FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Eugénia Correia Mendes

2º Ciclo de Estudos em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território

Complementaridade e competitividade da bicicleta face aos transportes públicos, ao automóvel individual e ao modo pedonal
Caso de Estudo: Almendra Central, Madrid

2014

Orientador: Professora Doutora Teresa Sá Marques
Coorientador: Professor Doutor Javier Gutiérrez Puebla

Classificação: Ciclo de Estudos:
Dissertação/relatório/Projeto/IPP:

Versão definitiva

O presente relatório de estágio foi realizado ao abrigo do Programa ERASMUS, sob a forma de estágio profissional, no Departamento de Investigação de Geografia Humana, da Facultad de Geografía e História da Universidad Complutense de Madrid.

AGRADECIMENTOS

No final desta etapa não poderia deixar de mencionar e agradecer os contributos deixados por parte de algumas pessoas e instituições, que foram essenciais para a concretização do presente relatório de estágio.

À minha orientadora, Professora Doutora Teresa Sá Marques, pela orientação, contribuição e disponibilidade, pela ajuda prestada no decurso da execução do meu relatório de estágio, revisão, reestruturação, rigor científico, e partilha de conhecimentos que contribuíram para a realização do presente relatório.

Ao Professor Doutor e coorientador, Javier Gutiérrez Puebla e ao Professor Doutor Juan Carlos García Palomares, pelo acolhimento da minha proposta de estágio, permanente orientação, contributos e disponibilidade, por toda a ajuda prestada no decorrer do estágio e da validação do mesmo, partilha de conhecimentos, sugestões, revisão e exigência na realização do estágio que me enriqueceram enquanto geógrafa. Agradeço ainda pela cedência de dados, que me possibilitaram a realização das diferentes tarefas do estágio.

Ao grupo de investigação de Transporte, Infraestruturas e Território da Universidad Complutense de Madrid pela partilha de conhecimentos que me proporcionaram uma maior aprendizagem.

À Câmara Municipal do Porto pela cedência de dados para uma possível aplicação do projecto no concelho do Porto.

Aos meus amigos pela companhia, amizade e incentivos durante as diferentes etapas deste relatório de estágio.

Aos professores de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, particularmente à Professora Doutora Laura Soares e ao Professor Doutor Alberto Gomes, que me acompanharam durante o meu percurso académico e foram parte constante da minha aprendizagem e desenvolvimento enquanto geógrafa.

À minha família, particularmente aos meus pais e irmãos, pela compreensão e por todo o apoio e ajuda que me deram ao longo desta jornada, pelos sacrifícios, contínuo incentivo e motivação. Ao João, pelos estímulos e incentivos constantes, dedicação, paciência e compreensão, pela troca de ideias, partilha de conhecimentos e inestimável contributo em todas as fases da realização do presente relatório. A estes dedico este relatório de estágio.

A todos estes e outros que de uma forma direta ou indireta me apoiaram na realização deste relatório de estágio, expresso a minha gratidão.

RESUMO

O presente relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, e visa atingir essencialmente dois objectivos: explicitar a aprendizagem e as tarefas realizadas durante o período de estágio no Departamento de Investigação de Geografia Humana da Facultad de Geografía e História da Universidad Complutense de Madrid, e o desenvolvimento de uma metodologia apoiada em *software* SIG livre, para demonstrar a complementaridade e competitividade da bicicleta face aos transportes públicos, ao automóvel individual e ao modo pedonal.

Sendo um meio de transporte económico, saudável e ambientalmente sustentável, a bicicleta, é vista muitas vezes, como uma boa alternativa para percursos de pequenas distâncias. Considerando a sua integração com os transportes públicos, esta pode desempenhar um papel significativo e servir como um meio de alimentação para toda a rede. A intermodalidade assume deste modo, um papel decisivo na promoção da mobilidade ciclista, ao contribuir para suprir distâncias superiores a 5km e ajudar a superar obstáculos de forma confortável e eficaz. A bicicleta pode ademais, tornar-se uma alternativa plausível para satisfazer as necessidades de deslocações pendulares na cidade, através de uma competição direta com o automóvel para viagens de pequenas distâncias. Vários estudos mostram que, na Europa 30% das deslocações de automóvel percorrem uma distância menor a 3km, e 50% a 5km; logo, a bicicleta, contabilizando o tempo porta a porta, o tempo de estacionamento e o tempo das deslocações a pé, torna-se uma opção mais vantajosa.

Assim sendo, o presente relatório numa primeira fase apresenta as vantagens e os factores que justificam a promoção do uso da bicicleta. Apresentam-se exemplos e medidas a nível europeu e nacional para o fomento deste meio de transporte, em contraste ao crescente uso dos meios motorizados. Abordam-se também as vantagens da utilização da bicicleta na cidade, partilhando o mesmo espaço com os demais meios de transporte, e interagindo com estes, através do exercício de complementaridades com os mesmos. Demonstra-se também a integração deste meio de transporte sustentável no espaço urbano, e a compatibilidade do mesmo na estrada.

A segunda parte, que tem como caso de estudo a Almendra Central de Madrid, é composta por um enquadramento geográfico e uma breve contextualização sobre o tema na área em análise. Segue-se a aplicação das metodologias utilizadas. Inicialmente

realizou-se uma análise de cobertura à população e emprego, a partir das estações de metro localizadas dentro da Almendra Central, recorrendo à ferramenta *Closest Facilities*. Aqui, tendo em conta as distâncias de 5 e 10 minutos verificaram-se as áreas de cobertura das estações, quer para o modo pedonal quer para a bicicleta, demonstrando a complementaridade que a última exerce no acesso às estações, e os totais de população e de emprego cobertos, tendo em consideração a rede viária ciclista existente, e os dois meios de transporte em estudo. Além disso, foi também avaliada a dimensão da cobertura espacial e a competitividade da bicicleta face à deslocação pedonal. Numa segunda fase, procedeu-se à realização de rotas para obter uma comparação dos tempos de deslocação dos vários meios de transporte em análise (todos os meios de transportes públicos, metro, modo pedonal, bicicleta e carro). Este passo revelou-se essencial para uma melhor compreensão da complementaridade que a bicicleta exerce, demonstrando a competitividade da mesma em viagens de pequenas distâncias, face aos demais meios de transporte. Por fim, procedeu-se à análise estatística dos tempos de viagem para todos os meios de transporte em estudo, comparando a uma escala espacial as freguesias em apreciação, inseridas na Almendra Central.

Palavras-chave: Bicicleta, Meios de Transporte, Acessibilidade, Complementaridade, Competitividade, Análise de Redes.

ABSTRACT

The following Internship Report was developed within the Geographic Information Systems and Spatial Planning Master's Degree, and it hopes to essentially attain two objectives: make explicit the learning and the tasks performed during the internship period at the Human Geography Research Department from the History and Geography Faculty at the Madrid Complutense University, and the development of a methodology supported on a free SIG software, to demonstrate the complementarity and the competitiveness of the bicycle against public transportation, individual vehicles and the pedestrian mode.

Being an economical, healthy and environmentally sustainable means of transportation, the bicycle is often seen as a good alternative to small distances routes. Considering its integration with public transportation, it can play a significant role and serve as a feeding roll throughout the whole network. Thus, Inter modality assumes a decisive role on cycling mobility promotion, contributing to the suppression of distances superior to 5kms and helps to overcome obstacles in a comfortable and effective way. The bicycle can also become a plausible alternative to satisfy the commuting dislocation needed around the city, through a direct competition against automobiles on small distances. Several studies show that on Europe 30% of automobile dislocations go a distance smaller than 3km, and 50% are smaller than 5km; so, the bicycle, counting the door to door time, parking time and foot dislocations time, it becomes a more advantageous option.

Thus, on a first stage, this report presents the advantages and the factors that justify bicycle use promotion. Are presented examples and measures, at a European and a national level, for the fomentation of this mean of transportation, contrasting the crescent use of motorized transport. Are also approached the advantages of bicycle use in a city, sharing the same space with other transportation ways, and interacting with them, through the complementary exercise between them. It is also demonstrated the integration of this sustainable mean of transportation at the urban space, and its compatibility on the road.

On the second stage, it has as a study case Madrid's Almendra Central, and it is composed by a geographical framing and a brief contextualization about the theme on the analysis area. It's followed by the application of the used methodologies. Initially it was performed a cover analysis of population and employment, from the subway station

within the Almendra Central, recurring to the Closest Facilities tool. Here, considering the 5 and 10 minutes distances, were verified the stations cover areas, both to pedestrian mode and bicycle, demonstrating the complementarity that the bicycle exercises on station access, considering the existing cycling roadway, and the two studied means of transportation. Beyond that, it was also evaluated the spatial cover dimension and the bicycle's competitiveness against pedestrian dislocation. Secondly, it was proceeded to routes concretization in order to obtain a comparison of the several means of transportation dislocation times (all public transports, subway, pedestrian mode, bicycle and car). This step revealed itself essential for a better complementarity comprehension that the bicycle exercises, demonstrating its competitiveness of small distance travels against the several others means of transportation. At last, it was followed the statistical analysis of travel time to all studied transportation modes, comparing the appreciated towns to a spatial scale, inserted within the Almendra Central.

Keywords: Bicycle, Means of Transportation, Accessibility, Complementarity, Competitiveness, Network Analysis.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v
ÍNDICE DE FIGURAS ix
ÍNDICE DE TABELAS x
1.INTRODUÇÃO 1
1.1.Objectivos do Estágio 3
1.2.Estrutura do Relatório de Estágio 4
2.A BICICLETA 6
2.1.A bicicleta como meio de transporte sustentável 6
2.1.1.Quadro de referência para a mobilidade sustentável e modos suaves 8
2.1.1.1.Instrumentos de Política Comunitária 9
2.1.1.2.Instrumentos de Política Nacional 11
2.2.Benefícios do uso da bicicleta 12
2.2.1.Benefícios energéticos e ambientais 12
2.2.2.Benefícios ao nível da saúde 13
2.2.3.Benefícios socioeconómicos 14
2.2.4.Outros benefícios 15
2.3.Factores que afectam a utilização da bicicleta 15
2.4.Medidas de promoção do uso da bicicleta 17
2.4.1.Programas de partilha de bicicletas 19
2.4.1.1.Exemplos de Sistemas de Partilha de Bicicletas 22
2.4.2.Localização das estações de bicicleta 26
2.4.3.Infraestruturas não motorizadas 27
2.4.3.1.Instalações e equipamentos de estacionamento para bicicletas 27
2.4.3.2.Ciclovias 29
2.5.Complementaridade com o transporte público 31
2.5.1.Exemplos de BSS's em complementaridade com os transportes públicos ..... …....34
2.6.Integração com os transportes públicos 35
2.7.Acesso aos transportes públicos 38
2.7.1.Distâncias de acesso às facilidades de trânsito 42

2.8.A bicicleta na cidade 46
2.8.1.A rua partilhada 46
2.8.2.Zonas 30 47
2.8.3.Zonas de Coexistência 48
2.9.Compatibilidade da bicicleta na estrada 49
3.METODOLOGIA 52
3.1.Enquadramento geográfico 52
3.2.Madrid e os transportes 53
3.3.Dados 54
3.4.A rede 56
3.4.1.Modelo Digital de Terreno 57
3.4.2.Pendente e estimação da velocidade 58
3.4.3.Criação da rede 59
3.5.Análise de cobertura 60
3.5.1.Procura Potencial 60
3.5.2.Cobertura 62
3.6. Complementaridade e competitividade em termos de tempos de viagem da bicicleta face aos demais transportes públicos, ao automóvel individual e ao modo pedonal 68
3.6.1.Complementaridade (em termos de acessibilidade) 69
3.6.2.Competitividade 71
3.6.3.Tempos de viagem de todos os transportes segundo as freguesias 71
4.RESULTADOS 75
4.1.Análise de cobertura 75
4.2.Complementaridade 79
4.3.Competitividade 83
4.4.Tempos de viagem de todos os transportes segundo as freguesias 100
5.PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA PRESENTE METODOLOGIA PARA O CONCELHO DO PORTO 104
6.CONCLUSÃO 109
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111
Endereços electrónicos 116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - (A) Sistema White Bicycles em Amerdão, na década de 60; e (B) Sistema City Bikes em Copenhaga.. 20
Figura 2 - (A) Sistema Red Bikes em Madison; (B) Sistema Bike Share em Toronto; (C) Sistema Vélib em Paris; e (D) Sistema Bike Share de Hangzhou.. 23
Figura 3 - Enquadramento geográfico da Almendra Central, Madrid. 52
Figura 4 - Pendente Ascendente e Pendente Descendente. 58
Figura 5 - Números de polícia e população coberta, a (A) 5 minutos e (B) 10 minutos a pé, a partir das estações de Metro da Almendra Central. 64
Figura 6 - Números de polícia e população coberta, a (C) 5 minutos e (D) 10 minutos em bicicleta, a partir das estações de Metro da Almendra Central. 65
Figura 7 - Pontos de emprego e número de empregados cobertos, a (E) 5 minutos e (F) 10 minutos a pé, a partir das estações de Metro da Almendra Central. 66
Figura 8 - Pontos de emprego e número de empregados cobertos, a (G) 5 minutos e (H) 10 minutos em bicicleta, a partir das estações de Metro da Almendra Central. 67
Figura 9 - Rotas a pé/bicicleta e de carro, desde os pontos de origem à Plaza de Cibeles, na Almendra Central. 73
Figura 10 - Rotas do Metro e de Todos os Meios de Transportes Públicos, desde os pontos de origem até à Plaza de Cibeles, na Almendra Central. 74
Figura 11 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta, metro, e todos os meios de transportes públicos, desde os centróides à Plaza de Cibeles. 88
Figura 12 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em metro, todos os meios de transportes públicos, e carro, desde os centróides à Plaza de Cibeles. 89
Figura 13 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em metro, todos os meios de transportes públicos, e carro (com penalidade de mais 9 minutos), desde os centróides à Plaza de Cibeles. 90
Figura 14 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta e carro, desde os centróides à Plaza de Cibeles 92
Figura 15 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta e carro (com penalidade de mais 9 minutos), desde os centróides à Plaza de Cibeles. 93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Principais medidas e políticas inovadoras para promover um ciclismo seguro e conveniente. 19
Tabela 2 - Estimação da velocidade segundo a pendente no arco da rede (Vptei)..... 59
Tabela 3 - Velocidades estimadas segundo a Pendente e o Tipo de Via..... 59
Tabela 4 - Média de empregados por código. 62
Tabela 5 - Números de polícia cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro..... 78
Tabela 6 - População coberta, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro..... 78
Tabela 7 - Pontos de emprego cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro..... 78
Tabela 8 - Número de empregados cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro. 78
Tabela 9 - Tempos de viagem, utilizando o modo pedonal e a bicicleta em complementaridade com todos os meios de transportes públicos, ou com o metro..... 83
Tabela 10 - Tempos de viagem por rota, de todos os meios de transportes utilizados no caso de estudo..... 97
Tabela 11 - Tempos de viagem, em minutos, para todos os meios de transportes públicos, metro, bicicleta, a pé e carro. 98
Tabela 12 - Estatísticas dos tempos de viagem (minutos) dos transportes utilizados, segundo as freguesias em estudo com centróides, que integram a Almendra Central. 101

1. INTRODUÇÃO

O transporte sustentável "satisfaz as necessidades de transporte e mobilidade actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender a essas necessidades" e torna-se por isso, recentemente, um objectivo importante no planeamento e pesquisa do transporte.

As mudanças recentes nas áreas metropolitanas caracterizadas pela crescente expansão territorial, a dispersão da população, o emprego descentralizado e um uso do solo fragmentado, justificam o desenvolvimento de novas áreas suburbanas onde as necessidades de mobilidade da população e o uso do transporte privado aumentaram, gerando problemas como o congestionamento, a poluição do ar e o ruído. O congestionamento, por exemplo, está a tornar-se um problema crítico que custa 12 triliões de dólares por ano a nível mundial, e tem agravado a poluição do ar devido ao tráfego *stop and go* (Miller & Shaw, 2001 in Gutiérrez 2008, Rybarczyk 2010).

Face a estes problemas, Newman & Kenworthy (1999) afirmaram que uma cidade pós-moderna sustentável ideal deve incluir caminhadas, ciclismo e transportes públicos. O Governo Federal dos EUA reconheceu então a necessidade de desenvolver um sistema de transporte heterogéneo, respondendo assim às externalidades negativas associadas à cultura do automóvel, através da aplicação de um planeamento de transporte multimodal, onde uma rede de transportes sustentável deve ser acessível e desejável (Gutiérrez 2008, Rybarczyk 2010).

A bicicleta surge então, como um meio de transporte que para além de saudável e barato, é mais eficiente e rápido face ao automóvel individual ou aos transportes públicos nos centros das cidades congestionadas; e torna-se uma solução para pequenas distâncias, que podem ser demasiado extensas, para se realizarem através do modo pedonal. Este meio de transporte sustentável demonstra assim potenciais benefícios, como o aumento da mobilidade, a redução dos congestionamentos e do uso de combustíveis fósseis, o aumento do uso de transportes públicos, uma maior consciencialização ambiental, e o aumento de benefícios para a saúde.

Face ao desenvolvimento da bicicleta, uma extensa e crescente literatura sugere a necessidade de facilitar o ciclismo através de infraestruturas adequadas, como ciclovias e estacionamentos para bicicletas; programas de educação e outras medidas de suporte; pois as cidades e países com amplas infraestruturas, e com aplicações de políticas e programas pró-bicicleta, apresentam altos níveis de ciclismo e bons índices de

segurança; enquanto os países que não se têm esforçado em implementar políticas e programas para bicicletas, demonstram baixas taxas de ciclismo e registos de segurança pobres (Pucher & Dijkstra, 2003; Fietsberaad, 2006; Pucher & Buehler, 2008 in Pucher 2010).

Para atender às necessidades da população, foram ainda criados, os sistemas de bicicletas públicas, também conhecidos como sistemas de partilha de bicicletas, vistos como um modo inovador de transporte no centro da cidade, que poderá integrar-se com outros sistemas de transportes públicos. Esta integração, através da complementaridade com os últimos, no acesso entre a residência e a interface do transporte público, e entre o último e o ponto de destino; e a oferta da bicicleta na deslocação ou a disponibilização da mesma a preços acessíveis, será usada para diminuir o uso automóvel, principalmente para viagens de média distância, e assim aliviar o congestionamento do tráfego e reduzir a poluição sonora/ar (Lin 2011).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgem neste contexto como uma ferramenta de apoio indispensável para a análise e concepção de políticas de organização, gestão e promoção da eficácia dos transportes. Os SIG têm estado na vanguarda da análise espacial através da quantificação de múltiplos factores, como as análises multicritério, tanto para os caminhos de bicicleta exteriores às ruas como para os utilizadores, para estimar a procura da bicicleta, conduzir análises de caminhos mais baratas, avaliar o risco de transporte e construir Sistemas de Ajuda à Decisão (Atkinson et al., 2005; Aultman-Hall et al., 1997; Fuller et al., 2003; Huang & Ye, 1995; Landis, 1996; Luedtke & Plazak, 2003; Malczewski, 1999; Mescher, 1996; Nash et al., 2005; Snyder et al., 2008; Wigan et al., 1998 in Rybarczyk 2010). A análise ao nível da rede pode ajudar, também, os planeadores a identificar segmentos específicos a melhorar; e a análise ao nível do bairro, pode facilitar o planeamento estratégico em toda a cidade (Rybarczyk 2010).

1.1. Objectivos do Estágio

O principal objectivo deste estágio, que tem como área de estudo a Almendra Central de Madrid, prende-se com a complementaridade e competitividade que a bicicleta exerce face aos demais transportes públicos, ao automóvel particular e ao modo pedonal em ambiente urbano, demonstrando quais os benefícios da mesma como meio de transporte sustentável e individual.

Com este estágio pretendeu-se um alargar de conhecimentos, principalmente na análise espacial, com especificidade para a análise de redes em SIG, e um consolidar de competências anteriormente adquiridas, através da aplicação de metodologias que permitam a realização de análises de cobertura efectuadas a pé e em bicicleta através da rede, e verificar a complementaridade e a competitividade da bicicleta enquanto meio de transporte acessível a todos.

No que diz respeito à análise de cobertura através da rede, colectaram-se e trataram-se dados cartográficos e estatísticos em SIG, com o objectivo de obter uma rede consolidada e bem conectada, e informações sobre o emprego e sobre a população, uniformemente distribuídos pelos usos do solo correspondentes, adquirindo-se assim a população e o emprego cobertos a uma determinada distância tendo em conta a rede, a partir do metro. A obtenção desta rede implica um conhecimento integrado sobre as mais variadas extensões e ferramentas dos SIG, com destaque para a análise espacial, e subsequentemente para a análise de redes, em *software ArcGis 10.2*. Já a distribuição da população e do emprego, tendo em conta as áreas e usos do solo, permite um adquirir de conhecimentos face à morfologia urbana da área em estudo, levando à compreensão da área que é servida pelo Metro.

O estudo da complementaridade e competitividade que a bicicleta apresenta face aos demais transportes públicos, ao automóvel particular e ao modo pedonal permitiu a resposta aos seguintes objectivos: a obtenção de tempos de viagem para demonstrar a complementaridade que a bicicleta exerce nos transportes públicos em termos de acessibilidade; apresentar a competitividade dos tempos de viagem dos transportes públicos, em junção com a bicicleta, face ao automóvel particular; mostrar a competitividade dos tempos de viagem da bicicleta, como único meio de transporte face aos tempos de viagem dos demais transportes em análise; e verificar quais as freguesias que apresentam melhores tempos de viagem totais, tendo em conta as rotas realizadas. Para tal, recorreu-se à base de informação proveniente do *Google Maps*, determinando

as rotas entre os pontos de origem e o ponto de destino (*Plaza de Cibeles*), e anotaram-se as distâncias e tempos de viagem correspondentes, tratando essa mesma informação em *software ArcGis 10.2*.

O facto de o estágio se ter realizado em Madrid, permitiu ademais, o evoluir de competências e habilidades linguísticas, com o objectivo de melhorar a capacidade de compreender e falar espanhol.

1.2.Estrutura do Relatório de Estágio

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos fundamentais, referentes a diversas abordagens sobre a temática em estudo.

O primeiro capítulo, de carácter introdutório, apresenta um breve enquadramento do tema, e os principais objectivos do relatório de estágio. No segundo capítulo, desenvolve-se a componente conceptual envolvente à bicicleta, abordando a última como um meio de transporte sustentável em interacção com o meio urbano, os benefícios, factores e medidas de promoção inerentes ao uso da bicicleta, e a sua complementaridade com os transportes públicos.

O terceiro capítulo, dedicado à metodologia, retrata os procedimentos e metodologias adoptadas na complementaridade e competitividade que a bicicleta exerce face aos diferentes transportes públicos, ao automóvel e ao modo pedonal. Numa primeira fase, realizou-se uma breve apresentação da área de estudo, atendendo ao seu enquadramento geográfico, e uma pequena introdução teórica sobre os transportes em Madrid. Numa segunda fase são expostos os dados e as metodologias utilizadas para a realização de uma análise de cobertura às estações de metro da Almendra Central, tendo a bicicleta e o modo pedonal como meios de acesso. Desta forma, são determinadas as diferentes áreas de cobertura conforme o meio utilizado e a distância aplicada. Numa terceira fase são aplicadas metodologias para verificar a complementaridade e competitividade em termos de tempos de viagem em bicicleta face aos demais transportes públicos, ao automóvel individual e ao modo pedonal.

O quarto capítulo é referente aos resultados obtidos, e à discussão dos mesmos, observando-se o modo como a bicicleta influencia as áreas de cobertura, em comparação com o modo pedonal, e a complementaridade e competitividade que exerce em relação aos demais transportes em estudo.

O quinto capítulo apresenta uma proposta de aplicação da presente metodologia para o concelho do Porto, uma vez que seria interessante compreender a complementaridade que a bicicleta poderia desenvolver em função dos tempos de viagem existentes, e do potencial de competitividade a incrementar.

Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões finais do trabalho realizado.

2. A BICICLETA

2.1.A bicicleta como meio de transporte sustentável

O desenvolvimento sustentável, definido como "o desenvolvimento que dá respostas às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras darem resposta às suas próprias necessidades", é sustentado por três vectores - o ambiental, o económico e o social, e pressupõe um equilíbrio entre os mesmos. Este conceito torna-se hoje em dia fundamental, pois defende um desenvolvimento sustentável através da preservação dos ecossistemas naturais, do crescimento económico e da satisfação das necessidades da sociedade (World Comission on Environment and Development, 1984 in Soares 2013). Daqui surge a mobilidade sustentável, que "permite a satisfação das necessidades económicas e sociais, não excedendo determinados níveis de externalidades negativas geradas pelo sistema de transportes num contexto de aumento da mobilidade urbana" (Steg & Gifford, 2005 in Ruxa 2013); e pressupõe, que os cidadãos devem dispor de condições de deslocação seguras, confortáveis, com tempos de viagem aceitáveis, custos acessíveis, energeticamente eficientes, e de impactos ambientais reduzidos (IMTT, 2012a in Ruxa 2013).

Assim sendo, o desenvolvimento de sistemas de transportes urbanos mais sustentáveis torna-se cada vez mais crucial, com o crescimento da população urbana e o contínuo aumento do tráfego automóvel no mundo (Pucher & Greaves, 2010; Tight et al., 2011 in Ryley 2006, Shaheen 2010, Jäppinen 2013). Estes permitem uma redução dos níveis de utilização do automóvel, e potenciam a utilização dos modos colectivos e não motorizados, consolidando os modos suaves, como uma alternativa viável (Ruxa 2013). Os sistemas de transportes urbanos mais sustentáveis respondem, deste modo, às necessidades de acesso da geração presente; satisfazem as necessidades de acesso de gerações futuras; são propulsionados por fontes de energia renováveis; e são economicamente viáveis, suportando assim uma qualidade de vida desejável (Soares 2013).

Os modos suaves[1] ou sustentáveis têm um uso mais eficiente do espaço e da energia, com uma menor emissão de contaminantes ambientais e uma melhor adaptação às

[1] Modos de transporte, entendidos como meios de deslocação e transportes de velocidades reduzidas, ocupando pouco espaço e com pouco impacte na via pública e sem emissões de gases para atmosfera como a simples pedonalidade ou a deslocação com recurso a bicicletas, patins ou quaisquer outros

condições sociais e económicas de grupos mais vulneráveis, e representam uma solução para os principais problemas de transporte nos centros urbanos. Estes meios de deslocação de velocidades reduzidas promovem igualmente a procura de uma valorização técnica e socioeconómica das suas capacidades de resposta, face às crescentes necessidades de acessibilidade e sustentabilidade económica e ambiental (Rietveld 2004, Vega Baez 2006).

As bicicletas, parte integrante da mobilidade suave[2], tornam-se deste modo essenciais, pois estas com as sucessivas melhorias técnicas tornaram-se modernas, eficientes e fáceis de usar. Não provocam poluição, são silenciosas, económicas, discretas e acessíveis a qualquer pessoa, independentemente dos seus meios financeiros (Dekoster 1999).

A promoção e aumento dos usuários de bicicleta, traduz-se numa maior proporção de população mais consciente ambientalmente e ao nível da saúde, sendo que a bicicleta está a deixar de ser uma ferramenta de apoio, para ser considerada como uma parte importante do transporte urbano, principalmente para viagens de curta distância, já que este meio de transporte é mais rápido que o carro em curtas distâncias urbanas. Mais de 30% das viagens realizadas em automóvel na Europa cobrem distâncias inferiores a 3km, e 50% inferiores a 5km. Nestes casos, as bicicletas substituiriam facilmente os carros, satisfazendo assim, uma grande proporção da procura e contribuindo diretamente para a redução dos engarrafamentos (Dekoster 1999, Suzuki 2012, Larsen 2013). Também é de referir, que o aumento da mobilidade em bicicleta em meio urbano reduziria a necessidade de utilização do espaço público, uma vez que este meio de transporte, ao ter uma dimensão reduzida, permitiria colocar em cada lugar de estacionamento pensado para automóvel, cerca de 9 bicicletas (Ruxa 2013).

Potenciar a utilização da bicicleta, seja para viagens diárias para a escola ou local de trabalho (que representam 40% de todas as viagens realizadas), ou por outros motivos

similares, encarados como uma mais-valia económica, social e ambiental - Resolução da Assembleia da República n.º3/2009 in IMTT (2011). Rede Pedonal - Princípios de planeamento e desenho.

[2] Também referida por alguns autores como mobilidade activa, engloba todas as tipologias de deslocações que não impliquem modos de transporte motorizados, ou seja, deslocações que se realizem apenas com recurso à própria energia - Ruxa, M. (2013). Integração da Bicicleta na Mobilidade Urbana - Análise de Casos de Estudo e Ensinamentos para Portugal. Engenharia do Ambiente. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

(60% das viagens relacionam-se com o comércio, serviços, atividades de lazer e sociais, entre ou outras), torna-se fundamental (Dekoster 1999).

Para promover esta alternativa ao uso intensivo do carro, que tem aumentado ao longo dos últimos 30 anos; os planeadores de transportes urbanos têm centrado a sua atenção em políticas que promovam a bicicleta; uma vez, que no âmbito da mobilidade sustentável estas são benéficas não só para a sociedade em geral (relativamente ao meio ambiente, à economia sustentável, e à equidade social), mas também a nível individual (Shaheen 2010, García-Palomares 2012).

Deste modo, existe uma grande quantidade de literatura disponível sobre o uso de bicicletas nas cidades, em crescimento principalmente desde meados da década de 90, onde houve uma explosão de interesse e da pesquisa sobre o transporte e o planeamento dos transportes, sobre o ciclismo em particular (Larsen 2013). Estes estudos têm vários objectivos: procuram os factores que explicam um maior ou menor uso da bicicleta; desenvolvem os tipos de ação ou intervenção que podem ser implementadas; e avaliam seu impacto na mobilidade e acesso. Heinen et al. (2010), numa revisão bibliográfica definiram os principais factores que afectam o uso de bicicleta, indo desde o ambiente construído (forma urbana, infraestruturas, instalações de trabalho, etc) ao ambiente natural (topografia, ambientes construídos atraentes, estações e clima ou tempo), passando pelos factores socioeconómicos e psicológicos (atitudes e normas sociais, crenças, hábitos ecológicos, etc), e os factores relacionados com a teoria da utilidade (custo, tempo de viagem, esforço e segurança) (García-Palomares 2012).

2.1.1. Quadro de referência para a mobilidade sustentável e modos suaves

Nos últimos anos, o objectivo da necessidade de reforçar a mobilidade sustentável está a fomentar, como já foi referido, a promoção de meios de transporte mais sustentáveis e saudáveis. Por este motivo, a Comissão Europeia propôs vários instrumentos de política comunitária, para trabalhar a implementação de meios de transporte de emissões atmosféricas escassas ou nulas, de marcado carácter ecológico (Latorre 2012). É nas medidas utilizadas nesses instrumentos que se recorre ao uso urbano da bicicleta como meio de transporte.

2.1.1.1. Instrumentos de Política Comunitária

A Comunidade Europeia, tendo em vista todos os responsáveis políticos de médias e grandes cidades da União Europeia, pretende diminuir o uso do automóvel individual, estimular o uso da bicicleta e dos transportes públicos, e a partilha de veículos, sem comprometer o crescimento económico e a acessibilidade a bens e serviços nas cidades europeias (CE, 2000 in Ruxa 2013). Para dar resposta aos actuais problemas com que se defrontam as cidades, a nível ambiental e dos transportes, foram publicados uma série de documentos onde são apresentadas soluções de resolução dos mesmos, promovendo a mudança dos hábitos dos cidadãos.

A 25 de Setembro de 2007, foi publicado o "Livro Verde para a Mobilidade Urbana", onde propõe soluções para dar resposta aos principais desafios das cidades europeias: vilas e cidades menos congestionadas; vilas e cidades mais verdes; transportes urbanos mais inteligentes, mais acessíveis e mais seguros; a necessidade de conciliar "o desenvolvimento económico das vilas e cidades e a acessibilidade com a melhoria da qualidade de vida e com a defesa do ambiente". O presente livro torna essencial a adopção de soluções que permitam a deslocação a pé e em bicicleta, em detrimento do transporte individual, assim como o desenvolvimento de infraestruturas adequadas e seguras para a promoção das deslocações a pé e de bicicleta; defende o desenvolvimento da mobilidade urbana através de um maior envolvimento das autoridades nacionais e regionais; e tece incentivos à utilização dos modos suaves através de iniciativas em escolas ou empresas, de modo obtermos uma mobilidade urbana mais sustentável (Seabra et al., 2012 in Ruxa 2013, Soares 2013).

Em 2009, foi redigida uma comunicação sobre um "Plano de Ação para a Mobilidade Urbana" por parte da Comissão das Comunidades Europeias (CCE), onde foram propostas vintes ações, sistematizadas em seis temas, a implementar na UE (União Europeia) até 2012. Os seis temas propostos no plano incluíam: a promoção de políticas integradas de transporte, tendo em foco o transporte urbano sustentável para a criação de ambientes sustentáveis; o propor de ações que permitissem uma melhoria no acesso dos cidadãos aos transportes, melhorando a acessibilidade das pessoas de mobilidade reduzida, ou incentivando uma maior e melhor informação sobre as viagens, por exemplo; tornar os transportes mais ecológicos; reforçar o financiamento; e partilhar experiências e conhecimentos, optimizando a mobilidade urbana através da promoção do uso da bicicleta em conjunto com outros transportes (CCE, 2009 in Soares 2013).

Também no ano de 2009, foi publicado o documento "Um futuro sustentável para os transportes", que identifica as tendências e os desafios para o sector. Nos objectivos relacionados com a segurança e a qualidade dos transportes, é defendido que um ambiente urbano mais seguro pode proporcionar um maior recurso à bicicleta e ao modo pedonal, atenuando deste modo o congestionamento e as emissões de carbono, o que resulta num maior bem-estar dos cidadãos, e um impacto positivo na saúde dos mesmos (IMTT 2011).

A "Estratégia Europa 2020" foi lançada pela Comissão Europeia em Março de 2010, pretendendo um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo. Para atingir este crescimento, estabeleceram-se metas referentes às alterações climáticas e à energia, que pretendem: a redução em 20% das emissões de GEE (Gases de Efeito de Estufa), relativamente aos níveis de 1990; um aumento de 20% da utilização de energias renováveis no consumo final de energia; e o aumento em 20% da eficiência energética (Seabra et al., 2012 in Soares 2013).

Em Abril de 2010, foi apresentada pela Comissão Europeia (CE) a estratégia denominada "European strategy on clean and energy efficient vehicles", que tinha por objectivo fomentar o desenvolvimento de veículos energeticamente eficientes, através de novas abordagens ao nível da produção desses mesmos veículos, desenvolvendo uma economia baseada na sustentabilidade, e tendo por base a redução das emissões no sector dos transportes. Nesta estratégia estão abrangidos os veículos com motores de combustão interna, os veículos eléctricos, e os veículos movidos com combustíveis alternativos como o GPL (Gás de Petróleo Liquefeito), o GNC (Gás Natural Comprimido), e o hidrogénio; sendo que podem estar incluídos nesta estratégia veículos ligeiros, pesados, veículos de duas rodas, triciclos e quadriciclos (CE, 2010 in Soares 2013).

O "Livro Branco para os Transportes", publicado pela Comissão Europeia em 2011, define o atual estado dos transportes na Europa, apresentando uma visão futura para o mesmo, e delineia uma estratégia para a aplicação de medidas propostas pelos estados-membros, tendo como prioridade o reequilíbrio entre os meios de transporte. Aponta igualmente a necessidade de proporcionar aos cidadãos sistemas de transportes eficientes que permitam: "oferecer um nível elevado de mobilidade em toda a União Europeia; proteger o ambiente; garantir a segurança energética; inovar, aumentando a eficácia e sustentabilidade do sector dos transportes em crescimento; e estabelecer contactos a nível internacional, projectando as políticas da União a fim de reforçar a

mobilidade sustentável, a proteção e a inovação" (IMTT, 2012b e CE, 2006 in Ruxa 2013).

