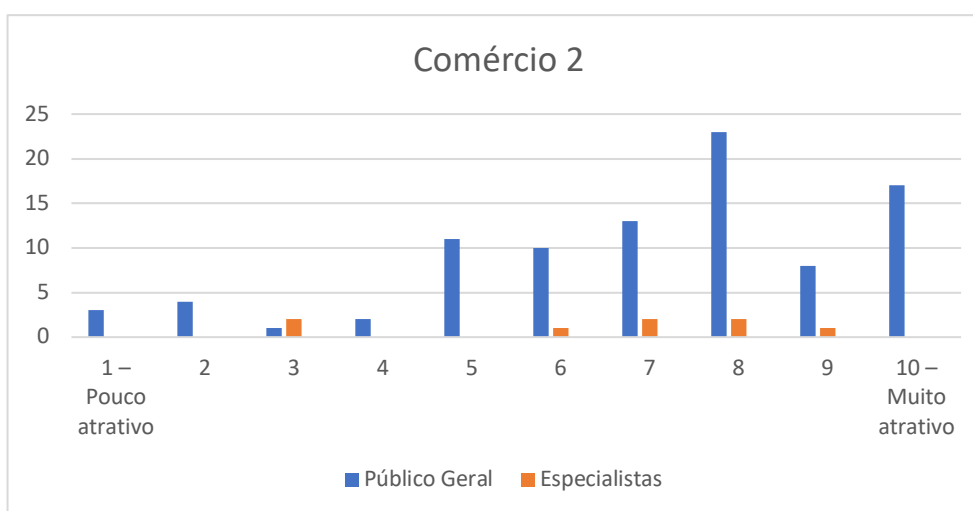
Comércio 1

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	3	3	0	0
3	4	4	3	38
4	2	2	0	0
5	6	7	1	13
6	13	14	0	0
7	8	9	2	25
8	18	20	2	25
9	11	12	0	0
10 - Muito atrativo	23	25	0	0



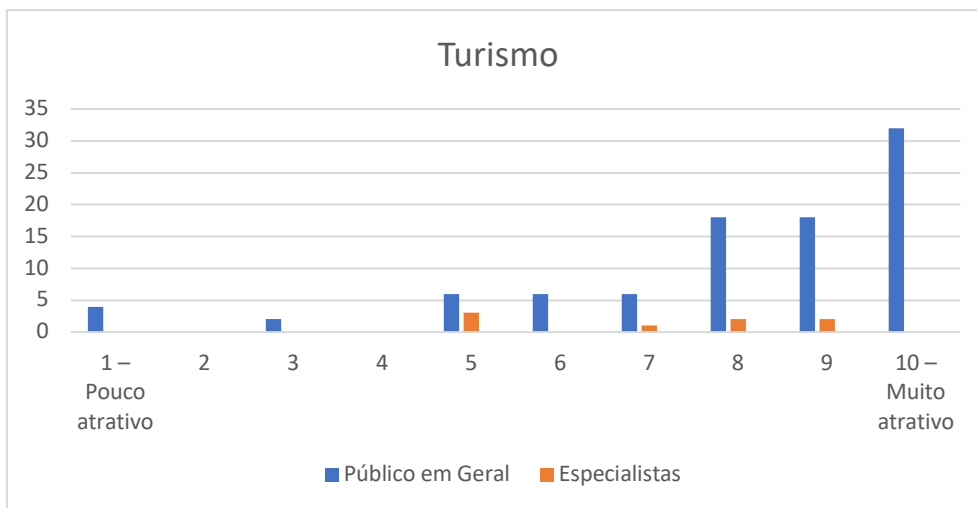
Comércio 2

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	3	3	0	0
2	4	4	0	0
3	1	1	2	25
4	2	2	0	0
5	11	12	0	0
6	10	11	1	13
7	13	14	2	25
8	23	25	2	25
9	8	9	1	13
10 - Muito atrativo	17	18	0	0



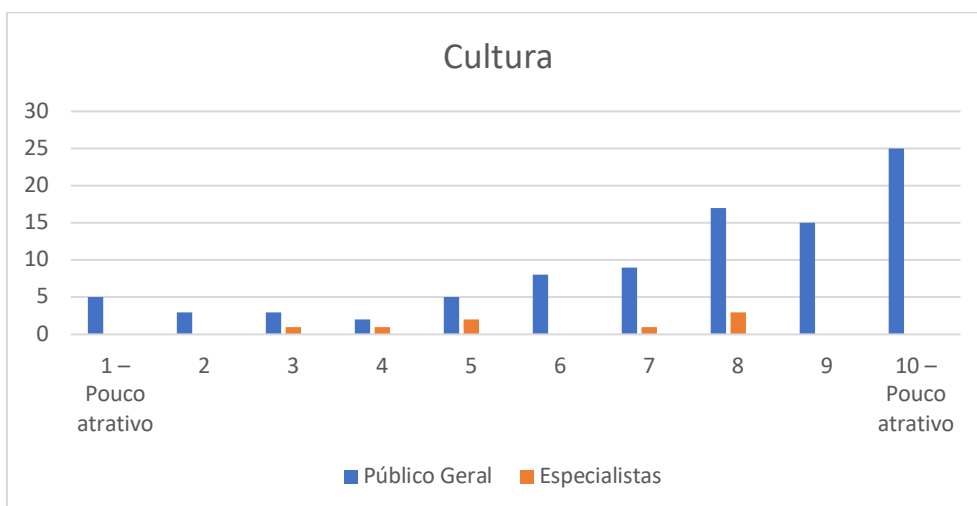
Turismo

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	0	0	0	0
3	2	2	0	0
4	0	0	0	0
5	6	7	3	38
6	6	7	0	0
7	6	7	1	13
8	18	20	2	25
9	18	20	2	25
10 - Muito atrativo	32	35	0	0



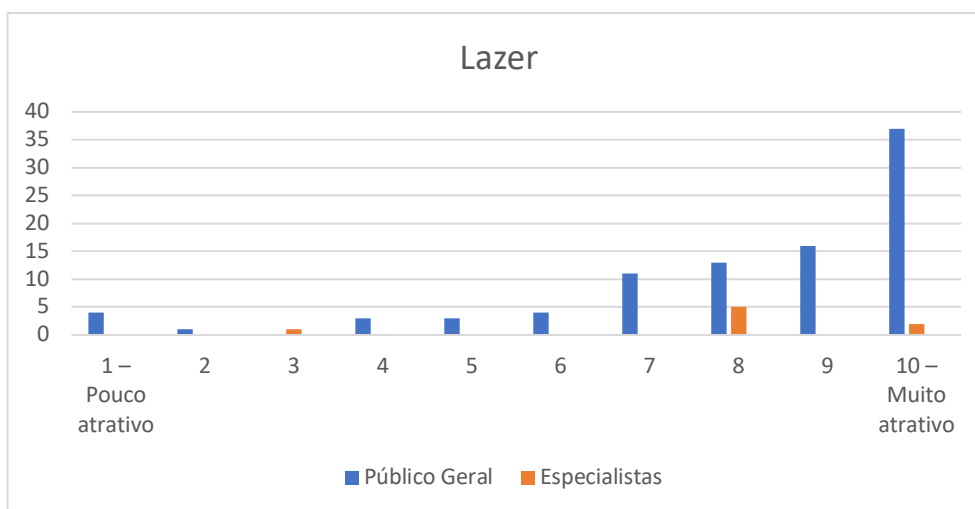
Cultura

Grau de Atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	5	5	0	0
2	3	3	0	0
3	3	3	1	13
4	2	2	1	13
5	5	5	2	25
6	8	9	0	0
7	9	10	1	13
8	17	18	3	38
9	15	16	0	0
10 - Pouco atrativo	25	27	0	0



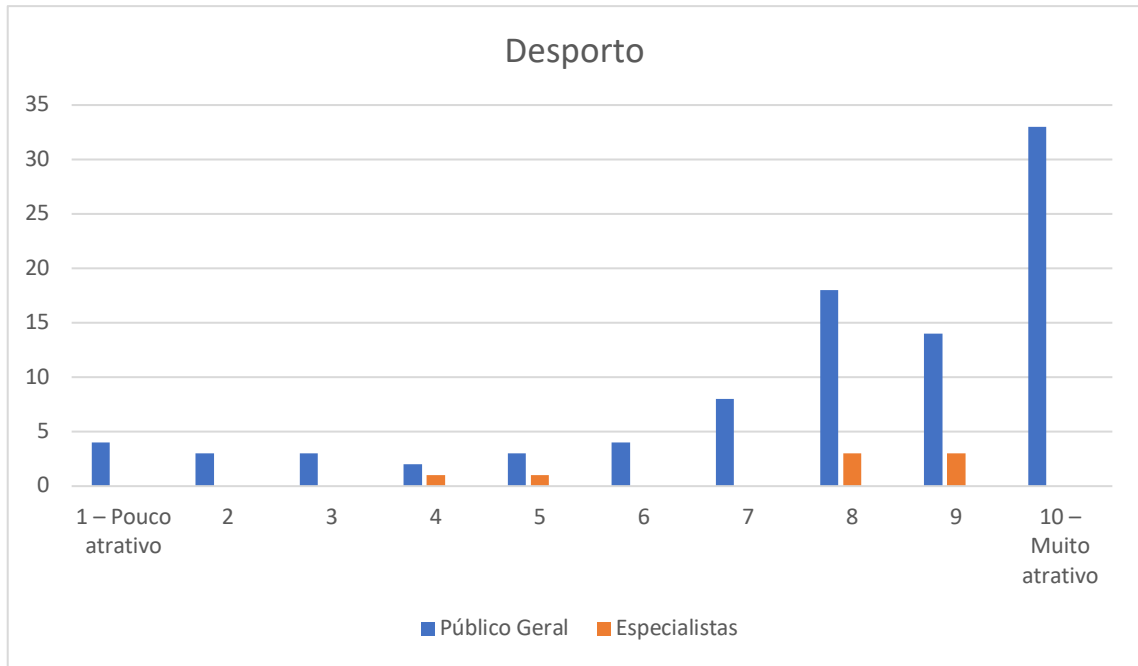
Lazer

Grau de atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	1	1	0	0
3	0	0	1	13
4	3	3	0	0
5	3	3	0	0
6	4	4	0	0
7	11	12	0	0
8	13	14	5	63
9	16	17	0	0
10 - Muito atrativo	37	40	2	25

