



PATRICK THOMAS FONSECA GUGG

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

OPORTUNIDADES DE EXPANSÃO DA REDE FERROVIÁRIA DA AML

UM ESTUDO METODOLOGICO COM BASE EM GIS

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE, PERFIL
DE ENGENHARIA DE SISTEMAS AMBIENTAIS

Universidade NOVA de Lisboa
setembro, 2023



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA DO
AMBIENTE**

OPORTUNIDADES DE EXPANSÃO DA REDE FERROVIÁRIA DA AML

UM ESTUDO METODOLOGICO COM BASE EM GIS

PATRICK THOMAS FONSECA GUGG

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Orientador: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo,
*Professor Associado com Agregação,
Universidade NOVA de Lisboa*

Coorientador: Eng.º Eduardo Maria Rato Martins Zúquete

Júri:

Presidente: António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues,
Professor Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Arguente: Fernando José Silva e Nunes da Silva,
Professor Catedrático, Universidade de Lisboa

Vogal: João Miguel Dias Joanaz de Melo
Professor Associado com Agregação, Universidade NOVA de Lisboa

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE, PERFIL DE
ENGENHARIA DE SISTEMAS AMBIENTETAIS

Universidade NOVA de Lisboa

setembro, 2023

Oportunidades de expansão da rede ferroviária da AML

Copyright © Patrick Thomas Fonseca Gugg, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor João Joanaz de Melo pelas orientações dadas, pela disponibilidade nem sempre fácil de encontrar para reunir e esclarecer me dúvidas e angústias que me tenham surgido, pelo rigor e valores transmitidos que um bom engenheiro do ambiente deve ter, mas especialmente pela oportunidade de elaborar uma dissertação de mestrado numa área que para mim representa enorme interesse.

Ao Eng. Eduardo Zúquete por toda a ajuda e orientação dada ao longo da elaboração deste trabalho, pela diversão que trazia às reuniões com as suas histórias e vivências, mas sobretudo pela oportunidade de aprender com um ícone da mobilidade portuguesa.

Ao Metropolitano de Lisboa pela cooperação no fornecimento de dados importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Em particular ao Eng. Pedro Pereira pela disponibilidade para reunir e por ser parte ativa deste trabalho.

Agradecer aos meus colegas e amigos da FCT-UNL que entraram comigo nesta aventura em 2017, e que desde então estiveram comigo nos meus momentos bons e maus.

À minha mãe e irmã que sendo de carácter difícil sempre me apoiaram ao longo do meu percurso académico de forma incondicional.

À Teresa pela enorme ajuda que foi, principalmente no português. E à restante familiar Mimoso pela amizade e apoio.

Ao Jerónimo pelo enorme apoio prestado na fase final, e pelas longas conversas. Ao Dani e Inês pela valiosa amizade e experiências que me proporcionaram.

A todos os meus amigos de secundário, e em especial ao Mendes pelas parvoíces que atura e pela companhia que é no lugar nº2.

RESUMO

Num período em que a ação climática ganha cada vez maior protagonismo, a mobilidade revela-se como um fator-chave para reduzir a emissão de gases com efeito de estufa. Os sistemas de transporte metropolitanos podem desempenhar um papel fundamental na movimentação de passageiros de forma mais sustentável, oferecendo um serviço de elevada capacidade e frequência, em território densamente povoado.

Na Área Metropolitana de Lisboa (AML), o sistema de transportes públicos não consegue responder às necessidades da população, resultando numa utilização predominante do automóvel e conseqüente elevado nível de congestionamento, poluição do ar e sonora. De forma a contrariar essa tendência, interessa promover meios de transporte público de elevado desempenho, em particular o modo ferroviário.

É objetivo desta dissertação identificar as lacunas na rede de transportes públicos na AML explorando propostas de melhoria da rede ferroviária metropolitana.

Com base na doutrina e nas melhores práticas reportadas na literatura, identificaram-se os focos com maiores carências na mobilidade, recorrendo a uma metodologia baseada em SIG. Identificadas 8 lacunas principais, apresentaram-se 18 soluções, incluindo linhas novas e extensões de redes existentes. Conclui-se que é possível ampliar de 33% para 65% a população ao alcance de um modo ferroviário, reduzindo entre 11% a 15% a circulação de veículos individuais na AML. Perspetiva-se que numa lógica de rede integrada e intermodal seja possível melhorar ainda estes indicadores.

Palavas chave: GIS, Ferrovia, Área Metropolitana de Lisboa (AML), Mobilidade Urbana.

ABSTRACT

At a time when climate action is becoming increasingly important, mobility is proving to be a key factor in reducing greenhouse gas emissions. Metropolitan transport systems can play a fundamental role in moving passengers in a more sustainable way, offering a high-capacity and frequent service in densely populated territory.

In the Lisbon Metropolitan Area (AML), the public transport system is unable to meet the needs of the population, resulting in a predominant use of the car and a consequent high level of congestion, air and noise pollution. In order to counteract this trend, it is important to promote high-performance public transport, particularly rail.

The aim of this dissertation is to identify the gaps in the AML public transport network and explore proposals for improving the metropolitan rail network.

Based on the doctrine and best practices reported in the literature, the areas with the greatest shortcomings in mobility were identified using a GIS-based methodology. After identifying 8 main gaps, 18 solutions were presented, including new lines and extensions to existing networks. The conclusion is that it is possible to increase the population within reach of rail from 33% to 65%, reducing the circulation of individual vehicles in the AML by between 11% and 15%. It is hoped that with an integrated, intermodal network it will be possible to improve these indicators even further.

Keywords: GIS, Railways, Lisbon Metropolitan Area (AML), Urban Mobility

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e âmbito	3
1.3 Organização do documento	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Mobilidade	5
2.2 Acessibilidade	5
2.3 Rede de transportes	7
2.4 Frequência e capacidade	9
2.5 Indicadores de desempenho	10
2.6 Contextualização histórica da rede de transportes de Lisboa	11
2.7 Rede de transportes da AML	14
2.7.1 Caracterização da população e sua mobilidade	14
2.7.2 Rede ferroviária	17
2.7.3 Metro de Lisboa	19
2.7.4 Metro Sul do Tejo	22
2.7.5 Ligações fluviais	23
2.7.6 Rede de elétricos de Lisboa	25
2.7.7 Rede rodoviária de transportes	26

2.7.8	Tarifário.....	27
2.7.9	Quadro de referência estratégico	28
2.7.10	Investimento projetado para a AML.....	29
2.8	Casos de estudo internacionais	30
2.8.1	Washington	30
2.8.2	Espanha.....	31
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Abordagem geral.....	33
3.2	Delimitação da área de estudo.....	34
3.3	Modelo de processamento de dados	35
3.4	Critérios utilizados	35
3.4.1	Seleção das áreas de intervenção.....	35
3.4.2	Pontos geradores de procura	36
3.4.3	Critérios técnicos e operacionais	38
3.4.4	Identificação de fluxos pendulares específicos	41
3.4.5	Indicadores de desempenho	42
3.4.6	Análise de viabilidade	43
4	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	45
4.1	Visão geral.....	45
4.2	Lisboa	48
4.2.1	Lisboa cidade.....	48
4.2.2	Algés/Alfragide.....	50
4.2.3	Loures/Odivelas.....	52
4.3	Cascais.....	54
4.4	Oeiras	56
4.5	Costa da Caparica/ Trafaria	58
4.6	Seixal e Barreiro	60

4.7	Setúbal.....	62
5	DISCUSSÃO E PROPOSTAS	65
5.1	Visão geral.....	65
5.2	Lisboa.....	67
5.2.1	Lisboa cidade.....	68
5.2.2	Algés/Alfragide.....	69
5.2.3	Loures/ Odivelas.....	71
5.3	Cascais.....	73
5.4	Oeiras	75
5.5	Costa da Caparica/ Trafaria	77
5.6	Seixal/ Barreiro.....	79
5.7	Setúbal.....	81
6	DESEMPENHO DAS PROPOSTAS	83
6.1	Visão Geral	83
6.2	Viabilidade das propostas.....	84
6.3	Densidade da rede e percentagem de população servida	84
6.4	Evolução da transferência modal.....	85
6.5	Poupanças anuais de CO ₂ e número de veículos retirados de circulação	87
7	CONCLUSÃO.....	89
7.1	Síntese	89
7.2	Desenvolvimento futuros.....	90
	BIBLIOGRAFIA.....	93
	ANEXOS.....	101
A.1	Tabela matriz origem-destino da AML. Fonte: INE-Censos 2021	101
A.2	Tabela com informação complementar relativa a cálculos de emissões e redução de veículos em circulação	102
A.3	Dados relativos a sistemas e linhas existentes.....	103