Este relatório demonstra a necessidade de uma redução drástica na emissão de GEE, que pode atingir em 2050, 80%-95% dos valores registados em 1990, limitando o aumento da temperatura média global até 2ºC. Isto será possível, segundo o relatório, através de uma redução de 60% em relação aos valores de emissões em 1990 no sector dos transportes; sendo que para 2030, o objectivo é a redução de 20% das emissões nos transportes relativamente ao valor registado em 2008 (CE, 2011b in Soares 2013). Para isso destaca a promoção da mobilidade sustentável e atribui importância à bicicleta como meio de transporte em trajectos de curta distância e em complementaridade com os transportes públicos (Ruxa 2013). O presente documento considera ainda a segurança rodoviária, como uma condição prévia ao desenvolvimento da bicicleta como meio de transporte, dando destaque à proteção dos peões e dos ciclistas, e apelando à fixação de normas de segurança (IMTT, 2011a e CE, 2011 in Ruxa 2013).

Para além de todos os documentos referidos, a Comissão Europeia implementou ainda outros projetos como o programa ADONIS (Análise e desenvolvimento de uma nova visão sobre a substituição das viagens curtas de carro pela bicicleta ou a pé), que fornece recomendações gerais e diretrizes, para substituir o carro pelo ciclismo e caminhadas, em pequenas viagens nas cidades. Este projeto promove os meios de transporte não motorizados, referindo recomendações sobre mudanças de infraestruturas, planeamento e educação, adaptadas às situações existentes. Outra iniciativa por parte da Comissão Europeia é o "European Network for Cycling Expertise", que tem como objectivo, o reunir e difundir de informações de alta qualidade, conhecimento e experiências sobre questões de planeamento (Rietveld 2004).

2.1.1.2. Instrumentos de Política Nacional

Em Portugal, também existem documentos que abordam de forma direta ou indireta a importância da mobilidade em bicicleta, sendo que o principal documento para a promoção deste meio de transporte é apresentado em seguida.

Em 2009, foi determinado pelo governo, a elaboração de um "Plano nacional de promoção da bicicleta e outros modos de transporte suaves", que deveria apresentar estratégias inovadoras, propostas e recomendações, que tenham como objectivo fundamental, a promoção dos meios de mobilidade suave (IMTT 2011).

O “Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves 2013-2020”, foi então concluído em Novembro de 2012. Este tem como objectivos estratégicos colocar a bicicleta e o “andar a pé” no centro da vida quotidiana dos cidadãos, e educar para uma mobilidade sustentável e para os modos suaves. Ou seja, o presente documento, constitui-se como uma referência em Portugal para o planeamento, ordenamento e promoção dos modos suaves, com destaque para o campo da mobilidade ciclável. Para responder a estes objectivos foram definidos Programas de Ação que englobam várias medidas em matéria de planeamento da mobilidade urbana, estímulos à iniciativa empresarial, sensibilização dos cidadãos, das empresas e da sociedade e através da capacitação de competências. Esta publicação pretende, com isto, criar novos hábitos de deslocação, alternativos ao transporte individual e complementares ao transporte público, que influenciem as escolhas dos cidadãos a comportamentos mais racionais, eficientes e sustentáveis, com benefícios para as cidades e para a comunidade. Para a concretização deste Plano estão apresentadas duas perspectivas distintas de atuação: Medidas-Ações que dependem diretamente da intervenção de políticas públicas, e Medidas-Ações provenientes da Administração Local e de outras entidades (associativas e privadas) (al. 2012).

2.2. Benefícios do uso da bicicleta

As bicicletas traduzem-se num meio de transporte, que tanto podem ter benefícios ecológicos, económicos e de segurança, como benefícios de saúde a partir dos exercícios que proporcionam aos usuários (Jensen 2010).

2.2.1. Benefícios energéticos e ambientais

O uso da bicicleta pode ajudar a solucionar vários problemas relacionados com o consumo da energia e o meio ambiente nas cidades; uma vez que os benefícios ambientais estão diretamente ligados aos benefícios energéticos, pois a bicicleta ao não consumir recursos naturais para o seu funcionamento, tão pouco provoca impactos no meio ambiente (ConBici 2007).

Energeticamente, as bicicletas são o meio de transporte mais eficaz. Isto, tendo em conta o seu ciclo de vida, ou seja, a energia necessária para o seu fabrico, reparação e posterior eliminação (gestão dos resíduos). O uso da bicicleta (excluindo as eléctricas)

apenas consome energia metabólica e energia do próprio corpo humano, o que oferece vantagens pois tem autonomia energética, não necessita de instalações de subministro de combustíveis como bombas de combustível, e é um recurso energético inesgotável e gratuito, acessível a quase todo o mundo do ponto de vista energético (ConBici 2007).

A nível ambiental, as bicicletas definem-se como o transporte mais sustentável, uma vez que não consomem combustíveis fósseis, não provocam contaminação atmosférica, produzem níveis de ruído muito inferiores aos dos veículos motorizados, geram poucas quantidades de resíduos, e o seu ciclo de vida é o mais sustentável de todos os veículos (fabricação, reparação, uso final, etc.). São amplamente recuperáveis e reutilizáveis, ocupam pequenas quantidades de solo (apenas alguns casos necessitam a construção de infraestruturas, as quais na sua maioria se podem construir seguindo critérios de sustentabilidade), e fomentam a diminuição do congestionamento do tráfego e do transporte público, graças à mudança de transporte por parte dos usuários nos seus deslocamentos diários (ConBici 2007).

2.2.2. Benefícios ao nível da saúde

A bicicleta é saudável. É esta a conclusão de um crescente número de estudos científicos que avalia o impacto da bicicleta sobre os níveis de atividade física e da saúde em geral do ser humano. Devido aos benefícios de saúde de andar de bicicleta, tais como o reduzir de problemas de obesidade e o risco de padecer de doenças coronárias, e a prevenção e controlo de outros problemas físicos, muitas agências governamentais e organizações de saúde pública têm defendido explicitamente o andar de bicicleta, o que irá contribuir na redução da poluição do ar, emissões de carbono, congestionamento, ruído, trânsito, entre outros impactos nocivos (BMA, 1992; Cavill et al., 2006; Goodlee, 1992; OECD, 2004; USDHHS, 1996, 2008; USDOT, 1994, 2004; WHO, 2002a,b in PROBICI 2010, Pucher 2010).

Além do referido, as análises comparativas entre meios, mostram que os automobilistas estão duas a três vezes mais expostos a poluentes do que os ciclistas urbanos, uma vez que o nível de poluição no habitáculo de um automóvel é invariavelmente superior à taxa de poluição do ar ambiente, logo torna-se mais saudável para os cidadãos recorrerem à utilização da bicicleta para as suas viagens, em vez de utilizarem o automóvel particular (CE, 2000 e Dekoster, 2000 in Ruxa 2013).

2.2.3. Benefícios socioeconómicos

A bicicleta também tem impacto na melhoria do ambiente urbano dos municípios, através da economia do espaço (estradas e estacionamentos), pois implica utilizações reduzidas de espaço urbano, e de investimentos em infraestruturas, proporcionando uma igualdade na apropriação do espaço urbano destinado à circulação, e reduzindo deste modo, a necessidade de ampliação do sistema rodoviário. Isto traz consequências benéficas, incluindo, menores custos para as cidades, tais como a redução do congestionamento e o aumento da fluidez do tráfego, que permanece nas vias urbanas (como foi referido anteriormente), a revitalização de áreas pouco frequentadas que produzem uma menor deterioração do património histórico e cultural, a libertação de mais espaços públicos destinados ao lazer e atividades sociais, e o aumento da qualidade de vida dos habitantes na promoção da saúde (PROBICI 2010, Silva 2012).

A implementação da bicicleta e das suas infraestruturas nas sociedades possui um impacte económico na região onde se localiza, que é de grande importância, uma vez que é um dos principais métodos de seleção que os decisores locais usam para orientar as suas políticas de investimento, de modo a que estes, a curto, médio ou longo prazo sejam também proveitosos a nível económico (Ramos 2008).

A criação de ciclovias e de instalações de aluguer de bicicletas gera empregos localmente, o que resultará no aumento da aceitação da bicicleta como transporte, e numa maior produtividade nas empresas, por parte das pessoas que utilizam a bicicleta, uma vez que estes usuários estão numa melhor forma física e sobretudo psicológica (PROBICI 2010).

Também o comércio local pode ser potenciado através do ciclismo urbano, uma vez que o uso da bicicleta fortalece a viabilidade comercial no centro das cidades e em áreas residenciais. Isto acontece, em norma, porque os ciclistas são os clientes mais frequentes e regulares de lojas de proximidade, contrariando os automobilistas que tendem a deslocar-se para as zonas de comércio localizadas fora da cidade (Dufour et al., 2010a in Ruxa 2013).

A bicicleta como meio de transporte permite ainda a inclusão social, uma vez que esta permite a redução dos gastos familiares com os transportes, tornando-se um meio económico para o utilizador, melhora a acessibilidade das pessoas e comunidades que não dispõem de carro ou transporte público, diminuindo desta forma as diferenças entre as classes socioeconómicas (PROBICI 2010, Silva 2012).

2.2.4. Outros benefícios

Para além dos benefícios referidos, a bicicleta é um meio de transporte fácil de utilizar, uma vez que qualquer pessoa aprende a montar uma bicicleta em poucas horas e é acessível à maioria da população, evitando o congestionamento do tráfego, melhorando por isso os tempos de acesso/viagem (ConBici 2007).

Como meio de transporte, a bicicleta apresenta uma velocidade média em ambiente urbano de 15-20km/h, tendo em conta as paragens ou o diminuir do pedalar, derivado dos cruzamentos ou outras circunstâncias do tráfego, traduzindo-se num transporte porta-a-porta, o que confere aos utilizadores um alto grau de autonomia para as suas deslocações, pois disfrutam de uma grande liberdade de movimento, pois não há limitações de horários, destinos e estacionamentos.

2.3.Factores que afectam a utilização da bicicleta

A cultura, a história, a topografia e o clima são importantes para entender o uso da bicicleta. No entanto, as políticas governamentais, como as políticas de transportes, de uso da terra, de desenvolvimento urbano, de habitação, ambientais, fiscais e de estacionamento tornam-se determinantes para o ciclismo (Pucher 2008). Em vários estudos apontam-se os factores que explicam o maior ou menor uso da bicicleta ao longo do ano em diferentes regiões, desde os factores ambientais, os níveis de perceção de segurança, a vida urbana e os factores psicossociais, os factores demográficos, e os factores subjetivos, intrínsecos aos indivíduos (Dill 2006).

Os factores ambientais integram o clima, a topografia, o uso do solo e as infraestruturas. As infraestruturas incluem a rede de instalação de bicicletas (como ciclovias, caminhos e estradas comuns), o estacionamento e os equipamentos de apoio, sendo estes essenciais para o aumento do uso da bicicleta. A existência ou não de ciclovias, e o nível de conectividade de uma rede pode afectar as taxas de ciclismo. Segundo a teoria do comportamento e viagem, as pessoas querem minimizar o seu tempo de viagem, ou seja, os ciclistas escolhem a rota mais direta entre os seus pontos de origem e destino. Para isso, é necessária uma rede densa e conectada, que forneça rotas mais curtas, e que proporcione um maior número de rotas (o que fornece uma maior capacidade de escolha). No entanto, numa pesquisa de intercepção de ciclistas pendulares em Portland,

concluiu-se que alguns ciclistas preferem viajar distâncias maiores em caminhos separados, relativamente a andar de bicicleta em ruas com veículos, o que pode dever-se à insegurança e ao stress provenientes da interacção com os demais meios de transporte. Também o tipo e largura de uma instalação de bicicleta têm um efeito significativo sobre a distância entre os ciclistas e os veículos a motor, uma vez que as condições do pavimento, volumes e velocidades dos veículos a motor e a largura da via de fora dos veículos a motor, influenciam o nível de conforto experimentado pelos ciclistas (Dill 2006).

O uso do solo demarca a localização das origens e destinos, o que combinado com as infraestruturas determina o comprimento objectivo dos potenciais passeios em bicicleta. Já o clima e a topografia influenciam na escolha da utilização da bicicleta, uma vez que o tempo frio e húmido poderá ser ou não um impedimento para andar de bicicleta; e o declive do terreno condiciona claramente a escolha das rotas e posterior utilização da bicicleta, uma vez que os ciclistas preferem terrenos planos e com pouca inclinação, face a colinas muito íngremes (Dill 2006). No entanto, pode-se controlar ou mitigar estes inconvenientes através de distintos acessórios ou bicicletas adaptadas: mudança de velocidades, roupa impermeável, cestas, reboque, bicicletas de carga ou pedal assistido. Também as condições climáticas podem ser colmatadas através das políticas implementadas a nível cultural, pois o estudo foi aplicado em vários países e demonstrou que um clima frio não impede o ciclismo, mas um clima quente também não o garante necessariamente (Pucher 2006). As condições climatéricas e orográficas podem ademais, influenciar as velocidades dos ciclistas. Na generalidade dos casos, em condições orográficas e climatéricas normais, os ciclistas podem manter velocidades compreendidas entre os 20km/h e os 30km/h; no caso de uma orografia mais acentuada, nas descidas essa velocidade pode atingir mais de 50km/h (Bastos & Silva, 2006 in Moreira 2011).

Também a forma urbana das próprias cidades se torna fundamental, pois os bairros tradicionais, amplamente definidos como bairros construídos antes da Segunda Grande Guerra Mundial, tendem a ser associados a quotas mais elevadas de caminhadas, ciclismo e utilização de transportes públicos do que os subúrbios mais recentemente construídos. Na cidade tradicional a distância de acesso a um determinado ponto normalmente é menor, e há uma maior quantidade de transportes e serviços à disposição (Frank 2008).

Os factores subjectivos incluem a perceção de segurança, a conveniência, custo, avaliação de exercícios, hábitos e atitudes/valores, e a distância (uma vez que cada indivíduo define a sua distância aceitável para andar de bicicleta). A perceção de cada pessoa relativamente ao meio ambiente e às infraestruturas é subjetiva, pois é o indivíduo que determina qual a finalidade da sua viagem e que tem em conta a sua demografia, o que pode influenciar as tomadas de decisão por parte dos usuários (Dill 2006). Dentro dos factores subjetivos, a perceção de segurança, é talvez o principal determinante na escolha do uso da bicicleta, uma vez que a seleção da rota, as características específicas das infraestruturas (por exemplo, ciclovias largas), e a sensação de segurança, são fundamentais para o usuário se sentir bem durante o seu percurso (Dill 2006).

Os factores relacionados com a vida urbana e os psicossociais, são factores explicativos, que incluem a auto-eficácia e as crenças positivas sobre a atividade física, que em conjunto com os factores demográficos (condição física, situação familiar, idade, sexo), influenciam as atitudes no comportamento durante a viagem ou a atividade física, integrando as características ambientais da sua região, na decisão de utilização da bicicleta (Dill 2006).

2.4.Medidas de promoção do uso da bicicleta

Cada vez mais políticos e investigadores académicos procuram medidas/factores que aumentem o uso da bicicleta, e promovam uma transferência modal do transporte motorizado para o ciclismo. Várias propostas foram apresentadas, envolvendo diferentes disciplinas, que vão desde o planeamento urbano e os transportes até à psicologia. Os urbanistas tendem a considerar as formas urbanas compactas e funcionalmente diversificadas mais facilitadoras de viagens mais curtas. Os planeadores de transportes investem em infraestruturas voltadas para o ciclismo, como as ciclovias ou as instalações de estacionamento; enquanto os psicólogos procuram compreender os efeitos das capacidades e dos comportamentos no uso da bicicleta (Dill & Voros, 2007 in García-Palomares 2012, Jäppinen 2013).

Pucher et al., (2010) analisaram exaustivamente vários estudos e casos de cidades que adoptaram várias intervenções. Esses estudos foram em seguida divididos em três grupos de ações principais para promover o uso da bicicleta: (1) infraestruturas relacionadas com as viagens em bicicleta, distinguindo entre infraestruturas ligadas à

viagem real (por exemplo, ciclovias, avenidas, pistas coloridas para bicicletas, sinais de trânsito e manutenção das instalações), e as que se referem ao estacionamento e serviços disponíveis no final da viagem (por exemplo, parques de estacionamento, estações de bicicletas, e chuveiros nos locais de trabalho); (2) medidas para a integração de bicicletas com o transporte público (por exemplo, estacionamentos em estações/paragens de comboios e de autocarros, bicicletas de aluguer a curto prazo, e dispositivos de transportes de bicicletas em autocarros); (3) e programas e intervenções legais que promovam o ciclismo, e o aumento da segurança nas viagens em bicicleta, ou de programas de acesso em bicicletas (incluindo os programas de partilha de bicicletas) (García-Palomares 2012).

Várias cidades como Amesterdão, Barcelona, Bremen, Copenhaga e Edimburgo demonstram todos os dias, que a redução do uso do automóvel particular é possível através da aplicação de medidas restritivas sobre o uso de carros nos centros das cidades, de incentivos e medidas que favoreçam o transporte público, e a partilha ativa de bicicletas (Dekoster 1999). A tabela 1 apresenta resumidamente, as principais medidas e políticas inovadoras, propostas nos países europeus com um maior desenvolvimento da bicicleta como transporte urbano, para promover um ciclismo seguro e conveniente.

Sistemas extensivos de ciclovias separadas
• Boa conservação, caminhos totalmente integrados, pistas e ruas especiais para bicicletas em cidades e regiões vizinhas; • Sistema totalmente coordenado de sinais direcionais codificados por cores para ciclistas; • Atalhos exteriores às ruas principais, como passagens por becos sem saída para carros.
Modificação de cruzamentos e sinais de trânsito prioritários
• Avanço de luzes verdes para ciclistas na maioria das interseções; • Paragem em posição avançada para os ciclistas (à frente dos carros) alimentada por ciclovias especiais para facilitar cruzamentos e curvas mais seguras e mais rápidas; • Os ciclistas cortam caminho ao virar à direita antes das interseções e têm isenção de semáforos vermelhos em interseções em forma de T, aumentando assim a rapidez e segurança do ciclista; • Transformar ciclovias existentes, em ciclovias coloridas ao atravessar cruzamentos; • Os sinais de trânsito são sincronizados com as velocidades ciclistas, assegurando luzes verdes consecutivas para os ciclistas (*green wave*); • Sinais com luzes a piscar ao longo das rotas de bicicleta para sinalizar aos ciclistas a velocidade certa para chegar ao próximo cruzamento ou sinal verde.
Acalmia do tráfego
• Acalmia do tráfego em todos os bairros residenciais através do limite da velocidade

(30km/h) e infraestruturas físicas de impedimento para carros; • Ruas para bicicletas, e estradas estreitas, onde as bicicletas têm prioridade absoluta sobre os carros; • *Home zones* com um limite de velocidade de 7km/h, no qual os carros devem ceder passagem aos pedestres e ciclistas que usam a estrada.
Estacionamento para bicicletas
• Extensa oferta de bons estacionamentos por toda a cidade; • Melhoria da iluminação e segurança do estacionamento de bicicleta, através de guardas, videovigilância e prioridade de estacionamento para mulheres.
Coordenação com os transportes públicos
• Amplo estacionamento para bicicletas em todo o metro, estações de comboio suburbanas e regionais; • Programas *Call a Bike*: as bicicletas podem ser alugadas através de telemóveis nas paragens de transporte, pagas a cada minuto e deixadas em qualquer cruzamento movimentado na cidade; • Aluguer de bicicletas na maioria das estações de comboios; • Estacionamento *Deluxe Bike* em algumas estações de comboio com videovigilância, iluminação especial, música, serviços de reparação e aluguer de bicicletas.
Educação e formação de tráfego
• Cursos de formação de ciclismo abrangentes para praticamente todas as crianças em idade escolar, com o teste da polícia de trânsito; • Pistas ciclistas especiais de teste para crianças; • Formação rigorosa dos motoristas para respeitar pedestres e ciclistas e evitar bater nestes.
Leis de trânsito
• Proteção legal especial para crianças e ciclistas idosos; • Motoristas assumidos pela lei como os responsáveis por quase todos os acidentes com ciclistas; • Aplicação estrita dos direitos de ciclistas pela polícia e tribunais.

Tabela 1 - Principais medidas e políticas inovadoras para promover um ciclismo seguro e conveniente (adaptado de Pucher 2008).

2.4.1. Programas de partilha de bicicletas

De modo a fomentar o uso da bicicleta, um grande número de cidades está a implementar programas de partilha de bicicletas designados *rental bike*, *public-use bicycles (PUBs)*, *bicycle transit* ou *smart bikes* (Midgley 2011). Os programas de partilha de bicicletas são redes de uso público de bicicletas distribuídas em torno de uma cidade, para uso em programas de baixo custo. Os programas incluem regimes de aluguer de curto prazo de bicicletas urbanas, o que permite que se pegue neste meio de transporte em qualquer estação de auto-atendimento das mesmas, deixando-as depois

em qualquer outra estação de bicicletas, tornando a partilha deste meio de transporte ideal para viagens ponto-a-ponto (New York City Department of City Planning, 2009 in Midgley 2011). Este sistema permite aos cidadãos utilizar a bicicleta de modo flexível, "como necessário" (Shaheen et al., 2010 in Jäppinen 2013).



Figura 1 - (A) Sistema White Bicycles em Amerdão, na década de 60; e (B) Sistema City Bikes em Copenhaga. Fonte: *Google*.

A história dos programas de partilha de bicicletas é relativamente recente, tendo existido três tipos diferentes de sistemas nos últimos 46 anos. As primeiras bicicletas de uso público datam de 1968 com o famoso sistema *White Bicycles* em Amesterdão (figura 1), onde qualquer pessoa poderia usar as bicicletas disponíveis. Esta primeira geração de bicicletas públicas baseava-se na responsabilidade cívica e comunitária; no entanto, devido à fácil vandalização e apropriação das bicicletas, o sucesso deste programa foi limitado. A segunda geração deste sistema, melhor desenhada, teve o seu auge em 1995 em Copenhaga, através de uma implementação em larga escala na cidade. O sistema, conhecido como *City Bikes* (figura 1), tinha bicicletas com placas publicitárias, e as mesmas eram mais robustas, tendo em conta o uso exaustivo que iriam ter. No entanto, devido ao anonimato de aluguer das mesmas, onde apenas era necessário o depósito de uma moeda, muitas acabaram por ser roubadas. Estes roubos deram origem a um novo sistema, introduzido em 1996 em Portsmouth, Inglaterra, onde os utilizadores eram identificados por um cartão de banda magnética. Ou seja, deram implementação à terceira geração de partilha de bicicletas, uma vez que neste último sistema introduziram-se mecanismos electrónicos de desbloqueio e bloqueio, e identificação tanto do usuário como da bicicleta, havendo um constante rastreamento

das bicicletas, o que permitia uma gestão do sistema mais eficaz (Dias 2011, Midgley 2011).

Hoje em dia já se encontra em desenvolvimento o potencial de inovações de *design* da quarta geração, através de suportes de parqueamento móveis, com encaixes movidos a energia solar e bicicletas eléctricas e *smartphones* com aplicações de disponibilidade em tempo real (Midgley, 2011 in García-Palomares 2012).

Desde a primeira geração, observa-se um multiplicar de experiências através da promoção dos sistemas de bicicletas públicas nos centros urbanos em todo o mundo, como Barcelona, Berlim e Paris, onde os modelos tornaram-se cada vez mais complexos (Bonnette, 2007; DeMaio, 2009ª in Lin 2011, García-Palomares 2012). "Hoje, estima-se que existem 375 sistemas de partilhas de bicicletas, operando em mais de 30 países em quase todas as regiões do mundo, com cerca de 240 mil bicicletas" (Midgley, 2011 in García-Palomares 2012). Esta evolução está retratada nos muitos estudos que analisam os impactos dos programas de partilha de bicicletas na mobilidade das cidades. A percentagem de viagens de bicicletas "aumentou de 0,75% em 2005 para 1,76% em 2007, em Barcelona (Romero, 2008), de 1% em 2001 para 2,5% em 2007, em Paris (Nadal, 2007; City of Paris, 2007), e de 0,5% em 1995 para 2% em 2006, em Lyon (Bonnette, 2007; Velo'v, 2009)" (García-Palomares 2012). No entanto, deve-se ter em atenção, que o aumento de viagens de bicicletas, através dos programas de partilha de bicicletas, pode ser também explicado pelas melhorias nas instalações de ciclismo, implementadas ao mesmo tempo que os programas de partilha de bicicletas (Pucher et al., 2010 in García-Palomares 2012).

Tal como as políticas de promoção em geral, os estudos dos programas de partilha de bicicletas tentaram definir e compreender os factores que explicam o maior ou menor grau de sucesso dos mesmos. Curran (2008) descreveu 14 factores-chave, que ele separa em dois níveis de importância: os factores externos ao sistema como a topografia, clima, atitudes em relação ao ciclismo e a qualidade do transporte público; os factores mais internos, tais como o tipo de bicicleta, horas de serviço, a segurança e a tecnologia da plataforma de apoio, que são classificados como sendo de importância secundária. Os elementos que ganham mais importância são a manutenção, o custo e, em particular, os factores que envolvem a localização da estação de bicicletas, a estrutura da rede e a infraestrutura da rede de ciclismo. É também essencial que o sistema de redistribuição de bicicletas seja operado eficientemente, o que remete para a localização das estações das mesmas (García-Palomares 2012).

O sucesso dos programas de partilha de bicicletas tem também em conta o atendimento aquando da procura do usuário. Para prever viagens não motorizadas, vários métodos baseados na procura foram desenvolvidos (Rybarczyk & Wu, 2011; Schwartz, 1999; Turner & Shunk, 1997 in García-Palomares 2012), e foram aplicados planeamentos de mobilidade de bicicleta. "Landis (1996) propôs um modelo de pontuação da procura latente (LDS) para estimar a procura da viagem com base em geradores de viagem de bicicleta e atractores, como emprego, centros comerciais, parques, escolas. No caso particular de programas de partilha de bicicletas, o relatório sobre a introdução de um sistema de Nova Iorque analisa a distribuição do potencial de procura do utilizador por variáveis que integram a densidade populacional, densidade de trabalho, facilidade de serviços, proximidade a atrações culturais ou recreativas, como museus, teatros e salas de concertos, e a proximidade com oportunidades de compras a retalho (NYC Dept. City Planning, 2009 in García-Palomares 2012). Sabendo a distribuição do potencial de procura e distinguindo as áreas que são geradoras de viagens daquelas que são atractoras de viagens, também se torna possível antecipar a assimetria da procura de viagens da maioria das grandes cidades. Este processo é fundamental no planeamento de sistemas de redistribuição de bicicletas" (García-Palomares 2012).

A maioria dos estudos dos programas de partilha de bicicletas (*BSS – Bicycle Sharing System*) concentra-se principalmente na "identificação de tendências espácio-temporais a partir dos dados de aluguer da estação (Borgnat et al., 2011; Froehlich et al., 2009; Kaltenbrunner et al., 2010) ou na optimização da localização das estações de BSS e número de bicicletas (García-Palomares, et al., 2012; Li net al., 2011; Sayarshad et al., 2012; Vogel et al., 2011). Os estudos que avaliam a BSS como uma parte do sistema de transporte público do ponto de vista espacial são, no entanto, mais escassos*"* (Jäppinen 2013).

Conclui-se deste modo, que os programas de partilha de bicicletas são umas das medidas mais comuns de promoção e um dos factores chave para o reforço do uso das bicicletas nas cidades, melhorando desta forma a acessibilidade por meios de transportes sustentáveis.

2.4.1.1. Exemplos de Sistemas de Partilha de Bicicletas

O primeiro sistema de bicicletas partilhadas surgiu, como referido no capítulo anterior, nos anos 60, em Amesterdão. Denominado de *White Bicycles*, este sistema

disponibilizava bicicletas de forma gratuita, que seriam utilizadas para uma viagem por uma pessoa e depois, outra pessoa poderia utilizar essa mesma bicicleta para outra viagem. Actualmente, encontra-se em funcionamento em apenas alguns lugares da Holanda, como o Parque Nacional de Hoge Velwe, onde as bicicletas circulam apenas no interior do mesmo (Antoniades & Chrysanthou, 2009 in Soares 2013).



Figura 2 - (A) Sistema Red Bikes em Madison; (B) Sistema Bike Share em Toronto; (C) Sistema Vélib em Paris; e (D) Sistema Bike Share de Hangzhou. Fonte: Google.

Alguns anos mais tarde, em 1974, surge na cidade de La Rochelle (França) um sistema de bicicletas que seria bem-sucedido, no qual a utilização de bicicletas era gratuita.

Em 1994, foi criado em Portland (EUA) um sistema de partilha de bicicletas. No entanto, devido à utilização gratuita das bicicletas, este tornou-se um sistema vulnerável ao roubo e ao vandalismo, tornando-se necessária a aplicação de alterações no sistema, o que o tornou mais restritivo. Desde então várias comunidades nos EUA têm utilizado modelos semelhantes, cada uma com diferentes graus de sucesso. Exemplo disso, é o sistema designado *Red Bikes* em Madison (figura 2), capital do estado de Wilsconsin. Numa primeira fase, forneciam-se bicicletas gratuitamente, sendo que estas tinham que se encontrar apenas em espaços exteriores, e sem qualquer cadeado, permitindo a utilização da bicicleta por qualquer pessoa. Depois, viram-se alterações quanto ao

modelo de funcionamento, onde actualmente é necessária a entrega de um depósito e a utilização de um sistema de cadeado. Este sistema encontra-se disponível desde a primavera até ao final do mês de Novembro (Antoniades & Chrysanthou, 2009 in Soares 2013).

Em 1995, em Copenhaga surgiu o sistema *City Bikes*, o primeiro sistema de segunda geração. As bicicletas deste sistema tinham componentes que não poderiam ser usados noutro tipo de bicicleta, e os utilizadores pagavam um determinado valor para utilizarem a bicicleta dentro de uma área específica, e no final, esse valor era devolvido. Este sistema foi desenvolvido por empresas que utilizam o próprio sistema, incluindo as bicicletas e o equipamento a elas reservado para publicidade. O presente modelo foi depois utilizado em várias cidades, como por exemplo Helsínquia, onde basta um depósito de 2 euros para utilizar uma das 26 bicicletas disponíveis.

O sistema *BikeShare* (figura 2) lançado em 2001, em Toronto, foi desenvolvido com o objectivo de reduzir o número de furtos de bicicleta, através da introdução de um sistema de fidelização com planos anuais de utilização. Apesar de ser o sistema mais bem-sucedido da América do Norte, em 2006 este deixou de operar devido a um deficiente financiamento (Antoniades & Chrysanthou, 2009 in Soares 2013).

O sistema de bicicletas partilhadas de Paris entrou em funcionamento em 2007, com a introdução de 11 000 bicicletas distribuídas por 750 estações. Actualmente inclui 1700 sistemas de parque nos quais se encontram distribuídas 23 500 bicicletas, e encontra-se disponível para uma população de 2,1 milhões de habitantes. Com um investimento inicial de 115 milhões de dólares, o sistema denominado *Vélib* (figura 2) é considerado um sucesso, tendo uma média de 110 000 viagens diárias, e tempos de viagem com uma duração média de 18 minutos. Os primeiros 30 minutos de utilização do sistema não têm qualquer custo para o utilizador (Le Monde, 2012; e Midgley, 2009 in Soares 2013).

Em Maio de 2009, o sistema encontrava-se também disponível nos subúrbios da cidade, com a implementação de 300 estações. O sistema de aluguer de bicicletas nas áreas limítrofes da cidade provou ser um sucesso, pois de acordo com um estudo realizado pela TNS Sofres em 2011, houve um aumento de 7% dos utilizadores do sistema *Vélib*, sendo que 43% dos utilizadores do sistema residiam nos subúrbios nesse ano, face aos 36% de utilizadores em 2009 (Le Monde, 2012 in Soares 2013).

Segundo o artigo de Le Monde (2012), o sistema *Vélib* anota um aumento continuado do número de alugueres registados de 2010 para 2012. Em 2010 foram registados cerca

de 25 milhões de alugueres e em 2011, 31,3 milhões. No primeiro trimestre de 2012, houve um aumento dos alugueres em 30% face ao primeiro trimestre de 2011, e um aumento de 63% relativamente ao primeiro semestre de 2010 (Soares 2013). Estas percentagens demonstram assim o sucesso do sistema aplicado na capital de França.

Hangzhou, na China, é uma cidade com uma população de quase 7 milhões de habitantes, onde desde 2008 existe um sistema de bicicletas públicas (figura 2) que pode ser utilizado quer por habitantes quer por turistas, sendo que 90% do total de utilização corresponde aos residentes. Inicialmente, o sistema englobava 2800 bicicletas, 30 estações fixas e 31 estações móveis; em 2011, operavam neste sistema 60600 bicicletas, distribuídas por 2416 estações. Este é um sistema de terceira geração que implica a utilização de *smart cards* para a utilização da bicicleta; e é também um sistema mais flexível face ao de Paris, pois permite que a utilização da bicicleta na primeira hora seja gratuita. Cerca de 90% das viagens de bicicleta efectuadas são grátis, e mais de 25% são realizadas durante a hora de ponta (Shaheen et al., 2011 in Soares 2013).

Em Portugal, surgiu em 2000 um sistema de partilha de bicicletas denominado de *BUGA – Bicicletas de Utilização Gratuita de Aveiro*; composto por 350 bicicletas distribuídas ao longo da cidade por 33 locais de estacionamento. Gerido pela empresa de mobilidade MoveAveiro, este sistema permite a utilização das bicicletas a utilizadores registados, ainda que com um horário limitado (das 9:00 às 18:00) (MoveAveiro, 2005 in Soares 2013). Também em Cascais, desde 2001, existe outro sistema de partilha de bicicletas, o *Bicas*. Com cerca de 20 bicicletas por posto, funciona de forma gratuita, e para utilizar a bicicleta o utilizador deve apresentar um documento de identificação num dos quiosques destinados ao efeito. O horário é também limitado, encontrando-se o serviço disponível das 9:00 às 17:00 no Inverno, e das 8:00 às 19:00 no resto do ano (http://www.cm-cascais.pt/cascais-proxima-utilizacao-das-bicas).

Existe também no Porto, desde 2008, um sistema de partilha de bicicletas implementado pela Universidade do Porto, o *BUTE (Bicicletas de Utilização Estudantil)*. Tal como o nome indica, este é um sistema orientado para o público estudantil, mais propriamente para os estudantes da Universidade do Porto (UP), onde a utilização das bicicletas é gratuita, e cada estudante pode utilizar as mesmas durante o período de vinculação à UP. Em parceria com a empresa Ideia Biba, a UP iniciou a distribuição de 4 mil bicicletas, sendo que estas seriam entregues a alunos, docentes e funcionários da UP, mediante um contrato assinado entre o candidato, a universidade e a Ideia Biba.

2.4.2. Localização das estações de bicicleta

Um dos factores chave para o sucesso dos programas de partilha de bicicletas, e da utilização da bicicleta no dia-a-dia, é a localização e distribuição das estações de bicicletas em relação ao potencial de procura (população, atividades e estações de transportes públicos). Para obter uma aceitação por parte do usuário, a distância entre as estações de origem e destino das viagens deve ser pequena, e a distância entre as estações em si deve ser apropriada para o transporte em bicicleta (Shu et al., 2010 in García-Palomares 2012). As estações de bicicleta do programa *Vélib* (Paris), por exemplo, encontram-se aproximadamente a cada 300m, e o programa *BIXI* no centro de Montreal tem uma estação a cada 250m e 300m ao longo de uma secção de 15km^2, o que permite um melhor acesso. Esta densidade de estações permite uma maior facilidade no aluguer e entrega das bicicletas por parte dos usuários quando estes já não necessitam de as utilizar. No entanto, uma alta densidade de estações requer um investimento substancial, logo verifica-se um aumento dos custos de manutenção, o que segundo alguns autores pode ser prejudicial para o sucesso do sistema (Shu et al., 2010 in García-Palomares 2012).