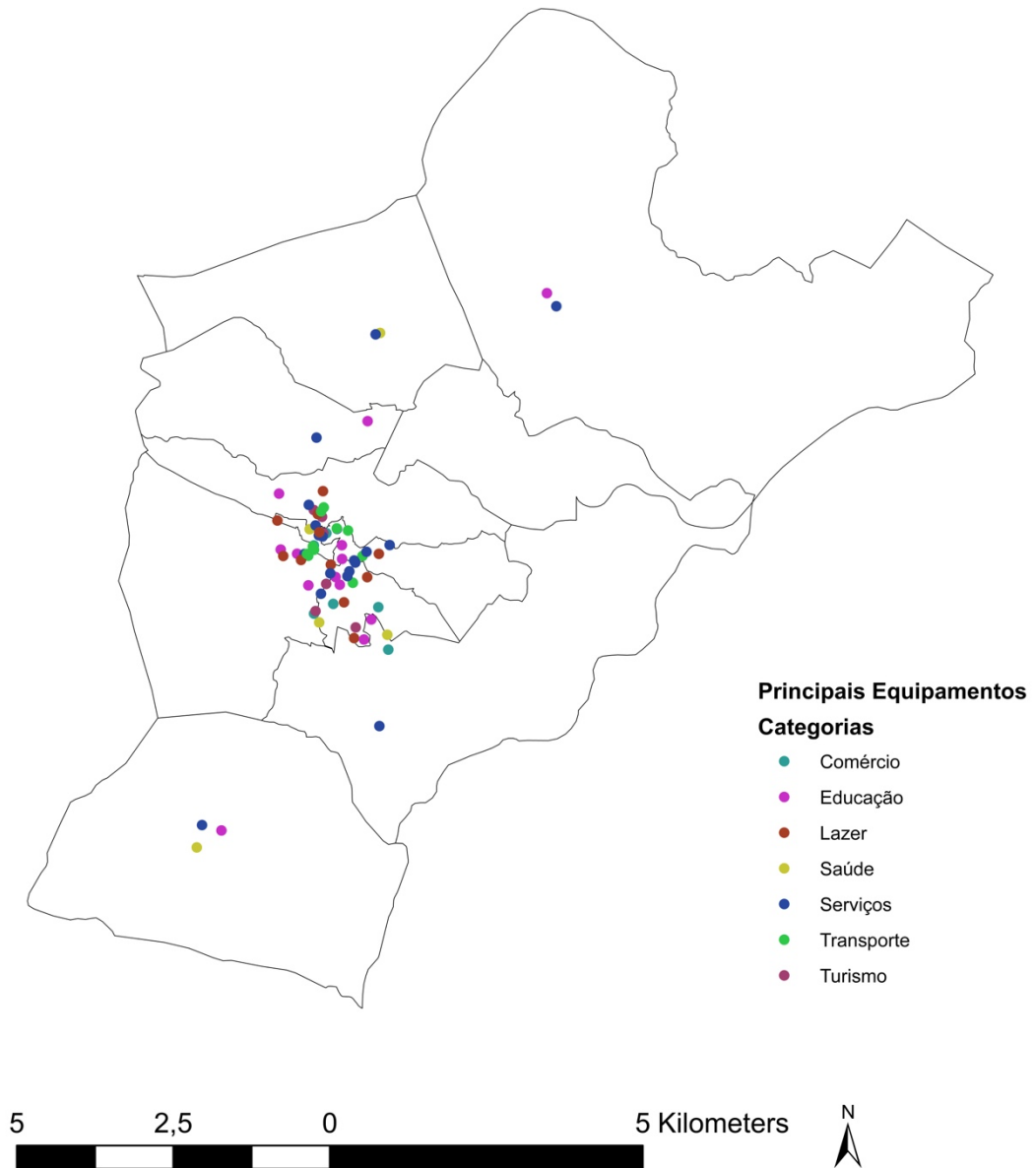


Desporto

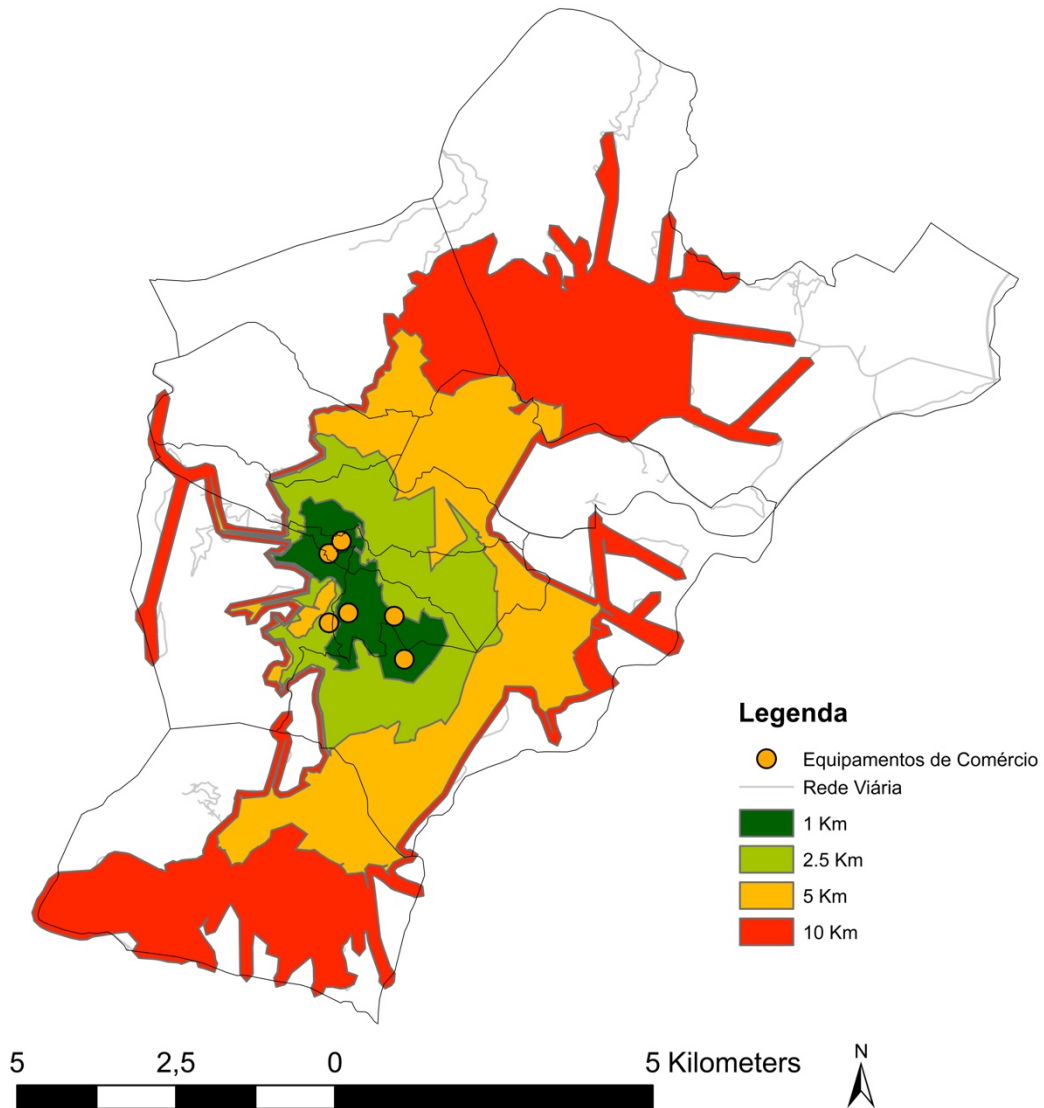
Grau de atração	Público em Geral	%	Especialistas	%
1 - Pouco atrativo	4	4	0	0
2	3	3	0	0
3	3	3	0	0
4	2	2	1	13
5	3	3	1	13
6	4	4	0	0
7	8	9	0	0
8	18	20	3	38
9	14	15	3	38
10 - Muito atrativo	33	36	0	0



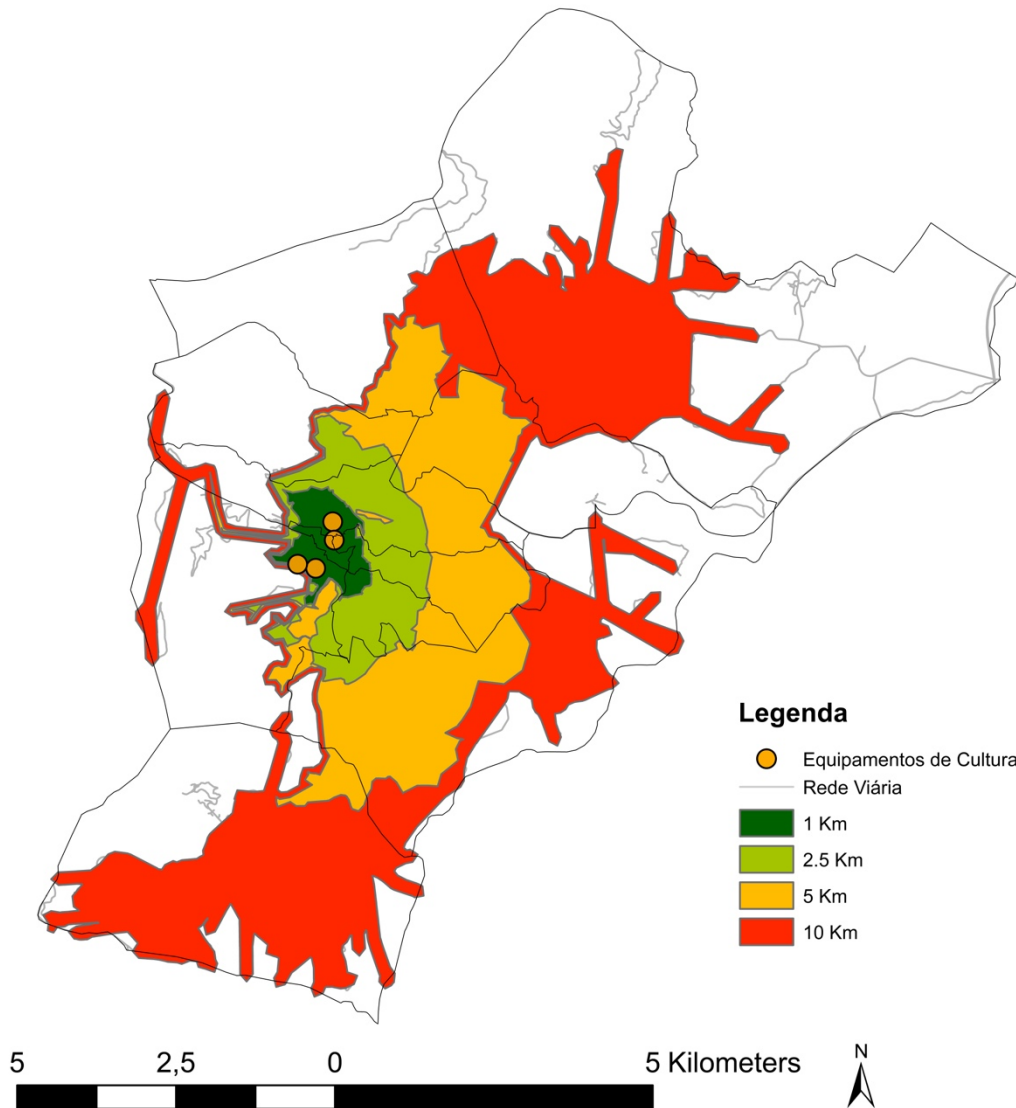
A4 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Categorias)



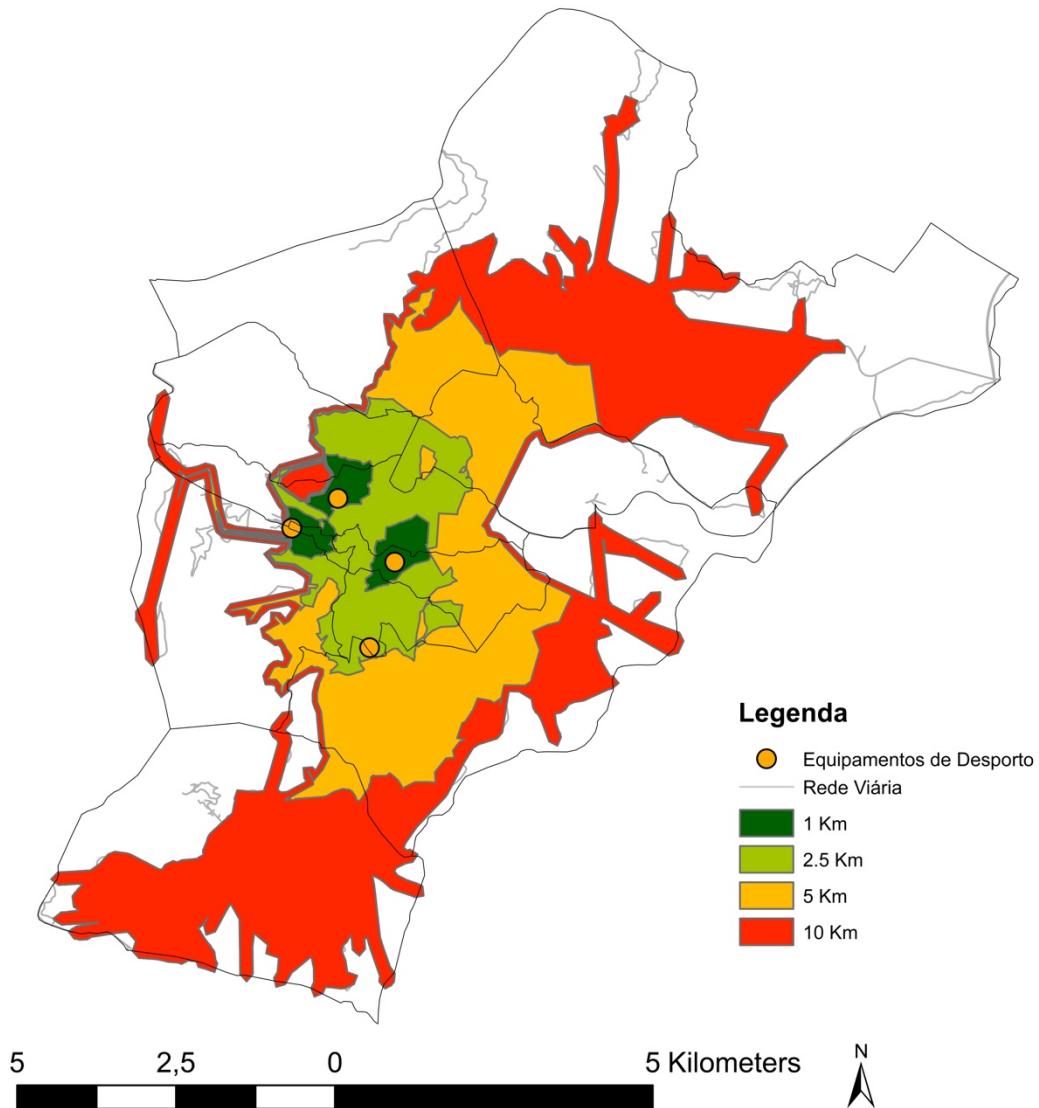
A5 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Comércio)