A.4	Informação complementar sobre a proposta de Lisboa	104
A.5	Informação complementar sobre a proposta de Loures/ Odivelas	105
A.6	Informação complementar sobre a proposta de Cascais	106
A.7	Informação complementar sobre a proposta de Oeiras	107
A.8	Informação complementar sobre a proposta de Costa da Caparica/ Trafaria e Seixal/ Barreiro	108
A.9	Informação complementar sobre a proposta de Setúbal.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Evolução da rede do metro de Lisboa desde 1959 (esquerda), 1998 (centro) a 2016 (direita). Adaptado de: Metro de Lisboa, 2023.....	13
Figura 2.2- Principais eixos dos movimentos pendulares diários na AML. Adaptado de: PAMUS AML, 2019 e CENSOS, 2011.	15
Figura 2.3- Comparação entre a densidade populacional da AML e de Viena. Fonte: Ministério da Infraestruturas.....	16
Figura 2.4- Repartição modal das deslocações pendulares na AML em 2011 e 2021. Fonte: INE, 2021.....	17
Figura 2.5- Esquema dos serviços ferroviários urbanos de Lisboa. Fonte: M.R. André, 2022.	19
Figura 2.6- Diagrama da rede do metro de Lisboa. Fonte: Metro de Lisboa, 2023.....	20
Figura 2.7- Diagrama da rede do metro transportes do Sul (MTS). Fonte: MTS, 2023.....	23
Figura 2.8- Diagrama da rede fluvial sobre o rio Tejo. Fonte: Transtejo Soflusa, 2023.....	24
Figura 2.9- Mapa da rede da Carris (autocarros e elétricos). Fonte: Carris, 2023.....	26
Figura 3.1- Diagrama metodológico.	34
Figura 3.2- Distribuição populacional do Barreiro e Seixal com respetivos pontos geradores de deslocações.....	38
Figura 3.3- Cidades do Barreiro e Seixal com respetivos pontos geradores de deslocações, esquematização de duas propostas e respetivos <i>buffers</i> de influência (vermelho).	41
Figura 4.1- Mapa gerado em GIS com a distribuição dos focos com maior carência de mobilidade na AML.	45
Figura 4.2- Origem e destino dos utilizadores do Metro de Lisboa. Média ponderada dos anos 2019 e 2022.....	47
Figura 4.3- Utilizadores totais anuais do Metro de Lisboa, por estação.....	48
Figura 4.4- Cidade de Lisboa com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite por baixo e carta da densidade populacional por cima.	49
Figura 4.5- Território de Algés a Alfragide com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.....	51
Figura 4.6- Área de Loures e Odivelas com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional por cima.	53

Figura 4.7- Território de Cascais com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional à cima.	55
Figura 4.8- Território de Oeiras com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.	57
Figura 4.9- Tráfego médio diário mensal da A38 em 2021 e 2022 em milhares de veículos. Fonte IMT.	58
Figura 4.10- Área da Costa da Caparica com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional por cima.	59
Figura 4.11- Área do Barreiro e Seixal com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite por baixo e carta da densidade populacional em cima.	61
Figura 4.12- Cidade de Setúbal com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.	62
Figura 5.1- Esquema da rede de metro de Lisboa com as propostas de expansão.	67
Figura 5.2- Proposta do sistema de mobilidade para a região de Loures e Odivelas.	72
Figura 5.3- Proposta do sistema de mobilidade para Cascais.	73
Figura 5.4- Proposta do sistema de mobilidade para Oeiras.	75
Figura 5.5- Proposta do sistema de mobilidade para a Costa da Caparica e Trafaria.	78
Figura 5.6- Proposta do sistema de mobilidade os concelhos do Seixal e Barreiro.	81
Figura 5.7- Proposta do sistema de mobilidade da cidade de Setúbal.	82
Figura 6.1- Percentagem da população servida por um modo ferroviário num raio de 500 m no eixo esquerdo, e a densidade da rede ferroviária em km/km ² na AML, Viena e Madrid. Adaptado de Wiener Linien (2021) e Comumidad de Madrid (2017).	85
Figura 6.2- Número de deslocações por modo e sua evolução na AML consoante os cenários, e em comparação com Madrid e Viena. Adaptado de EEA(2011), Wiener Linien (2021) e Censos (2021).	86
Figura 6.3- Emissões totais de CO ₂ eq. (milhares de toneladas por ano) por cenário, no sector dos transportes na AML.	87
Figura 6.4- Número de veículos em circulação diariamente por cenário.	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1- Indicadores mais mencionados para a monitorização e caracterização de um sistema de transporte.....	11
Tabela 2.2- População, Área e Densidade populacional por município da AML. Fonte: INE, 2021.....	14
Tabela 2.3- Resumo da oferta do Metro de Lisboa por linha em 2021 e 2020.	21
Tabela 2.4- Quadro de Referência Estratégico.....	28
Tabela 5.1- Quadro resumo das propostas	66
Tabela 6.1- Viabilidade das propostas quanto à densidade populacional e habitantes totais.	84

LISTA DE ACRÓNIMOS

EU	União Europeia.
GEE	Gases com Efeitos de Estufa.
GIS	<i>Geografic Information Sistem</i>
TI	Transporte Individual.
TP	Transporte Público.
AML	Área Metropolitana de Lisboa.
IMT	Instituto da Mobilidade e Transportes.
UN	Nações Unidas.
MST	Metro Sul do Tejo.
MTS	Metro Transportes do Sul S.A.
CP	Comboios de Portugal E.P.E.
LRT	<i>Light Rail Transport.</i>
BRT	<i>Bus Rapit Transport</i>
PMO	Parque de Material e Oficinas
PRR	Plano de Recuperação e Resiliência
INE	Instituto Nacional de Estatística.
IP	Infraestruturas de Portugal S.A.
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
ML	Metropolitano de Lisboa E.P.E.
AMT	Autoridade Metropolitana de Transportes.
SATU	Sistema Automático de Transporte Urbano.
INEM	Instituto Nacional de Emergência Médica.
LIOS	Linha Intermodal Ocidental/Oriental Sustentável.
CM	Câmara Municipal.

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A mobilidade de bens e pessoas sempre mostrou ser um dos pilares do desenvolvimento humano ao nível económico e social, desempenhando uma função chave na estruturação dos centros urbanos e no bem-estar das populações.

As alterações climáticas surgem como um dos maiores desafios da humanidade, prometendo transformar de forma radical os padrões de vida das pessoas a nível global (DG CLIMA- EU, 2023). Este fenómeno, originado pelas elevadas concentrações de gases com efeito de estufa (GEE), já se reflete atualmente num aumento da temperatura média terrestre em 1,1 ° C, relativamente ao período pré-industrial. Entre os vários sectores da atividade humana, o setor dos transportes é um dos que mais contribui para a emissão destes gases, com valores líquidos a fixarem-se na ordem dos 8,7 GtCO₂ eq. em 2019, o que corresponde aproximadamente a 15% das emissões totais (IPCC, 2022). As emissões deste sector devem-se principalmente ao intenso uso do automóvel com motor a combustão.

Com a relevância do sector dos transportes na adaptação às alterações climáticas, é de especial importância promover a sua descarbonização recorrendo à eletrificação dos sistemas, fazendo uso de energia proveniente de fontes renováveis, e intensificando a aposta nos modos de transporte de elevada capacidade e fiabilidade (UNECE & WHO, 2009). Em contraste, os modos rodoviários comparados com os modos ferroviários emitem em média mais 35% CO₂ eq./pkm (IEA, 2018)

Atualmente mais de 55% da população mundial vive em cidades, e a previsão aponta para um aumento de 68% em 2050 (UN, 2018). Consequentemente esta tendência exerce pressão sobre os atuais sistemas de mobilidade urbana com o aumento de veículos com

motor de combustão, sendo que a resolução dos problemas de congestionamento, de agravamento das emissões de GEE e consequente deterioração da qualidade de vida dos seus habitantes (Regmi, 2020), se revela atualmente como um dos maiores desafios das cidades. No entanto esta situação pode significar uma última oportunidade para mudar os hábitos das pessoas e levar os decisores políticos a apostar na transformação do meio urbano, na mobilidade pedestre e no transporte público sustentável (Bertolini, 2019; Knoflacher, 2007).

Os problemas provocados pelo uso excessivo do automóvel não se manifestam apenas na qualidade de vida das pessoas e nas emissões de GEE, mas também no ordenamento do território. Isto porque um utilizador de transportes individuais (TI) necessita em média mais 3,5 da área urbana do que um não utilizador o que se reflete negativamente na morfologia e na eficiência das cidades. Em contraste, os modos coletivos promovem o aumento de áreas densamente povoadas e serviços mais próximos das pessoas possibilitando deslocações a pé (Creutzig et al., 2020).

A área metropolitana de Lisboa não é exceção, após anos de desinvestimento no transporte público devido à crise financeira, os seus habitantes deparam-se hoje com um sistema de mobilidade no limite das suas capacidades e com um serviço que demonstra sinais evidentes de degradação. Estas características refletem-se na distribuição modal com 57% dos utilizadores a recorrerem ao transporte individual face aos 13,3% que usam o transporte público (INE, 2021).

De forma a mudar a tendência da mobilidade da AML, as entidades responsáveis estão a desenvolver e promover uma série de projetos que permitam dar resposta às necessidades de mobilidade da população. Contudo, a área de intervenção e influência dos mesmos é limitada sendo as necessidades globais muito superiores aquelas a que é possível responder (Alemão, 2023; ML, 2023b; SAPO, 2023). Face a esta realidade torna-se relevante estudar um modelo assente numa rede de transportes baseada em modos coletivos, que vise uma mudança definitiva do paradigma da mobilidade na AML.

1.2 Objetivos e âmbito

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho é a melhoria da mobilidade dos habitantes da Área Metropolitana de Lisboa.

É objetivo desta dissertação identificar as lacunas na rede de transportes públicos na AML explorando propostas de melhoria da rede ferroviária metropolitana.

Identificaram-se numa primeira fase os focos da AML que apresentavam maiores carências na resposta dos transportes públicos (TP), face às necessidades da população. Foram tidos em conta fatores como a densidade populacional, a orografia e os pontos geradores de procura, entre outros.

Após análise, formularam-se propostas, que contemplam uma resposta real a estas falhas na rede de transportes, aplicando as melhores práticas recomendadas pela literatura. Limitou-se o âmbito da análise aos modos ferroviários, já que estes constituem a base para uma rede de transportes eficiente, atrativo e robusto.

De forma a avaliar o impacto que as soluções propostas possam realmente ter nas dinâmicas da cidade de Lisboa, desenvolveu-se uma avaliação de desempenho com base em alguns indicadores igualmente referenciados pela literatura, nomeadamente as poupanças de GEE associados e a evolução estimada da distribuição modal.

1.3 Organização do documento

O presente documento encontra-se organizado em 7 capítulos: Introdução, Revisão de Literatura, Metodologia, Resultados, Discussão e Conclusão.