A maioria dos autores e estudos preliminares tendem a dar apenas recomendações gerais relativas à implementação das estações, sendo que uma dessas recomendações diz respeito à cobertura da rede. "A distribuição das estações, em geral, tem em conta o tamanho e a configuração da cidade. O guia metodológico para a introdução da partilha de bicicletas em Espanha diferencia o sistema com base no tamanho e densidade da cidade e o tipo de sistema de empréstimo (IDAE, 2007). Em cidades de alta densidade com mais de 200 mil habitantes recomendam-se estações automáticas distribuídas por toda a cidade; enquanto nas cidades de baixa densidade, a cobertura com estações automáticas é proposta apenas em centros urbanos. Na maioria das grandes cidades, no entanto, os programas de partilha de bicicletas são normalmente limitados ao centro da cidade. Só Paris tem um programa que abrange toda a cidade. Alguns estudos recomendam a introdução inicial do sistema em zonas de maior densidade, que são normalmente os centros das cidades, e gradualmente estendê-lo para alcançar as áreas periféricas" (García-Palomares 2012).

Após a consideração da área de cobertura, o local das estações para bicicletas deve ser adaptado aos objectivos do programa de bicicletas públicas, à procura que pretende

satisfazer e devem estar próximas das paragens e estações de comboio, autocarro e metro. Fukuda & Morichi (2006) sugerem que a localização exata das estações é um importante determinante na utilização futura, pois muitas vezes os usuários preferem estacionar a bicicleta na berma da estrada da sua origem e destino, do que atravessar a estrada para utilizar estação com cobertura. Deve-se ter em conta que os programas de partilha de bicicletas são especialmente vocacionados para movimentos pendulares, sendo que as estações devem ter uma localização próxima entre si e com os principais centros de transportes, sendo colocadas em bairros residenciais (origem) e bairros comerciais ou industriais (destino), o que faz com que a partilha de bicicletas seja ideal como um transporte suburbano (Martens 2007, García-Palomares 2012).

Também é essencial que a localização das estações de bicicletas seja parte integrante das infraestruturas para bicicletas, uma vez que os "programas de partilha de bicicletas normalmente fazem parte de programas de mobilidade ciclista, que antecipam a construção ou ampliação de uma rede de ciclovia em conjunto com outras medidas, como a restrição do uso do carro ou acalmia do tráfego" (Midgley, 2011 in García-Palomares 2012).

Em suma, um dos elementos chave para o sucesso de programas de partilha de bicicletas é a localização das estações. Os locais devem permitir a configuração de uma rede com distâncias entre as estações que sejam adequadas para o transporte em bicicleta, e devem estar relacionados com a proximidade da população, as atividades e a rede de transportes públicos (García-Palomares 2012).

2.4.3. Infraestruturas não motorizadas

2.4.3.1. Instalações e equipamentos de estacionamento para bicicletas

Para além da localização das estações, um bom sistema de bicicletas públicas deve ser servido por uma boa quantidade e qualidade de oferta de estacionamento. Torna-se por isso necessário, ter um bom tipo de estrutura de parqueamento, construído de acordo com o número possível de utilizadores de bicicleta existentes nesse determinado local, e de modo a responder às suas necessidades (Soares 2013).

A Associação Holandesa de Ciclismo e a Organização Holandesa de Passageiros de Transporte Público traçaram, por exemplo, um conjunto de diretrizes da quantidade e qualidade das instalações de estacionamento de bicicletas, que incluem os seguintes princípios (Leeuw, 1998; Ministerie van Werkeer & Waterstaat, 1998 in Martens 2007):

Lugares de estacionamento de bicicleta disponíveis para os viajantes de comboio regulares e acidentais; em todas as estações estão disponíveis estacionamentos regulares e verificam-se seguros ao nível do estacionamento de bicicletas e de cacifos; a distância máxima entre as instalações de estacionamento seguras e a entrada da estação é de 200 metros; e os estacionamentos regulares devem ser visíveis, de modo a reduzir o roubo da bicicleta e o vandalismo (Martens 2007). Também segundo as diretrizes mencionadas, as estações devem ter um excesso de capacidade de 20% para um estacionamento de ciclistas regulares seguro, de modo a que os usuários possam facilmente encontrar um lugar de estacionamento livre, mesmo durante os dias e horas de maior pico de procura; e devem dispor igualmente de serviços de reparações ou aluguer de bicicletas e ainda balneários para os utilizadores (Schneider et al., 2005 in Martens 2007, Soares 2013).

Os sistemas de estacionamentos subterrâneos, são também uma boa solução, uma vez que se tratam de estacionamentos compactos, que poderiam ser instalados junto a locais onde são efetivamente necessários, ajudando a organizar melhor o espaço, principalmente em áreas com uma elevada ocupação do solo. Como exemplo deste tipo de estacionamento, temos os sistemas de estacionamento de bicicleta no Japão: parques subterrâneos com proteção antissísmica, que integram um *robot* que procede ao estacionamento das bicicletas (Wako & Hasegawa, 2003 in Soares 2013).

Para além das instalações de estacionamentos, torna-se cada vez mais necessário a existência de suportes de bicicletas ou *lockers* junto a paragens de autocarro, parques para automóveis ou outros serviços de transporte. Estes são extremamente importantes, pois em vez dos utilizadores utilizarem o carro para se deslocarem para a estação, passam a utilizar a bicicleta, deixando-a estacionada de forma segura na paragem ou parque em que fazem a sua transferência modal, continuando depois a sua viagem. Ou seja, as estruturas de parqueamento promovem a intermodalidade, permitindo uma transferência dos usuários do automóvel particular, para a utilização da bicicleta em conjunto com o transporte público (Schneider et al., 2005 in Soares 2013). A utilização destes suportes, para além de requerer menores espaços de instalação, é caracterizada por uma permanência reduzida de bicicletas nesses mesmos estacionamentos. Deve-se ter em atenção, na instalação deste tipo de equipamentos, as características do local escolhido, tais como a iluminação existente, de forma a minimizar o vandalismo, e o declive dos passeios, pois se este for acentuado, os equipamentos devem ser colocados de forma a manter o equilíbrio da bicicleta quando estacionada. No caso de não ser

possível a aplicação destes equipamentos em passeios, os mesmos deverão ser colocados em lugares destinados ao automóvel, colocando lancis e pilares para uma maior proteção (Soares 2013).

2.4.3.2.Ciclovias

Cada vez mais se verifica um crescente interesse em fornecer infraestruturas para meios não motorizados de transporte, como o ciclismo. No entanto, os planeadores de transporte precisam de melhores dados e novas ferramentas para atender às necessidades dos ciclistas, uma vez que os planeadores não têm tantos dados nem ferramentas necessárias para prever o uso de instalações; e a capacidade de escolha baseada nas evidências de alternativas de investimento e na optimização da gestão de sistemas de transportes não motorizados, é limitada (Porter & Suhrbier, 1999 in Hankey 2012). Numa avaliação nacional, o *Bureau of Transportation Statistics* concluiu que a prioridade para melhores dados é alta, pois os dados sobre o número de ciclistas por estabelecimento ou área geográfica são pobres (BTS, 2000 in Hankey 2012), e geralmente, não se encontram disponíveis.

Torna-se por isso fundamental a recolha de dados sobre o ciclismo, e posterior análise dos mesmos, para optimizar o investimento na melhoria das ciclovias. Uma das formas de recolha de dados é contagem de bicicletas. Esta, segundo Hankey et al., (2012), está associada à classificação funcional da rua, sendo que em geral, o tráfego de bicicletas é superior nas ruas com instalações para as mesmas, face às ruas sem instalações para as bicicletas (Hankey 2012, Suzuki 2012). Ou seja, a percentagem de viagens efectuadas em bicicleta é influenciada por uma efectiva promoção, planeamento e fornecimento de infraestruturas e equipamentos (Ramos 2008).

Para o planeamento de ciclovias, é essencial uma análise prévia da rede ciclista existente e o estudo de possíveis rotas que promovam a utilização crescente do ciclismo. A escolha destas rotas tem por base, a preferência dos ciclistas, onde segundo Chinzan et al., (2007), o caminho mais curto com pavimento é o factor de eleição. Também outros factores influenciam a atratividade da bicicleta numa rede, tais como a inclinação, a quantidade de tráfego de veículos motorizados, a estética e a qualidade do pavimento. No entanto, as curtas distâncias e menores tempos de viagem são os factores de destaque para os ciclistas na escolha das rotas de viagem. A origem e destino da rota ajudam também, na identificação das características do comportamento de viagem em

bicicleta, sendo que o resultado dessas características ajuda a extrair as ruas/estradas a serem evitadas (Suzuki 2012).

Um factor essencial para o planeamento e escolha de rotas a utilizar pelos ciclistas é a inclinação das rotas, uma vez que estes não gostam de subir inclinações com mais de 4% e evitam inclinações superiores a 8%. Assim sendo, em cidades que os declives são inferiores a 4%, a topografia não é um factor limitante, no entanto, esta pode tornar-se uma restrição significativa em declives entre 4% e 8%, pois os ciclistas irão descer a encosta mas recusar-se-ão a fazer o percurso de volta (Midgley 2011).

O planeamento da rede viária ciclista deve assim ter em conta as características de procura de viagens para o tráfego de bicicletas, sendo que a rede deve incluir cinco requisitos: segurança, consciência, imediatismo, conforto e diversão. Para garantir a eficácia destes requisitos, é necessário entender profundamente a rota escolhida pelos ciclistas, e procurar encontrar e resolver (se preciso) os problemas que essa rede requer (Tolley et al., 2003 in Suzuki 2012).

A pavimentação, a drenagem e a sinalética são três elementos em destaque que contribuem para a garantia dos requisitos assinalados. A pavimentação é uma característica das infraestruturas que contribui diretamente para a segurança e conforto dos ciclistas. Esta deve apresentar uma superfície regular antiderrapante, sem causar trepidações; sendo que em situações em que se pretenda o abrandamento de velocidades, podem ser aplicados elementos que provoquem rugosidade. A drenagem é outro aspecto a ter em atenção na aplicação de determinados tipos de pavimento, uma vez que a velocidade com que a água se infiltra no pavimento, e daí se escoa, é de grande relevância para a garantia de uma circulação mais cómoda, sem salpicos de água e sem a ação de inércia provocada pelo seu excesso. Por sua vez, a sinalética é essencial para o sucesso de um percurso ciclável. Esta garante a segurança dos ciclistas nas proximidades de conflitos, e permite a existência de indicações direcionais que orientam devidamente, reunindo condições para uma circulação mais eficaz ao longo do percurso (CEAP, 2007 e FS, 2007 in Moreira 2011).

As ciclovias funcionam assim como um mecanismo de complementaridade, de desenvolvimento e de reestruturação dos transportes de uma cidade e também de toda a sua envolvente espacial. Estas infraestruturas podem ser encaradas como componentes de política de regeneração urbana, que poderão e deverão ser utilizadas na modernização e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos nas cidades modernas (Ramos 2008).

2.5.Complementaridade com o transporte público

A intermodalidade nos sistemas de transportes proporciona complementaridade e soluções em cadeia que permitem a conexão entre diferentes meios de transporte, o que satisfaz da melhor forma uma determinada deslocação entre um ponto de origem e um ponto de destino (IMTT, 2011b in Ruxa 2013). Implica igualmente uma boa articulação entre os meios, o dimensionamento cuidado dos interfaces, os sistemas de informação e a bilhética integrada (Silva, 2009 in Ruxa 2013).

É por isso essencial melhorar a acessibilidade por transporte público, e a competitividade destes mesmos meios, integrando as bicicletas em sistemas de transportes sustentáveis, uma vez que estas revelam-se uma importante ponte de ligação aos demais meios de transportes (Lin & Yang, 2011; Midgley, 2009; Shaheen et al., 2010 in Jäppinen 2013). Se houver um planeamento integrado entre a bicicleta e os transportes públicos, a bicicleta pode ter um contributo relevante para a subida de quota de mercado dos transportes públicos (APA, 2010b in Ruxa 2013).

Vários estudos e aplicações demonstram que esses objectivos podem ser atingidos, através da partilha de viagens de bicicleta em complementaridade com outros transportes públicos, como o autocarro, o metro ou o comboio, quando estes têm os mesmos pontos de origem, o que levaria à substituição das viagens de carro, e gradualmente ao aumento da percentagem de viagens de bicicleta (Bührmann, 2007; Nadal, 2008 in Keijer 2000, Jäppinen 2013). Esta complementaridade entre a bicicleta e os transportes públicos é normalmente composta por três etapas: a deslocação em bicicleta desde a origem até à paragem/estação de transporte público, a deslocação no transporte motorizado, e a deslocação novamente em bicicleta desde a paragem/estação até ao destino final da viagem. Tendo em conta que a deslocação é feita em bicicleta e não a pé, a uma velocidade de 20km/h, os sistemas de transportes públicos passam a ter uma maior área de abrangência, pois as deslocações com uma duração de 10 minutos, permitem o acesso de ciclistas a uma área 16 vezes maior do que a de pedestres (Jacobsen 2008).

Ou seja, a existência de uma cadeia multimodal, por exemplo, andar de bicicleta até uma paragem de autocarro, no qual se iria até à estação ferroviária, e depois voltar a andar de bicicleta até ao ponto de destino, traz uma perspectiva competitiva, uma vez que os viajantes geralmente podem escolher várias cadeias multimodais conforme as

rotas que se podem realizar, desde o ponto de origem até ao ponto de destino, uma vez que a área de abrangência é significativamente maior. Além disso, as cadeias multimodais podem ser mais rápidas face ao transporte unimodal do carro, principalmente em áreas urbanas congestionadas (Moreno 2004).

De reparar no entanto, que muitas vezes na viagem de volta, a participação da bicicleta é substancialmente menor, devido à limitada disponibilidade das mesmas (Martens, 2004 in Keijer 2000, Jäppinen 2013). Ou seja, existe uma grande diferença entre o uso da bicicleta no acesso e mais tarde no regresso, que é o resultado da assimetria na disponibilidade deste transporte sustentável (Rietveld, 2000 in Martens 2007). As bicicletas normalmente são armazenadas em casa, estando facilmente disponíveis para as viagens de acesso aos transportes públicos. Em contraste, para a viagem de regresso, não se encontra a mesma quantidade disponível; isto mesmo em países que usam a bicicleta como transporte, como a Holanda ou a Dinamarca (Martens 2004). Esta falha pode no entanto ser colmatada, com os novos sistemas de partilha de bicicletas.

Uma comparação de tempos de viagem em 25 ligações casa-trabalho na Holanda, mostrou que pode haver uma descida em média de 1.43 para 1.25 do tempo de viagem, quando comparamos o transporte público e o carro privado, se a bicicleta for usada para as viagens de acesso e regresso para as estações de comboio e autocarro, em vez da utilização única do transporte público ou apenas a pé (anónimo, 1998 in Martens 2007). Ou seja, esta complementaridade torna-se competitiva, aumentando substancialmente o número de passageiros que pode utilizar a bicicleta como complemento de outros transportes públicos. Por exemplo, a utilização de programas de partilha de bicicletas com o comboio na Holanda, resultou numa elevada percentagem de viagens de negócios. Cerca de 45% dos passageiros dos comboios suburbanos utilizam as bicicletas para fazer transferências e conexões, o que sugere que a complementaridade entre estes dois meios de transportes pode competir com o automóvel particular em termos de conforto e de tempo de viagem (Rietveld 2004, Martens 2007, Ruxa 2013).

O estudo de Haskoning (1991), por exemplo, mostrou que uma gestão integrada das paragens de autocarro e das boas infraestruturas de estacionamento de bicicletas resultam num aumento do uso do autocarro entre os usuários regulares do mesmo (13%), bem como entre os passageiros que usam principalmente o carro (2%) ou a bicicleta (1%) (Martens 2007).

Esta complementaridade entre a bicicleta e os transportes públicos reverte-se assim, numa série de benefícios ambientais, de saúde e sociais face ao automóvel particular. Os

primeiros incluem a redução do consumo da energia, e da poluição atmosférica e sonora; sendo que a magnitude destes benefícios irá depender do número e da duração das viagens de carro que forem substituídas pelas cadeias multimodais; e a substituição das longas viagens de carro pela complementaridade da bicicleta com os transportes públicos, poderá reduzir os níveis de congestionamento em corredores específicos ou estradas de acesso às estações. Poderá também fortalecer o desempenho económico de linhas de transportes públicos específicos, ao atrair um grupo adicional de consumidores. Ou seja, a interação entre a bicicleta e os transportes públicos provocaria provavelmente um aumento da área de captação e patrocínio subsequente ao transporte, uma maior eficiência do último, e uma procura global para o ciclismo (Keijer 2000, Martens 2004, Krizek 2010).

Entende-se então que, uma integração eficaz da bicicleta e do transporte público exige a análise de uma ampla gama de alternativas, tais como o planeamento dos padrões de viagem tendo em conta as necessidades dos indivíduos; e as características das formas urbanas (Krizek 2010).

Segundo Jäppinen et al., (2013), para mudarmos os hábitos de mobilidade urbana é essencial a competitividade dos meios de transporte sustentáveis. A acessibilidade, e em especial o tempo de viagem, são os factores que mais influenciam a perceção das pessoas sobre a competitividade dos diferentes meios. O estudo realizado mostra, que para aumentar a competitividade face ao automóvel, deve haver uma profunda integração dos diferentes meios de transporte sustentáveis, melhorando consecutivamente a sua acessibilidade. Ou seja, ampliando o transporte público em conjunto com a partilha pública de bicicletas, gerar-se-á uma economia de tempos clara, para a população da área de estudo. Também se deve ter em atenção que esta competitividade depende fortemente da distância de acesso aos transportes públicos. Para distâncias curtas, a maioria das pessoas prefere caminhar ou deslocar-se em bicicleta, enquanto para maiores distâncias, normalmente, já recorrem ao automóvel particular (Keijer 2000).

Um BSS teria então um efeito relevante nos tempos de viagem dos transportes públicos, mais precisamente sobre os tempos de acesso e regresso. Verificar-se-ia uma economia de tempo no acesso e saída dos transportes públicos, sendo que os usuários poderiam escolher conexões de transporte público mais rápidas para a sua viagem (Jäppinen 2013). A introdução da bicicleta em complementaridade com o transporte público, no estudo de Martens (2007) demonstrou um pequeno aumento do número de passageiros

do comboio. Cerca de 15% de todos os usuários de bicicleta e transporte público indicaram que a combinação bicicleta-comboio substituiu as viagens anteriormente realizadas por carro.

A flexibilidade da bicicleta cria assim uma ligação porta-a-porta, na qual as pessoas não têm de esperar pela próxima ligação de transportes públicos, pois uma bicicleta partilhada pode ser alugada imediatamente, o que de acordo com Keijer & Rietveld (2000), é um elemento crucial de satisfação ao usar várias linhas de transporte numa só viagem (Jäppinen 2013).

Para além dos sistemas de partilha de bicicletas, um elemento chave a ter em conta é a localização das estações de bicicleta em relação à rede de transportes públicos (Martens, 2007 in García-Palomares 2012). Ou seja, a complementaridade da bicicleta dentro do sistema de transporte público, uma vez que esta estende o raio de influência das paragens e estações de trânsito em movimentos relacionados com o acesso e a dispersão (García-Palomares 2012).

Na Europa e no Japão, as instalações de estacionamento de bicicletas ou estações das mesmas, encontram-se em grande escala na maioria das estações ferroviárias suburbanas e em muitas estações de metro (DeMaio & Gifford, 2004; Holtzman, 2008; Litman, 2009; Martens, 2007; Pucher & Buehler, 2008 e 2009 in García-Palomares 2012); sendo o estacionamento de bicicletas em pontos de autocarros menos comum (Pucher et al., 2010 in García-Palomares 2012).

Apesar da base de conhecimento existente sobre a complementaridade entre a bicicleta e o transporte público ser ainda recente e de pequena dimensão, sabemos que a complementaridade está a crescer (Krizek 2010).

2.5.1. Exemplos de BSS's em complementaridade com os transportes públicos

Existem várias cidades que pretendem a utilização dos sistemas de partilha de bicicletas como complemento aos vários serviços de transporte público.

A cidade de Guangzhou, na China por exemplo, integra a bicicleta como base do sistema de BRT (Bus Rapid Transit) e do sistema de Metro. Este sistema opera com 5000 bicicletas distribuídas por 113 estações (Shaheen et al., 2011 in Soares 2013).

Na Holanda, em 2002, foi aplicado o sistema *OV-fiets* (OV = transporte público, fiets = bicicleta) como sistema piloto, subsidiado por sistemas públicos, que tinha por objectivo tornar a bicicleta parte do sistema público do transporte ferroviário. Este sistema oferece

um acesso fácil e rápido às bicicletas, que podem ser utilizadas como extensão da viagem de comboio. Presente nas maiores estações de comboio da Randstad, o serviço engloba as quatro principais cidades holandesas: Amesterdão, Roterdão, The Hague e Utrecht e as periferias das mesmas; ou seja, este serviço de aluguer de bicicletas está presente de forma permanente em 100 das 225 estações de comboios que compõem actualmente o sistema, cobrindo uma área de 8 287km^2, com cerca de 7 milhões de pessoas (Buhrmann, s.d. in Soares 2013).

Neste sistema, os utilizadores têm de se registar antes de utilizar o serviço, através de um cartão que permite a utilização das bicicletas. Estas podem ser utilizadas e imobilizadas depois no ponto de destino por um determinado intervalo de tempo, sendo que posteriormente, o utilizador deve devolver a bicicleta numa estação de comboio. Em 2006, haviam mais de 23 000 utilizadores registados no sistema; e em 2007, houve uma integração da *OV-fiets* na companhia de caminhos-de-ferro holandesa NS, tornando este sistema de partilha de bicicletas, num dos poucos sistemas públicos de bicicletas em que é expectável a rentabilidade a curto prazo, uma vez que aposta numa economia de escala (Buhrmann, s.d. in Soares 2013).

O serviço *OV-fiets* integra ademais serviços que se adequam a empresas, tendo condições vantajosas para as últimas, o que leva a que os colaboradores das empresas passem a utilizar o comboio nas suas deslocações diárias para o trabalho. As bicicletas também podem ser alugadas a partir do comboio, anotando-se uma utilização eficaz das mesmas na estação de destino; e os assinantes do serviço podem utilizar um serviço de bicicletas eléctricas, o que reflete um serviço mais versátil (Buhrmann, s.d. in Soares 2013).

2.6.Integração com os transportes públicos

A integração da bicicleta com o transporte colectivo torna-se cada vez mais uma combinação forte, pois associa a flexibilidade, rapidez em áreas densas, eficiência em áreas dispersas, e a economia de espaço para estacionar da bicicleta, com a rapidez em viagens de longas distâncias, e a eficiência em deslocamentos com uma elevada procura de transportes colectivos (Jacobsen 2008).

Assim sendo, por todo o mundo registam-se vários casos de integração da bicicleta com os transportes públicos, como o autocarro, metro ou o comboio, uma vez que estes, para além de serem transportes de alta capacidade, são os que apresentam vantagens em

relação à bicicleta por possuírem itinerários mais longos e velocidades mais elevadas (Jacobsen 2008).

Exemplo disso é o relatório denominado *Integration of bicycle and transit – A synthesis of transit practice*, publicado pelo *Transportation Research Board* em 2005. Neste relatório observam-se as melhores práticas quanto à integração da bicicleta com vários meios de transporte nos Estados Unidos da América e no Canadá, como o comboio ou o metro ligeiro de superfície (Schneider et al., 2005 in Soares 2013).

Quanto à utilização das bicicletas no sistema de comboios, referem-se os vários serviços existentes, cada um com as suas características (Schneider et al., 2005 in Soares 2013):

- As bicicletas podem ser transportadas no interior das carruagens apenas fora das horas de ponta, em locais reservados ao efeito em cada composição (p.e. *Whashington metropolitan area transit authority*);
- As bicicletas podem ser transportadas no interior dos comboios a qualquer hora (p.e. *New York City transit*);
- Os utilizadores de bicicleta podem transportar a bicicleta dentro do comboio fora da hora de ponta; e durante as horas de ponta, apenas podem utilizar em sentido contrário ao que regista mais afluência (p.e. *Bay Area rapid transit*);
- As bicicletas podem ser arrumadas com recurso a ganchos ou sistemas de parqueamento existentes em cada carruagem (p.e. *New Jersey transit corp*.);
- Apenas é permitido o transporte de bicicletas dobráveis no interior do comboio (p.e. *Maryland transit administration*).

Este relatório inclui inquéritos realizados aos utilizadores de bicicletas, onde os mesmos se mostram satisfeitos em relação ao transporte de bicicletas no interior do comboio, no entanto, a proibição do uso da bicicleta nas horas de ponta mostrou-se um factor de desagrado para os inquiridos (Soares 2013).

Este documento demonstra, que os organismos consultados têm a integração da bicicleta com os serviços de transporte como base para uma maior atração de passageiros, uma vez que a utilização da bicicleta aumenta a área de influência do modo de transporte ferroviário (Soares 2013).

A cidade de Kaohsiung é uma das cinco cidades *bike-friendly* da Ásia, pois como se localiza numa área com poucas acessibilidades para a população, a mesma criou uma rede de 150km de ciclovias, composta por estruturas destinadas aos ciclistas, o que se traduziu numa boa acessibilidade ao serviço de metro. Tendo como distância a percorrer

cerca de 2km para chegar até uma estação de metro, considerou-se viável o estudo da integração da bicicleta neste caso concreto (Cheng & Liu, 2012 in Soares 2013).

Como estratégias da integração da bicicleta no sistema de metro temos o *bicycle-on-transit*, o *shared bicycle* e o *two bicycles*. O primeiro sistema, por exemplo, consiste no transporte da bicicleta no interior da carruagem, sendo que este transporte pode realizar-se de quatro formas distintas: a bicicleta pode ficar estacionada em áreas identificadas para o efeito; a bicicleta é presa com recurso a suportes no interior de cada carruagem; existem ganchos que permitem a arrumação da bicicleta no interior de cada carruagem; ou é permitida a entrada de bicicletas no interior da carruagem apenas nas horas de menor afluência, onde existe um menor fluxo de passageiros (Schneider et al., 2005 in Soares 2013).

Em Portland (EUA), foi integrado no metro de superfície (TriMet) em 1991, um sistema de apoio ao transporte de bicicletas no interior do veículo, que tem realizado melhorias permanentes na acomodação das bicicletas no interior das carruagens. A TriMet encara a bicicleta como uma forma de estender as deslocações aos utentes, pois deste modo, os ciclistas acedem a zonas que não estão presentemente servidas de acessos para o automóvel. Para isso, retirou as restrições de horários de acesso das bicicletas e limites de idades dos ciclistas, e incluiu ainda sistemas de suportes de bicicletas em lugares reservados, para que no caso de esses mesmos lugares não estarem ocupados, os ciclistas possam utiliza-los para o transporte de bicicletas, o que proporcionou um maior conforto e um aumento da utilização das bicicletas no metro (Schneider et al., 2005 in Soares 2013).

Em diferentes redes de metro observam-se várias modalidades para o transporte de bicicletas, sendo que em alguns casos pode haver distinção entre o tipo de bicicleta que é possível transportar, oferecendo as bicicletas dobráveis menores restrições, uma vez que permitem uma menor afectação do espaço no interior do veículo. Por exemplo, o metro de Londres permite o transporte de bicicletas dobráveis durante todo o dia, no entanto, as bicicletas convencionais apenas podem circular no metro das 10:00 às 16:00, e das 19:00 às 7:00, evitando assim as horas de ponta. O metropolitano de Viena permite o transporte de bicicletas de segunda a sexta-feira entre as 9:00 e as 15:00, e depois das 18:30; e aos sábados, domingos e feriados, o transporte é permitido ao longo de todo o dia. Em alguns sistemas é imposto um limite à idade do passageiro que transporta a bicicleta, tendo em conta a capacidade que a pessoa tem para manobrar a

bicicleta no interior da carruagem (Schneider et al., 2005; Transport for London; e Wien Tourism, s.d. in Soares 2013).

De referir, que a maioria dos sistemas ferroviários e metros cobram uma taxa adicional, para os ciclistas levarem as suas bicicletas nas carruagens destes meios de transportes públicos (Pucher 2008).

Por sua vez, a integração das bicicletas nos autocarros é geralmente realizada através da utilização de suportes. Segundo o Transportation Research Board (2005), a utilização de suportes dianteiros para duas ou três bicicletas são o tipo de equipamento de uso mais frequente nas transportadoras (Jacobsen 2008).

2.7.Acesso aos transportes públicos

A acessibilidade é um dos conceitos mais importantes no estudo dos sistemas de transporte e fornecimento de acesso, e é sem dúvida, uma das principais funções de um sistema urbano, uma vez que é a base para o planeamento ao nível do bairro, para um *design* orientado para os transportes e para os pedestres. Medir o nível de acessibilidade fornecido pelas alternativas de transporte é fundamental para ajudar a apoiar o processo de planeamento de transporte e a tomada de decisão; pois a acessibilidade torna-se uma questão crítica a partir tanto da mobilidade sustentável como da acessibilidade sustentável (Black, 1996 e Weber, 2006 in Gutiérrez 2008, Hess 2009, Lei 2010).

Segundo Dalvi (1978), conceitualmente, a acessibilidade é uma medida de facilidade, na qual as pessoas podem chegar aos seus destinos ou locais de actividade, ou seja, é um processo associado ao acesso e saída das paragens ou estações de transportes públicos, percebido em termos espaciais como a proximidade física para as paragens e estações de trânsito (Gutiérrez 2008, Lei 2010).

O transporte público, em comparação com outros modos de transporte, influencia a acessibilidade de forma única, pois este tem em conta factores como o orçamento, o tempo e as características socioeconómicas, e a viagem depende significativamente das rotas, horários, localização do utilizador, e da hora do dia em que a viagem é feita (Lei 2010).

Apontam-se então várias métricas de acesso. A acessibilidade do sistema é uma métrica que trata do acesso físico para um sistema, com base na distância, no tempo ou esforço para atingir o sistema da rede ou um conjunto de pontos de acesso associados ao referido sistema. Por exemplo, Nyerges (1995) utilizou os SIG para analisar a cobertura

do transporte em Seattle, através da criação de *buffers* em torno de rotas de transportes, a fim de identificar as ruas cobertas pelo sistema. Se uma rua se cruza com um dos *buffers*, considera-se que todas as pessoas que se encontram ao longo dessa rua têm um bom acesso ao sistema de transporte. O'Sullivan et al., (2000) desenvolveram um modelo de caminho mais curto com uma rede multimodal de autocarro e comboio, através da identificação do caminho de menor custo em termos de tempo de viagem, a partir de um determinado ponto de origem até ao ponto de destino. Gent & Symonds (2004) propuseram um método semelhante para calcular o tempo de viagem, onde identificaram as áreas que estavam dentro de uma área de influência de 60 minutos a partir do centro da cidade. Os trabalhos de Liu & Zhu (2004), O'Sullivan et al., (2000), Hillman & Pool (1997) e Gent & Symonds (2004) concentram-se na capacidade do sistema levar um indivíduo a um determinado destino. No entanto, estes baseiam-se no pressuposto de que a viagem e os tempos de manutenção são os mesmos, independentemente da hora e do dia da semana. Para resolver esta situação, Peng (1997) desenvolveu um planeador de viagem que utilizava horários e rotas, de modo a que o usuário, a partir do seu ponto de inicial possa encontrar o caminho mais rápido para chegar ao destino desejado (Lei 2010).

Para além da métrica da acessibilidade física, é necessário estimar o tempo que se leva a fazer a viagem utilizando o transporte. "Muitos projetos que envolvem os SIG para estimar o acesso usam a distância como um intermediário para o tempo de acesso ou usam a distância dividida pela velocidade média de viagem" (Ritsema van Eck & Jong, 1999, e Liu & Zhu, 2004 in Lei 2010). A razão deste acontecimento, prende-se com o facto de muitas aplicações SIG fornecem um algoritmo de menor distância, que pode ser aplicado para encontrar menores distâncias de rede; isto, sem a necessidade de desenvolver códigos especializados ou exigir dados de velocidade. No entanto utilizar a distância da rede como um p*roxy* para o tempo pode-se traduzir num erro considerável, pois os tempos de transporte podem variar consideravelmente numa rede, dependendo dos horários, tempos de transferência, etc. Há igualmente exceções notáveis que ignoram o tempo, tal como Liu & Zhu (2004) que usam um algoritmo de caminho mais curto para gerar desde um ponto de origem até um ponto de destino, o comprimento do caminho mais curto. O comprimento deste caminho é composto por três elementos: a distância de viagem até à rede, a distância de viagem pela rede, e a distância de viagem desde a rede até ao destino. Estas distâncias são convertidas em tempo de viagem, ao dividir cada componente de distância por uma velocidade média de viagem para esse

mesmo componente. A abordagem utilizada não lida especificamente com tempos de espera nas paragens, com os tempos de transferência entre rotas de diferentes meios de transporte, e com a variação dos tempos de marcha entre as rotas, dependendo da hora do dia (Lei 2010).

Desenvolver um modelo de tempo explícito requer a utilização no mínimo, dos horários de transporte, a rede viária e a localização das paragens e estações de transportes públicos (Lei 2010).

O uso final do transporte público é então o resultado da distância que as pessoas estão dispostas a andar para aceder a paragens ou estações de transportes públicos. E maior é a probabilidade de utilização do serviço, quanto maior for a população que vive e/ou trabalha na proximidade de transportes (Martens 2007, Gutiérrez 2008, García-Palomares 2013, Jäppinen 2013).

A distância de acesso pode ser menor ou maior segundo o local da cidade. Por exemplo, nos centros das cidades existe um maior serviço de transportes local caracterizado por curtas distâncias, velocidades mais baixas, e paragens mais próximas, o que leva a que a distância de acesso seja menor. Já nos subúrbios, os serviços de transportes não são tão frequentes, existem maiores distâncias entres as paragens e estações de transportes, o que torna a distância de acesso maior. Estas distâncias superiores podem ser colmatadas pelo uso da bicicleta, uma vez que esta é mais eficiente para maiores distâncias de acesso (Krizek 2010).

O desenho urbano apresenta igualmente um forte impacto na acessibilidade ao transporte público. Os padrões tradicionais associados a ruas de malha regular (ortogonal) melhoram o acesso dos pedestres aos transportes públicos, pois os quarteirões são geralmente de dimensões pequenas e com uma rede viária bem conectada o que facilita o acesso às paragens e estações. As áreas recém-desenvolvidas, predominantemente concebidas para o transporte privado, pelo contrário, tendem a limitar o acesso às principais vias, o que terá um impacto negativo no uso do transporte público. Para resolver este problema, nos últimos anos têm-se realizado muitos estudos comparativos do uso do solo e do transporte, e chegou-se à conclusão de que a promoção do neotradicionalismo, com a sua ênfase orientada para o desenho urbano dos transportes, poderá ser parte essencial da resposta para este problema (Zhao et al., 2003 e Hsiao et al., 1997 in Gutiérrez 2008, Ozbil 2009).

Tendo em conta que o principal determinante no consumo do transporte é a acessibilidade espacial para o sistema de trânsito, só na presença da mesma é que o

usuário considerará outros factores como o custo, conforto ou segurança, sendo que os usuários de trânsito, principalmente nas áreas urbanas, acedem aos sistemas de transportes maioritariamente a pé. Esta acessibilidade tem em conta a distância, factor crítico na escolha da rota para aceder aos transportes públicos, a mobilidade pessoal, e consequentemente uma boa infraestrutura para o acesso aos transportes públicos, como passeios, iluminação pública e áreas de repouso.

Segundo a pesquisa de mobilidade realizada em 2004 em Madrid, 80% dos passageiros acede à rede de metro a pé (Beimborn et al., 2003 in Zhao 2003, Gutiérrez 2008, Hess 2009, García-Palomares 2013).