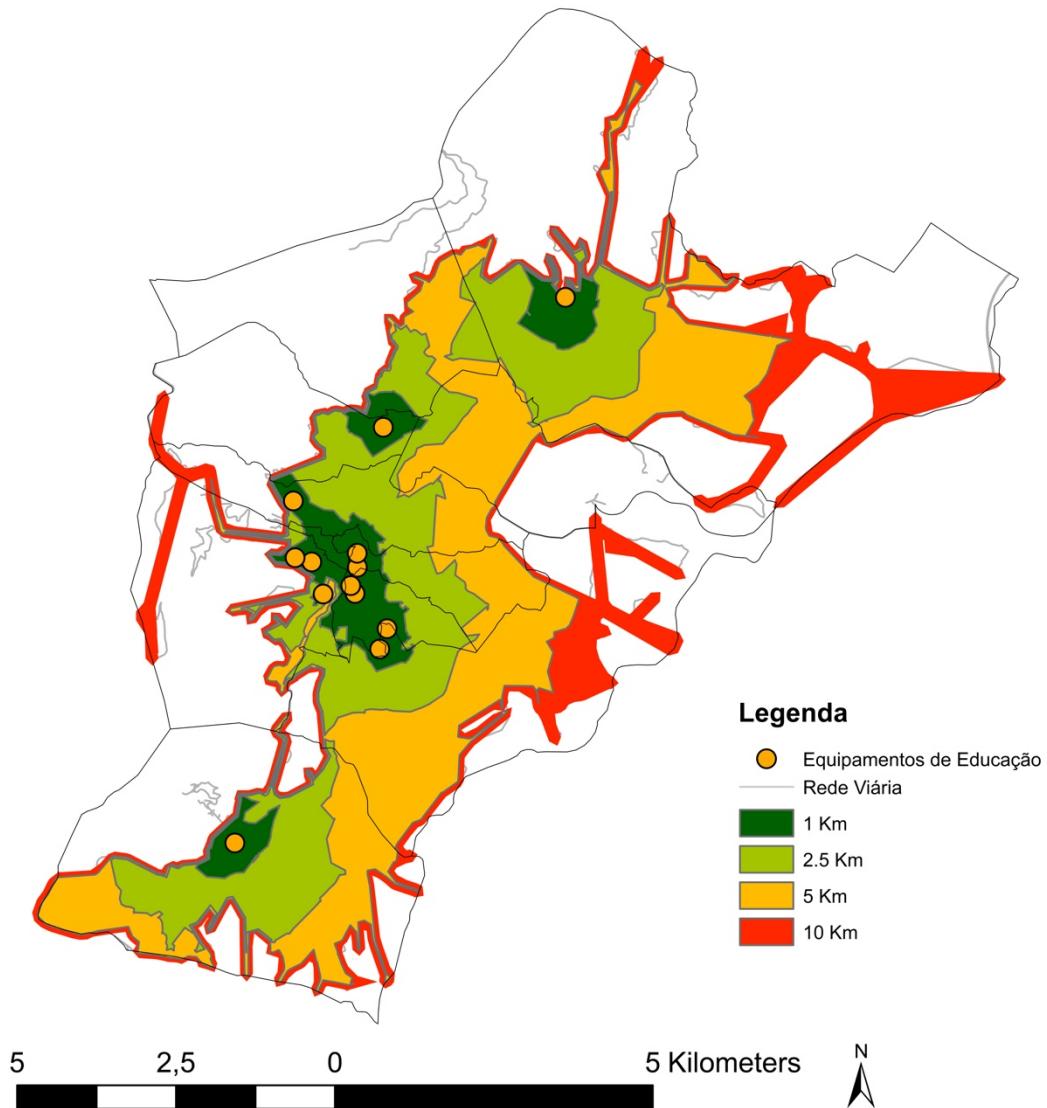
A6 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Cultura)



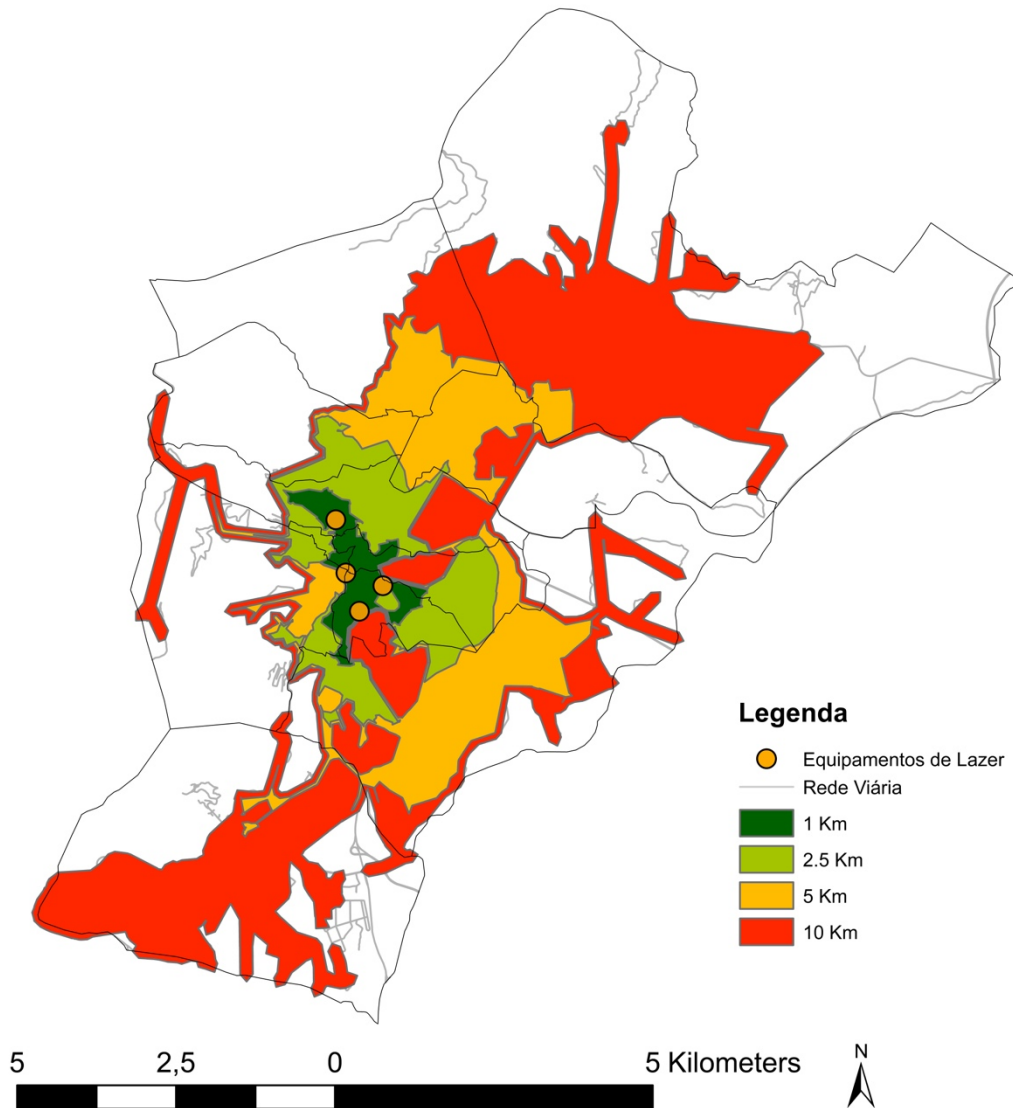
A7 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Desporto)



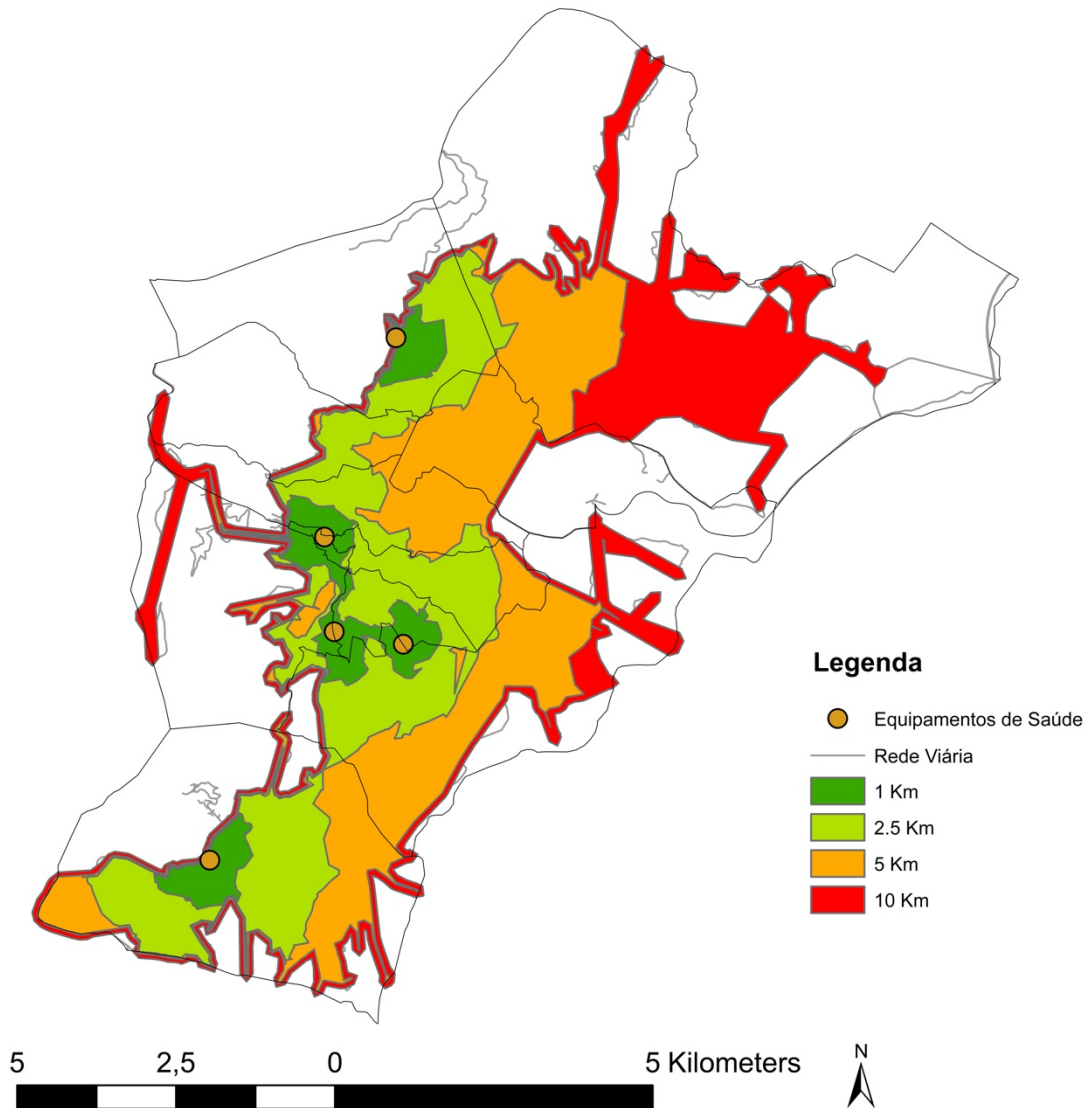
A8 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Educação)