O primeiro, o capítulo da introdução, contextualiza o leitor acerca da temática geral na área da mobilidade sustentável sendo também aqui que serão apresentados os objetivos do estudo.

No segundo capítulo, a revisão de literatura, pretende-se dar a conhecer o "estado de arte" do atual conhecimento nacional e internacional formulando aquilo que é a doutrina da mobilidade do futuro. Aproveitando também para caracterizar a área metropolitana ao nível dos vários modos de transporte e seu *modus operandi*.

Segue-se o terceiro capítulo denominado por metodologia que contempla a abordagem adotada no estudo e na qual são apresentados o modelo utilizado, os critérios e instrumentos para a análise dos dados, e indicadores de desempenho.

A apresentação dos resultados é feita no quarto capítulo, seguindo-se a discussão no capítulo 5. Este último inclui não só uma análise crítica sobre os resultados obtidos, como também a formulação detalhada das propostas daí resultantes.

O capítulo 6 é dedicado à avaliação do desempenho das propostas apresentadas, recorrendo a indicadores previamente definidos.

No último capítulo sumaria-se as principais conclusões do estudo.

Ao longo de todo documento recorre-se a uma série de imagens e tabelas, por forma a transmitir a informação de forma mais clara e eficiente.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mobilidade

De acordo com a APA (2020), mobilidade é o meio através do qual é possível satisfazer as necessidades fundamentais de transporte de bens e indivíduos, abrangendo e sendo influenciada por forças socioeconómicas no contexto em que o indivíduo se encontra inserido.

De um modo global, a mobilidade é um fator chave e representa um indicador importante na qualidade de vida das pessoas, proporcionando o acesso a recursos, habitação, emprego, serviços e convívio social. Já do ponto de vista do empregador, garante o acesso a recursos humanos e materiais, sendo por isso considerada uma força motriz para o bem-estar e crescimento económico (Bertolini, 2019).

2.2 Acessibilidade

Este termo surgiu pela primeira vez em 1904 pela mão de Richard M. Hurd, que define acessibilidade numa vertente mais económica ao relacionar o crescimento das cidades com a proximidade e facilidade de circulação das mercadorias.

Posteriormente as Nações Unidas (UN) atribuíram-lhe maior ênfase definindo-o como a facilidade com que determinada pessoa tem acesso a bens, serviços e estabelecimentos. Associado às limitações impostas a pessoas com deficiências físicas e ou intelectuais nas suas rotinas diárias, pretende-se remover progressivamente barreiras físicas e digitais para uma melhor integração destes indivíduos na sociedade.

Remover barreiras físicas que obstruem o fluxo natural pedestre torna-se assim uma prioridade, de modo a facilitar o acesso a todos os espaços, assim como dotar os meios de transporte de acessos especiais garantindo que utilizadores com deficiências não se encontrem em desvantagem em relação a outros (May et al., 2006). Além disso é importante providenciar informação de fácil compreensão através de meios que permitem que a mesma chegue a todos os indivíduos.

A questão da acessibilidade nos transportes públicos não diz respeito apenas a indivíduos com deficiências motoras, mas também aos utilizadores que não têm este tipo de limitações. A proximidade dos sistemas de transporte às populações é um fator importante para cativar utilizadores, reduzir a dependência dos transportes individuais e promover uma estrutura urbana organizada e coesa (May et al., 2006; Næss et al., 2019); isso pode ser comprovado com alguns estudos que indicam uma perda de 2,9% a 10% na procura por cada 10% de aumento da distância pedonal aos pontos de acesso dos transportes públicos (Ewing & Cervero, 2010; Zhao et al., 2003).

Na literatura, os valores de referência para as distâncias que os utilizadores estão dispostos a percorrer de modo a usufruir de um sistema de transportes público varia entre os 400 e os 800 metros para serviços rodoviários e ferroviária pesada respetivamente. Porém, admite-se uma grande variação entre regiões e países, dependente de diferentes fatores como o clima, a idade, as condições económicas, o relevo, a segurança, a frequência e a fiabilidade do serviço (Daniels & Mulley, 2013; Lee & Moudon, 2006). O modo de transporte é um fator importante a ter em conta: uma vez que os modos ferroviários tendem a despertar nos utilizadores maior disponibilidade para se deslocarem a distâncias maiores, isso pode ser explicado pelo facto de este ser um transporte mais direcionado para o nível regional servindo destinos mais distantes, ao invés dos modos rodoviários, como o autocarro, que atuam mais ao nível local (Daniels & Mulley, 2013; Van Soest et al., 2020).

Em Espanha, país com características semelhantes a Portugal, onde a população é envelhecida e as condições climatéricas e orográficas não favorecem deslocações longas a pé, as distâncias de referência são de 420 m para o sistema de metro de Madrid (García-Palomares et al., 2013) existindo estudos para sistemas LRT que assumem 500 metros como raio de influência (Pantiga-Facal & Plasencia-Lozano, 2022).

2.3 Rede de transportes

Redes de Transporte são infraestruturas que providenciam conectividade e alcance aos seus utilizadores (Lee & Ceccarelli, 2015). São a consequência do forte investimento em infraestrutura que visa conectar o máximo de localidades possíveis (Rodrigue et al, 2013), consistindo em linhas interligadas que variam em capacidade e velocidade, dependendo da escala de operação (Dodson et al., 2011). Moldam o território, ao promover a concentração da populacional e o acesso a serviços como a saúde e a educação (Mehanović & Palić, 2019).

Quando se trata do transporte de passageiros, uma rede conjuga não só as várias linhas, mas também os variados meios de transporte que operam no mesmo território como o comboio, o metro, o táxi, os modos ligeiros, o autocarro e até o veículo individual. Esta intermodalidade, quando devidamente planeada (Redman et al., 2013), traduz-se em vários benefícios para o utilizador, possibilitando poupanças significativas no tempo e no custo, promovendo desta forma o desenvolvimento sustentável do meio urbano (Kumar et al., 2013).

Um bom sistema de transportes necessita de uma clara hierarquização dos diferentes modos de mobilidade, usando como critério a velocidade, capacidade e escala de operação. Esta pode tipicamente ser feita segundo três categorias: Ligações de elevada capacidade e velocidade, interurbanas e serviços locais de alimentação. No primeiro nível, as redes funcionam a altas velocidades, com rotas dedicadas, acomodando elevadas cargas de passageiros, sendo geralmente utilizados meios ferroviários pesados ou ligeiros. No caso do transporte interurbano, este tem a função de conectar as ligações anteriores aos principais nós de atividade, atingindo frequências e velocidades semelhantes, mas neste caso faz-se geralmente uso de meios leves como os autocarros ou ainda a ferrovia ligeira. Por último, as linhas locais conectam os subúrbios aos principais nós de atividade às linhas principais (Dodson et al., 2011).

O planeamento dessas linhas baseia-se na consistência, fiabilidade, conectividade, e frequência na prestação do serviço (Dodson et al., 2011). Fatores como a densidade da rede e o número de destinos que esta serve tem grande influência na utilização de um sistema (Ingvardson & Nielsen, 2018). Outras características comuns entre as melhores redes de transporte são a informação detalhada e partilhada em tempo real sobre horários e ocupação das carruagens, terminais com inversões rápidas e facilitadas, seccionamento das plataformas e consequente gestão dos passageiros ao longo da mesma, material circulante de

elevada capacidade com acesso contínuo ao interior do veículo, com múltiplas portas de acesso exterior (Canavan et al., 2019), com um espaço interior confortável e adaptado para espaço de trabalho com computador, e com compartimentos dedicados a um ambiente silencioso.

Um sistema de transportes deve estar ao serviço da população, providenciando maior conforto e densidade de serviços onde a procura é superior. Assim os principais nós de atividade devem ser, sempre que possível, servidos por meios de transporte de elevada capacidade e frequência. Estes podem ser estádios, centros desportivos, campus universitários, edifícios institucionais, centros urbanos, distritos comerciais, de serviços e hospitais (Cirianni, 2004; Ingvardson & Nielsen, 2018). Outros como estações de comboios, aeroportos e portos (marítimos ou fluviais) são locais de entrada numa cidade onde ocorre a transferência modal de passageiros muitas vezes provenientes de locais periféricos (Vuchic, 2007), revelando-se assim vantajoso conectar esses mesmo pontos a outros meios de transporte que garantam a fácil e rápida distribuição dos passageiros pela malha urbana.

A implementação de redes de transporte deve ainda assim ser alvo de uma avaliação de viabilidade, evitando incorrer em disparidades técnicas e ou financeiras. Neste sentido para determinados trajetos e parâmetros devem ser avaliados diferentes modos de transportes com capacidades, custos, e exigências técnicas diferentes (Basnak et al., 2020; Kołos & Taczanowski, 2016). No caso de um sistema LRT assume-se a sua viabilidade a partir de um limiar mínimo populacional de 200 000 habitantes no território servido pelo sistema, e com uma densidade populacional mínima na área de captação de 1500 hab./km² a 2200 hab./km² (Flannery et al., 2015; Gordon, 2011; Pantiga-Facal & Plasencia-Lozano, 2022). Assim para casos nos quais não se verifiquem estas condições, pode ser feito uso de outras soluções como o BRT que tem custos de implementação e operação geralmente inferiores (Basnak et al., 2020; Kołos & Taczanowski, 2016; Pantiga-Facal & Plasencia-Lozano, 2022).

2.4 Frequência e capacidade

Um dos fatores chave nos sistemas de transporte é a procura pelo serviço, que é incerto e depende de fatores temporais e espaciais (Jansson, 1980), da qual a frequência é aquela que maior impacto e importância tem junto dos utilizadores (Redman et al., 2013), como comprova o estudo conduzido pela DDS Wireless (2022), que engloba 17 áreas metropolitanas e 3 000 cidadãos. Com a evolução da sociedade e a sua maior concentração em centros urbanos, aumentam também as exigências dos sistemas de transporte público, exigindo-se horários mais adequados, maior capacidade e frequência (Jansson, 1980).