Por esta razão, no planeamento do transporte deve-se analisar a população e os postos de trabalho com acesso a pé (e em bicicleta) às paragens e estações de transporte. Assim, as estimativas da população com acesso ao transporte são um contributo importante para as estimativas da utilização do transporte (Biba et al., 2010 in Horner 2004, García-Palomares 2013). Esta acessibilidade quer a pé quer em bicicleta é geralmente estudada pela análise de cobertura, que considera a estimativa do número de pessoas ou empregos dentro de uma determinada distância em relação às paragens e estações de transporte. Este processo de estimação exige naturalmente, os elementos da rede de transportes (como as rotas e paragens), bem como a procura de viagens (locais potenciais) a serem representadas digitalmente (Horner 2004, García-Palomares 2013).

Esta abordagem torna-se essencial para a tomada de decisões futuras sobre a necessidade de planear-se mudanças na forma urbana, atendendo às extensões da rede, à localização de novas paragens e estações de transporte público em áreas de alta procura potencial, onde se deve ter em atenção a equidade social atendendo aos níveis de acesso, uma vez que, a análise da acessibilidade visa garantir aos cidadãos a igualdade de oportunidades de acesso às redes de tráfego. A partir desta perspectiva, é necessário saber quais as áreas de habitação ou de localização das atividades económicas não abrangidas pela rede, ou seja, localizadas fora de um certo limite de distância (al. 2010, García-Palomares 2013).

Entende-se assim que, um sistema de transporte eficaz e fácil de usar é fundamental para as cidades e regiões sustentáveis, e que um conveniente acesso para as paragens e estações de transportes públicos faz destes uma atração para uma maior quantidade possível de usuários, demonstrando assim o desempenho do serviço (Levinson, 1992 in Hess 2009, al. 2010).

2.7.1. Distâncias de acesso às facilidades de trânsito

Dada a natureza espacial da análise de cobertura de rede, os SIG tornam-se uma ferramenta fundamental, pois estes fornecem recursos para a recolha de dados, gerem e manipulam dados de análise espacial, análise de rede e permitem a apresentação dos resultados através da cartografia (Zhu & Liu, 2004 in Gutiérrez 2008).

Cada vez mais usados na pesquisa e planeamento dos transportes por causa da sua capacidade de gerir, exibir e analisar dados espaciais, os SIG fornecem uma estrutura flexível para a estimação da população e emprego atendidos pelo transporte. Estes podem ser obtidos através do delineamento das áreas geográficas em que considerem que a procura de transportes deve ser servida, determinando a população e o emprego respectivo de cada área (Hsiao et al., 1997; Miller, 1999; Murray et al., 1998; Nyerges, 1995; O'Neill et al., 1992 e Peng & Dueker, 1995 in Gutiérrez 2008, al. 2010). Identificar a percentagem de população servida é uma medida-chave de desempenho, que depende principalmente da definição das áreas de serviço. Definir a área de serviço em torno de cada estação de transporte público é uma questão complexa e importante, uma vez que pode ser usada para definir o espaçamento ideal entre paragens, identificar as redundâncias e lacunas no sistema, e entender e prever a procura do transporte. A definição de zonas de serviço deve deste modo, estar relacionada com o tipo de serviço a ser oferecido, a sua frequência e confiabilidade (El-Geneidy 2009).

A utilidade dos SIG no planeamento dos transportes tem por isso sido amplamente reconhecida (Nyerges, 1995; Miller, 1999; Miller & Shaw, 2001 in Gutiérrez 2011), uma vez que estes ao fornecerem uma estrutura flexível para delinear áreas de cobertura das redes de transportes públicos, e ao obterem a procura que as mesmas servem, real ou potencial, constituem-se como uma componente obrigatória nos estudos destinados à planificação ou gestão dos transportes (Moreno 2004, García-Palomares 2013).

A análise de cobertura de redes tem em conta a geometria das mesmas, proporciona uma estimativa real da população e emprego atendidos, e com isso, a procura potencial para as paragens ou estações de transportes públicos. Ou seja, a análise de cobertura permite uma avaliação da acessibilidade dos pedestres ou ciclistas para os pontos representativos das paragens e estações de transportes públicos. A análise de cobertura pode ser entendida como uma medida de oportunidades acumuladas, pois esta tem como objectivo, calcular a quantidade de população e/ou emprego dentro de uma determinada distância ou tempo limite, tendo como base um ou vários pontos de acesso, que

representam as paragens ou estações da rede de transportes. Através desses mesmos pontos, a medida de oportunidades acumuladas fornece uma estimativa da procura potencial da rede. No entanto, a análise de cobertura apresenta igualmente desvantagens, pois a sua função considera a população/emprego dentro de uma área coberta a ser servida por uma rede, e não considera na análise a população fora desta área coberta, que se encontra sem serviço. Toda essa população coberta apresenta diferentes graus de acessibilidade aos transportes, o que não é tido em consideração; e apesar da sua utilidade, a análise de cobertura assume que a acessibilidade fora da área de cobertura é inexistente, quando existem pessoas que para aceder a uma estação, preferem caminhar uma distância um pouco maior do que o limite de cobertura pré-estabelecido (Moreno 2004, Gutiérrez 2008, Gutiérrez 2011, García-Palomares 2013).

A análise de cobertura da rede dos transportes públicos apresenta várias aplicações no planeamento do transporte: (1) a avaliação da rede de transportes através da identificação das áreas povoadas fora da área de cobertura da rede de transportes públicos, uma vez que deve ser dada uma maior atenção a estas áreas através da aplicação de medidas como a ampliação da rede; (2) a localização de novas estações, adequadas para integrar a nova procura, através de uma comparação do potencial de procura de cada uma das alternativas para os novos pontos de paragens ou estações da rede de transportes públicos; (3) avaliação dos planos de transporte público, em termos da população e emprego servidos, que permitam a ampliação da rede de transportes públicos e a análise da contribuição de cada paragem/estação para a cobertura total da rede; (4) e modelos de procura de viagem, uma vez que a acessibilidade para os transportes públicos é uma mais-valia para muitos modelos de procura de viagens, para assim se determinar qual a divisão modal dos transportes do percurso de acesso (Zhao et al., 2003 in Gutiérrez 2008).

Existem diversas metodologias de cálculo realizadas, sendo que os resultados diferem conforme a definição das áreas de cobertura (distâncias em linha recta[3] ou em rede[4]), e segundo os efeitos de unidades espaciais que contêm informações sobre a população (Guitérrez & García-Palomares, 2008; Horner & Murray, 2004; Hsiao et al., 1997;

[3] As áreas de cobertura ou de serviços podem ser delineados por SIG através da criação de *buffers* em torno das facilidades de transporte com base na distância euclidiana (Gutiérrez & García-Palomares, 2008).

[4] A operacionalização das áreas de serviço em SIG é baseada em cálculos de distância ou tempos de viagem ao longo de uma rede de ruas (Gutiérrez & García-Palomares, 2008).

Murray, 2001; Murray et al., 1998; O'Neill et al., 1992; Peng & Dueker, 1995; Wu & Murray, 2005 in Zhao 2003, Moreno 2004, al. 2010, García-Palomares 2013).

A prática usual para análise de áreas de serviço em SIG é o cálculo em linha recta, em torno das paragens ou estações, calculando a população residente dentro dos limites de distância pré-definidos. O cálculo de distâncias euclidianas tem como vantagem a sua simplicidade, no entanto torna-se impreciso, pois os pedestres seguem o *layout* da rede viária existente para aceder às paragens e estações, não se deslocando em linha recta, o que provoca uma sobrestimação da população coberta. A fim de evitar esta sobrestimação, pode-se calcular as distâncias ao longo da rede viária, simulando as rotas reais seguidas pela população na sua deslocação para as paragens e estações. Com a aplicação deste método, a área de cobertura resultante não é um círculo, como na distância em linha recta, mas sim um polígono irregular, que envolve todos os trechos de ruas situadas dentro de uma distância limite da rede, pois este tem em conta os desvios provocados pelo desenho urbano e pelas barreiras existentes, quer naturais quer provocadas pelo homem, como estradas com acesso limitado, canais, e muros ou cercas que impedem as pessoas de aceder a instalações de transporte de uma forma direta (Horner & Murray, 2004; Hsiao et al., 1997 e O'Neill et al., 1992 in Zhao 2003, Gutiérrez 2008, al. 2010).

Anota-se então, que no caso das metodologias que aplicam distâncias por ruas e microsecções, os erros são menores face aos de linha recta, já que o cálculo de distâncias euclidianas manifestam-se tanto do lado positivo como negativo, ou seja, em alguns casos pode-se obter uma sobrestimação da população coberta por cada paragem, e noutros casos, uma subestimação. Por exemplo, dado um limite de distância de 0,25 milhas, as áreas de serviço são maiores e usam normalmente as distâncias euclidianas face às distâncias em rede, de tal forma que o primeiro método sobrestima o tamanho e a população das áreas de serviço (Moreno 2004, Gutiérrez 2008). O'Neill et al. (1992) e Moreno & Prieto (2003) utilizaram recursos da análise de rede em SIG para calcular as áreas de cobertura dos serviços de transporte, estimando a procura potencial dessas mesmas áreas, e concluíram que a distância em rede é preferencial para a identificação das ruas com acesso a um sistema de transporte. Torna-se então fulcral, que a aplicação da análise de cobertura por distâncias, por rede viária, exija uma rede de ruas digitais atualizadas e a uma escala adequada, e uma atualização permanente das barreiras existentes (Zhao 2003, Gutiérrez 2008).

Na definição das áreas de cobertura, os planeadores de transportes tendem a assumir certos limites de distância de caminhada, como a distância máxima que as pessoas estão dispostas a caminhar para aceder ao transporte público, pois quanto mais longe se encontrarem as paragens ou estações de transporte, menor é a probabilidade das pessoas usarem o transporte. Grande parte dos estudos utiliza como limite padrão a distância de 400m para acesso a paragens de autocarro, uma vez que esta é considerada a distância aceitável (ou adequada) de acesso para um indivíduo andar em condições normais, e 800m para estações de metro ou ferroviárias (Biba et al., 2010; Hsiao et al., 1997; Kuby et al., 2004; O'Neill et al., 1992; Untermann, 1984 in Murray 1998, Murray 2001, Wu 2005, Hess 2009, García-Palomares 2013); e apesar de muitas vezes estes limites serem usados sem uma base empírica que os justifique, Zhao et al., (2003) são uma exceção, pois estes descobriram que quando a distância a uma paragem de transporte é superior a 0,5km, o uso de transporte diminui para 3%. Logo, estes sugerem que o limite superior para o cálculo da área de influência do serviço de trânsito e da população servida deverá ser 0,5km (García-Palomares 2013).

Estes limites de distância não devem, no entanto, ser considerados como um padrão rígido, pois estes têm de ter em atenção a área específica a ser analisada. As redes de transportes urbanos nas mais variadas cidades podem ter diferentes pontos críticos na deterioração da utilização de transporte devido ao aumento das distâncias; e as pessoas podem estar dispostas a percorrer maiores distâncias para aceder a uma rede de estações mais espaçada, do que a uma rede de estações mais densa (El-Geneidy et al., 2010 in El-Geneidy 2009, Gutiérrez 2011).

Estudos sobre o acesso ao transporte público demonstram também que as distâncias de caminhada podem variar segundo os diferentes tipos de grupos sociais, espaços e instalações de transportes. Quando as estações são suburbanas ou intermédias verificam-se diferenças: as distâncias mais longas, segundo Lam & Morral (1982), são caminhadas em áreas residências, e as distâncias mais pequenas nas áreas industrializadas (O'Sullivan & Morrall, 1996 in García-Palomares 2013). Quanto às características sociodemográficas, El-Geneidy et al., (2009), analisaram as diferenças nas distâncias que os usuários estavam dispostos a caminhar para as paragens e estações de autocarros em Montreal, usando um modelo de regressão linear. Estes descobriram que os homens caminham maiores distâncias em relação às mulheres, tal como os jovens em relação aos idosos; e que a natureza da viagem é determinante, uma vez que

as pessoas caminham mais se o passeio envolver uma viagem para o trabalho ou uma viagem mais longa (García-Palomares 2013).

A distância de caminhada também tem impacto no número de caminhantes, pois a disposição de andar para um determinado destino diminui com a distância a partir dele; ou seja, se as distâncias de caminhada aumentam, anota-se um declínio do número de passageiros em trânsito, pois as pessoas tendem a procurar um meio alternativo de viagem. Untermann (1984) encontrou uma estreita relação entre a distância e a vontade de caminhar para aceder ao transporte público: a maioria das pessoas estava disposta a andar 152,40m, caindo para 40% para 304,80m, e para pouco mais de 10%, as pessoas que estavam dispostas a andar 1,5km. Biba et al., (2010) mostraram que a probabilidade de um indivíduo caminhar até ao transporte público diminui 50%, por cada 500m adicionais à estação. Já Gutiérrez et al., (2011) demonstraram que em Madrid, o número de viagens até ao metro diminui linearmente à medida que aumenta a distância a partir das estações (García-Palomares 2013).

2.8.A bicicleta na cidade

Cada vez mais registam-se novas abordagens a nível europeu que têm por objectivo aproximar a bicicleta da circulação em meio urbano.

2.8.1. A rua partilhada

O "Código de Rua" que surgiu na Bélgica, em 2004, clarifica as condições de circulação entre a bicicleta e o tráfego automóvel em meio urbano. Em França, após um longo período de participação pública e concertação com diferentes entidades, o código de rua entrou também em vigor em 2008. Em ambos os países foi introduzido o "Princípio da prudência e do predomínio da razão do utente mais vulnerável", dando assim prioridade ao peão e ao utilizador de bicicleta (Seabra et al., 2011c in Soares 2013).

O "Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves 2013-2020", redigido em Portugal em 2012, refere a importância da integração da bicicleta no código da estrada, realçando a proteção dos utilizadores mais vulneráveis, isto é, o peão e o ciclista, em linha com o estipulado na Bélgica e na França; e a necessidade de adaptação da sinalização existente, tal como a existência de regras normalizadas para projetos de

faixas ou pistas cicláveis em meio urbano e periurbano ou rural (Seabra et al., 2012 in Soares 2013).

Hans Monderman, engenheiro de tráfego holandês, desenvolveu nos anos 70 a teoria denominada *shared space*. Tendo por base fundamentos provenientes da psicologia comportamental e ambiental, particularmente o desenvolvimento da teoria da compensação de risco. Esta teoria defende a necessidade de manter o relacionamento entre os diferentes modos de deslocação, retirando toda a sinalização, de modo a promover uma circulação mais cuidadosa e responsável por todos os intervenientes. Conceptualizando o espaço partilhado como parte integral do contexto social e cultural, o comportamento do automobilista passa a ser controlado pelas normas comportamentais de cada um, isto é, os condutores tendem a diminuir a velocidade e a prestarem mais atenção à interação humana (Clarke, 2006 in Soares 2013).

Mondermann aplicou estes princípios em Drachtn, na Holanda em 2004, num cruzamento utilizado diariamente por 20 000 veículos, ciclistas e peões. Retiraram-se todos os sinais luminosos e marcações de pavimento desse cruzamento, de forma a alterar a perceção de risco dos utilizadores, levando-os a circular com maior precaução. Desde que se aplicaram estas alterações, não houve registo de acidentes; enquanto entre 1998 e 2002, apontam-se 8 acidentes, 5 dos quais envolveram feridos (Clarke, 2006 in Soares 2013).

Isto demonstra que a libertação das cidades de qualquer tipo de sinalização de trânsito torna-as em locais mais aprazíveis para viver e trabalhar, e assinalam-se também vantagens económicas, uma vez que não seria necessário investir na regularização do trânsito através da instalação de sinalização (Clarke, 2006 in Soares 2013).

A aplicação de espaços partilhados em determinados pontos pode, deste modo, contribuir para a redução da velocidade a nível local, o que se poderá reflectir no reforço da introdução da bicicleta em meio urbano (Soares 2013).

2.8.2. Zonas 30

A definição legal de Zona 30 refere-se à secção ou conjuntos de secções de via que constituem a zona afecta à circulação de todos os utentes, onde a velocidade máxima é de 30km/h. As entradas e saídas destas zonas são identificadas por sinalização, e toda a zona apresenta um ordenamento do espaço público coerente com a limitação da

velocidade aplicada; sendo que os ciclistas podem utilizar todas as vias de circulação nos dois sentidos, mesmo as que sejam de sentido único (Ruxa 2013, Soares 2013).

Evidenciadas na Alemanha, Dinamarca, Holanda e Suíça, as Zonas 30 podem ser implementadas em variados sectores, como áreas urbanas e residenciais, e sectores urbanos multifuncionais caracterizados pela habitação, comércio e serviços, junto a equipamentos escolares, e têm como principal objectivo a acalmia do tráfego, através da redução da velocidade. Esta acalmia tem em conta o desenho das zonas, o qual deve ser realizado de modo a desencorajar a velocidade de circulação dos veículos motorizados, garantindo a segurança dos peões e dos ciclistas (Seabra et al., 2011c in Soares 2013).

De uma maneira geral existe uma separação entre o espaço destinado aos peões e os restantes meios, porém existem pontualmente zonas partilhadas por todos os meios, onde os ciclistas podem circular, partilhando a via de circulação com os restantes automóveis, e também circulando em sentido contrário nas vias de sentido único, como referido acima. A circulação de ciclistas nos dois sentidos em zonas de sentido único é uma forma de incentivo à circulação da bicicleta, e de prevenção de situações de perigo para os peões, pois os ciclistas de uma maneira geral tendem a circular no passeio ou a fazerem desvios para não circularem no sentido contrário ao do trânsito automóvel (CERTU , 2008 in Soares 2013). A aplicação de alterações na sinalética ou de planeamentos mais cuidados pode alterar este tipo de comportamento por parte dos ciclistas, levando os mesmos a terem uma maior consciencialização e a promoverem o uso ativo e responsável da bicicleta.

2.8.3. Zonas de Coexistência

As zonas de coexistência provêm da consciencialização da necessidade de um aumento da qualidade de vida e da interação nos meios urbanos. São zonas nas quais todos os meios conseguem coexistir, atribuindo prioridade máxima aos peões e restantes modos suaves, e onde a velocidade máxima de circulação varia entre a velocidade de passo e os 20km/h, dependendo do país (Transitec, 2012 in Ruxa 2013).

Estas zonas são desenhadas segundo o limite de velocidade aplicável, sendo que as entradas e saídas desta área são indicadas por sinalização vertical, e todas as vias, tal como as zonas 30, têm um sentido duplo para os ciclistas. Nas zonas de coexistência aplica-se o princípio de precaução, no qual o condutor deve assegurar a segurança dos mais vulneráveis (os peões e os ciclistas), e os ciclistas têm de ceder prioridade e

garantir a segurança dos peões. Estes podem circular em toda a largura da estrada, uma vez que os passeios e as passadeiras são suprimidos. O estacionamento nestas zonas é praticamente proibido em toda a extensão, com exceção para os locais pré-definidos por marcações, o que reduzirá consequentemente o obstáculo à visibilidade que poderia comprometer a segurança dos utilizadores do espaço público (Ruxa 2013).

Deve-se ter em atenção que a transição em termos de velocidade, nestas zonas, deve ser gradual. Para isso, a entrada de uma zona de coexistência deve estar bem assinalada, e as velocidades praticadas devem ser reduzidas gradualmente, sem que exista uma passagem abrupta de 50km/h para velocidades mais baixas (como os 20km/h referidos, ou mesmo a velocidade de passo). Por estes motivos, muitas das zonas de coexistência são implementadas no interior das Zonas 30 (IMTT, 2011c in Ruxa 2013).

Tal como as Zonas 30, para a implementação deste conceito verificam-se espaços propícios: zonas com fluxos pedonais elevados e atravessamentos dispersos (centro de cidades, zonas com comércio e serviços, proximidade de interfaces de transportes); zonas residenciais; zonas com tráfego motorizado reduzido ou onde se pretenda reduzir, de modo a proteger os mais vulneráveis (Transitec, 2012 in Ruxa 2013).

2.9.Compatibilidade da bicicleta na estrada

Para determinar a compatibilidade da bicicleta na estrada, o primeiro passo dos engenheiros, planeadores, ou coordenadores de bicicletas será determinar as operações de tráfego existentes e as condições geométricas que afectam a decisão do ciclista em usar ou não uma estrada específica.

Nos últimos anos, vários estudos foram realizados no sentido de desenvolver alguns meios sistemáticos e a medição da condição operacional das estradas para andar de bicicleta, utilizando variáveis como o desenvolvimento de modelos com base nas geometrias de segmentos de pistas e intersecções, condições do pavimento, volumes de tráfego e limites de velocidade. Outro estudo desenvolveu uma série de linhas de recomendações, onde as larguras e rebordos das faixas das bicicletas são atribuídos subjetivamente com base em variáveis como o volume de tráfego, velocidade, operação dos veículos a motor e o tipo de ciclista (Landis 1996, Harkey 1998).

Tenda em conta a perspectiva do ciclista na definição da adequação das estradas, a equipa Geelong Bikeplan na Austrália, em 1978, incorporou o ciclista num conceito conhecido como nível de stresse da bicicleta. Este conceito foi desenvolvido no

pressuposto de que os ciclistas para além de quererem minimizar o esforço físico exigido na escolha de uma melhor estrada, também querem minimizar o stresse resultante do conflito com os veículos a motor, o terem de se concentrar por longos períodos de tempo quando se anda em estradas de alto volume e velocidades elevadas. Analisando a experiência de ciclistas em determinadas estradas, as variáveis com maior impacto sobre o nível de stresse do ciclista são a largura da faixa, a velocidade do veículo a motor e o volume de tráfego. Também as condições presentes nas estradas, como as mudanças na largura dos passeios, estão correlacionadas com os níveis de stresse dos ciclistas (Turner 1997, Harkey 1998).

Estudos descobriram que tanto os ciclistas como não ciclistas preferem a existência de ciclovias para andar no tráfego misto, devido à maior segurança que traz aos usuários; uma vez que as marcações de pavimento destinadas a reduzir os conflitos entre estes e os motoristas, incluindo faixas coloridas e marcação de pistas compartilhadas, são efetivamente relevantes para comportamentos que podem levar a acidentes, como a falta de cedência dos motoristas aos ciclistas. No caso da América do Norte são comuns as ciclovias listradas e os caminhos separados; na Europa começaram a usar pavimento colorido e outras inovações, tais como *cycletracks*, que funcionam como uma ciclovia, que tem uma maior separação física dos veículos a motor (Pucher 2010).

A noção de segurança corresponde assim a um modelo de comportamento e de intervenção que tem como objectivo o estímulo do respeito mútuo e a adaptação progressiva dos ciclistas ao tráfego motorizado e vice-versa. Este modelo defende que a integração do meio ciclista no tráfego motorizado seja em coexistência ou implementando faixas cicláveis, contribuindo para a melhoria da perceção mútua entre ciclistas e condutores, e diminuindo consequentemente a taxa de acidentes entre os meios (CERTU, 2005 in Ruxa 2013).

Segundo vários estudos, o crescimento do ciclismo urbano levou a uma diminuição das taxas de acidentes. Exemplo disso é a cidade de Odense, na Dinamarca, onde entre 1996/1997 e 2002, o tráfego de bicicleta aumentou 20% e o número de acidentes envolvendo ciclistas reduziu 20% (OMS, 2006 in Ruxa 2013). Estes mesmos resultados verificaram-se também na Inglaterra, Alemanha e Holanda. A Holanda, entre 1980 e 2005, testemunhou um aumento de 45% do ciclismo e uma diminuição de 58% no número de vítimas (CTC, 2013 e Urbanczyk, 2010 in Ruxa 2013).

Segundo Tolley (2003), o aumento do ciclismo reduz o risco de vítimas por quilómetro pedalado, pois para além dos ciclistas se tornarem mais experientes, os restantes utentes

da via tornam-se mais conscientes à medida que aumenta o número de utilizadores. De acordo com esta teoria, a promoção do ciclismo pode ser considerada como uma forma de melhorar a segurança rodoviária.

3. METODOLOGIA

3.1.Enquadramento geográfico

A área de estudo, denominada Almendra Central (figura 3), localiza-se em Madrid, mais precisamente no centro da cidade, sendo uma área delimitada pela *Calle 30*, uma via de grande capacidade que circunda o centro de Madrid. É a zona de maior densidade da cidade e é a mais interior das coroas concêntricas da Comunidade Autónoma de Madrid. Administrativamente a Almendra Central é constituída por catorze freguesias, densas e consolidadas, de relativa proximidade; o sector terciário predomina, com destaque para os serviços financeiros, empresariais, educativos e de saúde; o sector industrial (com a construção e a atividade manufactureira) é característico da coroa metropolitana (Vega Baez 2006, Latorre 2012). Com uma grande diversidade de uso do solo e alta densidade de população e emprego, devido à importante implementação de atividades, o centro de Madrid é a residência de 1,1 milhão de habitantes e oferece 930 mil empregos (Vega, 2006 in García-Palomares 2012), tornando-se por isso um objecto de análise interessante para o presente estudo.

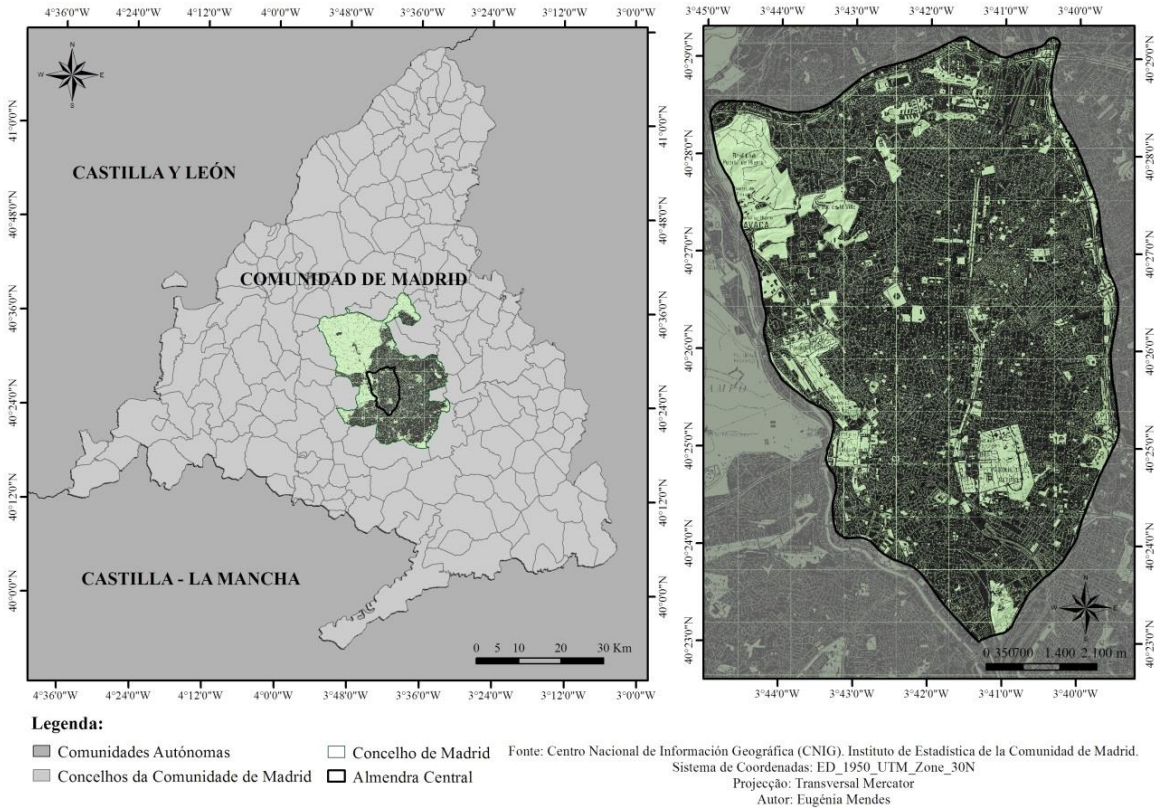


Figura 3 - Enquadramento geográfico da Almendra Central, Madrid.

3.2.Madrid e os transportes

Tendo como desafio atual o transporte sustentável, através da aposta na redução das distâncias e no favorecimento das deslocações sustentáveis, quer a pé quer em bicicleta, a cidade de Madrid tem fomentado a intermodalidade e a complementaridade entre os meios de transportes públicos e o incremento de viagens a pé ou em bicicleta (Latorre 2012). A escolha modal do usuário, quer em bicicleta ou a pé quer na bicicleta em complementaridade com o transporte público, baseia-se em diferentes aspectos que variam em função das necessidades e do meio elegido para a deslocação, estando a eleição do ciclista condicionada por um maior número de factores (Ortúzar et al., 1999 in Latorre 2012).

Ao nível do transporte, a taxa de motorização em Madrid chegou ao seu nível de saturação e estabilizou-se em cerca de 540 veículos por cada 1000 habitantes; sendo que as viagens que se realizam de carro são entre 10% a 15% mais caras do que as que se realizam em transporte público, e cerca do dobro das realizadas em meios não motorizados. Tendo em conta o referido, e sem alterar os tempos de viagem dos cidadãos, estima-se que o potencial de transferência do automóvel particular para os meios alternativos seja de 168 000 viagens diárias, ou seja, 18% de todas a viagens que se realizam de carro nessa zona e que equivalem a 1,2 milhões de viajantes por quilómetro, que promoveriam um uso mais sustentável dos transportes no seu dia-a-dia, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis e o consequente congestionamento do tráfego e poluição (Vega Baez 2006). Esta transferência modal promoveria não só o crescimento do transporte público, mas também o transporte não motorizado como a bicicleta, fundamental para uma mobilidade mais sustentável e com menores custos.

Apesar de atualmente apenas 0,1% das viagens serem realizadas em bicicleta, os dados de mobilidade demonstram que o número de viagens que poderiam ser feitas neste transporte é relevante: cerca de 54% das viagens motorizadas cobrem distâncias inferiores a 3km (Vega, 2006 in García-Palomares 2012) e cerca de 15% das viagens atualmente feitas de carro podem ser realizadas em bicicleta dentro do mesmo tempo de viagem e sem afectar as suas características (Monzón, Vega, & López-Lambas, 2007 in García-Palomares 2012).

Face ao descrito, e de forma a promover a utilização deste meio sustentável, verifica-se que os planeadores locais desta cidade, têm nos últimos anos desenvolvido diferentes

projetos para fomentar a mobilidade ciclista, entre os quais se destacam o Plano Director de Mobilidade Ciclista, e o Anel Verde Ciclista que circula Madrid, com uma longitude de 64km, com várias vias que penetram na cidade nomeadamente zonas verdes como a Casa do Campo, o Parque do Retiro, o parque Madrid Rio, o Parque Juan Carlos I, a reserva de espaço para o parqueamento de bicicletas, e a adaptação de diferentes vias de circulação ciclista como é o caso da Rua Serrano, entre María de Molina e a Praça da Independência. No ano de 2009, a Câmara Municipal de Madrid apresentou o projecto *MyBici* para o aluguer de bicicletas públicas, onde numa primeira fase pretendia a implantação de 120 estações nas freguesias do Centro, Retiro, Moncloa e Salamanca, com entrada em operação na primavera de 2011. No entanto, este projecto foi suspenso devido a várias condicionantes (García-Palomares 2012, Latorre 2012).

Do ponto de vista da cobertura em termos dos transportes, e segundo Martín et al., (2004) mais de 90% da população reside a menos de 5 minutos de uma paragem de autocarro, mais de 50% reside a menos de 10 minutos de uma paragem de metro, e 16,4% da população tem uma estação de comboio a menos de 10 minutos; o que mostra a importância e as características dos sistemas de transportes públicos, como alternativas ao uso indiscriminado do automóvel particular. Quanto às deslocações pedonais, estas mostram uma alta competitividade em pequenas distâncias (nível estritamente local), sendo que a potencialidade de transferência é superior nas zonas mais densas e nas coroas mais internas, como a Almendra Central (Vega Baez 2006).

3.3.Dados

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados os seguintes dados cartográficos e informações estatísticas, provenientes de várias fontes:

- Rede viária: rede digital do município de Madrid do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Esta rede apresenta uma conectividade plena, e permite gerar uma rede SIG para simular a mobilidade de pedestres, ciclistas e outros transportes, quer colectivos quer individuais. Obtida em Outubro de 2013.
- Rede viária ciclista da Almendra Central: cedida pelo Departamento de Geografia Humana da Facultad de Geografía e História da Universidad Complutense de Madrid, possibilita uma análise de redes tendo como base os tempos obtidos através das pendentes da rede, e a distância correspondente a cada arco. Obtida em Novembro de 2013.

- Limites administrativos: obtidos em Outubro de 2013, através do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, ao nível dos municípios, freguesias e secções; e do Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), ao nível das comunidades autónomas; permitindo a execução de diferentes análises espaciais realizadas nas diversas fases do projeto.
- População: dados do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, consultados a Outubro de 2013. A população encontra-se por municípios, freguesias e secções, segundo idade e ano de nascimento para cada sexo, provenientes do padrão municipal de 2011, sendo que a informação relativa à população obteve-se ao nível da secção e da freguesia.
- Números de Polícia: Localização dos números de polícia de Madrid obtida através do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Informação descarregada em Outubro de 2013. A partir da população ao nível das microsecções utilizaram-se os portais para relocalizar a população através de pontos.
- Usos do solo: informação dos usos do solo obtida a partir das microsecções de Madrid, cedida pelo Departamento de Geografia Humana da Universidad Complutense de Madrid a Outubro de 2013, e provenientes do projeto *Corine Land Cover* (2000). Estes dados foram utilizados para definir a localização exata da população e do emprego nas secções censitárias correspondentes aos devidos usos do solo.
- Principais pontos de atividade económica: informação relativa à localização e colectivo empresarial por tamanho e actividade, proveniente do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Dados do ano de 2010, descarregados a Outubro de 2013.
- Rede e estações de Transportes Públicos: Rede de Metro e Rede Ferroviária, facultada pelo Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, e consultada em Outubro de 2013. Esta rede é necessária para a elaboração de rotas de transporte público, representação espacial da rede e análise espacial.
- Centróides das Zonas de Transporte: cedidos pelo Departamento de Geografia Humana da Universidad Complutense de Madrid, em Dezembro de 2013; foram obtidos em *ArcGis*, através da cartografia das zonas de transporte, fornecidas pelo Consorcio Regional de Transportes de Madrid. Os centróides das ZT

demonstram a sua separação espacial, representando os diferentes tipos de locais dentro da cidade (localização central *versus* localização suburbana), e incluem a direção do número de polícia mais próximo.

O tratamento da informação efetuou-se através dos Sistemas de Informação Geográfica, uma vez que estes são uma ferramenta essencial e eficaz para a elaboração de uma análise de carácter espacial. A versão usada na elaboração da análise é o *ArcGis Desktop 10.2*, e as diferentes extensões e ferramentas de que dispõe, com destaque para a extensão de Análise Espacial (*Spatial Analyst*), principalmente a Análise de Redes (*Network Analyst*). A última permite o desenvolvimento de aplicações para variados fins, como a definição de rotas, elaboração de modelos origem-destino, fornecimento de direções de viagem, e a criação de áreas de influência e de matrizes de optimização origem-destino. De referir que todos os dados utilizados foram projetados de acordo com o sistema de coordenadas ED_1950_UTM_Zone_30N, e o sistema de projeção Transversal Mercator.

3.4.A rede

Para se obter a população e emprego que se encontra a 5 e 10 minutos, a pé e em bicicleta, utilizou-se a rede viária ciclista da Almendra Central, que tem por base a rede viária do município de Madrid, à qual foi realizado um *clip* para se obter apenas a rede inserida na M30 (*Calle 30*). A criação prévia de uma rede é fundamental para comprovar que esta não tem erros de tipologia. Depois de comprovado que a rede viária apresenta um bom padrão de conectividade, estabelece-se que todas as ruas são transitáveis, tanto a pé como em bicicleta, permitindo qualquer tipo de rotação.