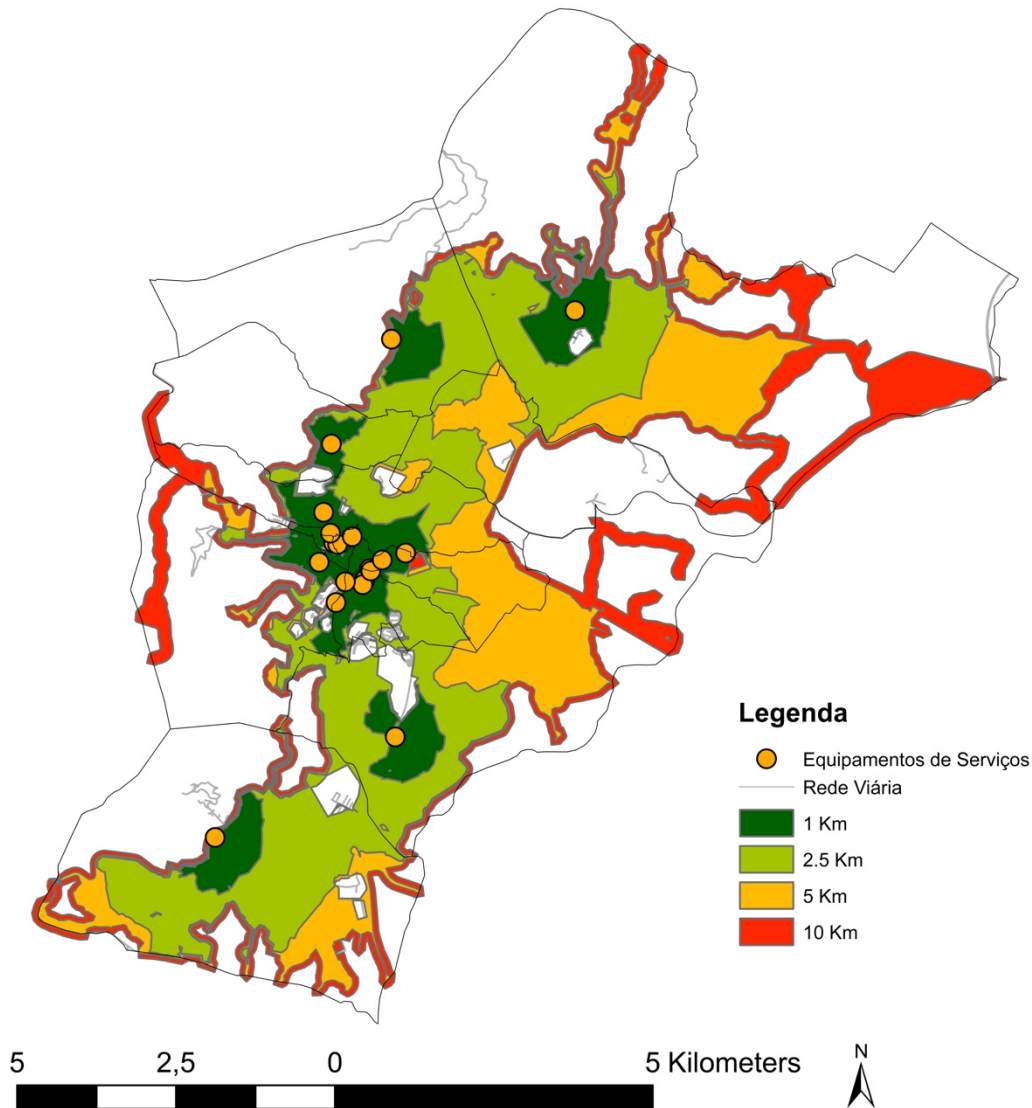
A9 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Lazer)



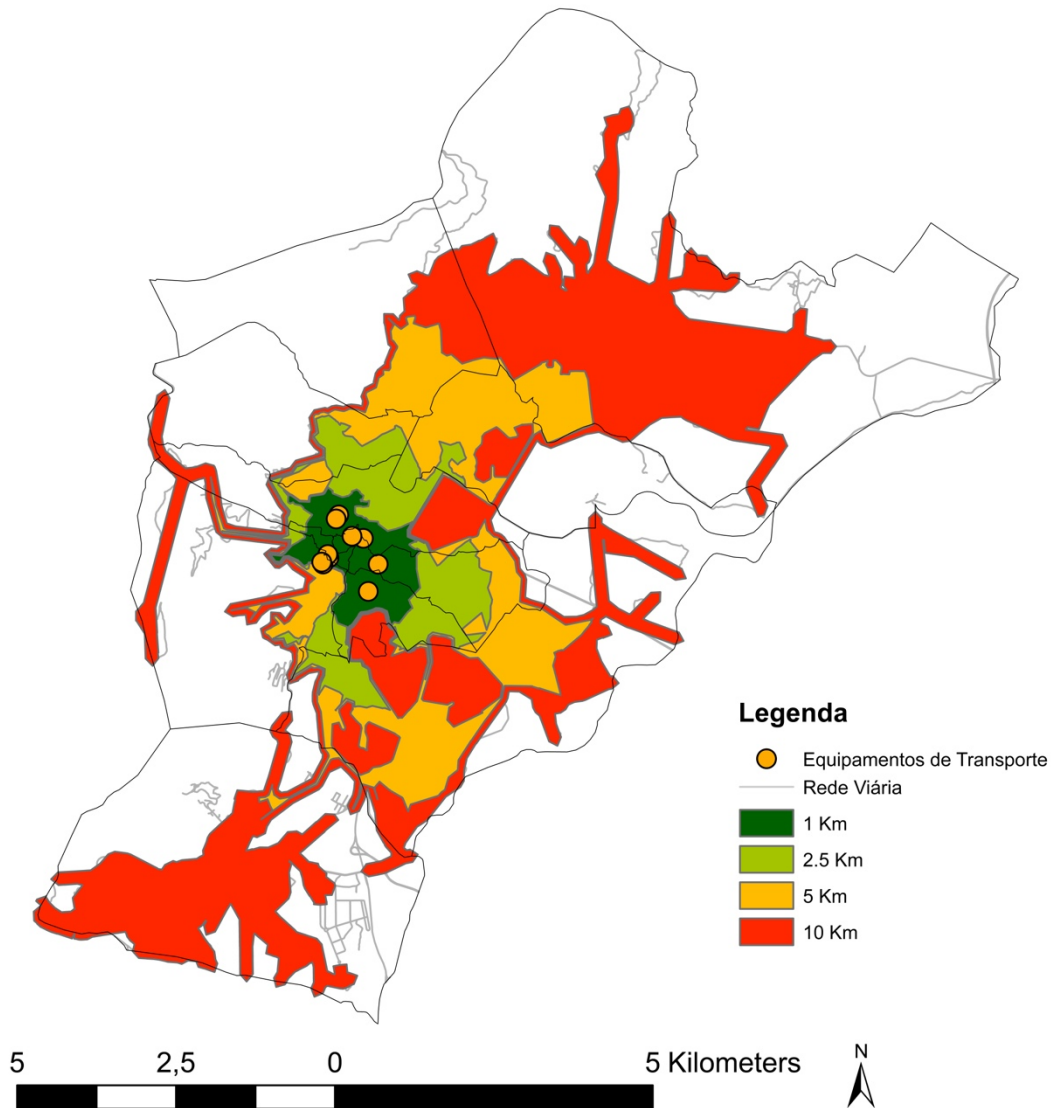
A10 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Saúde)



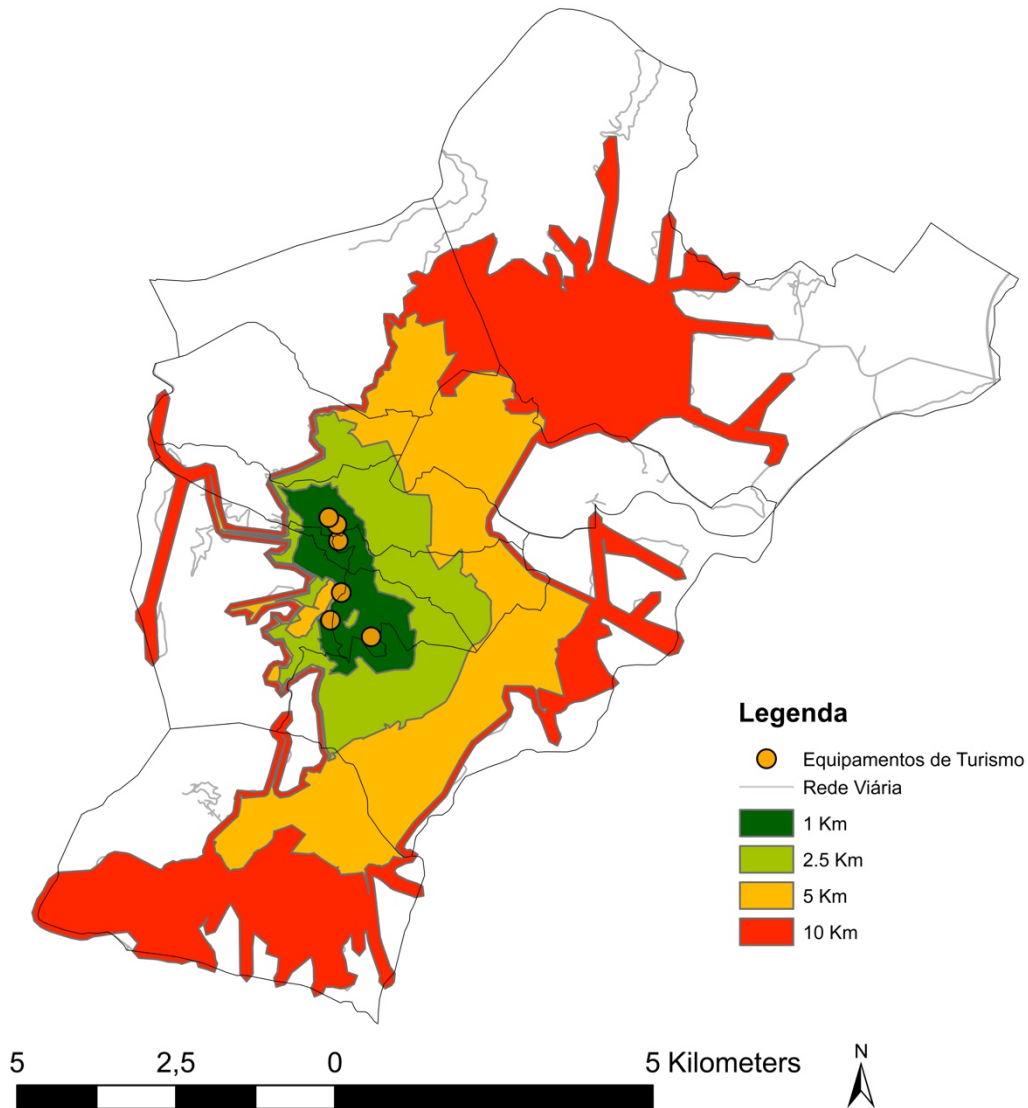
A11 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Serviços)