Do ponto de vista operacional interessa rentabilizar recursos em contraste com os interesses do utilizador que pretendem maior oferta. De forma a encontrar um meio termo deve ser estipulada uma oferta mínima, independentemente da procura que possa existir, para providenciar um mínimo de acessibilidade a determinado território e manter uma imagem de fiabilidade do operador. Esta medida ajuda igualmente a prevenir o ciclo vicioso relativo à utilização deste serviço, já que a sua atratividade se encontra diretamente relacionada com a frequência de operação, que diminuindo por falta de procura, faz reduzir de igual forma a sua atratividade e sua utilização (Soehodo & Koshi, 1999).

Contudo, a garantia de um nível mínimo do serviço não consegue muitas vezes dar resposta às necessidades da população, já que nesta aumentam as exigências relativas à prontidão dos serviços. Como tal, a eliminação de horários de ponta e o aumento da frequência de circulações é de extrema importância uma vez que leva à redução do tempo de espera no transbordo e do tempo de viagem. Aliado a este fator, o transbordo minimizado e de pequena duração, privilegia a melhoria das ligações às estações ferroviárias e metropolitanas (Magalhães, 2022)

Quanto maior a frequência dos veículos, melhor tende a ser o serviço prestado. Contudo, tal como foi referido, este tipo de serviços encontra-se associado a um elevado custo de operação com a utilização de mais material circulante por km de via, sendo por isso mais frequente aplicar este modelo em áreas urbanas, onde os comprimentos das linhas tendem a ser menores (Rodrigue, 2020).

No caso do dimensionamento de uma nova infraestrutura de transporte num território densamente povoado, esta deve ser preparada para uma eventual evolução da procura a médio e longo prazo, já que transportes de elevada frequência atraem população. Deste modo, estabelece-se assim como essencial, desde o início, operar a elevada frequência,

fazendo uso da infraestrutura dispendiosa, por forma a maximizar os benefícios económicos que os transportes de grande número de passageiros podem trazer para o operador e para a cidade. Posteriormente torna-se necessário ajustar o serviço à evolução da procura com a redução ou aumento do comprimento dos veículos (Canavan et al., 2019).

Segundo desta doutrina o PACS, programa para as alterações climáticas e sustentabilidade, alisou uma série de recomendações englobando a frequência e transferência modal desejável para os modos ferroviários na AML, de modo a cumprir com as metas climáticas traçadas. Propõe-se assim por hora 6 serviços urbanos, 4 suburbanos, 2 longo curso prioritários, e 0,5 longo curso geral/internacional. Na matéria da transferência modal, é sugerido duplicar a quota para o TP até 2030, e superar a quota europeia no uso do TP ficando abaixo da quota europeia para o TI (MAAC, 2022).

2.5 Indicadores de desempenho

Uma vez que as cidades são sistemas complexos, e os seus subsistemas são difíceis de avaliar e medir, torna-se importante recorrer a indicadores para as caracterizar (Buzási & Csete, 2015). Os indicadores devem ser cuidadosamente selecionados de forma a providenciar informação útil para o caso de estudo, e que que englobem vários aspetos e objetivos (Litman, 2007).

Na literatura o leque de indicadores utilizados para caracterizar os sistemas de transporte é vasto, variando de autor para autor. Segundo Haghshenas e Vaziri (2012), numa análise de 17 artigos diferentes foi possível determinar que os três sectores abordados com maior destaque são económicos, o Social e o Ambiental. Recorrendo a esta metodologia de revisão da literatura, foram analisados 6 artigos que identificavam de forma específica quais os indicadores a utilizar para este fim. Os resultados deste estudo encontram-se sintetizados abaixo na Tabela 2.1, onde são identificados os indicadores em maior destaque, respetivas unidades e autores.

Tabela 2.1- Indicadores mais mencionados para a monitorização e caracterização de um sistema de transporte.

Indicador	Unidade	Referência
Distribuição modal da utilização diária de transportes coletivos	%	Litman, T. (2017); Magalhães, I. (2022), Sdoukopoulos, A. et al. (2019); Onatere, J. O. et al. (2014)
População servida por transporte ferroviário	N	Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012)
Tempo médio dos movimentos pendulares	min	Litman, T. (2017); Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012); Magalhães, I. (2022); Onatere, J. O. et al. (2014)
Intensidade energética	kWh/pkm	Litman, T. (2017); Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012); Magalhães, I. (2022)
Emissões diretas de gases com efeito de estufa	t CO ₂ eq.	Litman, T. (2017); Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012); Magalhães, I. (2022); Sdoukopoulos, A. et al. (2019)
Dias com concentrações excessivas de PM10	Dias/ano	Sdoukopoulos, A. et al. (2019); Onatere, J. O. et al. (2014)
População exposta a ruído danoso	N	Litman, T. (2017); Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012), Sdoukopoulos, A. et al. (2019); Onatere, J. O. et al. (2014)
Poupanças nacionais no consumo energético	€/ano	Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012)
Poupanças económicas por agregado familiar	€/ano	Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012), Sdoukopoulos, A. et al. (2019); Onatere, J. O. et al. (2014)
Taxa de mortalidade rodoviária	N/ano	Litman, T. (2017); Haghshenas, H., Vaziri, M. (2012); Onatere, J. O. et al. (2014)

2.6 Contextualização histórica da rede de transportes de Lisboa

Inicialmente o modo de locomoção predominante em Lisboa era o modo pedonal, tendo apenas sido perto do século XVII que surgiu o primeiro transporte coletivo na AML. Este era composto por uma carruagem de tração animal cujo propósito era transportar alguns bens e correio, sendo ocasionalmente efetuado o transporte de passageiros, ainda que por uma tarifa elevada (Vieira, 1980).

Em 1834 é então fundada a primeira companhia de camionagem de Lisboa, uma empresa de cariz familiar, que operava carruagens com capacidade para 15 passageiros tracionados por dois cavalos. Este modelo replicou-se pela cidade fora, com várias empresas

de pequena dimensão a assumir o transporte da elite lisboeta em rotas específicas (Vieira, 1980).

Enquanto a nível rodoviário se fazia uso da tração animal, surge pela primeira vez em Portugal o modo ferroviário movido a vapor. Esta tecnologia inovadora foi implementada pela primeira vez no eixo de 37 km de Lisboa Santa Apolónia ao Carregado, tendo a sua primeira viagem sido realizada a 28 de outubro de 1856 (Infraestruturas de Portugal, 2023). O sucesso deste modo de transporte levou à sua rápida expansão por todo o território português entre 1861 e 1896, destacando-se na AML a entrada em funcionamento da linha do Sado em 1861, da linha do Oeste em 1888, da linha de Cascais em 1889, da linha de Sintra em 1891, da ligação entre Rossio e Campolide em 1891 e da ligação entre Benfica e Santa Apolónia em 1893 (Pereira, 2013).

Entretanto a rodovia inspira-se nos carris introduzindo em Lisboa em 1878 os carros americanos, carruagens puxadas por cavalos, e guiados por carris. É nesse período que surge o monopólio da atual empresa rodoviária de Lisboa, a Carris, que foi adquirindo gradualmente as numerosas empresas de camionagem da cidade. É também esta a empresa que introduz o primeiro elétrico do país, permitindo um transporte mais rápido e acessível às várias classes sociais da cidade, chegando esta rede de transporte a atingir as 30 carreiras entre 1901 e 1957 (Vieira, 1980). Em 1991 procede-se ao desmantelamento de grande parte da rede de elétricos devido à sua ineficiência no transporte dos passageiros, devido sobretudo ao elevado nível de congestionamento da cidade provocado pelo crescente número de automóveis, restando em serviço apenas 5 linhas que, até à data, se encontram praticamente inalteradas (Carris, 2023).

O Metro de Lisboa (ML) foi fundado em 1948 com o objetivo inicial de estudar a viabilidade técnica e económica do seu desenvolvimento. Após a sua aprovação é aberto o primeiro troço em 1949 no eixo Restauradores-Jardim Zoológico, e Restauradores-Entrecampos numa rede de bitola europeia e em formato Y, tal como representado na Figura 2.1 no mapa da esquerda (ML, 2023a).

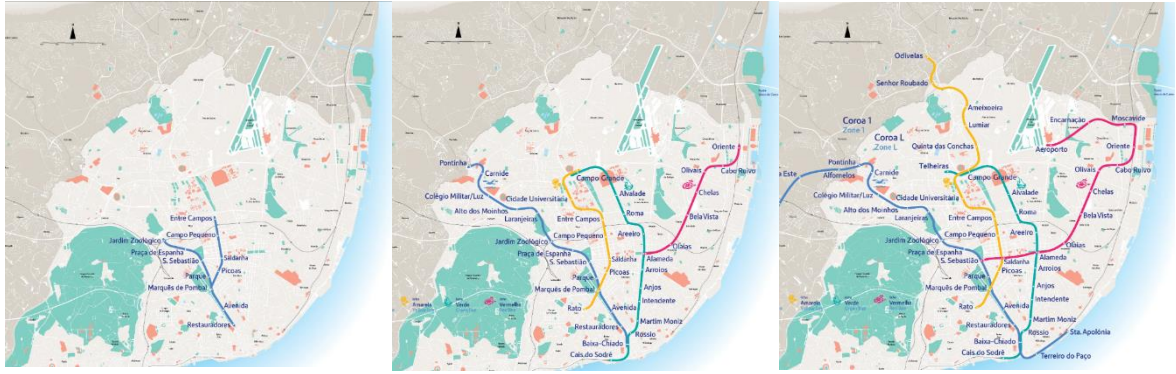


Figura 2.1- Evolução da rede do metro de Lisboa desde 1959 (esquerda), 1998 (centro) a 2016 (direita). Adaptado de: ML, 2023

Nos anos seguintes o forte impacto que este sistema de transporte urbano tem no desenvolvimento da cidade, virá a espelhar-se no investimento feito, algo que se torna claro quando se observou a evolução da rede desde a sua abertura em 1959 até ao ano de 1998, tal como sugere a Figura 2.1. Aliás, é nesta última data (1998) que se efetua a inauguração de um dos troços provavelmente mais importante da rede, o troço que inclui a linha vermelha entre Saldanha e Oriente, uma obra elaborada no âmbito da EXPO 98 (ML, 2023a).