A modelação da rede, com o objectivo de simular a mobilidade entre estes dois meios de deslocação, passa por conhecer as pendentes dos diferentes arcos da rede para poder aplicar velocidades de circulação diferenciadas em bicicleta, em função da pendente existente. Para isso, em primeiro lugar é necessário obter o Modelo Digital de Terreno (MDT), para calcular as pendentes de cada arco.

A partir desta informação obtêm-se os tempos de viagem de cada arco, em função do tipo de pendente, isto é, se é ascendente ou descendente; e o valor da mesma através da diferenciação por velocidades de circulação a pé e em bicicleta.

Uma vez obtida a rede, identifica-se como atributo a distância (longitude de cada arco calculada em metros) de maneira a analisar as distâncias percorridas entre os pontos de procura potencial de usuários ciclistas, ou seja, os números de polícia correspondentes à população e os pontos de emprego, e os pontos correspondentes às estações de metro.
De referir que a rede utilizada nesta primeira parte do trabalho foi cedida tal como referido acima, pelo Departamento de Geografia Humana da UCM, local de estágio do presente relatório, e por isso as informações sobre as pendentes da rede viária e a estimação da velocidade, e o processo de realização das mesmas, foram retirados de trabalhos anteriores sobre a mobilidade ciclista realizados na mesma área de estudo pelos seguintes autores: Latorre, 2012; e Romanillos, 2012.

3.4.1. Modelo Digital de Terreno

O primeiro passo a realizar-se é um MDT[5]. Uma vez que o município de Madrid apresenta fortes pendentes devido à sua complexa topografia elaborou-se um MDT com uma resolução de 10x10metros. A presença destas pendentes na altura de andar em bicicleta, implica um maior esforço nas subidas e um aumento da velocidade nas descidas, pelo que é necessário a diferenciação destes valores de velocidade em função da pendente dos arcos da rede.
A modelação da área de estudo realizou-se a partir da informação topográfica do mapa 1:10 000 da Comunidade de Madrid, através das ferramentas de análise espacial do *ArcGis 10.2*. Os possíveis erros do MDT são corrigidos com as ferramentas de Hidrologia dentro do módulo da Análise Espacial (Latorre 2012).
O Mapa Digital da Comunidade de Madrid contém informação altimétrica, tanto de curvas de nível como de cotas, o que facilita a criação de um MDT detalhado, devido à importante quantidade de informação topográfica e altimétrica que contem.
Os valores das pendentes em percentagem obtêm-se através do algoritmo da versão 10 do *ArcInfo*. Depois de criado o *layout* com os valores das pendentes, adiciona-se o

[5] Modelação do terreno 3D que permite a visualização morfológica tridimensional do terreno. Designa-se como "qualquer conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude", e está na base de muitos processos de modelação e de análise espacial (Matos, 2011 *in* Leite, 2012).

mesmo à rede viária, obtendo-se deste modo os valores de impedância que serão utilizados para seleccionar as ruas com preferencial ciclista.

3.4.2. Pendente e estimação da velocidade

Para uma correta análise da rede é necessário conhecer o valor da pendente de cada arco. Para isso é preciso obter o sinal da pendente (positivo ou negativo), que permite diferenciar as pendentes ascendentes das pendentes descendentes, assim como a valor da mesma em cada arco.

Os valores das pendentes obtêm-se a partir da seguinte fórmula:

$$p[\%] = \frac{\Delta y[m]}{x[m]} * 100$$

Onde:

- *x* é a distância entre os nós dos arcos medida em metros sobre o plano;
- *Δy* é a diferença de cotas entre os nós medida em metros.

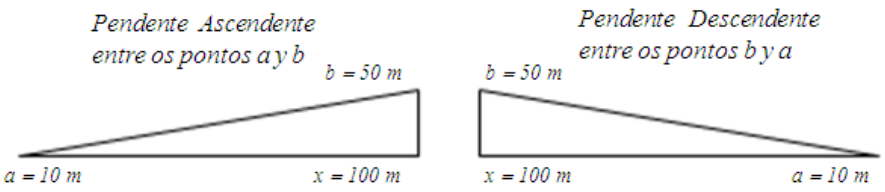


Figura 4 - Pendente Ascendente e Pendente Descendente (adaptado de Latorre 2012).

Isto leva a que as pendentes ascendentes tenham um sinal positivo, enquanto as pendentes descentes são assinaladas com o sinal negativo, com base nos dados de altitude de cada nó (Ribeiro et al., 2011 in Latorre 2012).

Uma vez obtidos os valores das pendentes, é necessário estimar a velocidade de circulação em bicicleta em cada arco quer para o sentido de subida quer para o sentido de descida, simulando a deslocação real do ciclista nas ruas da área de estudo.

O modelo contempla a possibilidade de viajar através das áreas pedonais, onde é possível faze-lo, moderando a velocidade da viagem (*Vepi*), e contempla também a possibilidade de circular em áreas pedonais onde o uso da bicicleta está proibido ou não é aconselhável devido à densidade de fluxo pedonal, considerando nestes casos, que o

ciclista pode caminhar transportando a sua bicicleta. Neste caso, a velocidade estimada (Vpi) é a velocidade estimada para o peão, de 4km/h. Com estas considerações, a rede viária ciclista torna-se mais contínua e não há probabilidade de interrupções por se encontrar na presença de espaços pedonais (Romanillos 2012).

Por último, as velocidades segundo as pendentes calcularam-se a partir das expressões estimadas pelo Projecto PROBICI (TRANSYT, GIST et al., 2010 in Romanillos 2012), que se observam na seguinte tabela:

Pendente	**Pendente (%)**	**Velocidade (km/h)**
Ascendente	>20	$v = 4$
Ascendente	2 – 20	$v = 18{,}9461 \cdot \text{pte. (\%)}^{-0.47}$
Neutra	1,9 – (-1,9)	$v = 14$
Descendente	(-2) – (-6)	$v = 15 + 1{,}4875 \cdot \text{pte. (\%)}$
Descendente	< (-6)	$v = 25$

Tabela 2 - Estimação da velocidade segundo a pendente no arco da rede (Vptei)(Romanillos 2012).

Velocidades estimadas segundo Pendente e o Tipo de Via		***v* (km/h)**
Vi = Vpi	Em vias pedonais e espaciais pedonais densas	4
= Vepi	Em espaços e vias pedonais compartidas	
	$\forall$ Vptei > 2,5 · Vpi $\rightarrow$ Vepi = 2,5 · Vpi	10
	$\forall$ Vpi < Vi > 2,5 · Vpi $\rightarrow$ Vepi = Vi	4 – 10
	$\forall$ Vi = Upi $\rightarrow$ Vepi = Vpi	4
= Vptei	No resto das vias	4 – 25
= $\varnothing$	Em vias não cicláveis	0

Tabela 3 - Velocidades estimadas segundo a Pendente e o Tipo de Via(Romanillos 2012).

3.4.3. Criação da rede

A partir destas velocidades, calculam-se os tempos de viagem em bicicleta e a pé para cada arco da rede em dois campos expressos em minutos, que compõem os atributos da rede.

Obtida a rede, identifica-se como atributo o tempo (tempo calculado em minutos que é necessário para atravessar cada arco da rede ciclista) de maneira a analisar as distâncias percorridas entre os pontos de procura potencial de usuários ciclistas, ou seja, os

números de polícia correspondentes à população e os pontos de emprego com os respectivos números de empregados, e os pontos correspondentes às estações de metro.

3.5. Análise de cobertura

A localização dos diferentes pontos de procura é fundamental para saber qual a população e emprego cobertos por cada estação de metro, dependendo das distâncias que as pessoas estão dispostas a percorrer. Por isso, é necessário conhecer a localização e o número exato de população e emprego da área de estudo, para poder analisar a quantidade dos mesmos, coberta a uma distância de 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta.

3.5.1. Procura Potencial

Torna-se necessário desagregar os dados da população ao nível da secção entre os distintos números de polícia de cada secção, usando como referência a *shapefile* dos usos do solo de Madrid (microsecções). Para isso utilizam-se os dados do padrão municipal de habitantes do ano de 2011, a cartografia das secções censitárias, e os números de polícia georreferenciados, do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Para a execução de todo o processo realizaram-se os seguintes passos:

1. Repartição da população residente do ano 2011, em cada secção da Almendra Central.
2. Identificação dos polígonos de uso residencial na *shapefile* dos usos do solo, compostos pelo uso residencial unifamiliar (RU), uso residencial multifamiliar (RM), e o uso residencial sem qualificação (R), (sendo que foi anexado ao residencial unifamiliar).
3. Realização de um *intersect* entre o uso do solo e as secções com a população, para se obter a população por uso do solo. Após este *intersect* calcula-se a área correspondente a cada uso do solo. Com isto, obtém-se uma distribuição da população, atribuída com base em duas premissas distintas: a área de uso do solo dentro de cada secção e a tipologia do uso do solo (distinção entre os usos do solo residencial unifamiliar; e residencial multifamiliar).

4. De seguida aplicaram-se pesos ao uso do solo (RM = 1 ou 0,80; RU = 0,20; R = 0,20; outros = 0), e atribuíram-se os pesos por área.
5. Obtidos os pesos realizou-se uma média dos mesmos (PesosUsoSolo + PesosÁrea/ 2), e com a mesma, procedeu-se a uma multiplicação com a população total, obtendo-se assim a população por uso do solo e área.
6. Obtida a população por uso de solo e área, procedeu-se à localização dos números de polícia pertencentes a cada polígono de uso residencial e à contagem dos números de polícia que se encontram no interior de cada microsecção de uso residencial;
7. Depois realizou-se um *intersect* entre a população por uso do solo e área e os números de polícia residenciais, e procedeu-se à divisão da população residente em cada microsecção residencial pelos números de polícia que se encontram na mesma, de modo a obter a população residente por números de polícia.
8. Por fim, comprovou-se se a soma da população dos números de polícia de cada secção censitária correspondia com a população da dita secção segundo a informação original do Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Neste caso, o valor por números de polícia é inferior à população residente por secções, uma vez que existem secções que não têm números de polícia, logo a população não é contabilizada.

Deve-se ter em atenção que a informação que integra os pontos georreferenciados pode condicionar os resultados finais. É para evitar esses erros de magnitude variável nas estimativas, que os dados devem sofrer a maior desagregação espacial possível. Isto é, se os sectores urbanos estiverem corretos, juntamente com o tratamento dos dados censitários, e a atribuição de pesos entre estes dois estiver bem aplicada, obter-se-ão números de polícia com a respetiva informação correta, que se traduzem em áreas com uso do solo relativamente homogéneas e respectiva densidade populacional.

Quanto ao emprego, o processo é o seguinte:

1. Com a *shapefile* de pontos com os empregos localizados na M30, atribuiu-se a média de trabalhadores a cada ponto de emprego, tendo em conta o código correspondente a cada atributo:

Código	Descrição	Média
2	De 3 a 9 ocupados	6
3	De 10 a 49 ocupados	30
4	De 50 a 99 ocupados	75
5	De 100 a 249 ocupados	175
6	250 ou mais ocupados	251

Tabela 4 - Média de empregados por código.

2. Depois de atribuída a média, obteve-se o emprego uniformizado por pontos dentro da M30.

3.5.2. Cobertura

Através da rede viária acima descrita, cria-se uma nova rede para proceder à análise da mesma através do *New Network Dataset*[6]. Criada a nova rede, procede-se à criação do *New Closest Facility*[7], ferramenta do *Network Analyst*, onde se faz um *load* das 89 estações de metro (*Facilities*) que integram a Almendra Central, e de seguida um *load* dos números de polícia com a população (*Incidents*), com um total de 51 833. Depois do *load* de todos os números de polícia, no *Layer Properties*, tendo em conta a impedância do tempo de cada arco, definem-se as distâncias quer a pé quer em bicicleta, e assim se obtêm todos os números de polícia e respectiva população que se encontram nessa área de cobertura, segundo o próprio desenho da rede (figuras 5 e 6).

Para o emprego o processo é semelhante. Através da *New Network Dataset* já criada, realiza-se um *New Closest Facility* para o emprego, e faz-se novamente um *load* das 89 estações de metro (*Facilities*) que se encontram dentro da M30, seguido de um *load* dos pontos com o emprego (*Incidents*), com um total de 33 710. Realizado o *load*, definem-se novamente as distâncias quer a pé quer em bicicleta já utilizadas, tendo em conta a impedância do tempo de cada arco, e assim se obtêm, através da rede, os pontos de

[6]Um tipo de rede que encontra-se em proximidade com as redes de transporte. Pode conectar mais do que uma rede de diferentes meios de transporte, de forma a traçar uma rota que engloba diferentes tipos de transbordo. Este tipo de rede permite calcular a rota mais curta entre dois pontos ou mais, ou identificar a estação de metro mais próxima de uma residência, ou definir a melhor rota a nível de logística.

[7] Função do *Network Analyst*. Permite a criação de rotas que minimizem o custo de viagem entre pontos de origem (por exemplo, estações de metro), e ocorrências (número de polícia), através da definição de tempos/distâncias. Por exemplo, se a rota tiver um máximo de 5 minutos, qualquer rota que demore mais do que esses 5 minutos não será incluída nos resultados.

emprego e respectivo número de empregados, que se encontram nas áreas de cobertura definidas (figuras 7 e 8).

Repare-se que o tamanho da área de cobertura da rede para cada local varia de acordo com a conectividade da rede viária, isto é, se houver um maior número de intersecções existe uma maior área de solo coberta, logo, mais população e número de empregados terão uma maior acessibilidade à estação de metro.

Para se obter uma análise das distâncias aplicadas, quer em bicicleta quer a pé, da população e emprego cobertos, que tinham como ponto de origem as estações de metro localizadas na Almendra Central, foram realizadas estatísticas básicas como o mínimo, a máxima, a média e o desvio padrão. Isto permite uma verificação pormenorizada da complementaridade que a bicicleta e o modo pedonal exercem no acesso às estações de metro, ou seja, como estes influenciam a cobertura do metro; e permitem a realização de uma comparação entre si.

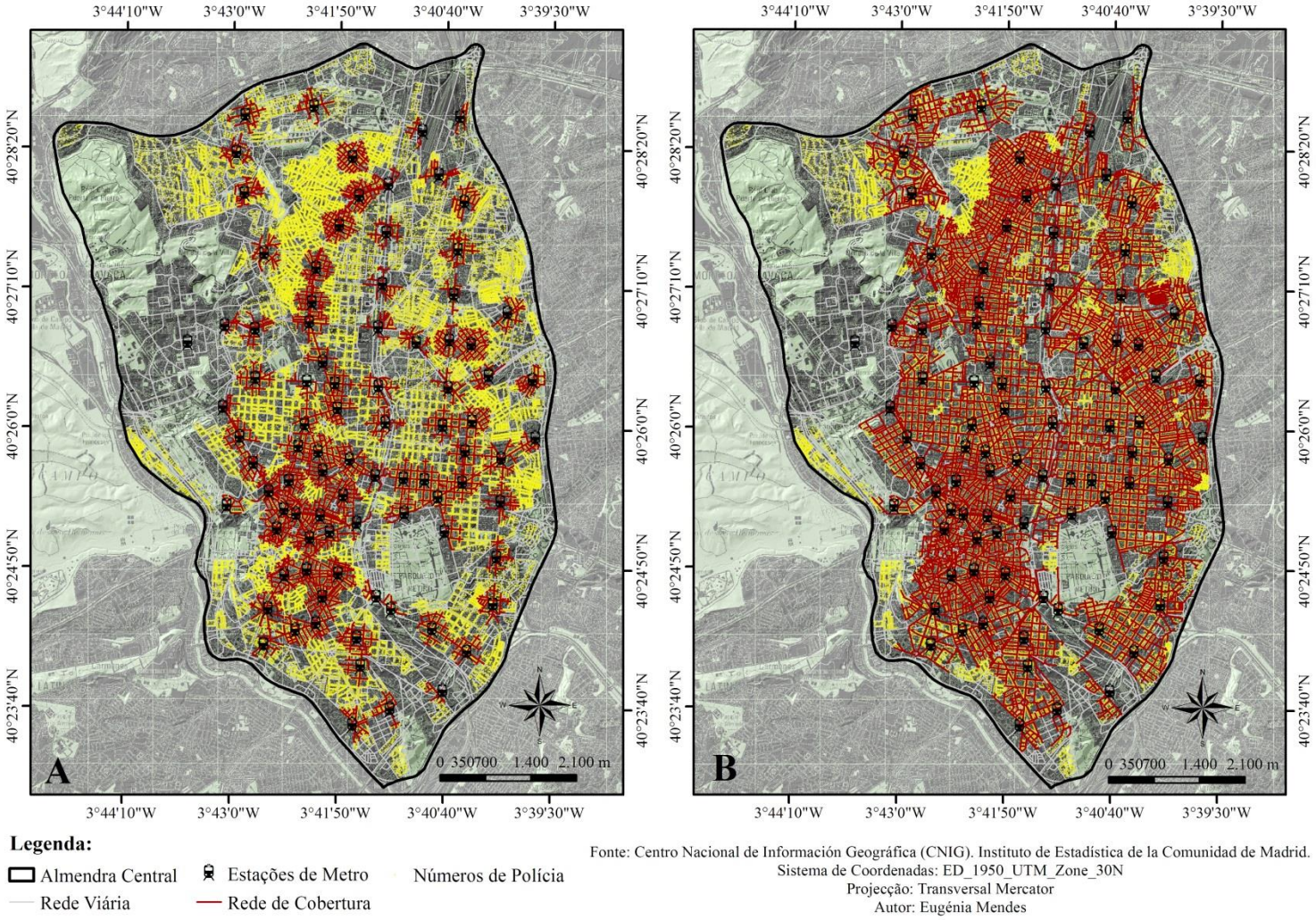


Figura 5 - Números de polícia e população coberta, a (A) 5 minutos e (B) 10 minutos a pé, a partir das estações de Metro da Almendra Central.

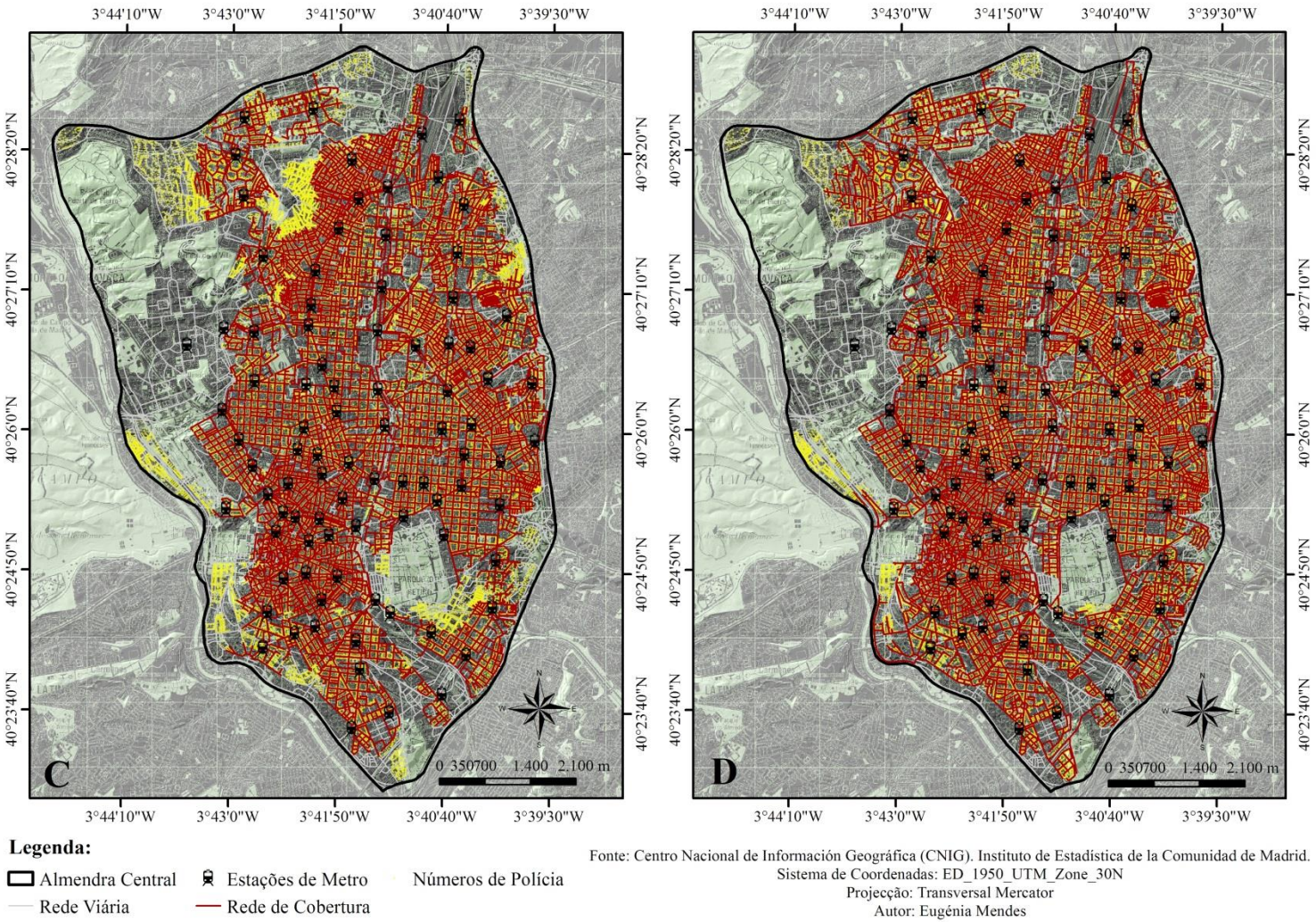


Figura 6 - Números de polícia e população coberta, a (C) 5 minutos e (D) 10 minutos em bicicleta, a partir das estações de Metro da Almendra Central.

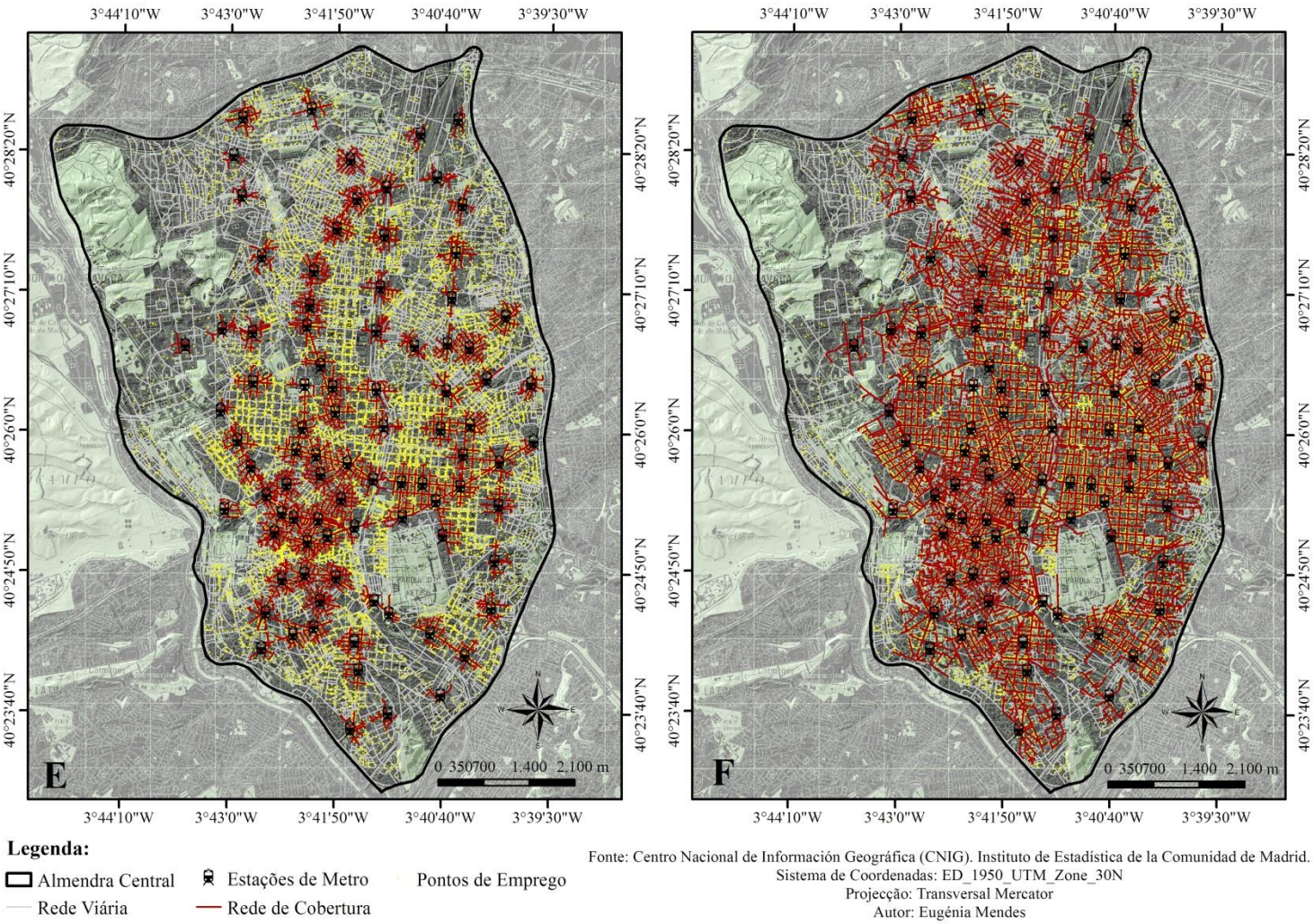


Figura 7 - Pontos de emprego e número de empregados cobertos, a (E) 5 minutos e (F) 10 minutos a pé, a partir das estações de Metro da Almendra Central.

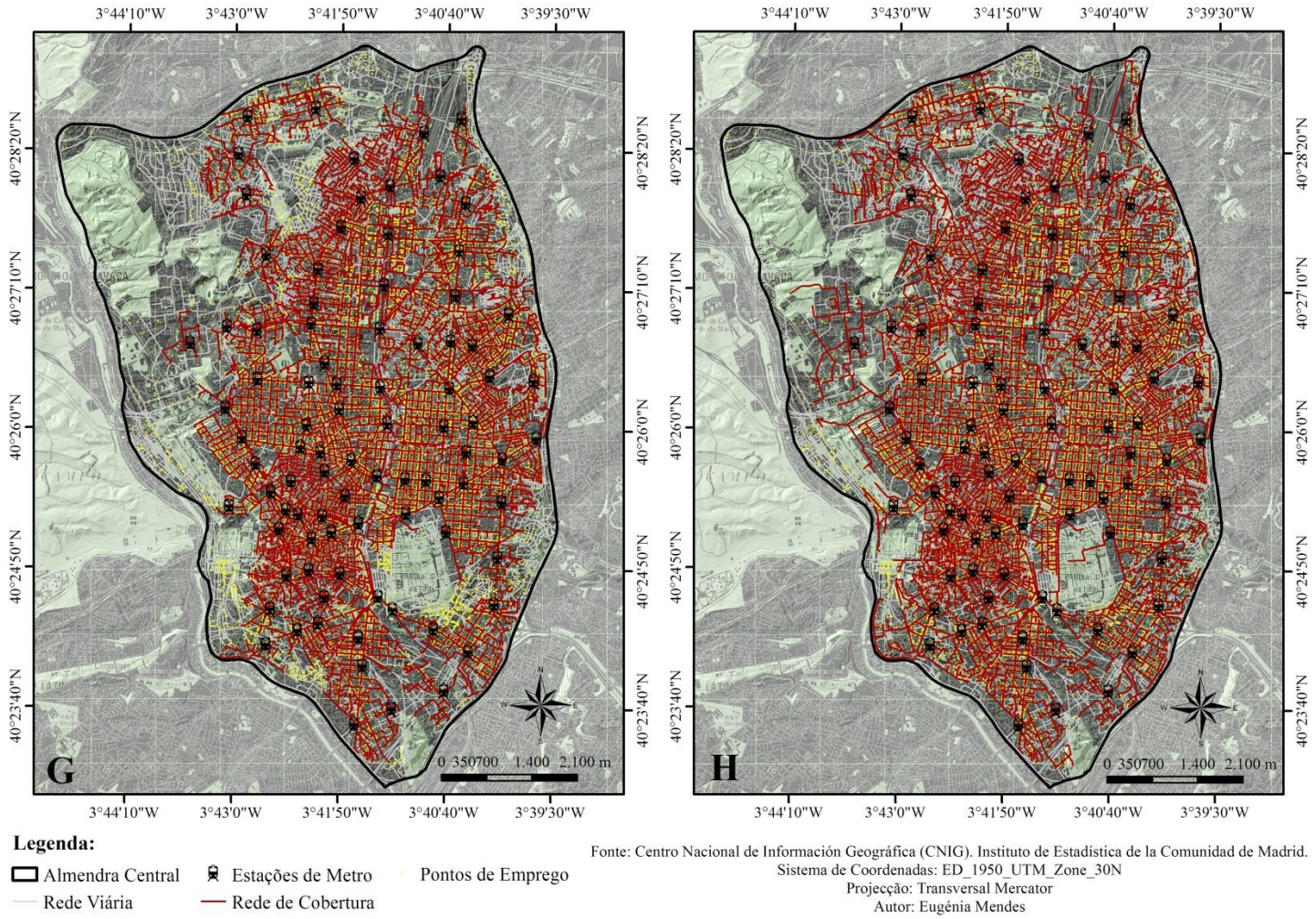


Figura 8 - Pontos de emprego e número de empregados cobertos, a (G) 5 minutos e (H) 10 minutos em bicicleta, a partir das estações de Metro da Almendra Central.

3.6. Complementaridade e competitividade em termos de tempos de viagem da bicicleta face aos demais transportes públicos, ao automóvel individual e ao modo pedonal

Nesta segunda parte do trabalho, ao contrário da anterior onde o objectivo era analisar a cobertura, pretende-se avaliar a complementaridade e competitividade da bicicleta face aos demais transportes públicos, ao carro, e ao modo pedonal nos tempos de viagem[8] totais até um determinado destino, neste caso, a *Plaza de Cibeles*. Estes tempos de viagem, obtidos através de rotas, são calculados desde os centróides das zonas de transporte (ZT), tendo em conta a rota mais pequena e com melhores tempos, até à *Plaza de Cibeles*, utilizando como base de informação, a cedida pelo *Google Transit*[9], um serviço complementar do *Google Maps*. Este é um serviço de internet público que oferece ao usuário uma descrição detalhada da cadeia de viagem, incluindo a caminhada desde a origem até à primeira paragem de transporte público, todas as linhas de transporte público necessárias e paragens de transferência, e a caminhada desde a última paragem de transporte público até ao destino final. Para a análise dos tempos de viagem, deve-se ter no entanto, sempre em atenção a qualidade dos dados fornecidos pelos *open data*.

---

[8] O tempo de viagem integra três componentes: Tempo de passeio, tempo de espera, e tempo de caminhada. O tempo de passeio representa o tempo real do veículo; o tempo de espera representa o tempo real gasto à espera que o veículo chegue à paragem ou estação de transporte; e o tempo de caminhada representa o tempo gasto a pé entre dois pontos, ou de acesso ou de saída a caminhar - Hadas, Y. R., Prakash (2012). "Modeling public-transit connectivity with spatial quality-of-transfer measurements." Journal of Transport Geography **22**: 137-147.

.

[9] O *Google Transit*, é um serviço complementar ao *Google Maps*, lançado em 2006 pela *Google*, que permite aos usuários planear viagens de transporte público da origem ao destino. O *Google* criou uma especificação unificada – *General Transit Feed Especification* (Google Transit, 2010) ou GTFS (anteriormente designado *Google Transit Feed Specification*), a fim de implementar facilmente o serviço e incentivar o maior número possível de agências a participar. Esta especificação permite que após as empresas de transportes públicos tenham feito *upload* das informações relevantas para a *Web*, todos os usuários possam planear as suas viagens a partir de qualquer navegador *Web* - Hadas & Ranjitkar (2012); Hadas, Y. (2013). "Assessing public transport systems connectivity based on Google Transit data." Ibid. **33**: 105-116.

Para o presente caso escolheu-se um dia de semana normal, quinta-feira, 26 de Dezembro de 2013, como data de estudo. A análise foi realizada apenas para as 9h da manhã, não havendo uma variação temporal da análise. Não se estudou as diferenças entre dias úteis e fim-de-semana.

A escolha de um dia ou horário acaba por ser uma limitação para o estudo, pois não se obtêm resultados que sejam coincidentes quer com outro horário do próprio dia quer com outra altura do ano, o que não tem em conta as variáveis explicativas, como por exemplo, o maior congestionamento de trânsito em determinadas horas do dia. Se se tiver um conjunto de dados abrangente, será melhor, tornando a análise mais representativa, o que vai permitir resultados mais robustos, informando e compreendendo a magnitude dos efeitos dos diferentes horários quer sobre o tráfego não motorizado quer sobre o tráfego motorizado, obtendo-se uma maior compreensão dos dados, ou seja, a complementaridade e competitividade que a bicicleta pode exercer sobre os demais transportes.

3.6.1. Complementaridade (em termos de acessibilidade)

Para determinar a complementaridade que a bicicleta exerce em termos de acessibilidade a um determinado destino, nesta primeira fase verificou-se a distância pedonal de acesso ao primeiro meio de transporte e da paragem/estação de saída até ao destino, *Plaza de Cibeles* (sendo que estas distâncias, no fim de realizadas todas as rotas, são convertidas para tempos em bicicleta, fazendo-se uma comparação entre os tempos de viagem totais em que os acessos foram realizados a pé, e em que os acessos procederam-se em bicicleta).

No planeamento da acessibilidade para uma estação de transporte público ou outro ponto de interesse, torna-se relevante a existência de uma abordagem que considera a proximidade da ação do uso do solo, bem como a rede viária existente. Esta abordagem exige uma nova maneira de pensar sobre a integração do uso do solo e o transporte no planeamento da cidade, pois é essencial perceber como é que a existência de estações de transportes, com o tipo de rede viária envolvente e o uso do solo poderão influenciar e traduzir a percentagem real de população e emprego cobertos (Curtis 2010).

Para realizar a acessibilidade pretendida, é necessário calcular as 140 rotas provenientes dos centróides das ZT até ao ponto de destino, utilizando diferentes meios de transporte:

1) todos os meios de transporte (autocarro, comboio e metro); e 2) usando apenas o metro (figura 10).

Para se calcular as mesmas é necessário recorrer ao *Google Maps*, e nas direções escrever como ponto de origem a morada correspondente a cada centróide, e como ponto de destino a *Plaza de Cibeles*. Aqui deve-se escolher a data e horário em análise, neste caso, 9h do dia 26 de Dezembro de 2013; e o meio de transporte desejado para a deslocação. Selecionadas todas as opções, o *Google Maps* sugere as rotas com os tempos de viagem mais curtos, onde apresenta a distância de cada rota, o tempo de viagem total, e uma descrição dos tempos de acesso ao transporte público, dos tempos de viagem de cada meio de transporte, quando é utilizado mais do que um, e o tempo de transferência entre os mesmos - a maior parte das transferências envolve o modo pedonal, logo é fundamental a incorporação dos atributos da transferência a pé entre os transportes públicos, para obter uma análise real dos tempos totais de deslocação entre os pontos de origem e destino (Horowitz & Tompson, 1994 in Hadas 2012).

A partir desta informação, através do *ArcGis 10.2*, tendo os centróides das Zonas de Transporte, a rede viária, a rede de transportes e uma *shapefile* vectorial de ponto que marca a localização da *Plaza de Cibeles*, desenha-se a rota disponibilizada pelo *Google Maps*, verificando-se se todas as ruas estão corretas (pois a rede viária obtida, e a informação disponível no *Google Maps* pode diferenciar-se), e se for necessário aplica-se alguma alteração. Durante a alteração da rede, é importante a verificação da qualidade quer da rede viária (conectividade da rede, atualizações se necessário) quer da rede de transportes (direção, curvas restritas, conectividade da rede). A rede de transportes públicos, como as outras redes, é baseada em nós e arcos. O *layer* do transporte é composto por troços de estrada, caminhos-de-ferro e cruzamentos, ou seja, uma linha de transportes que serve uma sequência de paragens (nós); enquanto o *layer* da rota é um segmento físico que conecta de um nó para outro (Mishra 2012).