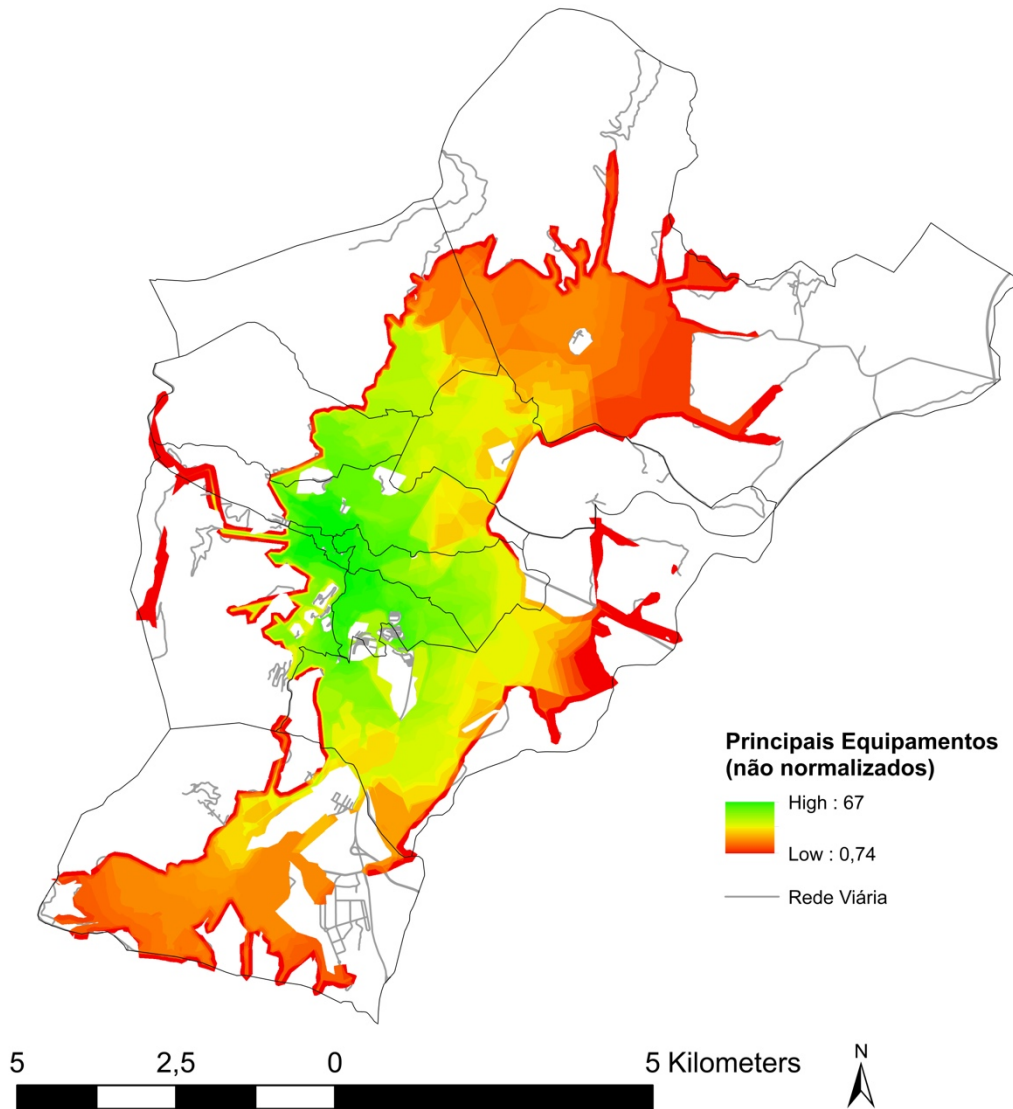
A12 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Transporte)



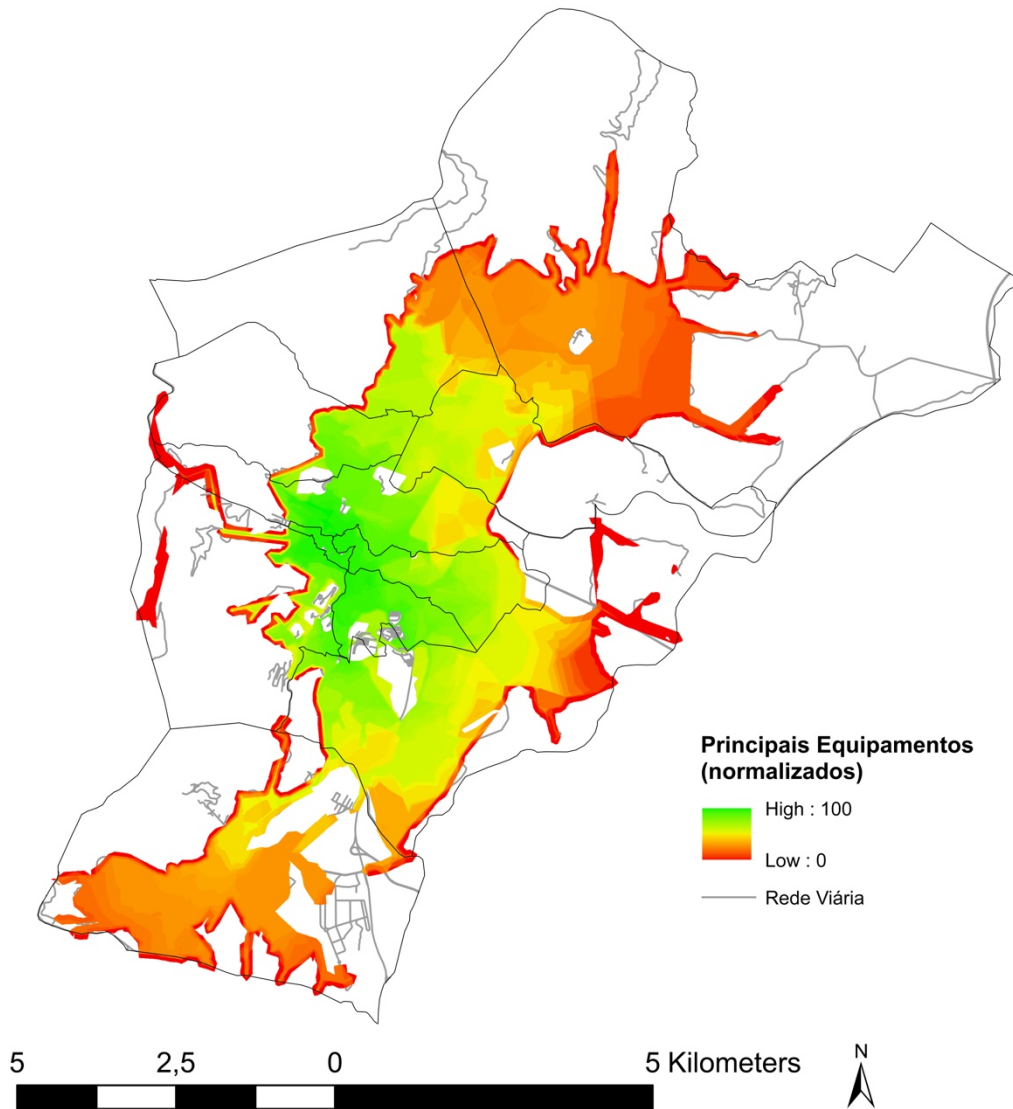
A13 Carta temática: Principais equipamentos do Concelho da Covilhã (Turismo)



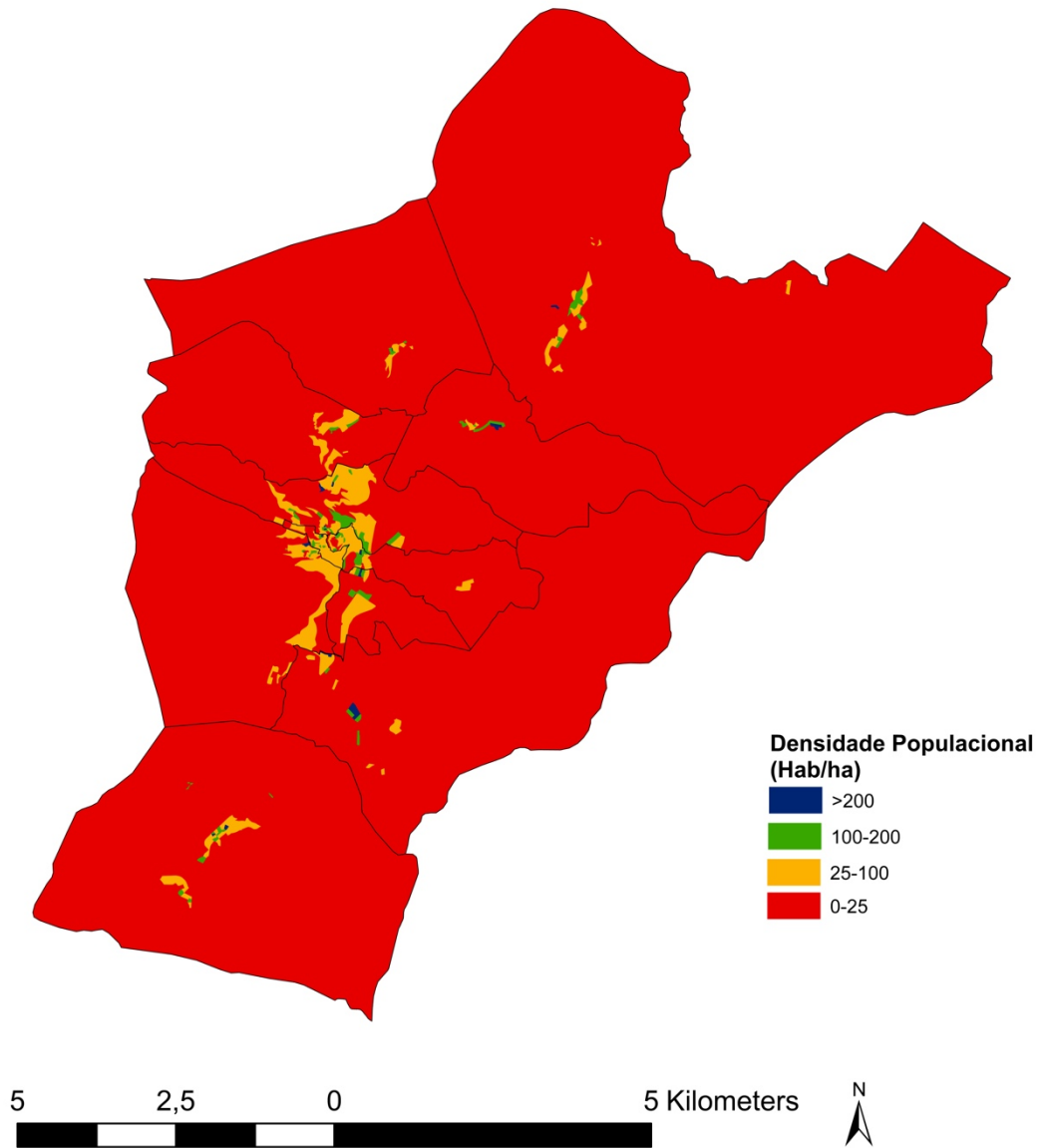
A14 Carta temática: Principais equipamentos de Polos Geradores (Critério 1)