Contudo, a partir de 1998 o sistema vê o seu investimento reduzido, efetuando-se até aos dias de hoje alguns prolongamentos de troços, nos quais se destacam a chegada da linha azul a Santa Apolónia em 2007 e a chegada da linha vermelha ao aeroporto em 2012. A última inauguração foi em 2016 com a abertura da estação de metro da Reboleira (ML, 2023a).

Na margem esquerda do rio Tejo, o acesso ao transporte público foi sempre mais escaço quando comparado com a margem contrária. A travessia era garantida por algumas empresas de pequena dimensão através de barco e o transporte terrestre através de autocarro e comboio, até à inauguração da ponte 25 de Abril em 1966, e à inauguração do tabuleiro ferroviário em 1999, passando esta a ser a principal via de acesso a Lisboa e vice-versa (IP, 2023b)

O segundo marco mais relevante da mobilidade da península setubalense foi a inauguração do metro de superfície em 2007, servindo os eixos Cacilhas-Universidade, Cacilhas-Corroios e Corroios-Pragal num diagrama de rede triangular, ligando pontos importantes como a Faculdade de Ciências e Tecnologia, o porto de Cacilhas, e a estação do Pragal. Atualmente, o Metropolitano Sul do Tejo (MST) possui 19 estações, numa extensão total de rede de 13,5 km (Agência de Notícias, 2021; Magalhães, 2022).

2.7 Rede de transportes da AML

2.7.1 Caracterização da população e sua mobilidade

A área metropolitana de Lisboa esquematizada na Figura 2.2, engloba 18 municípios da Grande Lisboa e da Península de Setúbal. É a área metropolitana com mais população em Portugal, 2 870 208 habitantes (INE, 2021). Na Tabela 2.2 é possível visualizar a distribuição pelos municípios. A AML constitui uma entidade de nível intermédio da administração pública local, de natureza associativa e que visa a prossecução de interesses comuns dos municípios que a integram (AML, 2023).

Tabela 2.2- População, Área e Densidade populacional por município da AML. Fonte: INE, 2021.

Municípios	População (hab.)	Área (km ²)	Densidade populacional (hab./ km ²)
Alcochete	19 143	132,8	144,1
Almada	177 238	70,2	2 524,8
Amadora	171 454	23,8	7 203,9
Barreiro	78 345	32,0	2 448,3
Cascais	214 124	97,2	2 202,9
Lisboa	545 796	84,6	6 451,5
Loures	201 590	169	1 192,8
Mafra	86 515	291,5	296,8
Moita	66 255	54,6	1 213,5
Montijo	55 682	340,5	163,5
Odivelas	148 034	26,6	5 565,2
Oeiras	171 658	45,8	3 748,0
Palmela	68 852	465,9	147,8
Seixal	166 507	95,7	1 739,9
Sesimbra	52 384	195,7	267,7
Setúbal	123 496	193,6	637,9
Sintra	385 606	316,4	1 218,7
V. Franca de Xira	137 529	323,5	425,1

Tal como indica a Tabela 2.2 o município com mais população é Lisboa com mais de 500 000 habitantes, acrescentando a grande concentração de empresas e serviços localizados neste município, e que se traduz no maior empregador da AML. Estas características moldam a mobilidade da área metropolitana de forma que os principais eixos de

movimentos pendulares se centram principalmente em Lisboa (mais de 300 000 diários), tal como é possível ver no mapa da Figura 2.2, exercendo grande pressão sobre as principais vias de acesso à cidade.

Além de Lisboa existem outros eixos com bastante procura, com destaque para Oeiras com mais de 40 000 deslocações diárias provenientes de Lisboa, Cascais, Sintra e Amadora, e Loures com aproximadamente 13 000 habitantes provenientes de Vila Franca de Xira e Lisboa.

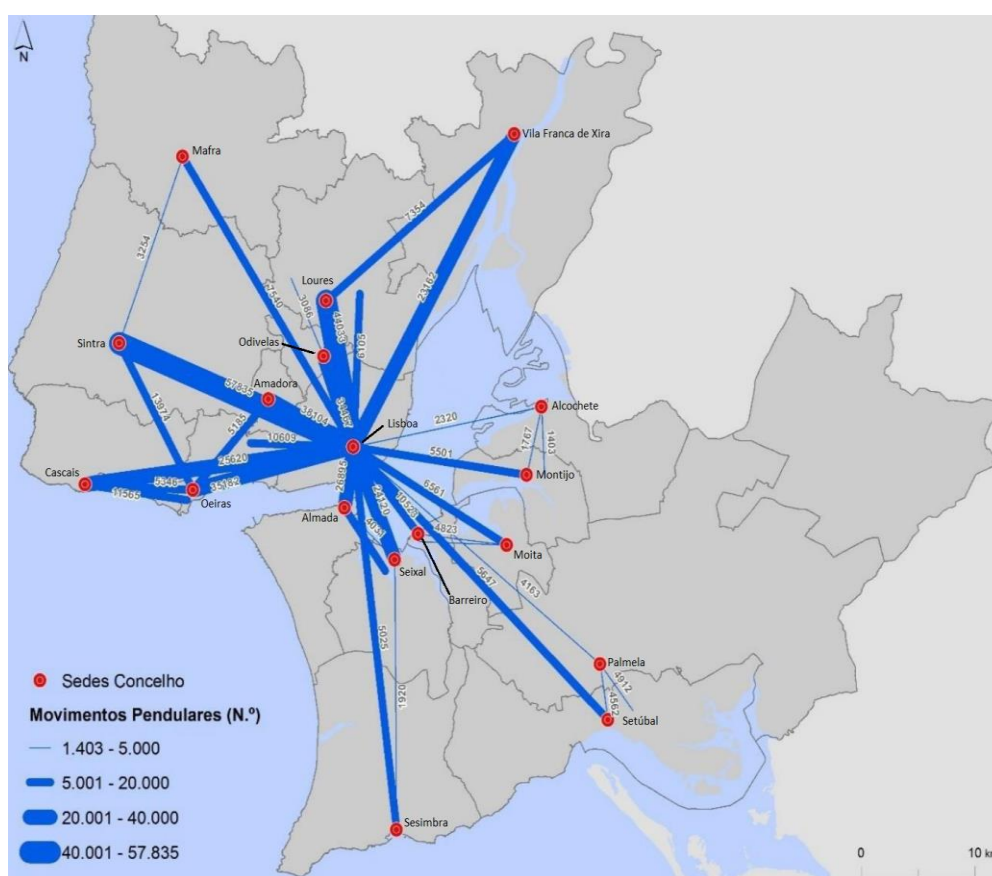


Figura 2.2- Principais eixos dos movimentos pendulares diários na AML. Adaptado de: PAMUS AML, 2019, CENSOS, 2011 e Veiga, 2021.

Apesar da vasta população, em contraste com outros exemplos internacionais, Lisboa tem uma densidade populacional relativamente baixa (apenas 932 hab. /km²). Em comparação a área metropolitana de Viena, capital austríaca, que tem a mesma população da AML (2,8 milhões) mas com uma densidade quatro vezes superior (4 326 hab. /km²), tal como sugere a Figura 2.3 (MI, 2022). Isto reflete-se na eficiência da operação dos transportes públicos.

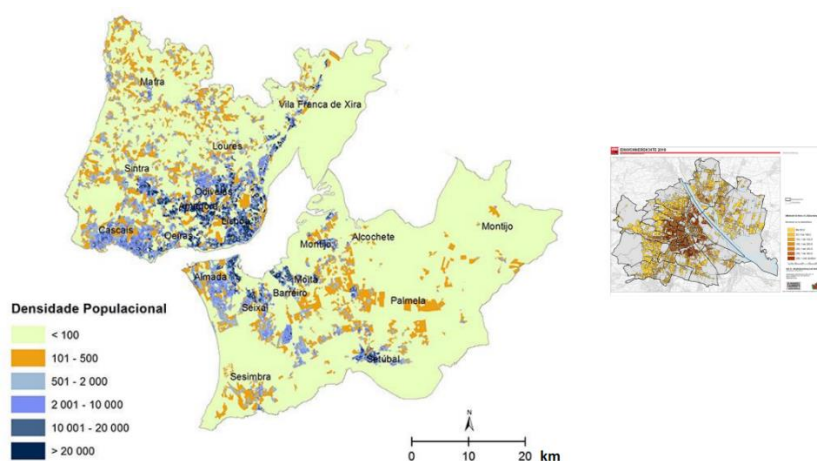


Figura 2.3- Comparação entre a densidade populacional da AML e de Viena. Fonte: MI, 2021.

A área metropolitana encontra-se servida por uma vasta oferta de modos de transporte: os modos rodoviários como automóvel, motociclo e autocarro; os modos ferroviários como o comboio e metro; alguns modos suaves como a bicicleta, e por último o modo fluvial através dos barcos no rio Tejo.

Estas opções apesar de variadas não servem toda a população de igual forma, o que se reflete na sua utilização. O gráfico da Figura 2.4, que mostra o uso percentual da população pendular por modo de transporte em 2011 e em 2021, é possível verificar que existe um uso extremamente elevado do automóvel e motociclo, que totaliza 54,8% das deslocações em 2011 na AML e cresceu em 2021 para 57,1%, em contraste com o somatório dos transportes coletivos que totalizava 14,4% das deslocações em 2011 e passou para 13,3% em 2021, e o conjunto dos modos suaves que representava 15,5% das deslocações em 2011 e aumentou para 17,0% em 2021.