Depois de desenhada a rota, verifica-se se a distância da mesma é semelhante à dada no *Google Maps*, e anotam-se todos os tempos de viagem correspondentes aos meios de transporte utilizados; fazendo posteriormente o cálculo dos tempos de viagem a pé para bicicleta (3,6km/h a pé; 13km/h em bicicleta). Depois de todos os tempos de viagem assinalados, calculam-se os tempos finais de cada rota. Esta metodologia aplica-se igualmente ao ponto seguinte.

3.6.2. Competitividade

Numa segunda fase, realizar-se-ão 140 rotas, desde o ponto inicial até ao final, a pé, para depois de obtida a distância e tempo de cada percurso, passar o tempo de cada uma para bicicleta (figura 9). Isto permitirá comparar os tempos a pé e principalmente em bicicleta, com os tempos obtidos nos transportes públicos, verificando-se as diferenças de tempos, e onde o uso da bicicleta como único meio de transporte é mais rápido ou não exerce grande diferença face aos tempos em transporte público.

Numa terceira fase calcular-se-ão os tempos das 140 rotas de carro (figura 9) no *Google Maps*. Aqui ver-se-á como se incrementa a competitividade do transporte público sobre o carro quando o acesso às estações se realiza em bicicleta; e realizar-se-á novamente uma comparação entre os tempos de viagem da bicicleta e os tempos de viagem em carro, apontando-se se em determinadas situações a bicicleta é mais rápida que o carro, neste caso, para pequenas distâncias.

Por fim, realiza-se uma pequena análise estatística aos tempos de viagem (em minutos) segundos os meios de transporte utilizados, de modo a analisar os dados e tempos de viagem provenientes das rotas efectuadas.

3.6.3. Tempos de viagem de todos os transportes segundo as freguesias

Na última componente do trabalho prático pretende-se a aplicação de estatísticas aos tempos de viagem de todos os meios de transportes em estudo, tendo em conta 7 das 14 freguesias que constituem a Almendra Central – Arganzuela, Centro, Chamartin, Chamberí, Retiro, Salamanca e Tetuán; verificando-se quais as freguesias que obtêm maiores ou menores tempos de viagem desde os centróides que se localizam nas mesmas, até à *Plaza de Cibeles*.

Para determinar as estatísticas dos tempos de viagem segundo as freguesias localizadas na M30, neste caso a média, mínima, máxima e desvio padrão, realiza-se um *join* entre a informação das rotas com os tempos de viagem de cada meio de transporte utilizado e os centróides, uma vez que os últimos têm na sua tabela de atributos a freguesia no qual se localizam. Depois de aplicado o *join*, e de cada centróide com a correspondente freguesia ter os tempos de viagem de todos os transportes, realiza-se um *Select By Attributes* selecionando-se a freguesia pretendida, e aplica-se a opção *Statistics* a cada

coluna de tempos de viagem de cada transporte utilizado. Realiza-se o mesmo procedimento nas restantes freguesias.

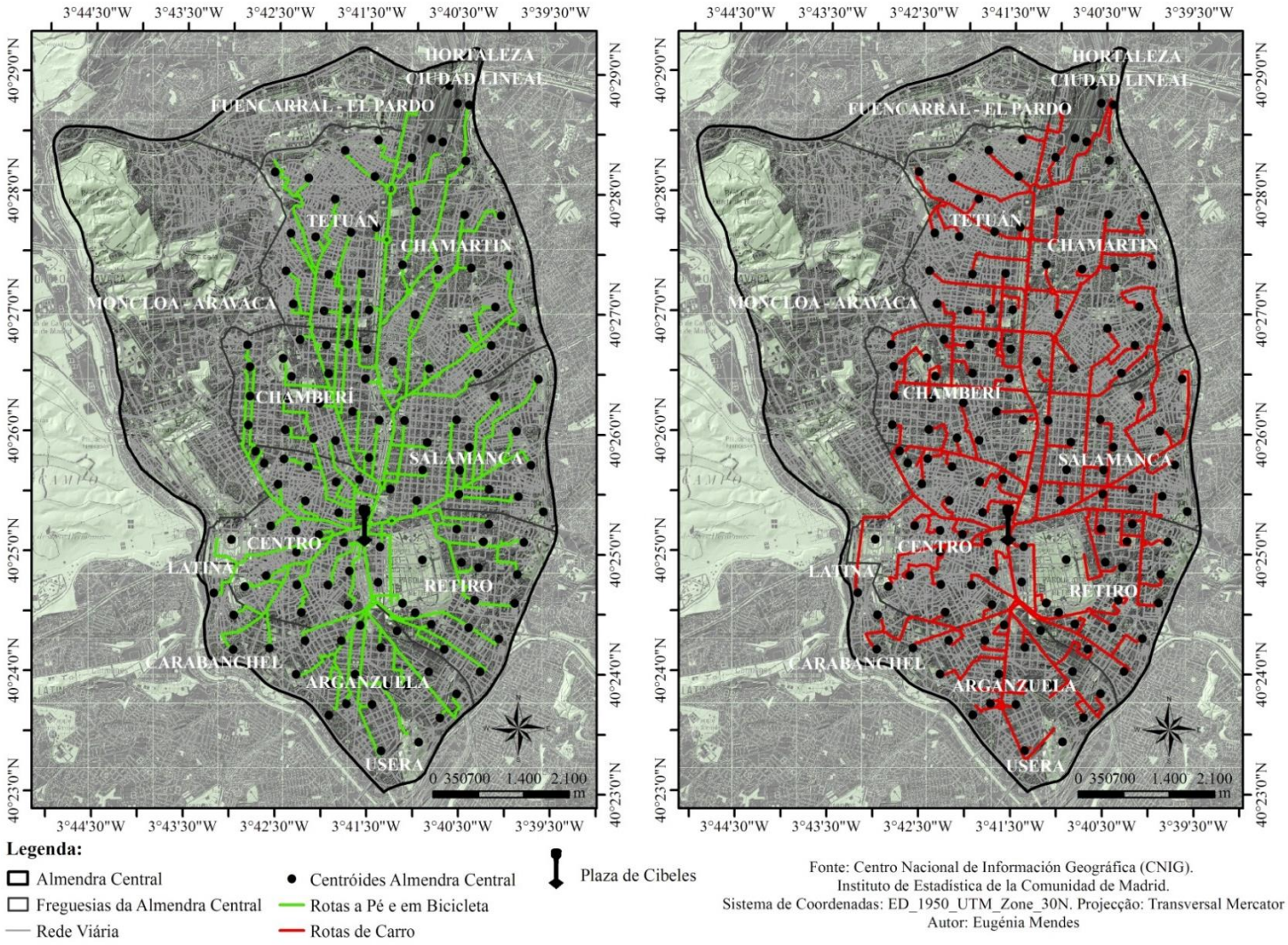


Figura 9 - Rotas a pé/bicicleta e de carro, desde os pontos de origem à Plaza de Cibeles, na Almendra Central.

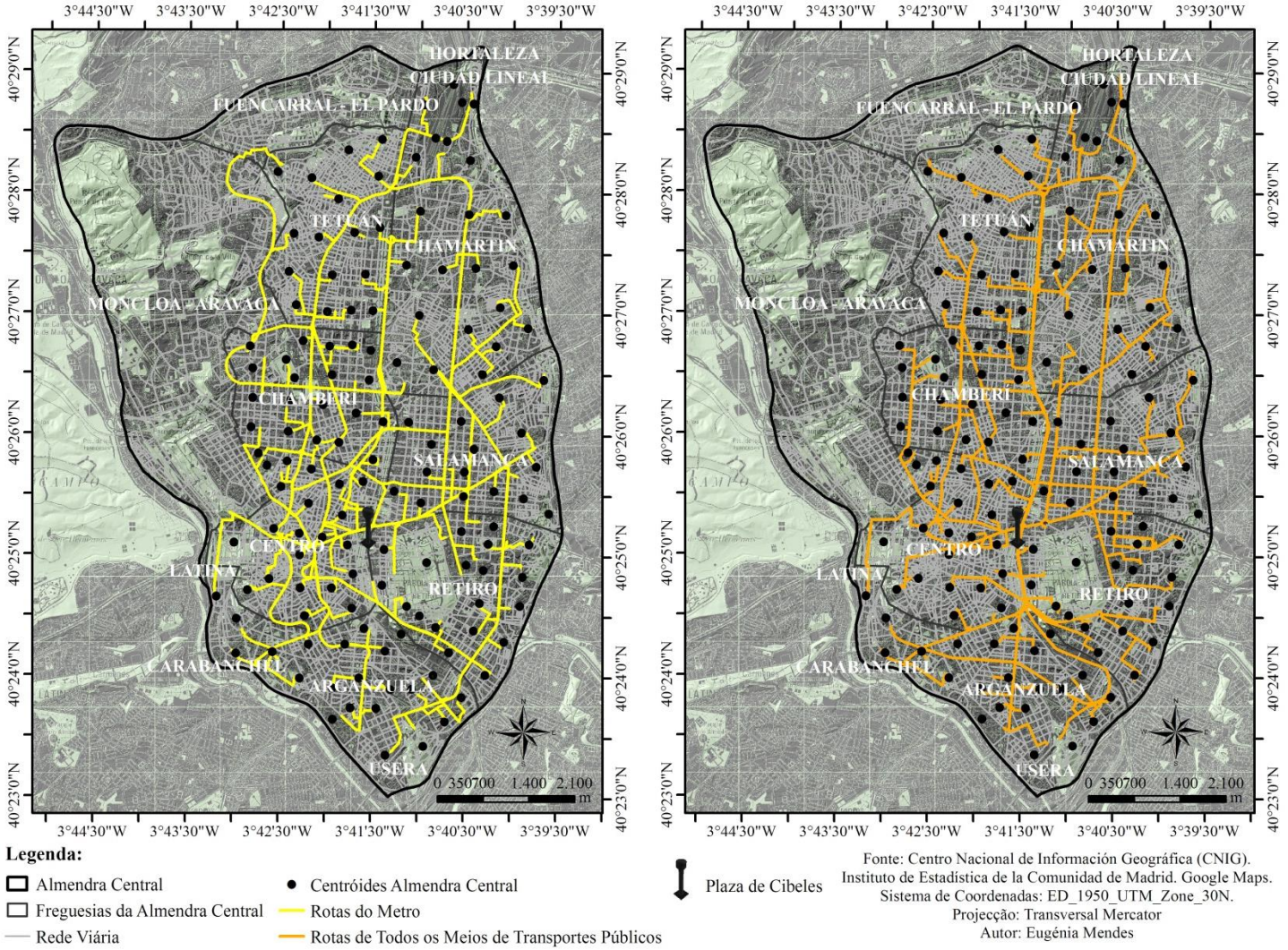


Figura 10 - Rotas do Metro e de Todos os Meios de Transportes Públicos, desde os pontos de origem até à Plaza de Cibeles, na Almendra Central.

4. RESULTADOS

4.1. Análise de cobertura

A facilidade de acesso às estações constitui um elemento-chave na explicação da procura de transporte público. Até agora, no entanto, existem poucos estudos sistemáticos sobre as distâncias que as pessoas caminham para aceder às redes de transporte público e menos ainda sobre o acesso efectuado em bicicleta, que proporciona uma maior área de cobertura e melhores tempos de acesso.

É sobre o acesso realizado em bicicleta e a comparação do mesmo com a deslocação pedonal em termos de áreas de cobertura que se concentra este primeiro ponto. Para isso, procedeu-se à obtenção das estatísticas base (média, desvio padrão, mínima e máxima) através da população/emprego cobertos e dos números de polícia/pontos de emprego, dependendo dos tempos de acesso em análise, quer a pé quer em bicicleta desde os pontos de origem até às estações de metro, demonstrando assim qual é o meio de transporte que exerce uma maior cobertura num determinado espaço de tempo.

A área de cobertura da estação de metro para os números de polícia e população residente a uma distância de 5 minutos, através do modo pedonal é de 37 e 43% respectivamente; contudo, se este acesso for efectuado em bicicleta, essa área de influência pode aumentar 2 vezes mais, notando-se uma cobertura de cerca de 85% dos números de polícia em estudo, e de 86% da população coberta (tabelas 5 e 6). Já para os 10 minutos, a diferença entre a cobertura exercida a pé e em bicicleta não é tão nítida, havendo uma diferença de cerca de 12% entre estes dois meios nos números de polícia cobertos, e de 7% na população residente.

Quanto aos pontos de emprego e o número de empregados que se localizam nos mesmos (tabelas 7 e 8), para os 5 minutos de deslocação até às estações de metro, verifica-se que o modo pedonal cobre 50% dos pontos de emprego localizados na Almendra Central, e 47% do número de empregados totais. Já a utilização da bicicleta como transporte de acesso para o mesmo espaço de tempo cobre 93% dos pontos de emprego e do número de empregados, ou seja, cobre quase 2 vezes mais face ao acesso pedonal. Para os 10 minutos, tal como nos números de polícia e correspondente população, a diferença não é tão destacável, verificando-se uma cobertura a pé de 92% para o total de pontos de emprego e do número de empregados; e de 99%, quando o acesso é efectuado em bicicleta.

De destacar que, em todas as coberturas efectuadas, quer a 5 quer a 10 minutos, a utilização da bicicleta como meio de acesso cobre mais de 85% dos factores em análise, tendo em alguns casos 99% de cobertura total dos mesmos; sendo por isso um excelente meio de deslocação até aos serviços de transportes públicos, uma vez que este é mais rápido e torna-se por isso mais competitivo que o modo pedonal.

Quanto às distâncias mínimas e máximas segundo cada meio de transporte verifica-se que: para 5 minutos a pé, o mínimo de números de polícia cobertos é 5, e em bicicleta, 2. Para 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro, o mínimo de números de polícia cobertos é 2. O máximo para 5 minutos a pé é 255; e para 10 minutos, 702. Em bicicleta a distância de cobertura mantém-se, verificando-se quer para os 5 quer para os 10 minutos, um máximo de 702 números de polícia cobertos (tabela 5). Em termos de população, o número mínimo de cobertura a partir das estações de metro, a pé, para 5 minutos é 3 pessoas, e para 10 minutos, 2. Em bicicleta, quer para os 5 quer para os 10 minutos, o valor mínimo de população coberta é 2 pessoas. Já o máximo para 5 e 10 minutos, utilizando ambos os meios de transporte é 229 pessoas (tabela 6).

Em relação ao mínimo de pontos de emprego cobertos, tendo como acesso o modo pedonal, para 5 minutos anotam-se 11 pontos de emprego, e para 10 minutos, 27. Já para a cobertura que a bicicleta exerce, esta anota um mínimo de 13 pontos de emprego cobertos a 5 minutos de distância, e 18 pontos de emprego, a 10 minutos (tabela 7). Quanto ao número de empregados cobertos (tabela 8), utilizando os dois meios de deslocação em estudo, quer para uma distância de 5 minutos quer para uma distância de 10 minutos, o mínimo de empregados é 6; e o máximo, 251.

Analisando a média dos números de polícia cobertos (tabela 5), esta estatística aplicada para o modo pedonal a 5 minutos é de 78 números de polícia e para 10 minutos, 104. Se a distância efectuada for em bicicleta, a média dos números de polícia cobertos a 5 minutos é de 105, e a 10 minutos, 112. A maior diferença neste caso observa-se nos 5 minutos, onde em bicicleta, a média de cobertura é 27% maior face à utilização do modo pedonal para o mesmo espaço de tempo. Quanto à média de população coberta (tabela 6), para o modo pedonal, para os 5 minutos anotam-se 25 pessoas, e para os 10 minutos, 22. Em bicicleta, para os 5 minutos, observa-se uma média de 22 pessoas, e para os 10 minutos, uma média de 21 pessoas. Neste presente caso, aponta-se uma média ligeiramente superior dos números de pessoas cobertas pelo modo pedonal face à

bicicleta, demonstrando assim que com o aumento da distância o número médio de pessoas cobertas pela bicicleta diminui tenuemente.

Já os pontos de emprego e correspondentes empregados (tabelas 7 e 8) apresentam as seguintes médias: para uma distância de 5 minutos a pé, a média de pontos de emprego cobertos é de 189, e para 10 minutos, 352. Em bicicleta, para os 5 minutos, observa-se uma média de 355 pontos de emprego, quase o dobro do que a pé; e para 10 minutos, uma média de 375. A média do número de empregados cobertos a pé para 5 minutos é 21, e para 10 minutos, 22. Já a média do número de empregados cobertos pela bicicleta, quer para os 5 quer para os 10 minutos, é igual, sendo de 22 empregados.

Por fim, temos o desvio padrão. Este demonstra a "dispersão" que existe em relação à média, ou seja, um baixo desvio padrão indica que os dados devem estar próximos da média, já por sua vez, um alto desvio padrão indica que os dados estão espalhados por uma grande gama de valores. Assim sendo, pode-se verificar que o valor mais baixo do desvio padrão em relação aos números de polícia está nos 5 minutos de acesso a partir das estações de metro com o valor 53. Os restantes valores, quer a pé quer em bicicleta, são consideravelmente mais altos, sendo que a pé, para 10 minutos, tem-se um desvio padrão de 115; e em bicicleta para ambos os tempos em análise valores superiores a 112 (tabela 5). Quanto à população coberta (tabela6), o desvio padrão para ambos os tempos de análise, quer a pé quer em bicicleta é baixo, indicando uma pequena variação dos dados.

Em relação aos pontos de emprego (tabela 7), anota-se um valor de 123, a pé para os 5 minutos, e valores acima dos 200, a pé para 10 minutos, e em bicicleta, para os 5 e 10 minutos. Os valores de desvio padrão para o número de empregados (tabela 8) estabilizam-se no 38, a pé para 5 minutos, e 39 para 10 minutos. No acesso realizado em bicicleta, quer para os 5 quer para os 10 minutos, verifica-se um desvio padrão com o valor 39, demonstrando novamente uma pequena variação dos dados aplicados.

	Números de polícia				Média		Máximo		Mínimo		Desvio padrão	
	5 min	%	10 min	%	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min
A pé	19 633	37,88	44 173	85,22	78,08	104,98	255	702	5	2	53,40	115,18
Bicicleta	44 480	85,81	50 389	97,21	105,70	112,17	702	702	2	2	115,44	112,99

Tabela 5 - Números de polícia cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro.

	População (coberta)				Média		Máximo		Mínimo		Desvio padrão	
	5 min	%	10 min	%	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min
A pé	497 100	43,01	1 000 749	86,60	25,32	22,66	229	229	3	2	18,67	16,88
Bicicleta	1 003 693	86,85	1 078 716	93,34	22,57	21,41	229	229	2	2	16,87	11,66

Tabela 6 - População coberta, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro.

Total de números de polícia: 51 833
Total de população: 1 155 664

	Pontos de Emprego				Média		Máximo		Mínimo		Desvio padrão	
	5 min	%	10 min	%	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min
A pé	16 882	50,08	31 334	92,95	189,69	352,07	509	1 059	11	27	123,26	209,20
Bicicleta	31 619	93,80	33 392	99,06	355,27	375,27	1 265	1 273	13	18	234,05	227,90

Tabela 7 - Pontos de emprego cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro.

	Nº de empregados				Média		Máximo		Mínimo		Desvio padrão	
	5 min	%	10 min	%	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min	5 min	10 min
A pé	367 283	47,89	707 564	92,26	21,76	22,58	251	251	6	6	38,04	39,47
Bicicleta	713 861	93,08	760 218	99,13	22,58	22,77	251	251	6	6	39,44	39,66

Tabela 8 - Número de empregados cobertos, a 5 e 10 minutos, quer a pé quer em bicicleta, a partir das estações de metro.

Total de pontos de emprego: 33 710
Total empregos: 766 892

4.2. Complementaridade

O tempo de acesso ou a distância que alguém é forçado a superar para chegar a um ponto de serviço, é um factor crítico na utilização dos transportes públicos. A bicicleta exerce aqui uma complementaridade significativa, pois a utilização deste meio sustentável reduz significativamente os custos de tempo de viagem, havendo uma maior disposição por parte da população de utilizar os transportes públicos.

Exemplo disso são os tempos de viagem obtidos através das 140 rotas realizadas onde a bicicleta em complementaridade com todos os meios de transportes públicos (autocarro, comboio e metro), ou apenas com o metro, exerce uma maior competitividade de tempos de viagem face à deslocação pedonal em complementaridade com todos os meios de transportes públicos, ou metro. Através da tabela 9, pode-se notar-se uma média de tempos de viagem de 24,25 minutos na utilização de todos os meios de transportes públicos com a acessibilidade exercida através do modo pedonal e uma média de tempos de viagem de 17,29 minutos, quando os acessos em complementaridade com todos os meios de transportes públicos são realizados em bicicleta. Isto demonstra que a diferença média entre os tempos de viagem totais utilizando todos os meios de transportes públicos, tendo como acesso a bicicleta face ao modo pedonal é de 7,14 minutos; ou seja, a bicicleta, como meio de acesso aos restantes transportes públicos, tendo em conta todas as rotas em estudo, apresenta tempos de viagem de menos 7 minutos face ao acesso pedonal.

A média dos tempos de viagem em metro, quando o acesso a este meio de transporte é realizado a pé, é de 22,43 minutos; já quando o acesso é realizado em bicicleta, observa-se uma média de tempos de viagem totais de 13,35 minutos; isto é, observa-se uma diferença média de menos 10,07 minutos dos tempos de viagem totais quando o acesso é realizado em bicicleta, evidenciando os menores custos de tempo da bicicleta em complementaridade com o metro.

Centróides	Total de Tempos de Viagem (minutos)					
	Todos os Meios de Transportes Públicos (acesso a pé)	Todos os Meios de Transportes públicos (acesso em bicicleta)	≠	Metro (acesso a pé)	Metro (acesso em bicicleta)	≠
0	50	46,06	-4,34	32,07	26,12	-6,35
1	50	46,06	-4,34	32,07	26,12	-6,35
2	50	46,06	-4,34	32,07	26,12	-6,35

3	31,07	15	-16,07	45,5	26,34	-19,16
4	17,33	11,31	-6,02	29,07	21,35	-8,12
5	26,07	14,02	-12,05	29	19,28	-10,12
6	35,5	28,31	-7,19	24,17	20,11	-4,06
7	46,23	32,22	-14,01	34,07	22,34	-12,13
8	26,07	14,02	-12,05	29	19,28	-10,12
9	50	46,06	-4,34	32,07	26,12	-6,35
10	45,07	39,12	-6,35	41,23	26,49	-15,14
11	35,5	28,31	-7,19	24,17	20,11	-4,06
12	38,23	34,34	-4,29	37,23	22,49	-15,14
13	39,07	34,25	-5,22	32,23	21,11	-11,12
14	39,07	32,08	-7,39	24,07	16,35	-8,12
15	29,3	28,04	-1,26	40,07	17,17	-23,3
16	40,17	36,43	-4,14	30	18,11	-12,29
17	29,33	24,03	-5,3	27,17	13,31	-14,26
18	32,5	25,31	-7,19	27,07	19,35	-8,12
19	30,27	21,29	-9,38	29,17	20,05	-9,12
20	28,02	20,34	-8,08	28,33	19,42	-9,31
21	34,23	25,28	-9,35	32	18,26	-14,14
22	26,17	25	-1,17	25,5	17,18	-8,32
23	30,5	26,2	-4,3	22,5	14,18	-8,32
24	31,17	30	-1,17	22,5	14,18	-8,32
25	30,37	21,1	-9,27	32,5	17,35	-15,15
26	37,23	23,22	-14,01	23	16,49	-6,51
27	30,17	21,37	-9,2	27	14,38	-13,02
28	35,5	26,46	-9,04	24,17	15,05	-9,12
29	29,23	24,29	-5,34	19,5	15,2	-4,3
30	23,17	9,31	-14,26	28,33	16,2	-12,13
31	19	8,15	-11,25	24,5	16,18	-8,32
32	31,23	24,45	-7,18	27	17,28	-10,12
33	31,5	24,31	-7,19	26,23	15,11	-11,12
34	26,5	10,23	-16,27	23,33	14,42	-9,31
35	19,5	15,2	-4,3	18	12,22	-6,18
36	29	18,15	-11,25	18,07	13,25	-5,22
37	24,07	19,57	-4,5	20	13,49	-6,51
38	34,53	28,04	-6,49	27	17,28	-10,12
39	23	19,06	-5,34	25	15,28	-10,12
40	23,07	18,25	-5,22	30,23	15,49	-15,14
41	26,33	20,31	-6,02	25	15,28	-10,12
42	27,17	21,26	-6,31	22,33	13,42	-9,31
43	19	14,34	-5,06	21,23	14,12	-7,11

44	32,27	26,18	-6,09	25,5	13,57	-12,33
45	34,17	30,11	-4,06	26,07	15,06	-11,01
46	27,2	25,29	-2,31	22,07	14,35	-8,12
47	32,23	23,28	-9,35	23,17	14,05	-9,12
48	27,17	15,15	-12,02	20,07	12,35	-8,12
49	31,1	24,41	-7,09	20,5	12,18	-8,32
50	33,33	23,37	-10,36	21,17	12,05	-9,12
51	22,5	13,46	-9,04	26,33	14,2	-12,13
52	25,27	21,35	-4,32	18,23	13,29	-5,34
53	23,07	16,08	-7,39	20,33	11,42	-9,31
54	18,33	14,15	-4,18	17,17	11,26	-6,31
55	16	10,22	-6,18	30,07	11,11	-19,36
56	12,35	10,22	-2,13	24	10,26	-14,14
57	13,33	9,48	-4,25	22	9,38	-13,02
58	17,07	10,08	-7,39	19,07	7,34	-12,13
59	16,17	15	-1,17	25	10,54	-14,46
60	23,17	22	-1,17	18,5	10,18	-8,32
61	22,1	19,02	-3,08	18,5	10,18	-8,32
62	24,23	16	-8,23	15,17	10,38	-5,19
63	14,13	11,03	-3,1	23,23	12,11	-11,12
64	11,37	9,33	-2,04	17,23	10,12	-7,11
65	19,27	15,35	-4,32	15,07	7,35	-8,12
66	13,33	7,31	-6,02	21	6,54	-14,46
67	21,33	17,15	-4,18	18,07	10,35	-8,12
68	20,2	16,12	-4,08	22,23	11,11	-11,12
69	24,1	14,19	-10,31	16,07	8,35	-8,12
70	18,5	11,31	-7,19	16	9,49	-6,51
71	18,27	15,07	-3,2	12,33	7,03	-5,3
72	7,5	4,25	-3,25	15,17	6,15	-9,02
73	17,07	10,08	-7,39	19,07	7,34	-12,13
74	17,5	6,29	-11,21	19,07	6,29	-13,18
75	15,33	11,48	-4,25	17	7,28	-10,12
76	14,07	5,23	-9,24	22,17	8,31	-14,26
77	18,17	13,38	-5,19	16,23	9,12	-7,11
78	21	13,05	-8,35	14	7,49	-6,51
79	23,17	16,22	-7,35	16,23	9,12	-7,11
80	13,5	10,25	-3,25	10,12	5,58	-4,54
81	14,2	10,12	-4,08	13	6,49	-6,51
82	13,07	6,08	-7,39	13,07	5,35	-8,12
83	24,33	17,58	-7,15	17,17	11,26	-6,31
84	8,33	2,31	-6,02	21,23	6,49	-15,14

85	9,5	3,35	-6,15	17	5,43	-11,57
86	16,07	10,12	-6,35	8,33	4,48	-4,25
87	14,13	9,59	-4,54	17,5	9,18	-8,32
88	15,5	9,03	-6,47	15,5	7,18	-8,32
89	14,5	10,2	-4,3	18,5	6,57	-12,33
90	21	15,22	-6,18	18	11,49	-6,51
91	20,07	11,23	-9,24	17,17	8,05	-9,12
92	26,07	21,57	-4,5	24,23	13,11	-11,12
93	14,5	10,2	-4,3	10,33	5,03	-5,3
94	9,03	4,35	-5,08	8,23	3,29	-5,34
95	9,23	4,29	-5,34	18,07	6,34	-12,13
96	7,03	3,07	-4,36	10	3,49	-6,51
97	16,03	7,33	-9,10	11	4,49	-6,51
98	20,5	13,31	-7,19	24,5	9,35	-15,15
99	24	15	-9	19,07	7,34	-12,13
100	14,28	7,14	-7,14	16,23	5,11	-11,12
101	16,5	12,52	-4,38	23,23	8,49	-13,14
102	6,28	3,08	-3,2	24,33	11,08	-13,25
103	17,28	11,18	-6,1	18,5	6,57	-12,33
104	24,07	20,29	-4,18	20,07	12,35	-8,12
105	23,3	13,57	-8,13	31,23	13,28	-18,35
106	26,17	16,32	-8,25	21,07	9,34	-12,13
107	20,55	8,58	-12,37	11,5	7,2	-4,3
108	20,12	16,31	-4,21	22,5	14,18	-8,32
109	29,07	17,02	-12,05	24	14,28	-10,12
110	22,55	18,21	-4,34	20	13,49	-6,51
111	14,57	11,26	-3,31	14,23	7,12	-7,11
112	14,07	7,08	-7,39	22,23	7,49	-15,14
113	20,4	14	-6,4	15,5	7,18	-8,32
114	21,28	10,12	-11,16	32,5	13,34	-19,16
115	18,23	14,34	-4,29	15,33	11,48	-4,25
116	13,12	9,31	-4,21	16	9,49	-6,51
117	16,3	12,36	-4,34	18	12,22	-6,18
118	18	16,12	-2,28	23,33	14,42	-9,31
119	33,23	18,17	-15,06	26,07	14,34	-12,13
120	21,07	17,4	-4,07	17,17	12,38	-5,19
121	24,13	18,14	-6,39	23,33	14,42	-9,31
122	15,22	12,17	-3,05	14,33	9,03	-5,3
123	18,22	12,28	-6,34	15,17	9,26	-6,31
124	20,13	14,14	-6,39	15,23	8,12	-7,11
125	19,38	15,17	-4,21	17,5	12,08	-5,42

126	25,13	21,31	-4,22	25,33	16,42	-9,31
127	28,17	14,31	-14,26	29	19,28	-10,12
128	32,23	21,22	-11,01	28,17	15,03	-13,14
129	23,23	16,45	-7,28	20,07	12,35	-8,12
130	28,38	19,43	-9,35	25,07	13,34	-12,13
131	29,23	14,17	-15,06	32,33	20,2	-12,13
132	22,22	16,28	-6,34	23	13,28	-10,12
133	18	11,49	-6,51	33,17	20,03	-13,14
134	22,22	18,12	-4,1	21,5	13,18	-8,32
135	23,07	18,25	-5,22	21,5	13,18	-8,32
136	23,33	20,2	-3,13	22,33	13,42	-9,31
137	23,17	13,32	-10,25	26,5	18,18	-8,32
138	32,17	15,09	-17,08	35,17	22,03	-13,14
139	34,33	22,52	-12,21	28,07	20,35	-8,12

Tabela 9 - Tempos de viagem, utilizando o modo pedonal e a bicicleta em complementaridade com todos os meios de transportes públicos, ou com o metro.

4.3. Competitividade

Neste presente ponto, analisa-se a competitividade tendo em conta os tempos de viagem de todos os meios de transportes utilizados no caso de estudo (tabela 10). Deve-se ter em conta que estes mesmos tempos de viagem, para além de implicarem o movimento (pedonal ou em bicicleta) desde o ponto de origem até à paragem e depois desde a paragem até ao ponto de destino, integram, no caso de todos os meios de transportes públicos e do metro, os tempos de transferência. Estes envolvem o tempo decorrido desde que se chega a uma paragem de um tipo de transporte público, até à hora de partida do veículo de transporte associado à transferência desejada (Lei 2010). Existem no entanto, transferências em que não é necessário andar, uma vez que na paragem em que o passageiro sai, é a paragem pela qual terá de esperar pelo próximo transporte, ou seja, não existe uma deslocação, mas sim um tempo de espera. Deve-se ter também em atenção que no tempo de caminhada ou transferência, o *Google Maps* não tem em atenção o tempo que uma pessoa espera num semáforo, ou se houver algum obstáculo, como uma obra ou corte de rua, o tempo de deslocação para contornar essa mesma barreira. Esta maior deslocação traduz-se num aumento do tempo de transferência, que no presente estudo não é tido em consideração.

Assim sendo começa-se por analisar os tempos de viagem a pé. Tendo em conta uma deslocação média de 3,6km/h, ou seja, o meio de transporte com a velocidade de deslocação mais baixa face aos demais transportes em estudo, a deslocação pedonal é o meio individual que apresenta maiores tempos de viagem, sendo que a média das 140 rotas realizadas é de 52,02 minutos, ou seja, um tempo médio de deslocação demasiado alto, face à premissa da população, que pretende uma maior deslocação num menor tempo de viagem possível.

É neste ponto que entra a bicicleta, como um meio competitivo e individual; onde tendo em conta uma velocidade média de 13km/h, apresenta uma média de tempos de viagem geral de 14,56 minutos, ou seja, este meio de transporte é 3 vezes mais rápido que a deslocação pedonal, tendo destaque principalmente para as viagens de pequenas distâncias.

Já a média dos tempos de viagem utilizando todos os meios de transportes públicos (e tendo como meio de acesso a bicicleta) é de 17,29 minutos. Apesar de apresentar melhores tempos de viagem face à deslocação pedonal, a utilização do transporte multimodal apresenta grandes desvantagens (mesmo em comparação com o metro, transporte público em análise): o facto do usuário ter de realizar, por vezes grandes desvios para acesso e reescalonamento, e ainda os tempos de espera a que estão sujeitos, com gastos de tempos extras que influenciam o tempo total de deslocação. Por acréscimo, temos ainda a existência de um maior número de paragens por parte dos transportes públicos, com destaque para o autocarro, o que leva a maiores tempos de viagem. Isto só aumenta a competitividade da bicicleta, uma vez que como transporte unimodal, esta realiza a viagem diretamente, tendo apenas como obstáculo as condicionantes do tráfego, ou barreiras que surjam, que influenciam igualmente o transporte multimodal, ou seja, existe uma maior liberdade por parte da bicicleta, logo o tempo de deslocação torna-se inferior e mais cómodo (como se pode verificar segundo os tempos de viagem da tabela 10). A bicicleta torna-se deste modo uma forte concorrente face aos transportes públicos, pois o facto de grande parte das viagens terem pequenas distâncias e várias paragens, faz com que a bicicleta tenha melhores custos de tempo.

Segundo a média dos totais de tempo de viagens das rotas realizadas, o metro, tendo a bicicleta em complementaridade com o mesmo, é o segundo transporte que apresenta a média mais baixa de tempos de viagem realizados, com 13,34 minutos. Este normalmente tem um horário fixo, com tempos de viagem estabelecidos, sendo que não

está sujeito ao efeito de congestionamento do tráfego, nem à existência de semáforos, entre outras barreiras, o que se reflete no cumprimento de horários, e por isso, pela rapidez do mesmo, e graças à maior existência de estações proporciona um maior leque de escolhas de deslocação por parte da população, face à utilização do comboio por exemplo.

De referir, que nos transportes públicos (tanto em todos os meios de transportes públicos como apenas no metro) pode haver uma diferença nos horários, pois nas horas de ponta existe uma maior disponibilidade do serviço, logo o tempo de espera pode ser inferior. A diferença em minutos é no entanto pequena, de cerca de 2/3 minutos.