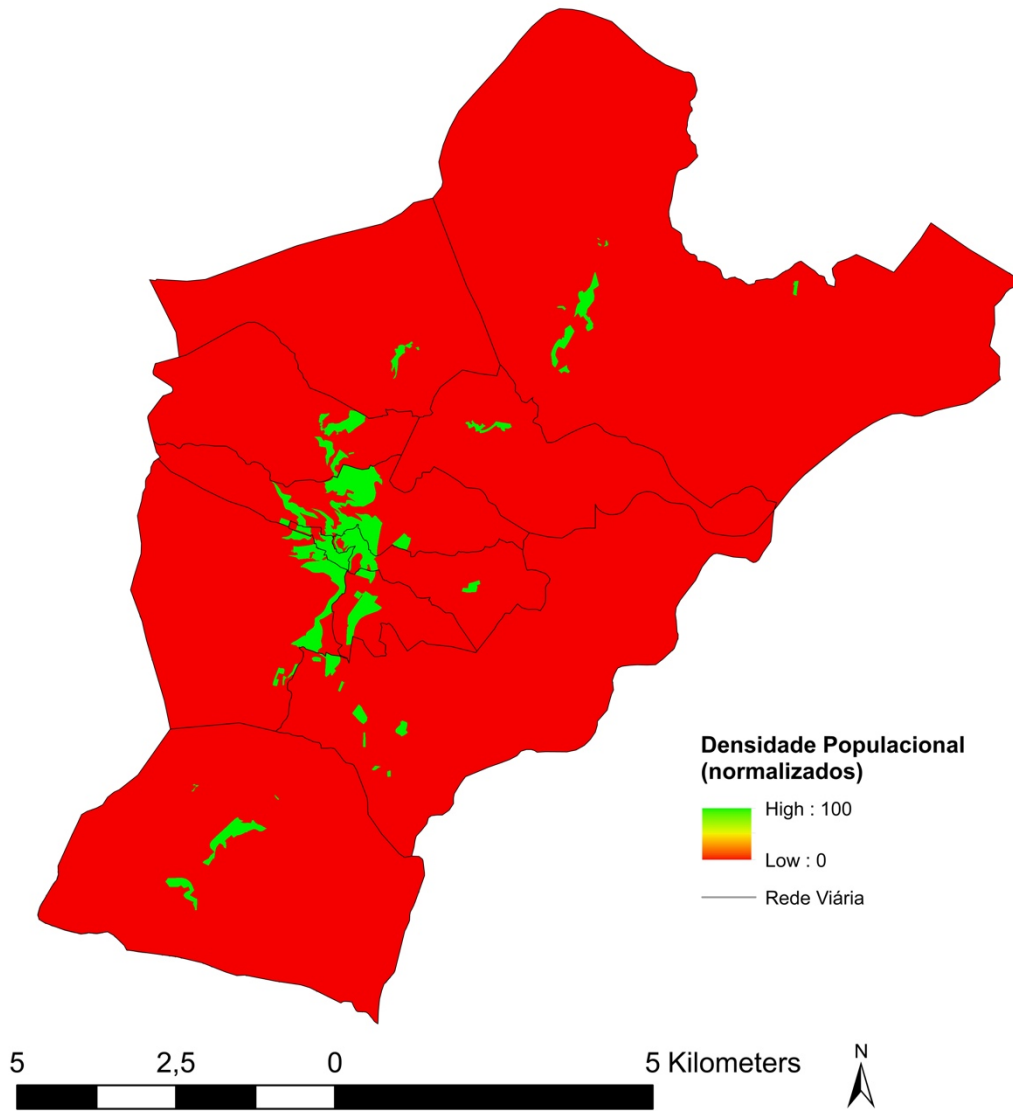
A15 Carta temática: Principais equipamentos de Polos Geradores (Normalização)



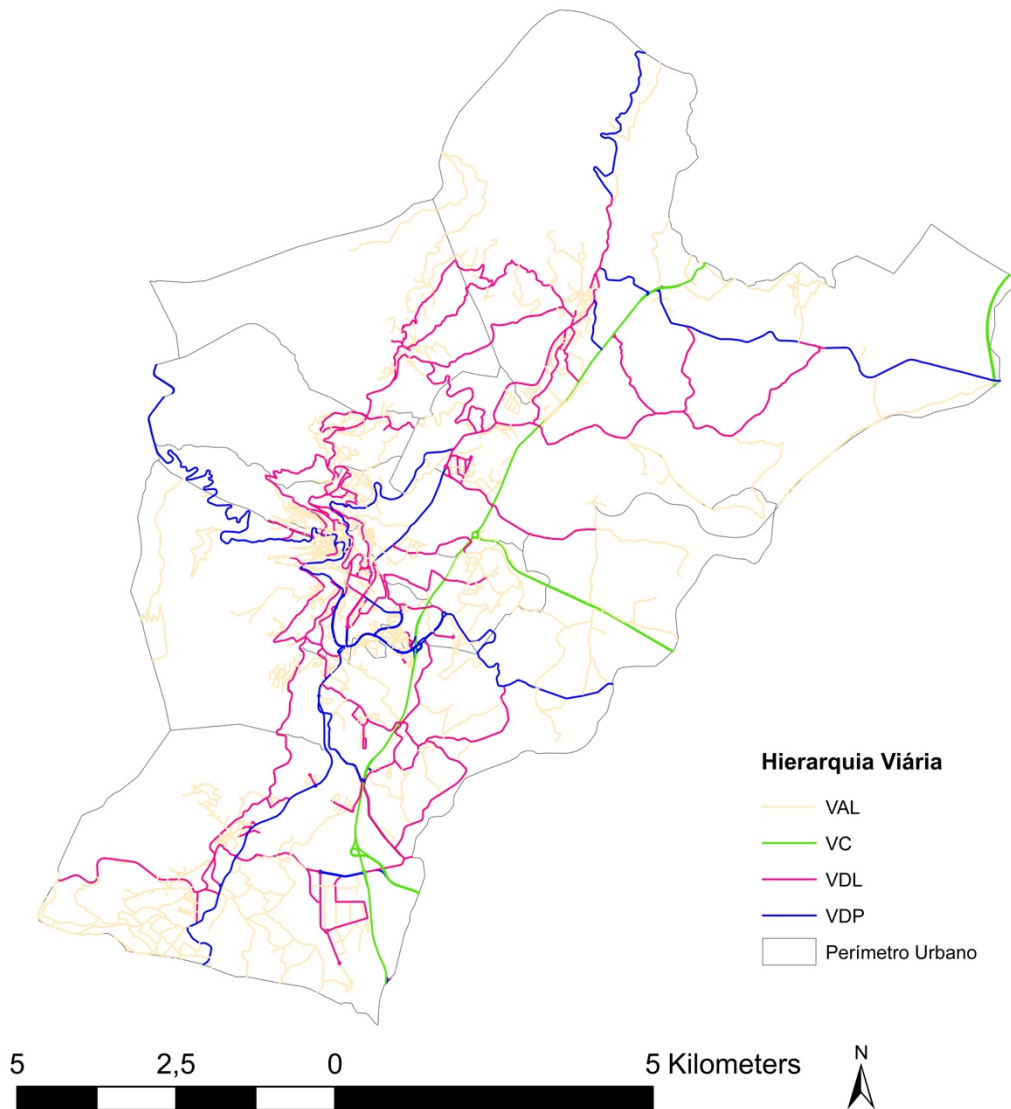
A16 Carta temática: Densidade Populacional (Critério 2)



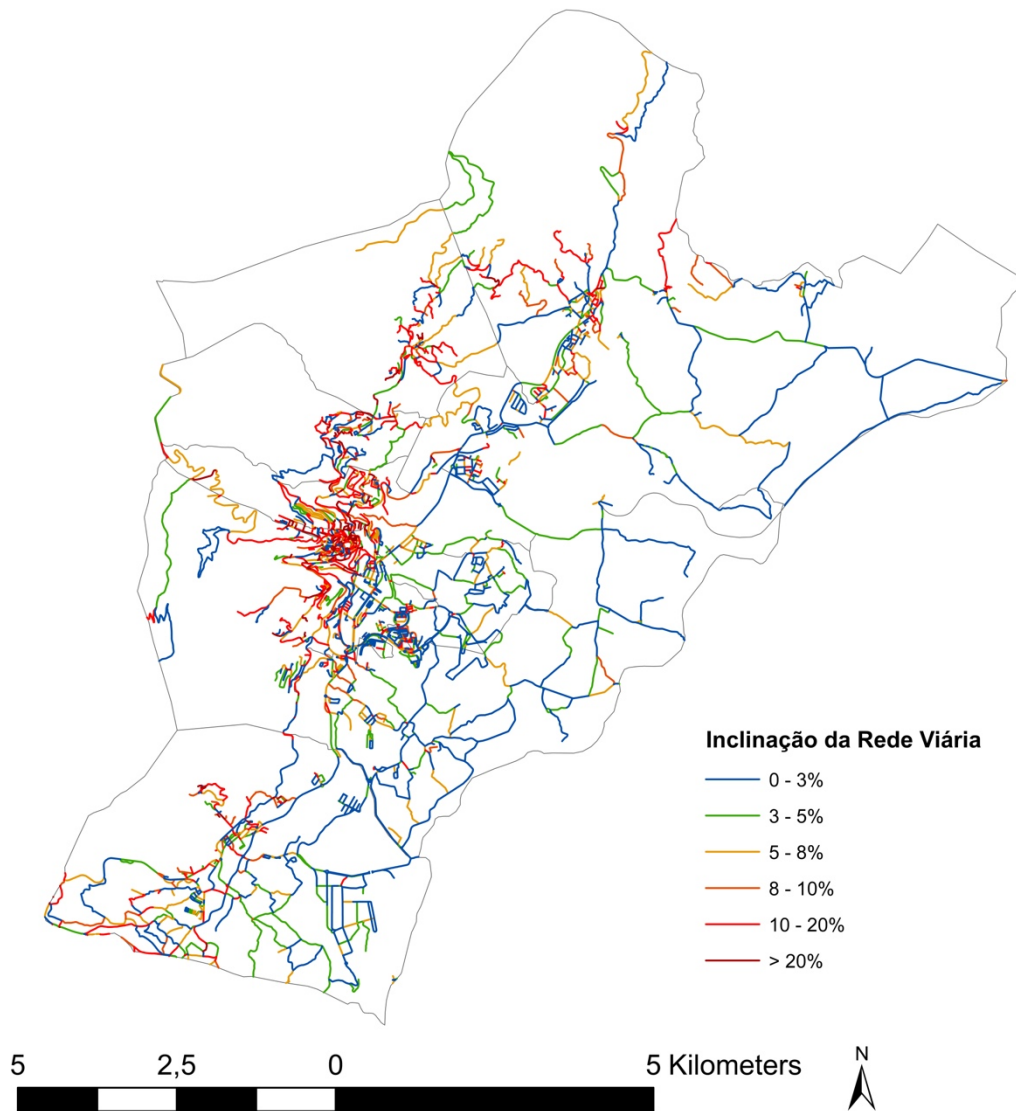
A17 Carta temática: Densidade Populacional (Normalização)



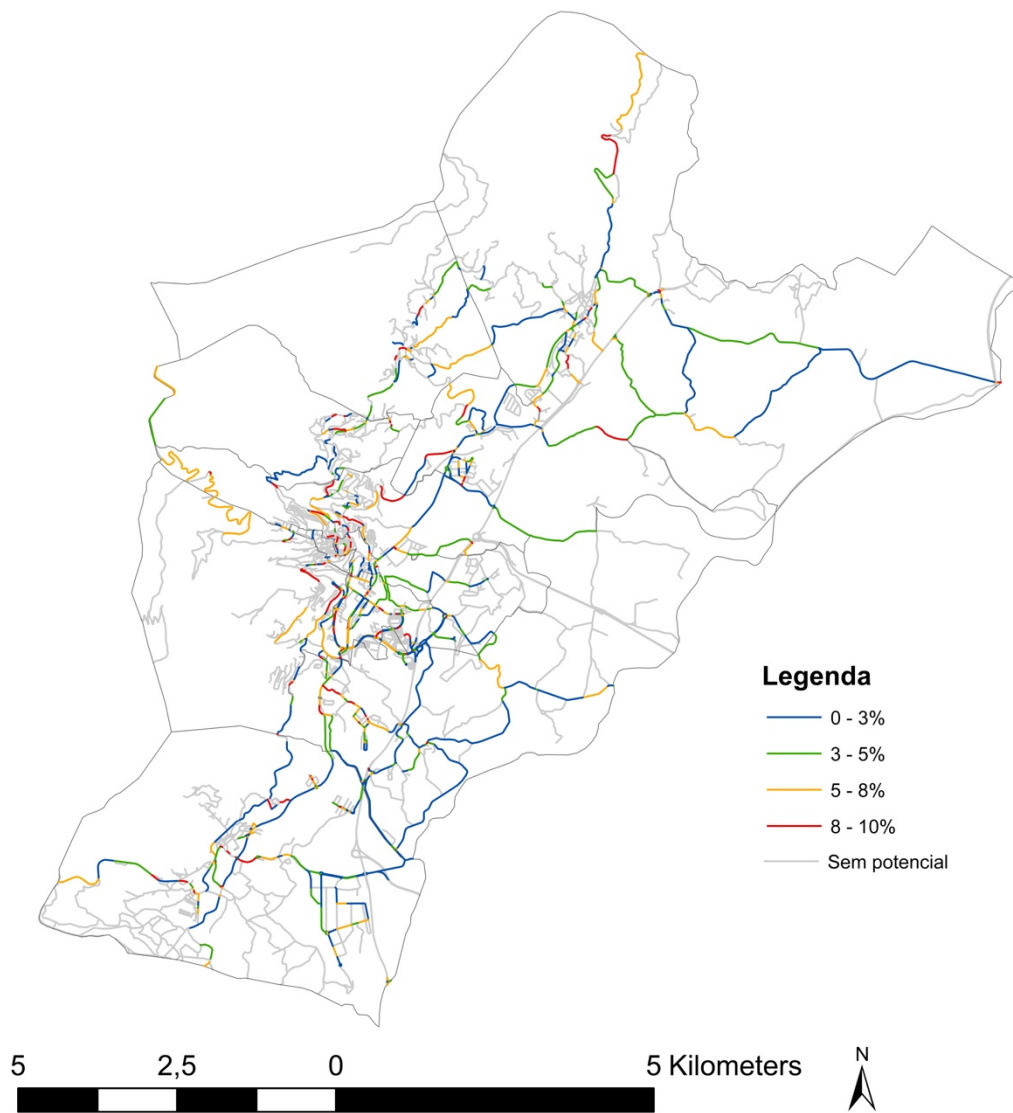
A18 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Hierarquia das vias)