Salienta-se a elevada percentagem de modos não especificados na categoria "Outros", estes constam na fonte inicial dos dados (Censos 2021) e não é possível identificar qual o modo específico em causa. Contudo, estima-se que possam ser erros por parte dos inquiridos, ou modos não alistados como os TVDE ou trotinetes.

A evolução destes valores desperta alguma preocupação, sobretudo pelo crescente uso do automóvel e conseqüente redução dos transportes coletivos, uma tendência indesejável no contexto do combate às alterações climáticas e sustentabilidade urbana.

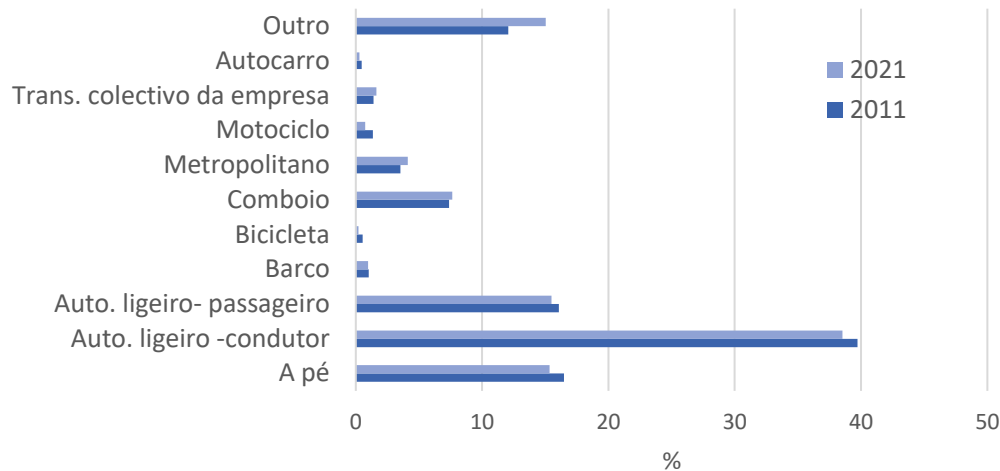


Figura 2.4- Repartição modal das deslocações pendulares na AML em 2011 e 2021. Fonte: INE, 2021.

2.7.2 Rede ferroviária

A rede ferroviária na AML, apesar de possuir uma quota modal reduzida em comparação com o transporte rodoviário individual (Figura 2.4), é a mais densa de Portugal, quer ao nível de serviços, quer de infraestrutura. Tal como a restante rede, com exceção da linha do Vouga, a distância entre os carris é de 1 668 mm denominada bitola ibérica. Esta Infraestrutura encontra-se quase totalmente eletrificada à tensão de 25 kV de corrente alternada, com a exceção da linha do Oeste, a partir de Mira Sintra-Meleças que aguarda eletrificação, e da linha de Cascais que se encontra eletrificada a 1,5 kV e corrente contínua (IP, 2023a).

O principal operador no transporte de passageiros em Lisboa é a empresa Comboios de Portugal E.P.E, vulgarmente denominada por CP, que opera todos os serviços ferroviários urbanos, regionais e de longo curso em Portugal, com a exceção da ligação suburbana entre Roma-Areeiro e Setúbal que foi concessionada à Fertagus, um operador privado do grupo Barraqueiro Transportes S.A.

A CP foi fundada em outubro de 1856, e tem detido desde então o monopólio do transporte ferroviário em Portugal. Em Lisboa opera 10 linhas suburbanas, 6 linhas regionais e várias ligações de longo curso com destino ao norte e sul do país, todas elas com horário tabelado. Como mostra a Figura 2.5 existem quatro eixos principais. A linha da Azambuja que opera principalmente na linha do Norte que liga Lisboa ao Porto com três serviços urbanos diferentes, o primeiro serviço é a ligação Azambuja-Santa Apolónia, o segundo, a

ligação Castanheira do Ribatejo-Alcântara-Terra, ligação que faz uso da linha de cintura (troço entre Braço de Prata e Sete-Rios), e o terceiro, a longa ligação de Alverca-Sintra que faz parte da linha do Norte e totalidade da Linha de Sintra e Cintura. Todas as ligações fazem a ligação ao metro de Lisboa, sendo o transbordo possível nas estações de: Santa Apolónia (Linha Azul), Oriente (Linha Vermelha), Roma-Areeiro (Linha Verde), Entrecampos (Linha Amarela), Sete-Rios (Linha Azul) e Reboleira. É possível ainda fazer o transbordo para o terminal de cruzeiros em Santa Apolónia. Nesta linha o comboio suburbano tem de conviver com as ligações de longo curso e regionais que provêm da zona norte e centro do país, impondo desta forma algumas limitações na oferta. O segundo eixo, a linha de Cascais, por possuir as características acima mencionadas é uma linha isolada do resto da rede, apenas permitindo algumas manobras para o exterior com recurso de locomotivas a diesel. As ligações existentes são apenas duas, ambas com início no Cais de Sodré e em Oeiras Cascais respetivamente, sendo que a segunda ligação possui nas horas mais movimentadas um comboio rápido (que não para em todas as estações) e possibilita a ligação em menor tempo. Na estação do Cais de Sodré é possível fazer o transbordo para as ligações fluviais e de metro (Linha Verde) o que confere uma importância modal para os passageiros provenientes desta linha de comboio (CP, 2023; IP, 2023a).

A linha de Sintra (terceiro eixo) é uma das que apresenta maior procura em Lisboa, fazendo a ligação entre Sintra e a linha de Cintura. As ligações são feitas em todas as paragens e apeadeiros com exceção de Marvila e Chelas (que se encontra desativada desde 2015) e partem de Sintra e Mira Sintra-Meleças. Aquelas que tem início em Sintra tem como destino o Rossio, o Oriente (Linha Vermelha) e a já referida ligação a Alverca; os comboios que partem de Mira Sintra-Meleças apenas fazem a ligação ao Rossio. Tal como a linha de Azambuja, esta estabelece a ligação ao metro de Lisboa possibilitando a sua distribuição para outros destinos da cidade. Estas estações são: Reboleira (Linha Azul), Sete-Rios (Linha Azul), Entrecampos (Linha Amarela), Roma-Areeiro (Linha Verde) e Oriente (Linha Vermelha) (CP, 2023; IP, 2023a).

Finalmente, o último eixo, a linha do Sado é a única linha suburbana que a CP tem a sul do rio Tejo e liga a estação ferro-fluvial do Barreiro à estação de Praias do Sado em Setúbal, efetuando paragem em todas as estações e apeadeiros. A estação do Barreiro integra na sua interface as ligações fluviais da Transtejo que permitem uma conexão direta ao Cais de Sodré (CP, 2023; IP, 2023a).

A Fertagus, como referido, é o primeiro operador privado em Portugal, tendo recebido a concessão da operação nas linhas do Sul e Sado em 1998. Atualmente esta operadora circula a partir da estação de Roma-Areeiro na linha de Cintura e tem como destino Coima e Setúbal como apresentado no esquema da Figura 2.5. Estas duas ligações representam a principal ligação da península de Setúbal a Lisboa, transportando diariamente cerca de 85 mil pessoas. Nas estações de Sete-Rios (Linha Azul), Entrecampos (Linha Amarela) e Roma-Areeiro (Linha Verde) é possível fazer o transbordo para o metropolitano entre outros meios, e na estação do Pragal e Corroios é possível fazer uso do metro ligeiro de superfície da MTS (CP, 2023; IP, 2023a).

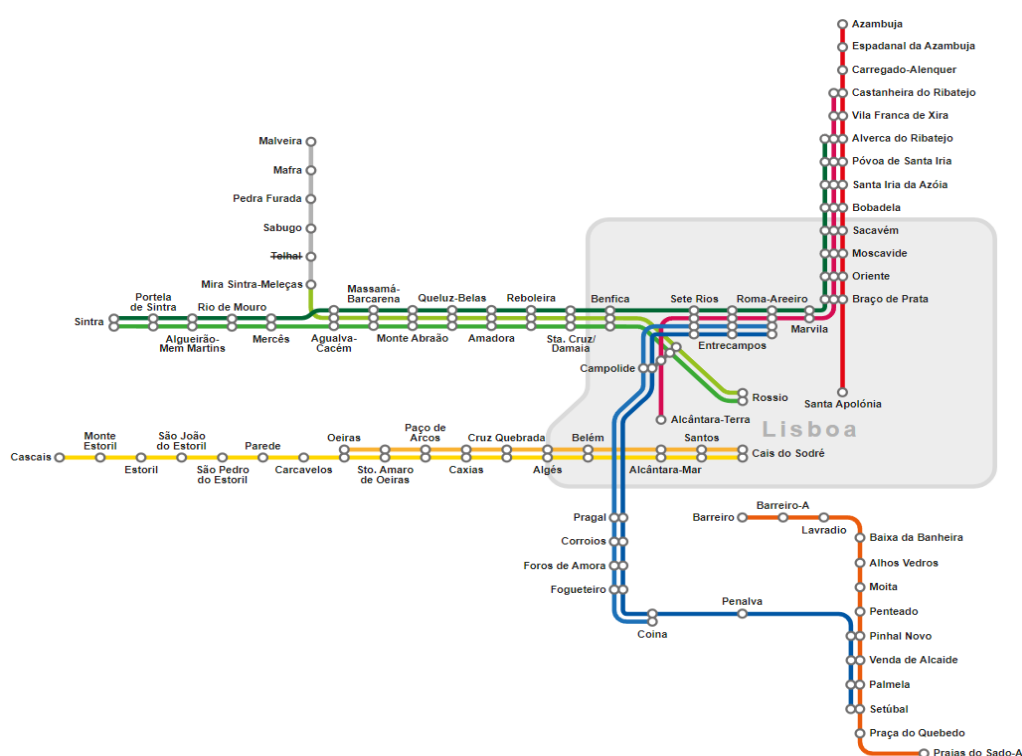


Figura 2.5- Esquema dos serviços ferroviários urbanos de Lisboa. Fonte: M.R. André, 2022.