O carro, sendo o meio de deslocação que apresenta maiores velocidades e uma densa rede de estradas propícias ao uso do mesmo, é o meio de transporte que apresenta menores tempos de viagem, com uma média de 7,48 minutos. No entanto, deve-se referir que os tempos de viagem assinalados não têm em conta o tempo de estacionamento (pois o tempo médio para sair com o carro e mais tarde para encontrar um estacionamento condiciona a competitividade dos tempos de viagem), nem o tempo de deslocação, caso o parque/garagem de estacionamento do transporte individual não seja na moradia do proprietário ou no local de trabalho do mesmo. Além disso, tal como nos transportes públicos, o automóvel particular está sujeito às barreiras existentes, ao congestionamento do tráfego, entre outros, o que aumenta consideravelmente o tempo de viagem, tornando a bicicleta um meio de deslocação mais competitivo no centro das cidades, e é também um meio de transporte com uma maior quantidade de estacionamentos disponível face aos carros, uma vez que encontrar um lugar de estacionamento para os carros é geralmente mais difícil do que encontrar um lugar de bicicleta vazio (Jensen 2010).

Assim sendo, somamos aos tempos de viagem em carro uma penalidade adicional de 9 minutos aos tempos já obtidos, uma vez que o movimento entre o ponto de origem e o ponto de destino, tal como já foi referido, inclui a deslocação a pé até ao local onde o carro se encontra estacionado, o procurar de estacionamento posteriormente, e finalmente a deslocação a pé entre o estacionamento e o ponto de destino. Estes tempos foram estimados, atribuindo-se 2 minutos desde o ponto de origem até ao carro, 5 minutos na procura de estacionamento, e 2 minutos desde o estacionamento até ao ponto de destino. Com esta penalidade, os tempos de viagem em carro aumentam substancialmente, passando para uma média de 16,48minutos no total das rotas realizadas, ou seja, a média dos tempos de viagem praticamente duplica. O carro perde

deste modo competitividade face à bicicleta, como transporte individual, e ao metro, em complementaridade com a bicicleta, uma vez que passa a ter uma média de tempos de viagem superiores a estes últimos meios de transporte; e passa a ter uma maior proximidade com a média dos tempos de viagem das rotas realizadas em todos os meios de transportes públicos. De referir que, estes tempos em carro podem ainda aumentar, tal como em todos os meios transportes públicos, como já foi referido anteriormente, com o surgir de determinadas barreiras.

De modo a verificar a competitividade entre os transportes em estudo, procedeu-se a uma análise dos tempos de viagem (em minutos) tendo em conta se o uso da bicicleta como único meio de transporte é mais rápido ou não exerce grande diferença face aos tempos em transportes públicos; se os tempos de viagem em bicicleta são mais rápidos ou próximos dos tempos que o carro exerce para pequenas distâncias; e se existe competitividade dos transportes públicos face ao carro, quando o acesso às estações se realiza em bicicleta.

Assim sendo, começa-se por avaliar se o uso da bicicleta como único meio de transporte é mais rápido ou não exerce grande diferença face aos tempos em transportes públicos (figura 11). Através das 140 rotas podemos verificar que para maiores distâncias o tempo em bicicleta é significativamente maior face aos tempos de viagem de todos os meios de transportes públicos e do metro (sendo que o acesso aos últimos realiza-se em bicicleta), havendo por vezes diferenças de 15 minutos. Com isto, o metro revela-se como o meio de transporte que em geral obtém os melhores tempos de viagem (em 86 das rotas) face à bicicleta e a todos os meios de transportes públicos. No entanto, quando as rotas são mais pequenas, os tempos de viagem em bicicleta tornam-se próximos dos do metro e de todos os meios de transportes públicos, demonstrando a competitividade que pode exercer face aos últimos, pois estes ao terem um pequeno atraso aumentam logo o seu tempo de viagem. Quando os tempos de viagem são semelhantes em algumas rotas, com diferenças de segundos, a bicicleta torna-se a mais beneficiadora. Das 140 rotas, em 40, a bicicleta é efetivamente a mais rápida, e só em 14 rotas todos os meios de transportes públicos obtêm os melhores tempos de viagem em relação à bicicleta e ao metro.

Fazendo uma comparação entre os tempos de viagem totais da bicicleta individualmente e de todos os meios de transportes públicos, a bicicleta apresenta melhores tempos de viagem em 120 das 140 rotas existentes, e apesar de, em algumas rotas, a diferença

entre estes transportes ser mínima, a bicicleta demonstra assim a sua autonomia, rapidez de deslocação e competitividade como transporte individual.

Quanto à competitividade dos transportes públicos sobre o carro, quando o acesso às estações se procede em bicicleta, nota-se que em geral o carro apresenta tempos de viagem muito mais baixos que os do metro e de todos os meios de transportes públicos (mesmo que o acesso seja realizado em bicicleta), principalmente para as rotas de longas distâncias, apresentando deste modo melhores tempos em 130, das 140 rotas efectuadas (figura 12). No entanto, em rotas de menores distâncias, a diferença de tempos não é tão significativa, diferenciando apenas em 5 minutos com os tempos de viagem do metro; e por vezes menos de 3 minutos, quer entre o carro e o metro, quer entre o carro e todos os meios de transportes públicos, sendo que entre os primeiros existe uma proximidade de tempos em 28 rotas, e entre os segundos, em 14 rotas, demonstrando a competitividade que os transportes públicos em complementaridade com a bicicleta podem exercer sobre o automóvel particular. Em relação aos tempos de viagem totais das restantes 10 rotas, o metro torna-se mais competitivo do que o carro em 9 rotas, e todos os meios de transportes públicos em apenas 1 rota.

No entanto, quando os tempos de viagem de carro sofrem uma penalidade de mais 9 minutos, a competitividade dos transportes públicos sobre o carro, quando o acesso às estações se realiza em bicicleta, aumenta consideravelmente. Enquanto sem a penalidade, o carro apresentava melhores tempos de viagem em 130 das 140 rotas realizadas, com o adicionar de uma nova margem de tempo, o carro passa a ter melhores tempos de viagem em apenas 13 rotas (figura 13). De assinalar, que nestas 13 rotas, a diferença de tempo em comparação ao metro, quando o acesso se realiza em bicicleta, é de 1/3 minutos, ou então, de apenas segundos, ou seja, o carro pode acabar por perder os seus tempos para o metro, dependendo do trânsito existente e das barreiras que surgirem. Relativamente a todos os meios de transportes públicos, nestas presentes rotas, a diferença de tempos é maior, logo, estes transportes multimodais não exercem tanta competitividade em relação ao automóvel particular. Em relação às restantes rotas, o metro obtém os melhores tempos de viagem em 99 rotas, e todos os meios de transportes públicos em 27. Nota-se igualmente, que numa das rotas, quer o metro quer todos os meios de transportes públicos, obtêm exatamente o mesmo tempo de viagem. Deste modo, assinala-se a forte competitividade que os transportes públicos em Madrid podem efetuar sobre o carro, quando estes se integram com a bicicleta.

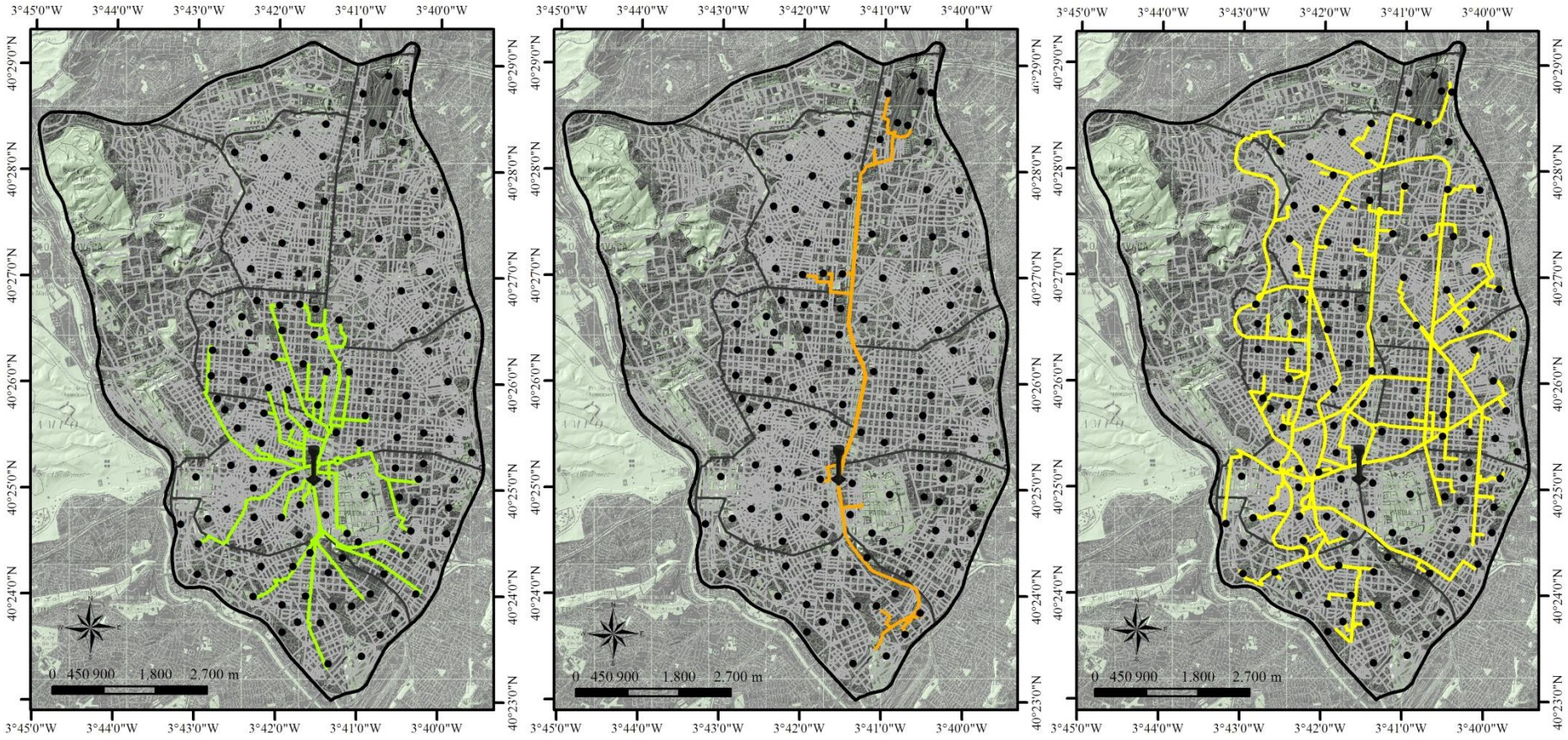


Figura 11 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta, metro, e todos os meios de transportes públicos, desde os centróides à Plaza de Cibeles.

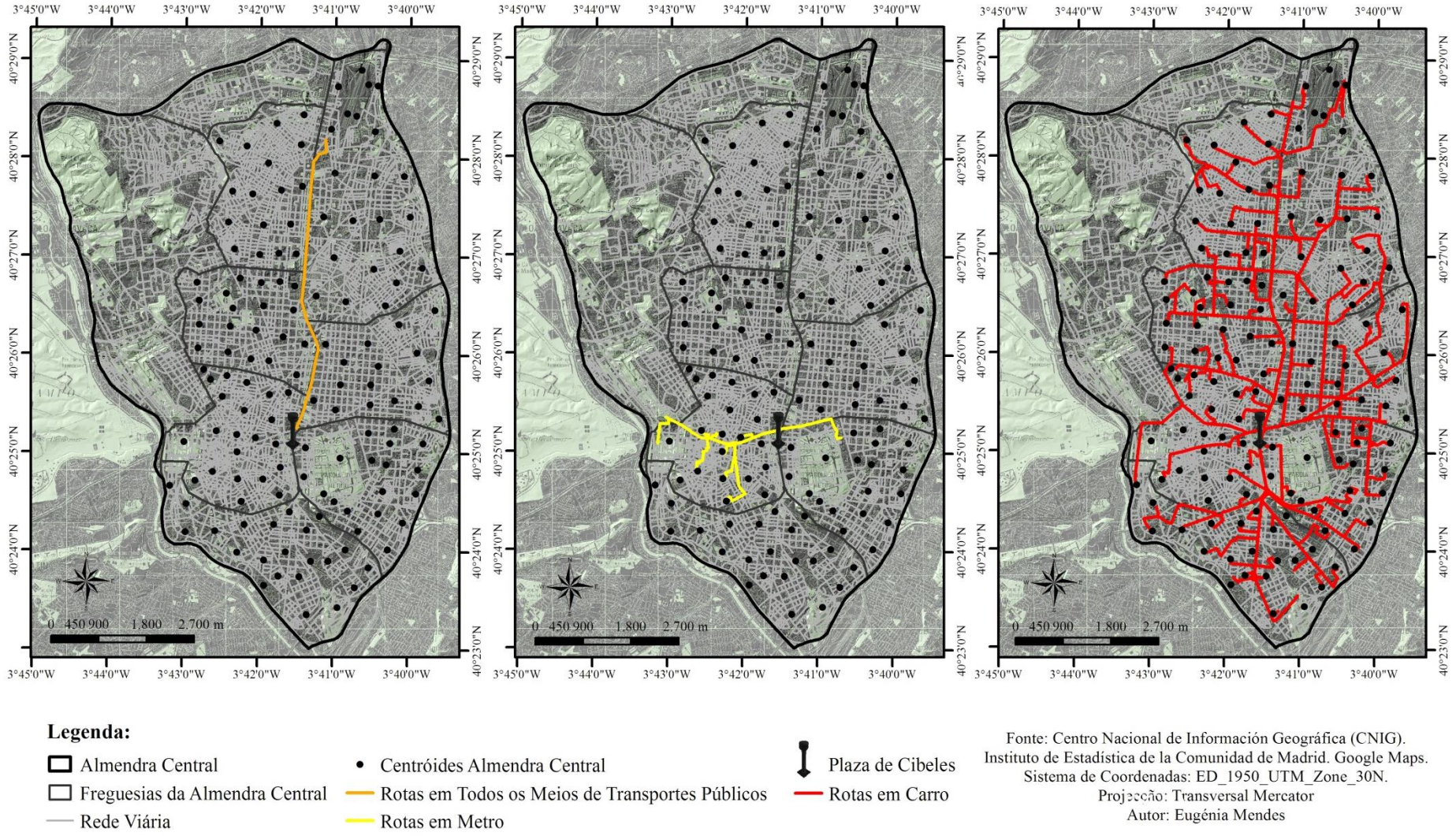
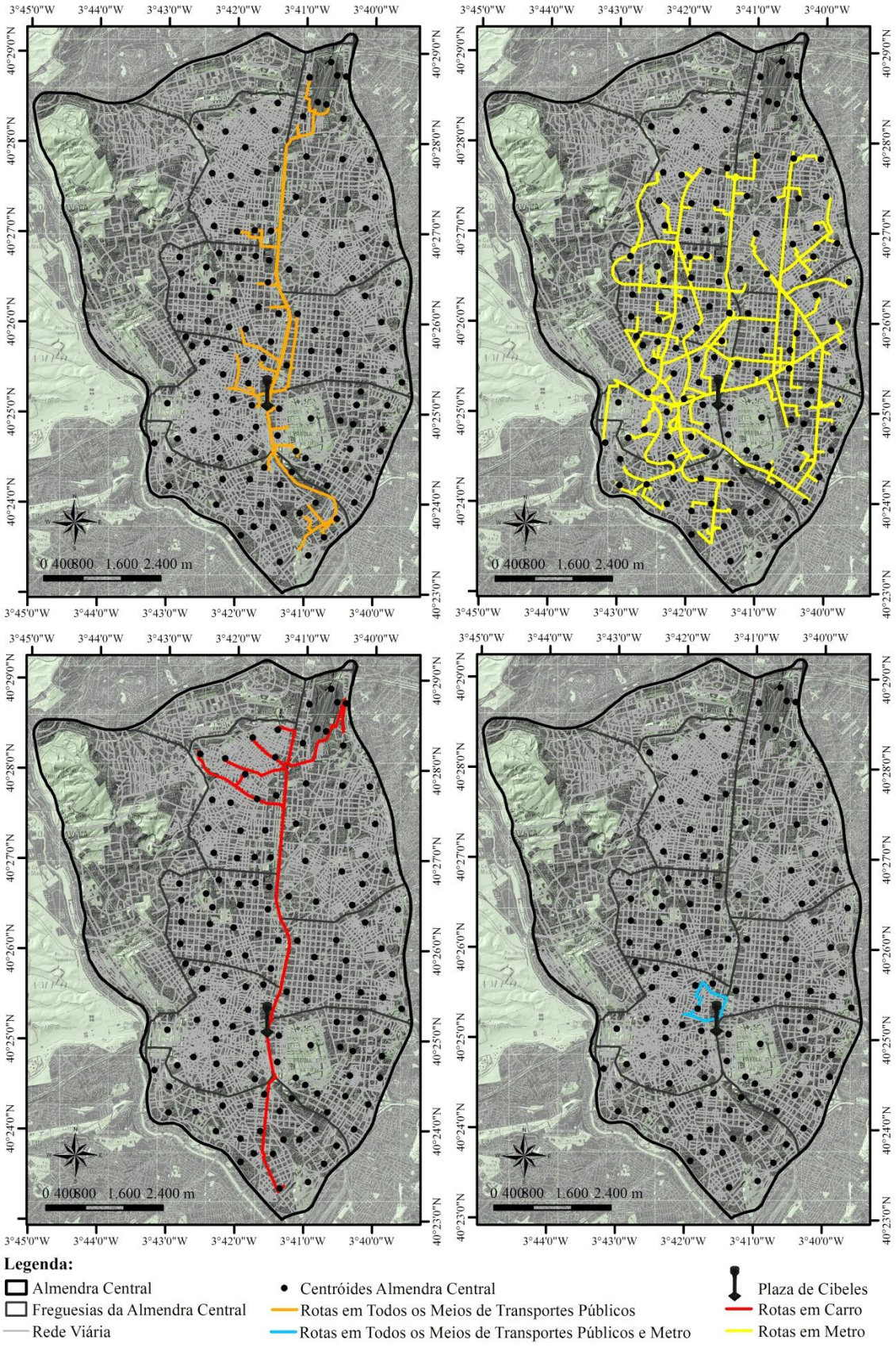


Figura 12 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em metro, todos os meios de transportes públicos, e carro, desde os centróides à Plaza de Cibeles.



Fonte: Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Google Maps.
Sistema de Coordenadas: ED_1950_UTM_Zone_30N. Projecção: Transversal Mercator. Autor: Eugénia Mendes

Figura 13 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em metro, todos os meios de transportes públicos, e carro (com penalidade de mais 9 minutos), desde os centróides à Plaza de Cibeles.

Para os tempos de viagem em bicicleta que são mais rápidos ou próximos dos tempos que o carro possui para pequenas distâncias, nota-se que de um modo geral, este meio de transporte sustentável pode competir com o automóvel individual. Em 19, das 140 rotas realizadas, os tempos de viagem entre os dois transportes são próximos, com diferenças de apenas mais 2/3 minutos para a bicicleta, ou por vezes de apenas segundos, o que demonstra a facilidade com que estas viagens possam realizar-se neste meio de transporte, uma vez que nos tempos de viagem do carro, apesar de este apresentar maiores velocidades, surge a questão dos tempos disponibilizados pelos *Google Maps* não incluírem os tempos de estacionamentos e as barreiras existentes nos centros das cidades (como já foi referido). Logo este meio de transporte aumenta os seus tempos finais, aproximando-se dos tempos da bicicleta. Em 3 rotas, tanto o carro como a bicicleta apresentam os mesmos tempos de viagem, logo o último torna-se mais eficiente e rápido; e em 2 rotas, a bicicleta foi efetivamente o meio de transporte mais rápido, apresentando numa das rotas, uma diferença de menos 3 minutos de tempo total face à deslocação em automóvel. Nas restantes rotas, de um modo geral o carro é o meio de deslocação mais rápido (figura 14), pois com maiores distâncias, o tempo de deslocação em bicicleta aumenta consideravelmente, refletindo-se na discrepância entre os tempos de viagem. Para combater este problema, Martens (2007) sugere a disponibilidade de ciclovias, como forma de induzir os ciclistas para a escolha de uma rota mais longa, salientando assim a importância das infraestruturas não motorizadas e a qualidade das mesmas, pois deste modo, a bicicleta poderá competir com o carro e os transportes públicos nas rotas de maiores distâncias, pois a bicicleta como já foi referido tem um carácter contínuo e não encontrará barreiras (sinais de trânsito e paragens) até ao seu ponto de destino.

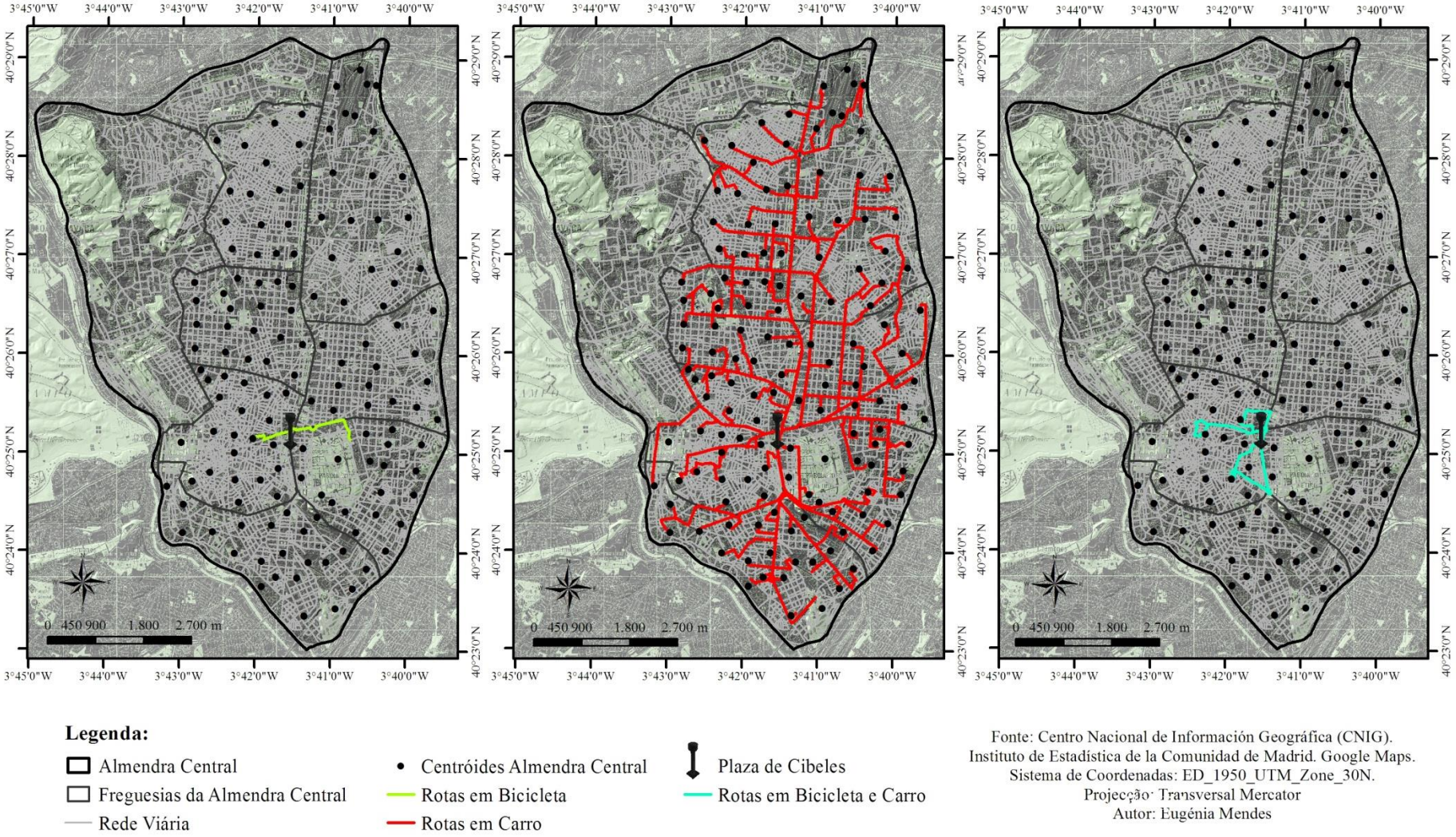


Figura 14 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta e carro, desde os centróides à Plaza de Cibeles.

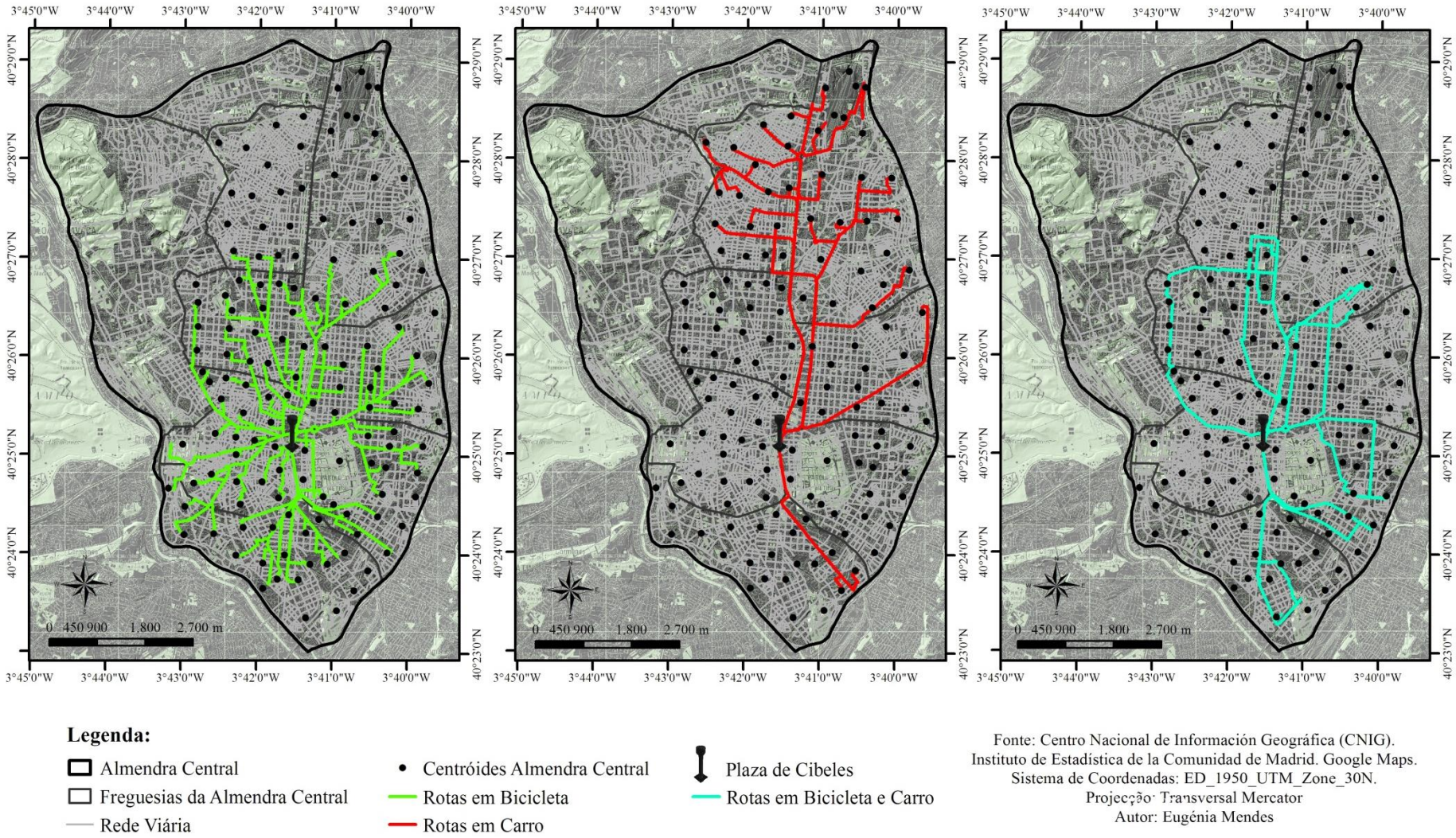


Figura 15 - Rotas com os tempos de viagem mais rápidos em bicicleta e carro (com penalidade de mais 9 minutos), desde os centróides à Plaza de Cibeles.

Se adicionarmos uma penalidade de mais 9 minutos aos tempos de viagem em carro, e compararmos novamente se os tempos de viagem em bicicleta são mais rápidos ou próximos dos tempos que o carro exerce para pequenas distâncias, verificamos que a bicicleta obtém os melhores tempos em 99 das 140 rotas (figura 15), em desfavorecimento do carro, que decresce para 32 rotas face à situação anterior. Destas 32, nas rotas de pequenas distâncias, a diferença de tempos de viagem em bicicleta é de apenas 1 a 3 minutos, mas a bicicleta pode atingir ainda melhores tempos em função das condições de trânsito existentes; e para rotas de grandes distâncias, observam-se diferenças que podem rondar os 10 minutos, logo, neste caso, só com infraestruturas não motorizadas que favoreçam a bicicleta é que este meio de transporte pode atingir os mesmos tempos que o automóvel particular. Observa-se também, que em 9 rotas, o carro e a bicicleta apresentam tempos de viagem semelhantes, e por isso mesmo, a bicicleta como um meio de transporte livre e direto mostra uma maior competitividade em relação ao automóvel particular.

Se tomarmos em atenção os tempos de viagem segundo os diferentes meios de transportes utilizados e as distâncias das rotas, verifica-se que os tempos de viagem nos pontos de origem mais próximos da *Plaza de Cibeles* demonstram em geral, que as viagens efectuadas em bicicleta são mais rápidas do que as de carro e as de transportes públicos nas áreas centrais; e o mesmo se verifica com os últimos face ao automóvel particular; logo a bicicleta como meio de deslocação individual, e como meio de acesso, em complementaridade com os demais transportes públicos, evidencia-se como um transporte cada vez mais competitivo e saudável em meio urbano.

Centróides	**Tempos de Viagem (minutos)**					
	Pé	**Bicicleta**	**Todos os meios de transportes públicos (acesso em bicicleta)**	**Metro (acesso em bicicleta)**	**Carro**	**Carro (Penalidade de + 9 min)**
0	118,33	33,17	46,06	26,12	14	23
1	118,33	33,17	46,06	26,12	14	23
2	118,33	33,17	46,06	26,12	14	23
3	113,33	31,38	15,00	26,34	13	22
4	100,00	28,09	11,31	21,35	13	22
5	107,07	29,54	14,02	19,28	11	20
6	105,00	29,08	28,31	20,11	11	20
7	107,07	29,54	32,22	22,34	12	21
8	107,07	29,54	14,02	19,28	11	20
9	118,33	32,77	46,06	26,12	14	23

10	107,07	29,54	39,12	26,49	13	22
11	95,00	26,31	28,31	20,11	10	19
12	100,00	28,09	34,34	22,49	13	22
13	93,33	26,25	34,25	21,11	12	21
14	88,33	24,46	32,08	16,35	10	19
15	90,00	25,32	28,04	17,17	11	20
16	98,33	27,23	36,43	18,11	12	21
17	77,07	21,23	24,03	13,31	9	18
18	82,07	23,02	25,31	19,35	10	19
19	83,33	23,08	21,29	20,05	12	21
20	82,07	23,02	20,34	19,42	13	22
21	85,00	23,54	25,28	18,26	11	20
22	72,07	20,25	25	17,18	9	18
23	72,07	20,25	26,20	14,18	9	18
24	78,33	22,09	30	14,18	10	19
25	75,00	21,17	21,10	17,35	11	20
26	73,33	20,31	23,22	16,49	10	19
27	70,00	19,38	21,37	14,38	9	18
28	67,07	18,46	26,46	15,05	10	19
29	75,00	20,77	24,29	15,20	10	19
30	62,07	17,08	9,31	16,20	8	17
31	62,07	17,08	8,15	16,18	8	17
32	75	21,17	24,45	17,28	14	23
33	60	17,02	24,31	15,11	9	18
34	63,33	17,54	10,23	14,42	9	18
35	63,33	17,54	15,20	12,22	9	18
36	50	14,25	18,15	13,25	7	16
37	57,07	16,09	19,57	13,49	8	17
38	70	19,38	28,04	17,28	10	19
39	55	15,23	19,06	15,28	9	18
40	53,33	15,17	18,25	15,49	8	17
41	47,07	13,32	20,31	15,28	5	14
42	65	18	21,26	13,42	9	18
43	45	12,46	14,34	14,12	6	15
44	58,33	16,15	26,18	13,57	9	18
45	65	18	30,11	15,06	8	17
46	63,33	17,54	25,29	14,35	9	18
47	58,33	16,15	23,28	14,05	7	16
48	43,33	12	15,15	12,35	8	17
49	53,33	15,17	24,41	12,18	10	19
50	55	15,23	23,37	12,05	7	16
51	42,07	11,54	13,46	14,20	6	15
52	42,07	11,54	21,35	13,29	9	18
53	48,33	13,38	16,08	11,42	8	17
54	40	11,08	14,15	11,26	6	15

55	35	10,09	10,22	11,11	5	14
56	32,07	9,17	10,22	10,26	3	12
57	30	8,31	9,48	9,38	5	14
58	32,07	9,17	10,08	7,34	4	13
59	42,07	11,54	15	10,54	6	15
60	50	14,25	22	10,18	6	15
61	50	14,25	19,02	10,18	8	17
62	42,07	11,54	16	10,38	7	16
63	28,33	8,25	11,03	12,11	5	14
64	32,07	9,17	9,33	10,12	5	14
65	38,33	11,02	15,35	7,35	4	13
66	20	5,54	7,31	6,54	3	12
67	50	14,25	17,15	10,35	6	15
68	42,07	11,54	16,12	11,11	7	16
69	35	10,09	14,19	8,35	6	15
70	28,33	8,25	11,31	9,49	6	15
71	38,33	11,02	15,07	7,03	7	16
72	12,50	3,46	4,25	6,05	2	11
73	25	7,32	10,08	7,34	4	13
74	20	5,54	6,29	6,29	5	14
75	32,07	9,17	11,48	7,28	4	13
76	17,07	5,02	5,23	8,31	3	12
77	35	10,09	13,38	9,12	5	14
78	30	8,31	13,05	7,49	7	16
79	40	11,08	16,22	9,12	5	14
80	27,07	7,38	10,25	5,58	4	13
81	22,07	6,00	10,12	6,49	5	14
82	17,07	5,02	6,18	5,35	3	12
83	42,07	11,54	17,58	11,26	6	15
84	7,50	2,08	2,31	6,49	2	11
85	11,23	3	3,35	5,43	3	12
86	28,33	8,25	10,12	4,48	5	14
87	47,07	13,32	9,59	9,18	10	19
88	28,33	8,25	9,03	7,18	4	13
89	23,33	6,46	10,20	6,57	9	18
90	35	10,09	15,22	11,49	6	15
91	35	10,09	11,23	8,05	6	15
92	47,07	13,32	21,57	13,11	7	16
93	22,07	6	10,20	5,03	6	15
94	14,17	4,32	4,35	3,29	5	14
95	10	3,17	4,29	6,34	1	10
96	10	3,17	3,07	3,49	2	11
97	22,07	6	7,33	4,49	5	14
98	38,33	11,02	13,31	9,35	6	15
99	33,33	9,23	15	7,34	8	17

100	15	4,15	7,14	5,11	3	12
101	33,33	9,23	12,52	8,49	4	13
102	17,07	5,02	3,08	11,08	1	10
103	27,07	7,38	11,18	6,57	7	16
104	50	14,25	20,29	12,35	7	16
105	48,33	13,38	13,57	13,28	9	18
106	42,07	11,54	16,32	9,34	9	18
107	22,07	6	8,58	7,20	6	15
108	47,07	13,32	16,31	14,18	8	17
109	48,33	13,38	17,02	14,28	10	19
110	57,07	16,09	18,21	13,49	7	16
111	25	7,32	11,26	7,12	6	15
112	27,07	7,38	7,08	7,49	4	13
113	35	10,09	14	7,18	8	17
114	32,07	9,17	10,12	13,34	6	15
115	32,07	9,17	14,34	11,48	4	13
116	30	8,31	9,31	9,49	5	14
117	38,33	11,02	12,36	12,22	6	15
118	47,07	13,32	16,12	14,42	6	15
119	55	15,23	18,17	14,34	10	19
120	48,33	13,38	17,40	12,38	8	17
121	57,07	16,09	18,14	14,42	7	16
122	33,33	9,23	12,17	9,03	5	14
123	35	10,9	12,28	9,26	4	13
124	43,33	12	14,14	7,12	7	16
125	45	12,46	15,17	12,08	9	18
126	55	15,23	21,31	16,42	8	17
127	47,07	13,32	14,31	19,28	6	15
128	52,07	14,31	21,22	15,03	8	17
129	43,33	12	16,45	12,35	5	14
130	48,33	13,38	19,43	13,34	7	16
131	52,07	14,31	14,17	20,20	9	18
132	50	14,25	16,28	13,28	9	18
133	67,07	18,46	11,49	20,03	8	17
134	52,07	14,31	18,12	13,18	7	16
135	52,07	14,31	18,25	13,18	6	15
136	53,33	15,17	20,20	13,42	7	16
137	60	17,02	13,32	18,18	7	16
138	63,33	17,54	15,09	22,03	8	17
139	63,33	17,54	22,52	20,35	8	17

Tabela 10 - Tempos de viagem por rota, de todos os meios de transportes utilizados no caso de estudo.