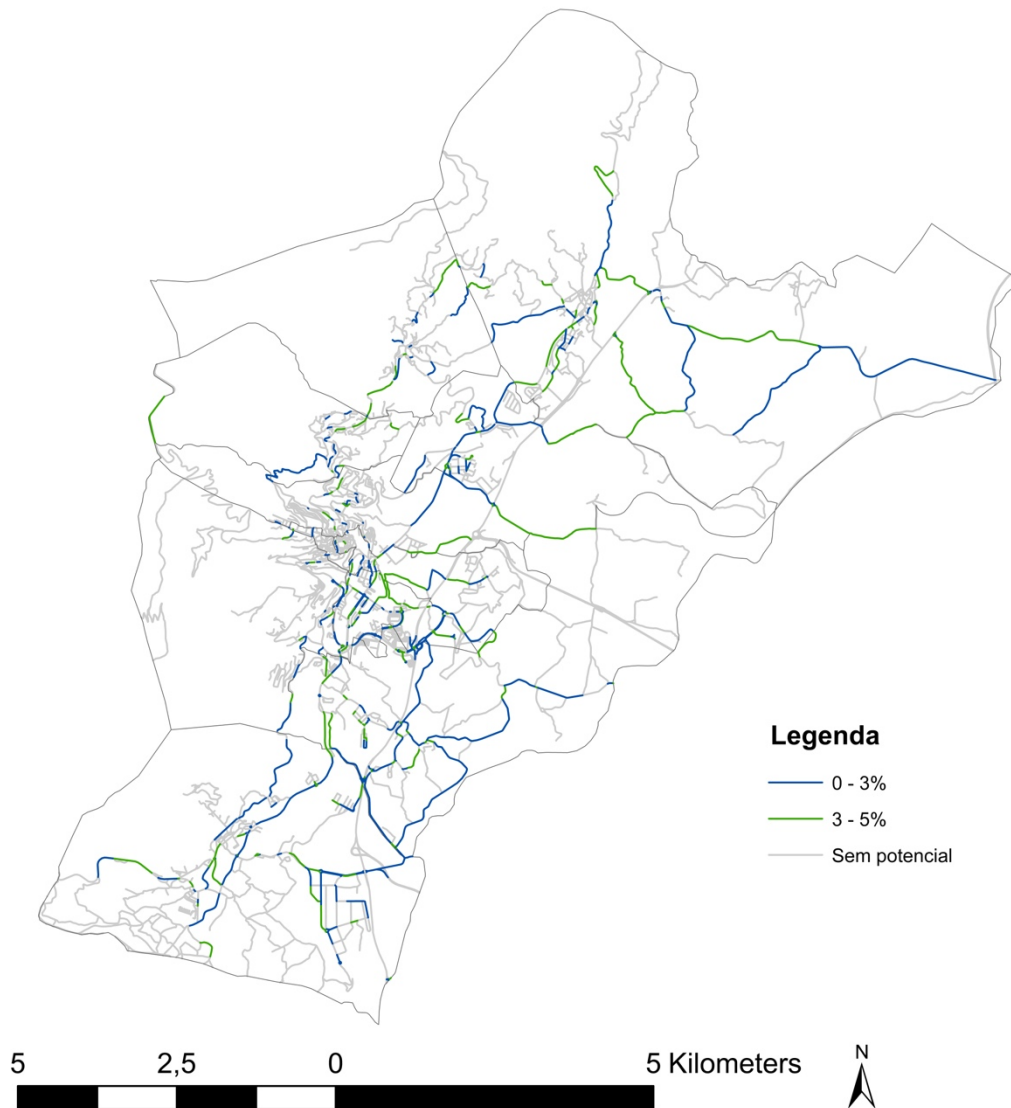
A19 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Inclinação das vias)



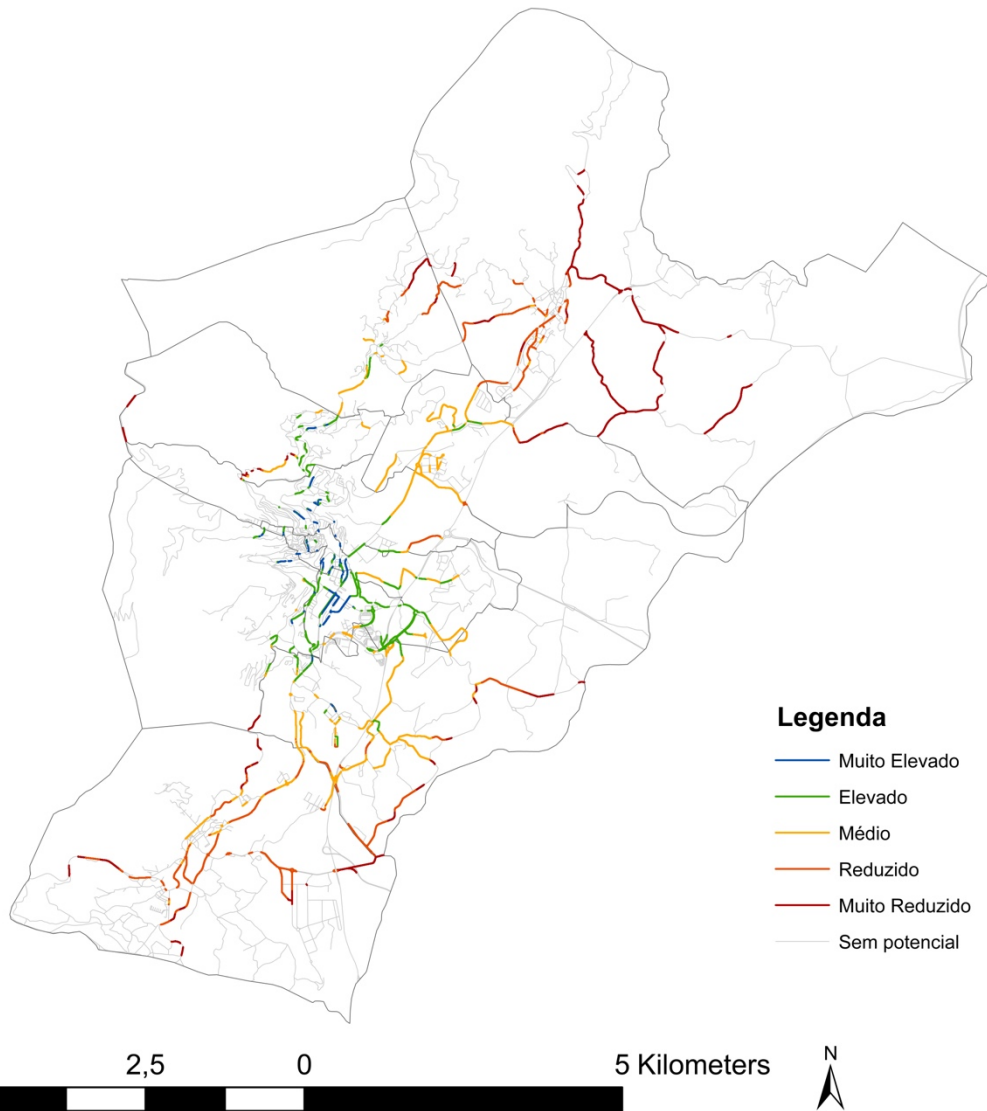
A20 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Bicicleta Elétrica)



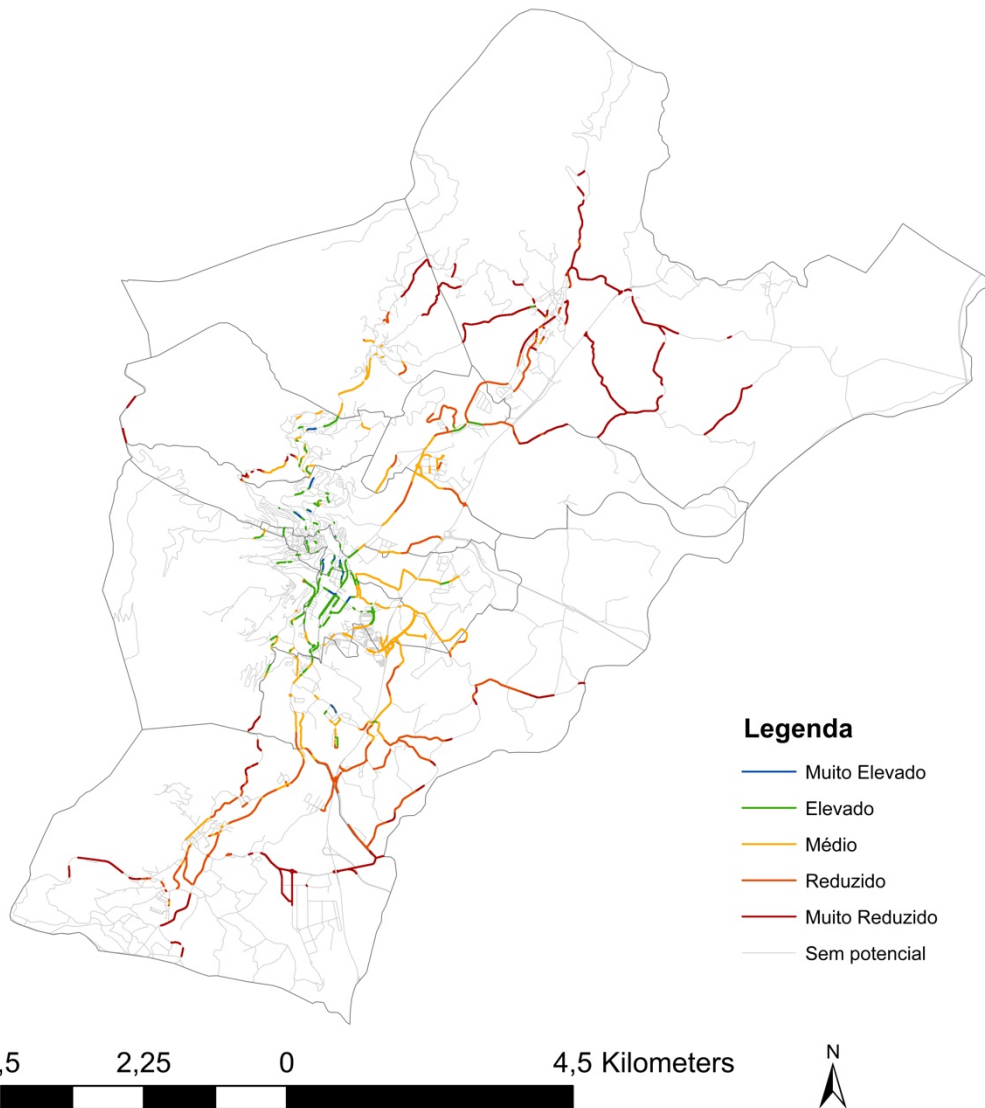
A21 Carta temática: Rede Viária do Perímetro Urbano do Concelho da Covilhã (Bicicleta Tradicional)