2.7.3 Metro de Lisboa

O metropolitano de Lisboa, como mencionado, foi fundado em 1948, iniciou a sua operação com uma rede de dimensão reduzida (Figura 2.1) foi crescendo desde então, e serve atualmente a maioria da cidade de Lisboa, como mostra o diagrama da rede da Figura 2.6.

A rede metropolitana de Lisboa é o único sistema de metro em Portugal que opera maioritariamente em túnel e cujas linhas têm todas canais dedicados, o que permite operar um serviço de elevada capacidade e frequência. No total a rede é composta por quatro linhas, 56 estações e um total de 44,5 km, encontrando-se eletrificada a 750 V contínuos que são fornecidos através de um terceiro carril paralelo aos restantes, com uma bitola de 1435 mm (bitola internacional) (ML, 2023b).

A frota utilizada pela operadora é composta por automotoras triplas elétricas contruídas na sua maioria entre 1993 e 2002, cada composição tem um comprimento de 50 metros com capacidade aproximada para 360 pessoas, uma velocidade máxima de 72 km/h (velocidade máxima operacional de 60 km/h) (ML, 2023b).



Figura 2.6- Diagrama da rede do metro de Lisboa. Fonte: Metro de Lisboa, 2023.

A linha verde estende-se desde Telheiras ao Cais de Sodré numa extensão de 8,9 km e com 13 estações. A principal função desta linha é distribuir os passageiros do terminal ferro fluvial do cais do Sodré e das outras linhas pelo centro de Lisboa, estabelecendo a ligação com outros meios de transporte e outras linhas como a linha vermelha na Alameda, a linha Amarela no Campo Grande e a linha azul na Baixa-Chiado. Possui uma procura e consequente oferta relativamente uniformes, sendo a linha com menor procura da rede, como mostra na Tabela 2.3. De salientar que o seu terminal a norte (Telheiras) é uma das estações com menor procura da rede (ML, 2023b, 2023a).

A linha amarela tem início em Odivelas e encontra o seu término no Rato, é constituída por 13 estações numa extensão total de 11 km. Esta tem duas funções distintas, e por isso possui a característica de ter dois troços com procuras muito distintas (ML, 2023b).

No primeiro troço Rato-Campo Grande, a linha passa por zonas com grande densidade empresarial e universitária o que lhe confere naturalmente uma grande afluência nas horas de ponta; a isto acresce a interface ferroviária que estabelece em Entrecampos servindo o eixo ferroviário que mais passageiros movimenta em todo país (linha de Cintura), sendo esta a razão pela qual a linha amarela é muito procurada pelos passageiros provenientes da periferia, para realizar os últimos quilómetros do seu trajeto pendular. Já no segundo troço entre Odivelas e Campo Grande a principal função é servir de meio de transporte pendular para os trabalhadores do concelho de Loures e Odivelas, já que a linha passa por zonas exclusivamente residenciais e com alguma escassez em transportes públicos. Estas características conferem a este troço maior procura às horas de ponta, mas um grande decréscimo fora da mesma, o que levou a administração do Metro de Lisboa a gerir a operação de forma a manter mais material circulante no primeiro troço, e menos neste segundo, o que se traduz em frequências que podem atingir os 20 min (ML, 2023b).

Tabela 2.3- Resumo da oferta do Metro de Lisboa por linha em 2021 e 2020. Fonte: ML, 2021 e ML, 2020

Evolução da oferta (serviço público)		2021	2020
Carruagens x km			
Linha Azul	10 ³	7.911	8 572
Linha Amarela	10 ³	6.040	6 356
Linha Verde	10 ³	5.028	5 453
Linha Vermelha	10 ³	5.418	5 993
Total	10³	24 398	26 373
Lugares x km			
Linha Azul	10 ³	1.012.633	1 097 174
Linha Amarela	10 ³	773.181	813 511
Linha Verde	10 ³	643.601	697 969
Linha Vermelha	10 ³	693.523	767 104
Total	10³	3 122 938	3 375 758
Circulações			
Linha Azul	n.º	112.692	115 530
Linha Amarela	n.º	112.914	117 996
Linha Verde	n.º	116.002	112 625
Linha Vermelha	n.º	109.430	108 482
Total	n.º	451 038	454 633

A linha Azul com início na Reboleira e término em Santa Apolónia é a maior linha da rede com 13,7 km e com maior número de estações, 18. Esta é provavelmente a linha com maior importância refletindo-se no seu número de funções, interfaces, passageiros transportados e oferta, tal como sugere a Tabela 2.3 (ML, 2023b).

Esta linha tem uma procura relativamente uniforme devido ao número de interfaces e pontos de interesse que intercepta, como as interfaces ferroviárias em Santa Apolónia, Jardim Zoológico, Rossio e Reboleira. Intercepta ainda a linha verde em Baixa-Chiado, a linha amarela no Marquês de Pombal e a linha vermelha em S. Sebastião, apresentando pontos com elevada procura como Hospitais, estádios de futebol, centros comerciais, centros empresariais e zonas turísticas. Devido a estas características esta linha desempenha a função pendular para a região da Amadora e distribuidora para os passageiros provenientes dos eixos ferroviários (ML, 2023b).

A linha vermelha é a linha que faz a ligação oriental à cidade de Lisboa, tendo sido concebida para a EXPO 98. Possui uma extensão de 10,5 km, 12 estações e é a terceira linha com mais passageiros. A sua principal função é garantir o acesso ao aeroporto de Lisboa e distribuir pela cidade os passageiros provenientes da estação do Oriente, uma das principais estações ferroviárias do país, fazendo uso das três interseções, as restantes linhas na Alameda (linha Verde), Saldanha (linha Amarela) e S. Sebastião (linha Azul) para esse fim (ML, 2023b).

2.7.4 Metro Sul do Tejo

O Metro Sul do Tejo é o único sistema LRT (*Light Rail Transit*) na área metropolitana, constituído por três linhas numa configuração triangular (Figura 2.7) e tem uma extensão total de 13,5 km e 19 estações. As vias foram construídas com bitola internacional (1435 mm), encontrando-se toda a rede eletrificada a 750V. A infraestrutura encontra-se segregada do tráfego rodoviário, porém, partilha da mesma entre as linhas em operação (IP, 2023a; MTS, 2023).

O operador Metro Transportes do Sul S.A. (MTS) foi a vencedora da concessão deste sistema de transporte desde 2007, operando 24 metros ligeiros articulados com velocidade máxima de 70 km/h e capacidade máxima de 300 pessoas.

Este metro serve as povoações de Almada, Monte da Caparica e Corroios, fazendo interface com os comboios suburbanos no Pragal e Corroios, tal como os barcos no Cais de

Cacilhas. As suas principais funções são transportar os estudantes para as respetivas faculdades no Monte da Caparica e facilitar o acesso dos residentes a estes dois meios de transporte (Barco e Comboio) para posteriormente seguirem para outros destinos como Setúbal e Lisboa (MTS, 2023).

A linha 1, identificada a azul no diagrama da Figura 2.7, liga o cais de Cacilhas à estação ferroviária de Corroios, a linha 2 conecta esta mesma à estação ferroviária do Pragal, e por último a linha 3, parte da interface fluvial de Cacilhas até à Universidade (MTS, 2023).



Figura 2.7- Diagrama da rede do metro transportes do Sul (MTS). Fonte: MTS, 2023.

2.7.5 Ligações fluviais

As ligações fluviais no rio Tejo têm a principal função de garantir uma conexão direta entre as povoações estuarinas da margem esquerda e os vários pontos da margem direita, principalmente Lisboa. Existem 5 ligações que se encontram ilustradas no diagrama da Figura 2.8, sendo os operadores destes serviços a empresa estatal Transtejo-Transportes Tejo S.A. e a Soflusa - Sociedade fluvial de transportes S.A., que efetuam as travessias num modelo cooperativo (TTSL, 2023a).

A ligação Cacilhas-Cais do Sodré é a mais curta da rede com 8 min de viagem, e conecta o cais de Cacilhas em Almada com a interface ferro-rodó-fluvial do Cais do Sodré. Esta travessia é uma das mais procuradas pelos utilizadores, já que em cada uma das margens existem boas alternativas de transporte para outros destinos mais interiores da zona costeira, sejam estas através do metro de superfície de Almada e dos elétricos de Lisboa, da ferrovia pesada da linha de Cascais e Metro de Lisboa, ou das várias linhas de autocarros que partem dos respetivos terminais (TTSL, 2023b).

A Travessia Barreiro-Terreiro do Paço é a única ligação que serve cada um dos cais, demora 20 min e tem ligação direta ao Metro de Lisboa na margem norte, e aos comboios suburbanos da linha do Sado na margem Sul; o transbordo para autocarros também é facilitado por várias linhas, da carris e carris metropolitana, sendo igualmente importante mencionar que o cais no Barreiro possui um elevado número de lugares de estacionamento (TTSL, 2023b).

As ligações ao Montijo e ao Seixal têm ambas início no Cais do Sodré e demoram respetivamente 25 e 18 min. Tal como a ligação a Cacilhas, estas também oferecem o transbordo para o comboio suburbano da linha de Cascais, Metro de Lisboa, elétricos, e várias carreiras de autocarros diferentes. Na margem sul, as alternativas de transporte são mais limitadas com apenas algumas conexões por autocarro, sendo por isso mais recorrente que os utilizadores façam uso dos estacionamento existentes junto aos cais para se deslocarem (TTSL, 2023b).