Os principais elementos que contribuem para que as pessoas optem pela utilização da bicicleta face aos transportes públicos e ao automóvel particular são o acesso, e principalmente, a competitividade do tempo de viagem. Por esta razão, a bicicleta deverá ter uma boa infra-estrutura e rede viária de suporte, para assim se alcançarem tempos de viagem de origem-destino competitivos (Murray 2001). Tal como demonstrou o trabalho de Bovy e Bradley, o tempo de viagem é o factor mais importante na escolha da rota (Sayarshad 2012), e é por isso, que se vai realizar uma pequena análise aos tempos de viagem totais das 140 rotas desenhadas, segundo os transportes em estudo.

	Tempos de Viagem (minutos)			
	Média	**Mínimo**	**Máximo**	**Desvio Padrão**
Todos os meios de transportes públicos (acesso a pé)	24,08	6,28	50	9,11
Todos os meios de transportes públicos (acesso em bicicleta)	17,1	2,3	46,06	9,20
Metro (acesso a pé)	22,28	8,23	45,5	7,11
Metro (acesso em bicicleta)	13,19	3,29	26,49	5,29
Bicicleta	14,36	2,07	33,16	7,27
Pé	52,28	7,5	118,33	26,26
Carro	7,47	1	14	3,32
Carro (penalidade de + 9 min)	16,48	10	23	3,33

Tabela 11 - Tempos de viagem, em minutos, para todos os meios de transportes públicos, metro, bicicleta, a pé e carro.

Como se pode ver na tabela 11, não existe uma forte discrepância entre os mínimos dos tempos de viagem dos diferentes meios de transportes, sendo que o carro (sem a penalidade) é o meio de transporte que apresenta um menor tempo de viagem, com 1 minuto, seguido pela bicicleta, com 2,07 minutos. Todos os meios de transportes públicos com acesso em bicicleta surgem em terceiro lugar, com 2,30 minutos, tendo logo atrás o metro, também com acesso em bicicleta, com um tempo de viagem mínimo de 3,29 minutos. Já quando o acesso se realiza através do modo pedonal, os tempos de viagem aumentam substancialmente, sendo que em todos os meios de transportes públicos, neste caso o tempo de viagem mínimo é de 6,28 minutos; e em metro, 8,23 minutos. O carro, ao adicionar mais 9 minutos de tempo de viagem, é o meio de transporte com o maior tempo de viagem mínimo dos transportes em estudo, com 10

minutos. A deslocação pedonal revela-se, a terceira com um valor mínimo de tempo de viagem mais alto, com 7,50 minutos.

Quanto aos tempos máximos das rotas efectuadas, nota-se novamente o carro como o transporte com menor tempo de viagem, com 15 minutos; e com 23 minutos (com a penalidade de 9 minutos), uma vez que este, ao ser um transporte de velocidades elevadas e directo, torna-se mais eficiente para rotas de longas distâncias. Este é seguido pelo metro, quando o acesso se realiza em bicicleta, com 26,49 minutos; e pela bicicleta, com 33,16 minutos. O metro, com acesso pedonal, apresenta tempos de viagem máximos de 45,50 minutos; todos os meios de transportes públicos com acesso em bicicleta, 46,06 minutos, e com acesso pedonal, 50 minutos. A deslocação pedonal, como transporte único, é o que apresenta maiores tempos de viagem totais, com um máximo de 118,33 minutos, uma vez que é o meio de deslocação mais lento, face aos restantes. De referir, ademais, que todos os meios de transportes públicos e o metro podem apresentar em determinadas rotas maiores tempos de viagem, devido às paragens/estações dos mesmos, que podem condicionar os tempos de deslocação, uma vez que a rota terá que apresentar consequentemente uma maior distância, quer de acesso, quer da própria linha regente a esse mesmo transporte público.

As médias dos tempos de viagem demonstram novamente que o carro, sem a penalidade de tempo, é o transporte mais rápido, com 7,47 minutos; tendo o metro com acesso em bicicleta, um tempo de viagem médio de 13,19 minutos, praticamente o dobro do carro; e a bicicleta, como transporte individual, uma média de 14, 36 minutos. A seguir temos novamente o carro, desta vez, com uma penalidade de 9 minutos, o que se traduz numa média de 16,48 minutos; todos os meios de transportes públicos com acesso em bicicleta, com uma média de 17,10 minutos; e o metro, com acesso a pé com 22,28 minutos. Todos os meios de transportes públicos, em complementaridade com o modo pedonal, surgem com a segunda maior média de tempos de viagem, com 24,08 minutos; e a média dos tempos de viagem a pé destaca-se novamente como a mais alta, com 52,28 minutos.

O desvio padrão dos tempos de viagem de todos os transportes em análise é em geral baixo, demonstrando a baixa variabilidade dos dados, tendo apenas o modo pedonal um valor um pouco mais alto, com 26,26 minutos, o que denota a dispersão dos tempos de viagem a pé das rotas em análise.

Apesar de não ser o meio de deslocação mais rápido, a bicicleta, segundo os dados acima apresentados, é o transporte que apresenta as terceiras médias mais baixas de

tempos de viagem, tendo a diferença de apenas praticamente 1 minuto da média dos tempos de viagem em metro, quando o acesso ao último que efetua em bicicleta; é o que apresenta a menor mínima de tempo de viagem a seguir ao carro (logo, se aos tempos de viagem em carro forem somados os 9 minutos da penalidade dada, este meio de transporte sustentável torna-se efetivamente o meio de transporte com a menor mínima), e a 3º menor máxima (contabilizando uma única vez o carro, com ou sem a penalidade), o que evidencia a estreita competitividade com o metro, quando o acesso ao mesmo é em bicicleta; e torna-se efetivamente o meio de deslocação em meio urbano para pequenas distâncias mais competitivo face ao metro, quando o acesso ao mesmo é pedonal, e a todos os meios de transportes públicos, tendo estes o acesso quer a pé quer em bicicleta.

Para competir com os tempos de viagem do automóvel particular, principalmente no caso de maiores distâncias, e para que seja eficiente também em termos de velocidade, é necessário, como já foi referido, o desenvolvimento de ciclovias apropriadas para o uso da bicicleta; uma vez que estas infraestruturas são também uma característica quantitativa importante na determinação da eficiência de um sistema de transporte (Jensen 2010), pois se a velocidade for constante e não houverem barreiras, o tempo de percurso será equitativo.

4.4. Tempos de viagem de todos os transportes segundo as freguesias

A escolha da *Plaza de Cibeles* como ponto de destino, no centro da cidade de Madrid traduz como já foi referido, a existência de áreas mistas do solo de alta densidade, características da coroa da Almendra Central. A existência destas áreas mistas compreende atividades complementares que estão colocadas em proximidade umas das outras, permitindo assim que as pessoas andem entre os usos com uma maior facilidade, reduzindo as viagens à base de carro e aumentando o patrocínio do transporte público, a pé, e principalmente da bicicleta. A rede viária existente oferece uma forma mais sustentável ambientalmente do desenvolvimento urbano, reduzindo a necessidade de viajar e facilitando a transferência modal entre os residentes, longe do carro (Curtis 2010).

O objectivo de avaliar os tempos de viagem dos diferentes transportes em análise, permite o efectuar de comparações entre a acessibilidade relativa que existe nas diferentes freguesias que compõem a Almendra Central. De referir, que das catorze

freguesias que compõem a Almendra Central, apenas sete são alvo de estudo. Isto deve-se à localização dos centróides, que apenas se situam nas freguesias de Arganzuela, Centro, Chamartin, Chamberí, Retiro, Salamanca e Tetuán.

		Todos os meios de transportes públicos		Metro		Bicicleta	Pé	Carro	Carro (+ 9 min)
		A pé	Bicicleta	A pé	Bicicleta				
Média	Centro	16,39	10,00	15,26	7,11	7,11	26,09	6,10	15,10
	Arganzuela	24,39	16,15	23,55	14,18	13,53	49,26	7,14	16,14
	Retiro	18,41	13,28	21,39	11,10	10,49	38,29	6,29	15,29
	Salamanca	19,19	14,26	18,36	9,22	10,25	37,03	5,21	14,21
	Chamartin	32,50	26,13	27,35	18,11	24,18	86,27	11,14	20,14
	Tetuán	33,27	24,22	28,57	18,33	23,23	82,45	10,59	19,59
	Chamberí	22,44	17,02	22,09	12,26	12,58	45,42	7,15	16,15
Mínima	Centro	7,03	2,31	8,23	3,29	2,08	7,5	2	11
	Arganzuela	13,12	9,31	14,33	8,12	8,31	30	4	13
	Retiro	6,28	3,08	15,50	6,34	3,17	10	1	10
	Salamanca	7,5	4,25	10,12	5,35	3,46	12,5	2	11
	Chamartin	17,33	11,31	18,07	12,22	12,46	45	6	15
	Tetuán	19	8,15	23	13,31	17,08	62,07	8	17
	Chamberí	11,37	7,31	15,17	6,54	5,54	20	3	12
Máxima	Centro	26,17	16,32	22,17	11,11	13,32	47,07	10	19
	Arganzuela	34,33	22,52	35,17	22,03	18,46	67,07	10	19
	Retiro	26,07	22,00	32,50	16,42	16,09	57,07	9	18
	Salamanca	34,17	30,11	26,07	15,06	18	65	8	17
	Chamartin	50	46,06	45,5	26,34	33,17	118,33	14	23
	Tetuán	46,23	39,12	41,23	26,49	29,54	107,07	13	22
	Chamberí	34,53	28,04	30,23	17,28	19,38	70	10	19
Desvio Padrão	Centro	5,38	4,18	4,16	2,36	3,34	11,03	2,07	2,07
	Arganzuela	6,24	3,27	6,26	4,32	3,11	10,18	2,14	2,14
	Retiro	5,09	5,30	4,32	3,01	3,57	13,30	2,20	2,20
	Salamanca	7,02	6,38	4,20	3	4,10	13,36	1,55	1,55
	Chamartin	9,59	11,28	6,55	5,14	6,39	23,07	2,40	2,40
	Tetuán	7,22	8,53	5,33	3,46	4,29	15,48	2,05	2,05
	Chamberí	6,31	6,26	4,10	2,42	3,4	12,28	2,36	2,36

Tabela 12 - Estatísticas dos tempos de viagem (minutos) dos transportes utilizados, segundo as freguesias em estudo com centróides, que integram a Almendra Central.

Segundo as médias obtidas, como se pode verificar na tabela 12 a freguesia Centro é a que apresenta menores médias de tempos de viagem em todos os transportes analisados,

menos no carro (com e sem a penalidade de mais 9 minutos), onde obtém a segunda média mais baixa. Isto deve-se ao facto desta freguesia ser umas das freguesias que constituem o coração da Almendra Central, e de se localizar em estreita proximidade com o ponto de destino (*Plaza de Cibeles*), logo o automóvel particular encontra-se condicionado pela rede viária e as barreiras existentes na mesma. Logo a seguir, aparecem as freguesias de Salamanca e Retiro, as freguesias mais próximas do ponto de destino, para além do Centro, o que condiciona as médias dos tempos de viagem. Depois destas, as freguesias que apresentam em geral as quartas e terceiras médias mais altas são Arganzuela e Chamberí; e por fim, as freguesias de Tetuán e Chamartin, com as médias de tempos de viagem mais altas. Estas posições justificam-se com localização das mesmas e com o tempo de deslocação, que se reflete na rede viária e de transportes existente, que pelo facto de ter uma maior distância face ao ponto de destino se traduz nas mais altas médias de tempos de viagem.

O desvio padrão apresentado demonstra que os valores em geral são baixos, logo não se verifica uma grande variabilidade nos dados em estudo, verificando-se apenas pequenas exceções nos valores da freguesia de Chamartin (que são ligeiramente mais altos que os das restantes freguesias) e nos valores associados à deslocação pedonal que apresentam uma maior dispersão, devido às diferentes distâncias de cada rota.

Quanto às mínimas, a freguesia Centro apresenta novamente os tempos de viagem mais baixos, resultado da proximidade com a *Plaza de Cibeles*, e é seguida pelas freguesias do Retiro e Salamanca. Chamberí é a quarta freguesia com as mínimas mais baixas, com Arganzuela logo atrás. Chamartin e Tetuán apresentam as mínimas mais altas, logo os seus pontos de origem são os que se encontram mais distantes do ponto de destino.

As máximas seguem em geral as mesmas ordens que as estatísticas anteriores, com as freguesias Centro, Retiro e Salamanca com as máximas mais baixas, Arganzuela e Chamberí a seguir, e por fim, com as máximas de tempos de viagem mais altas, Tetuán e Chamartin.

Em suma, os resultados mostram que a utilização da bicicleta quer como único meio de transporte, quer em complementaridade com os transportes públicos, diminuiria os tempos de viagem, o que é fundamental para a procura e atratividades de viagens quer apenas em bicicleta, quer da última em complementaridade com os transportes públicos, tornando-se desta forma, um meio de transporte competitivo face aos demais transportes públicos, como o comboio, o autocarro e o metro, e para pequenas distâncias, para com

o automóvel particular. Nas rotas de longa distância o carro apresenta os tempos de viagem mais baixos, mas a bicicleta pode competir com o carro desde que haja uma maior oferta de rotas diretas através de ciclovias, tendo de haver uma aposta na bicicleta como transporte individual e uma maior promoção em equipamentos não motorizados, juntamente com um menor número de paragens. Tudo isto é essencial para promover a atratividade da bicicleta como meio de transporte integrado face aos demais meios de transporte públicos (Rietveld 2004).

5. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA PRESENTE METODOLOGIA PARA O CONCELHO DO PORTO

Um dos principais objectivos desta dissertação, após o término do estágio, era a aplicação desta metodologia no concelho do Porto, de modo a poder-se fazer uma comparação entre duas metrópoles, em escalas semelhantes. Concretamente comparar o potencial de competitividade que a bicicleta exerce face aos outros meios de transporte, nas duas áreas urbanas.

A escolha do concelho do Porto, que corresponde à cidade do Porto, deve-se à sua dimensão, uma vez que esta é a segunda principal cidade de Portugal, e ao facto de ser um concelho densamente povoado e com uma forte oferta de emprego, onde existem fortes mobilidades, nomeadamente fruto dos fluxos casa-trabalho. Estes fluxos englobam principalmente a utilização crescente do automóvel particular e dos transportes públicos. Existe um uso mínimo da bicicleta, quer em complementaridade com os últimos quer como meio de transporte individual competitivo, sendo por isso interessante compreender a complementaridade que podia ser desenvolvida, em função dos tempos de viagem existentes e do potencial de competitividade a incrementar.

Esta aplicação porém, não foi concebível, uma vez que não se obtiverem os dados necessários para a realização de todas as tarefas. Assim sendo, passa-se a explicar sucintamente quais os dados necessários e qual a metodologia a efetuar tendo como principal *software* o *ArcGIS Desktop 10.2*.

Para a primeira fase do trabalho, que é constituída pela realização da rede e consequente análise da cobertura, seria necessária a obtenção da rede viária do concelho do Porto, a altimetria (com as respectivas curvas de nível e cotas, para a realização do MDT), os números de polícia, os principais pontos de atividade económica, a população por subsecções (proveniente do INE – Instituto Nacional da Estatística), os usos do solo, e as estações da rede de Metro existente no concelho. Nesta primeira fase é fundamental a rede viária, pois é essencial para a obtenção das pendentes e criação da rede, com as estações da rede de metro (*facilities*).

Caso se obtivessem todos os dados necessários, a **primeira fase** consistia num conjunto de tarefas. Inicialmente, para a criação da rede, seria necessária a obtenção de um MDT, para calcular os valores das pendentes em percentagem (%). Tendo estes valores, adicionavam-se os mesmos à rede viária, de modo a obter os valores de impedância que serão utilizados para selecionar as ruas com preferencial ciclista. Depois teria que se

conhecer o valor da pendente de cada arco, sendo necessário para isso obter o sinal da pendente (positivo ou negativo), que permite distinguir as pendentes ascendentes das pendentes descendentes, e o valor das mesmas para cada arco. Conseguidos os valores das pendentes, é necessário estimar a velocidade de circulação em bicicleta em cada arco, quer na subida quer na descida, simulando deste modo, a deslocação real do ciclista nas ruas da área de estudo. A partir das velocidades, calculavam-se os tempos de viagem em bicicleta e a pé para cada arco da rede em dois campos expressos em minutos, que compõem os atributos da rede. Obtida a rede, identificam-se como atributos a distância, para analisar as distâncias percorrias entre os pontos de procura potencial dos usuários ciclistas, e o tempo que se demora para atravessar cada arco da rede ciclista.

De seguida, proceder-se-ia à análise de cobertura. Para isso, seriam necessários os dados da população residente por subsecções (provenientes do INE), os números de polícia georreferenciados (cedidos pela Câmara Municipal do Porto), e os pontos correspondentes à localização do emprego (georreferenciados com o máximo rigor). Tendo os mesmos, utilizar-se-ia a *shapefile* dos usos do solo (sendo que o residencial teria que se repartir por residencial multifamiliar e residencial unifamiliar) em intersecção com as subsecções, para se obter a população por uso do solo. Depois aplicar-se-iam os pesos ao uso do solo e os pesos por área, de modo a que a população ficasse por uso do solo e área; e por fim, localizar-se-iam os números de polícia pertencentes a cada polígono de uso residencial, através da intersecção entre a população por uso do solo e área e os números de polícia residenciais. Assim se teria cada número de polícia com a população correspondente.

Quanto ao emprego, ter-se-ia que georreferenciar o mesmo por moradas, através nomeadamente da ferramenta *geocoding*[10], obtendo-se deste modo, os pontos correspondentes ao emprego com o seu número de empregados, no local correto.

Para se proceder à análise de cobertura, criar-se-ia uma rede através da rede viária acima descrita, seguida da aplicação do *New Closest Facility* com as estações da rede de metro localizadas no concelho no Porto e a população e emprego obtidos (um de cada

[10] É um processo que localiza um ponto através de uma morada, número de polícia ou código postal, de uma forma automatizada. A partir de um ficheiro com o endereço completo consegue-se transformar a informação em pontos e localizá-los no espaço geográfico de uma forma rápida e simples. No entanto o mapa base terá que conter os dados anteriormente referidos de forma a obter-se correspondência entre os mesmos.

vez), com a definição das distâncias em minutos, quer a pé quer em bicicleta, obtendo-se deste modo a população e emprego cobertos, segundo o próprio desenho da rede.

Para a **segunda fase**, que corresponde à análise da complementaridade e competitividade atendendo aos tempos de viagem da bicicleta face aos demais transportes públicos, automóvel individual e à deslocação pedonal, seria necessário novamente a rede viária atualizada e bem conectada, as redes e estações de transportes públicos (ferroviário e metro), e os centróides das zonas de transportes. Aqui teria de se designar inicialmente, qual o ponto de destino de todas as rotas provenientes dos centróides das zonas de transportes.

Nesta fase, a metodologia geral aplicada seria a seguinte: calcular-se-iam através das rotas obtidas desde os centróides das ZT até ao ponto de destino, os tempos de viagem, tendo em conta a rota mais pequena e com melhores custos de tempo, e utilizando como base de informação, a cedida pelo *Google Maps*. Para analisar a complementaridade que a bicicleta exerce em termos de acessibilidade, anotar-se-ia a distância pedonal de acesso ao primeiro meio de transporte, e da paragem/estação de saída até ao destino. Estas distâncias, depois de realizadas todas as rotas, seriam convertidas para tempos em bicicleta, fazendo-se uma comparação entre os tempos de viagem totais em que os acessos foram realizados a pé e em que os acessos procederam-se em bicicleta.

Já para a competitividade, realizar-se-iam as rotas desde os centróides até ao ponto final a pé, para depois de obtida a distância e tempo de cada percurso, passar o tempo de cada um para bicicleta. Depois comparar-se-iam estes tempos a pé e em bicicleta com os tempos dos transportes públicos (que foram obtidos na análise da complementaridade). Por fim, calculavam-se os tempos de viagem das rotas em carro, para comparar com os tempos de viagem dos transportes públicos e os de bicicleta, verificando-se assim qual o melhor transporte para determinadas distâncias.

O último passo desta segunda fase do trabalho, consiste nos tempos de viagem de todos os transportes segundo as freguesias. Assim sendo, nesta última parte aplicar-se-iam as estatísticas dos tempos de viagem de todos os meios de transportes em estudo, tendo em conta as freguesias que constituem o concelho do Porto (Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde; Bonfim; Campanhã; Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória; Lordelo do Ouro e Massarelos; Paranhos; e Ramalde), verificando quais as que apresentam melhores custos de tempo desde os centróides das ZT até ao ponto de destino.

Depois de termos a informação recolhida e toda georreferenciada e preparada para o exercício em análise, em termos de calendarização teríamos: para a primeira fase seriam necessárias três semanas e para a segunda e última fase mais quatro semanas. Para a análise dos resultados, seriam indispensáveis mais 2 ou 3 semanas.

Apesar da metodologia não ter sido aplicada, e de não ser possível comparar a complementaridade e a competitividade que a bicicleta exerce no concelho do Porto face à Almendra Central, atualmente, existe um projeto que pretende fomentar a complementaridade da bicicleta com o Metro do Porto, o Projecto *Metro/Bicicletas*.

A possibilidade de realizar um estudo sobre a complementaridade e competitividade da bicicleta face ao metro, constituía um conhecimento importante para a implementação do projecto.

O Projecto *Metro/Bicicletas* foi implementado em Maio de 2009 em várias estações da rede de Metro do Porto, e insere-se no âmbito do desenvolvimento da mobilidade combinada, da prestação de um serviço que pretende captar novos clientes para a empresa. Numa primeira fase, este projeto instalou 6 suportes para parqueamento de bicicletas, com capacidade para 16 bicicletas nas estações da Trindade, Casa da Música, Senhora da Hora, Fórum Maia, Pedras Rubras e Póvoa de Varzim (apenas as duas primeiras estações localizam-se no concelho do Porto). Numa segunda fase do projeto está prevista a instalação de parques de bicicletas em aproximadamente 30 estações da rede (Metro do Porto, 2008b in Soares 2013).

Quanto às estações que se encontram dentro do concelho, de seguida apresenta-se um breve apanhado das suas características: no caso da estação da Casa da Música, as bicicletas podem ser estacionadas junto aos acessos da plataforma subterrânea do metro e os suportes encontram-se numa área coberta, sendo visíveis a partir da estrada adjacente à estação. Na estação da Trindade, as bicicletas são estacionadas no exterior da estação, junto à estrada, e os suportes de estacionamento situam-se debaixo da cobertura que dá acesso à estação, sendo que as bicicletas são visíveis quer do interior da estação quer a partir do átrio circundante (Soares 2013).

O parqueamento no exterior das bicicletas é livre, sem limitação horária. Posteriormente serão montadas estruturas no interior das estações, sendo que os utilizadores ficarão sujeitos aos períodos de funcionamento das estações (Metro do Porto, 2008b in Soares 2013).

Quanto ao transporte das bicicletas no interior das carruagens, este é gratuito, estando condicionado pelas condições de conforto dos clientes no interior dos veículos, e está

sujeito a determinadas restrições: segundo as Condições Gerais de Transporte de 2007 e 2009, o transporte da bicicleta apenas pode ser efectuado das 10h às 17h, e das 19h às 24h de segunda a sábado, ou seja, não se pode transportar a bicicleta nas horas de ponta, devido à afluência de pessoas à rede de metro. Aos domingos e feriados não se aplicam restrições horárias. Em cada veículo apenas é permitido o transporte de 4 bicicletas, sendo que a entrada na composição terá de ser feita pela porta traseira, sem prejudicar o conforto dos clientes (Metro do Porto, 2009b; Metro do Porto S.A., 2007b e Metro do Porto S.A., 2009c in Soares 2013).

6. CONCLUSÃO

"O planeamento do transporte é um elemento crítico na evolução e crescimento das regiões metropolitanas. Tal planeamento deve ter em conta o propósito da viagem, as distribuições espaciais e temporais das viagens, as divisões modais nas deslocações e os custos" (Meyer & Miller, 1984 in Murray 1998). O presente relatório de estágio demonstra a importância deste mesmo planeamento do transporte nas cidades, tendo como elemento fulcral a bicicleta, uma vez que esta é essencial para transformá-las em modelos de desenvolvimento mais sustentáveis; pois o meio de transporte em estudo, para além de solucionar as viagens urbanas, contribui para o desenvolvimento de distintas políticas urbanas, integrando temas como o meio ambiente, a saúde, a qualidade de vida, a economia e a inclusão social (PROBICI 2010).

Por isso mesmo, cada vez mais se observa um maior número de iniciativas políticas para promover a utilização da bicicleta quer em complementaridade com os transportes públicos (como os sistemas de partilha de bicicletas) quer como único meio de transporte. O uso de bicicletas em viagens de acesso e/ou viagens de regresso, como se pode ver nas rotas efectuadas, pode reduzir substancialmente o tempo de viagem porta-a-porta das viagens de transportes públicos, e expandir as áreas de serviço dos mesmos, resultando assim numa maior competitividade face ao automóvel particular, que conduz a uma menor utilização do mesmo. Sendo substancialmente mais rápidas do que andar e mais flexíveis do que o transporte público, devido ao seu carácter contínuo e de porta-a-porta, a bicicleta elimina ademais, os custos de espera e agendamento (Martens 2007, Sayarshad 2012).

Os tempos de viagem em bicicleta destacam-se assim, como um dos principais factores de enfoque nas viagens urbanas, pois os baixos custos de tempo, principalmente para os percursos de pequenas distâncias, são fundamentais para exercer uma maior competitividade sobre os transportes públicos e o automóvel particular, quer na cidade de Madrid, quer numa outra cidade onde se pretenda a aplicação de um modelo semelhante. Para contribuir para uma melhoria destes mesmos tempos de viagem, uma estrutura espacial adequada à bicicleta e boas infraestruturas de ciclismo, como ciclovias e estacionamentos para bicicletas, com um bom nivelamento da superfície, e condições que permitam o contorno de desvios, uma deslocação direta e rápida através da acalmia do tráfego, e um maior conforto na deslocação atendendo às necessidades físicas, são primordiais (Rietveld 2004, Sayarshad 2012).

Assim sendo, e de acordo com os resultados obtidos ao longo deste relatório, conclui-se que um maior empreendimento na promoção e utilização crescente da bicicleta, com baixos custos de tempo, pode contribuir para que esta desempenhe futuramente um papel substancialmente mais central no transporte urbano. Além disso, o incentivo à utilização da bicicleta pode despoletar a alteração do atual panorama de dependência do transporte motorizado (como o automóvel particular), contribuindo assim para a criação de ambientes urbanos mais seguros, mais sociáveis e mais ambientalmente sustentáveis (Tight 2011).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

al., B. e. (2010). "A new method for determining the population with walking access to transit." International Journal of Geographical Information Science **24**(3): 347-364.

al., S. e. (2012). Ciclando - Plano de promoção da bicicleta e outros modos suaves 2013-2020, Pegada Suave.

ConBici (2007). Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Madrid.

Curtis, C. J., Scheurer (2010). "Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making." Progress in Planning **74**: 53-106.

Dekoster, J. S., U. (1999). Cycling: the way ahead for towns and cities. Bélgica.

Dias, E. (2011). eBIKE - SHARING. Mestrado em Design. Matosinhos, Escola Superior de Artes e Design

Dill, J. V., Kim (2006). Factors affecting bicycling demand: Initial survey findings from the Portland region. 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

El-Geneidy, A. M. e. a. (2009). Pedestrian access to transit: Identifying redundancies and gaps using a variable service area analysis. The transportation research board 89th Annual meeting.

Frank, L. e. a. (2008). "Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice." Transportation **35**: 37-54.

García-Palomares, J. C. e. a. (2012). "Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach." Applied Geography **35**: 235-246.

García-Palomares, J. C. G., Javier (2013). "Walking accessibility to public transport: an analysis based on microdata and GIS." Environment and Planning B: Planning and Design **40**.

Gutiérrez, J. e. a. (2011). "Transit ridership forecasting at station level: an approach based on distance-decay weighted regression." Journal of Transport Geography **19**: 1081-1092.

Gutiérrez, J. G.-P., Juan Carlos (2008). "Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS." Environment and Planning B: Planning and Design **35**: 480-503.

Hadas, Y. (2013). "Assessing public transport systems connectivity based on Google Transit data." Journal of Transport Geography **33**: 105-116.

Hadas, Y. R., Prakash (2012). "Modeling public-transit connectivity with spatial quality-of-transfer measurements." Journal of Transport Geography **22**: 137-147.

Hankey, S. e. a. (2012). "Estimating use of non-motorized infrastructure: Models of bicycle and pedestrian traffic in Minneapolis, MN." Landscape and Urban Planning **107**: 307-316.

Harkey, D. e. a. (1998). Development of the bicycle compatibility index: A level of service concept.

Hess, D. (2009). "Access to public transit and its influence on ridership for older adults in two U.S. cities." Journal of Transport and Land Use **2**(1): 3-27.

Horner, M. W. M., Alan T. (2004). "Spatial representation and scale impacts in transit service assessment." Environment and Planning B: Planning and Design **31**: 785-797.

IMTT (2011). Rede Pedonal - Princípios de planeamento e desenho.

Jacobsen, A. (2008). Transporte colectivo e bicicletas: Barreiras e Oportunidades. Engenharia Civil. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Jäppinen, S. e. a. (2013). "Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach." Applied Geography **43**: 13-24.

Jensen, P. e. a. (2010). "Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon." Transportation Research Part D **15**: 522-524.

Keijer, M. J. N. R., P. (2000). "How do people get to the railway station? The dutch experience." Transportation Planning and Technology **23**(3): 215-235.

Krizek, K. S., Eric (2010). "Bicycling and Transit - A marriage unrealized." Journal of the Transportation Research Board **2144**: 161-167.

Landis, B. (1996). "Bicycle System Performance Measures." ITE Journal.

Larsen, J. e. a. (2013). "Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure." International Journal of Sustainable Transportation **7**(4): 299-317.

Latorre, M. (2012). Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica. Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid, Universidad Complutense de Madrid.

Lei, T. L. C., R. L. (2010). "Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules." International Journal of Geographical Information Science **24**(2): 283-304.

Lin, J.-R. Y., Ta-Hui (2011). "Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints." Transportation Research Part E **47**: 284-294.

Martens, K. (2004). "The bicycle as a feedering mode: experiences from three European countries." Transportation Research Part D **9**: 281-294.

Martens, K. (2007). "Promoting bike-and-ride: The Dutch experience." Transportation Research Part A **41**: 326-338.

Midgley, P. (2011). "Bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas." United Nations **8**.

Mishra, S. e. a. (2012). "Performance indicators for public transit connectivity in multi-modal transportation networks." Transportation Research Part A **46**: 1066-1085.

Moreira, A. (2011). Integração do modo ciclável na rede viária urbana. Departamento de Engenharia Civil. Aveiro, Universidade de Aveiro.

Moreno, A. P., Mª Eugenia (2004). "Evaluación de procedimientos para delimitar áreas de servicio de líneas de transporte urbano con sistemas de información geográfica." Investigaciones Regionales **2**: 85-102.

Murray, A. T. (2001). "Strategic analysis of public transport coverage." Socio-Economic Planning Sciences **35**: 175-188.

Murray, A. T. e. a. (1998). "Public transportation access." Elsevier Science Ltd. **3**(5): 319-328.

Ozbil, A. (2009). Walking to the station: the effects of urban form on walkability and transit ridership. College of Architecture, Georgia Institute of Technology. **Doctor of Philosophy**.

PROBICI (2010). PROBICI. Guía de la Movilidad Ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas. Madrid.

Pucher, J. B., Ralph (2006). "Why Canadians cycle more than Americans: A comparative analysis of bicycling trends and policies." Transport Policy **13**: 265-279.

Pucher, J. B., Ralph (2008). "Making Cycling Irresistible: Lessons from the Netherlands, Denmark and Germany." Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal **28**(4): 495-528.

Pucher, J. e. a. (2010). "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review." Preventive Medicine **50**: S106-S125.

Ramos, P. (2008). Projecto de Ciclovias. Engenharia Civil - Vias de Comunicação. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rietveld, P. D., Vanessa (2004). "Determinants of bicycle use: do municipal policies matter?" Transportation Research Part A **38**: 531-550.

Romanillos, G. (2012). Modelo para el diseño de una red ciclista óptima en áreas urbanas considerando la ciclabilidad de la red y el reparto del flujo potencial ciclista. Departamento de Geografía Humana. Madrid, Universidad Complutense de Madrid. **Máster en Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)**.

Ruxa, M. (2013). Integração da Bicicleta na Mobilidade Urbana - Análise de Casos de Estudo e Ensinamentos para Portugal. Engenharia do Ambiente. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

Rybarczyk, G. W., Changshan (2010). "Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis." Applied Geography **30**: 282-293.

Ryley, T. (2006). "Use of non-motorised modes and life stage in Edinburgh." Journal of Transport Geography **14**: 367-375.

Sayarshad, H. e. a. (2012). "A multi-periodic optimization formulation for bike planning and bike utilization." Applied Mathematical Modelling **36**: 4944-4951.

Shaheen, S. e. a. (2010). "Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future." Transportation Research Record.

Silva, R. (2012). Mobilidade Urbana: A Bicicleta como Meio de Transporte Diário. Design Industrial. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Soares, A. (2013). Bicicleta e Mobilidade Interurbana - Estudo sobre a integração da bicicleta na rede do Metro do Porto. Engenharia do Ambiente. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

Suzuki, K. e. a. (2012). "Proposal and application of a new method for bicycle network planning." Procedia - Social and Behavioral Sciences **43**: 558-570.

Tight, M. e. a. (2011). "Visions for a walking and cycling focussed urban transport system." Journal of Transport Geography **19**: 1580-1589.

Turner, S. e. a. (1997). Bicycle suitability criteria for state roadways in Texas. Texas, Texas Transportation Institute.

Vega Baez, L. A. (2006). Beneficios socio-ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de las ciudades: aplicación al caso de Madrid. Engenharia Civil: Transportes. Madrid, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). **Doutoramento**.

Wu, C. M., Alan T (2005). "Optimizing public transit quality and system access: the multiple-route, maximal covering/shortest-path problem." Environment and Planning B: Planning and Design **32**: 163-178.

Zhao, F. e. a. (2003). "Forecasting transit walk accessibility: a regression model alternative to the buffer method."

Endereços electrónicos

http://www.cm-cascais.pt/cascais-proxima-utilizacao-das-bicas, acedido em Abril de 2014.

www.google.pt, acedido em Agosto de 2014.

http://www.ign.es/ign/main/index.do, acedido em Outubro de 2013.

http://www.madrid.org/iestadis/, acedido em Outubro de 2013.