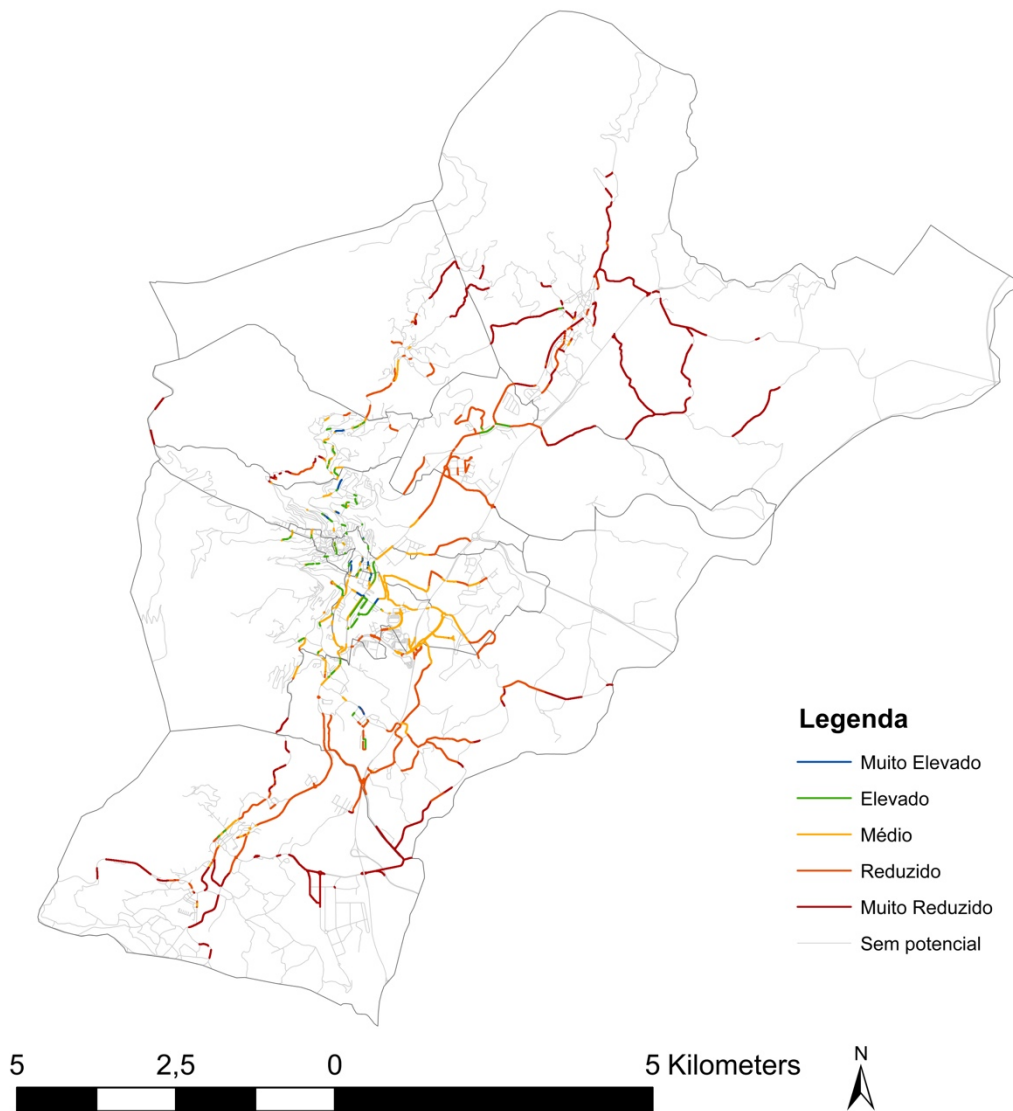
A22 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (70% PG - 30% DP)



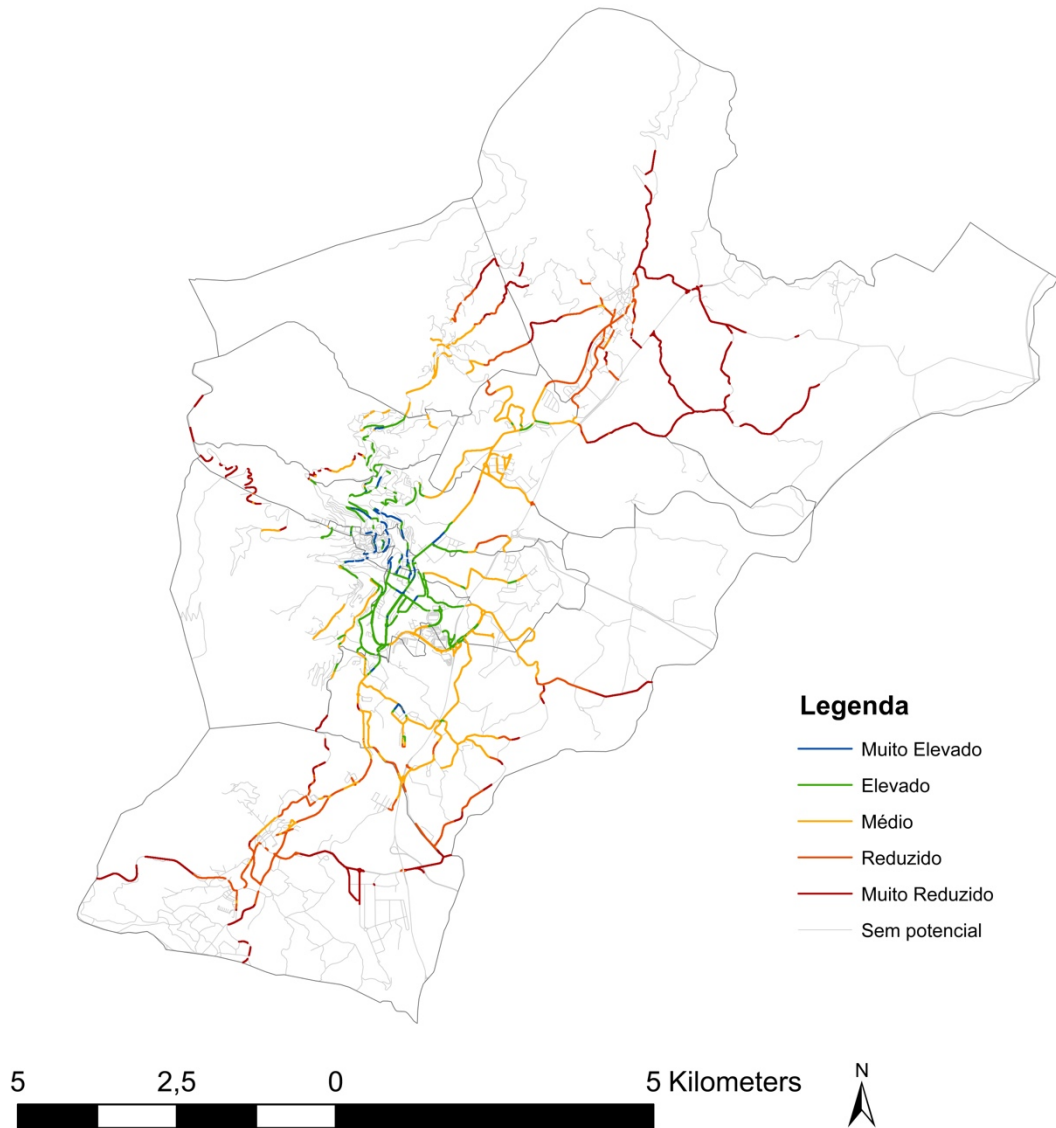
A23 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (60% PG - 40% DP)



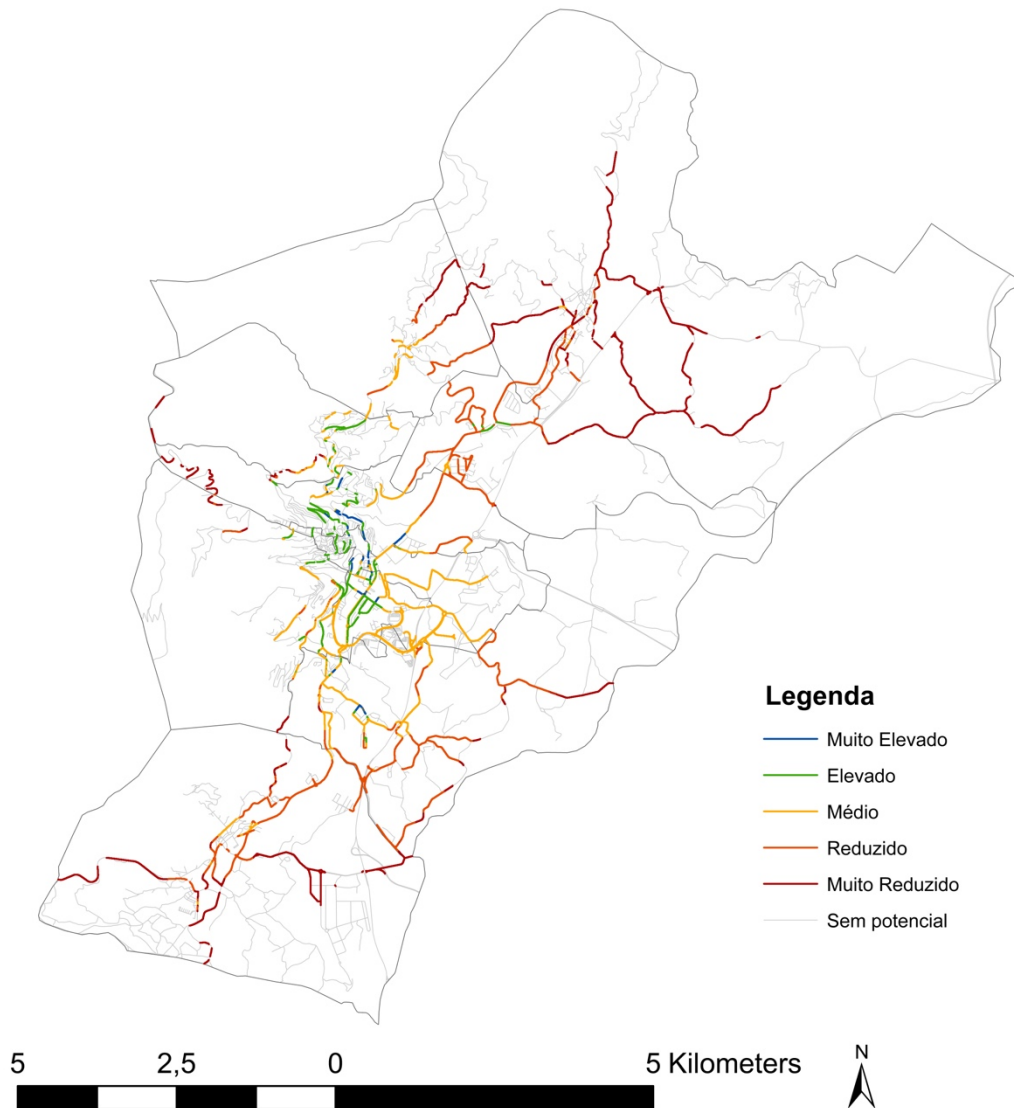
A24 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Tradicional (50% PG - 50% DP)



A25 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (70% PG - 30% DP)



A26 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (60% PG - 40% DP)



A27 Carta temática: Potencial Ciclável da Rede Viária para Bicicleta Elétrica (50% PG - 50% DP)