No caso da ligação Belém-Porto Brandão-Trafaria, trata-se de uma travessia para viaturas e passageiros, com um tempo de viagem de 20 min em cada direção. Este é o serviço com menor procura, o que se deve principalmente às acessibilidades que possui, e apesar de Belém existirem uma estação de comboios e de autocarros junto ao cais, é na margem sul que o problema surge e onde falha a intermodalidade, com autocarros pouco frequentes e pouco fiáveis ao nível da pontualidade e prestação de serviço (TTSL, 2023b).

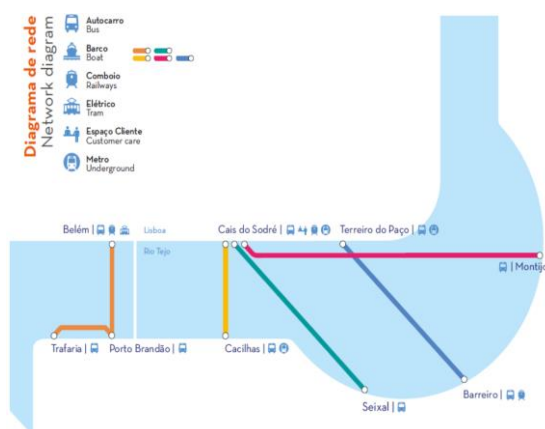


Figura 2.8- Diagrama da rede fluvial sobre o rio Tejo. Fonte: Transtejo Soflusa, 2023.

2.7.6 Rede de elétricos de Lisboa

Como mencionado anteriormente, a rede de elétricos em Lisboa regrediu drasticamente nos últimos 30 anos, restando apenas 6 linhas numa extensão total de 54 km. A atual rede é operada pela Carris, empresa estatal dos transportes rodoviários de Lisboa, que recorre a elétricos clássicos e articulados mais modernos para prestar o serviço (Carris, 2023a, 2023b).

Estas linhas são:

- Linha 12E: trajeto circular do Martim Moniz, que passa pelo Castelo de São Jorge, miradouro de Santa Luzia e Sé de Lisboa, demorando 21 minutos.
- Linha 15E: primeira a ser inaugurada em 1901 e a única que opera com elétricos articulados, ligando a Praça da Figueira ao Jardim de Algés, num percurso de 45 minutos.
- Linha 18E: liga o Cais do Sodré ao cemitério da Ajuda, com conexões nas estações de Santos e Alcântara-Mar, e tem como tempo total do trajeto 28 minutos.
- Linha 24E: faz a ligação da Praça Luís de Camões a Campolide, com uma interligação com a linha amarela do metropolitano no Rato, e o seu percurso total é de 19 minutos.
- Linha 25E: liga a Praça da Figueira a Campo de Ourique, passando pela Rua de São Paulo. A duração total do trajeto é de 28 minutos e opera apenas nos dias úteis. Linha 28E: uma das linhas mais populares entre os turistas, percorrendo locais emblemáticos da cidade, como os bairros da Graça e Alfama, a Sé de Lisboa, a Basílica da Estrela e o Palacete de São Bento. O trajeto total é de 48 minutos, com conexões às estações de metro do Chiado e Intendente.

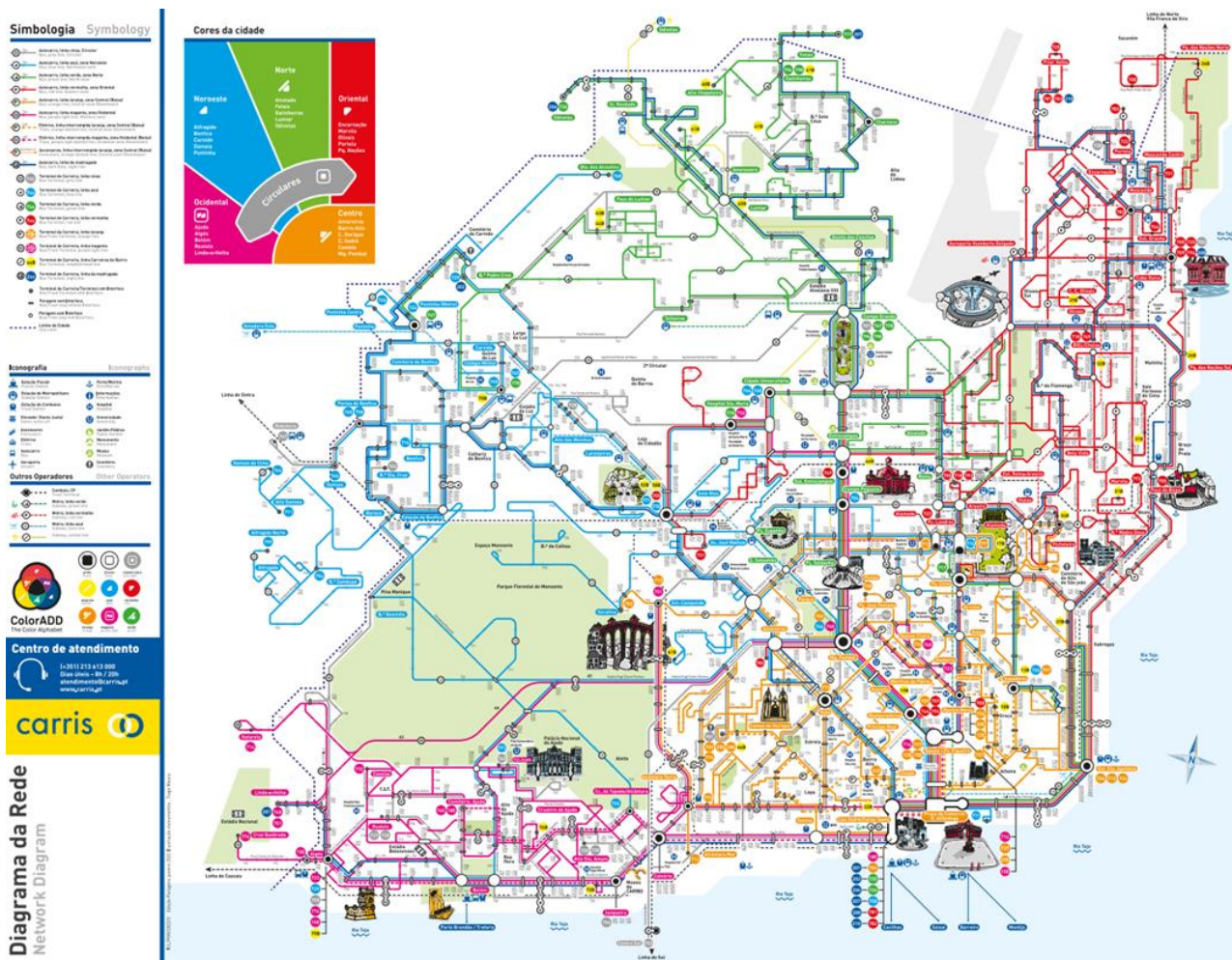


Figura 2.9- Mapa da rede da Carris (autocarros e elétricos). Fonte: Carris, 2023.

2.7.7 Rede rodoviária de transportes

O serviço rodoviário na AML baseia-se principalmente numa rede municipal e intermunicipal de autocarros. Os municípios de Lisboa, Cascais e Barreiro têm as suas próprias operadoras rodoviárias, que prestam o serviço ao nível municipal estabelecendo a correspondência entre os principais pontos de atração com interfaces multimodais, através de um serviço regular e complementar a outros modos de transporte. Estas operadoras são respetivamente a Carris, MobiCascais e TCB (Carris Metropolitana, 2023). Devido às características do território, o município de Lisboa possui a rede de autocarros mais densa da AML, com o diagrama da rede representado na Figura 2.9.

Nos restantes municípios da AML e ao nível intermunicipal, opera desde 1 de junho de 2022 a Carris metropolitana. Esta é uma operadora criada pela Transporte Metropolitanos de

Lisboa (TML), que visa uniformizar a operação rodoviária em toda área metropolitana (com a exceção dos três casos referidos acima), substituindo o modelo antigo da concessão regionalizada a diferentes entidades. Desta forma pretendia-se para além da uniformização da marca, a aposta em veículos novos e menos poluidores, uma transmissão da informação ao passageiro mais simples e eficaz, a exploração de novas rotas e reforço das atuais, e o reforço na aposta no passe navegante e de uma tarifa única (Carris Metropolitana, 2023).

Apenar dos princípios de uniformização decidiu dividir-se a área de operação em quatro zonas concessionando-as a diferentes operadores (AML, 2023a):

- Zona 1- Cascais, Sintra, Oeiras e Amadora, concessionada à Viação Alvorada, Lda., com 133 linhas, das quais 35 são novas;
- Zona 2- Loures, Mafra, Odivelas e Vila Franca de Xira, concessionada à Rodoviária de Lisboa, Lda., com 218 linhas, das quais 31 são novas;
- Zona 3- Almada, Seixal e Sesimbra, concessionada à T. S. T. TRANSPORTES SUL DO TEJO, S. A, LDA., com 116 linhas, das quais 43 são novas;
- Zona 4- Alcochete, Moita, Montijo, Palmela e Setúbal, concessionada à ALSA TODI, com 111 linhas, das quais 21 são novas.

2.7.8 Tarifário

Desde abril de 2019, entraram em vigor na área metropolitana de Lisboa os novos passes Navegante. Estes trouxeram como principal inovação uma redução substancial nos preços dos 550.000 passes vendidos mensalmente, o que permite viagens em todos os 18 município da área metropolitana de forma ilimitada e independentemente do operador ou do meio de transporte (AML, 2023b; Navegante, 2023).

O passe Navegante Metropolitano introduz pela primeira vez o conceito do título único de transportes em Portugal, estando disponível por 40 euros para as modalidades normais. Para viagens ocasionais existe uma versão *zapping* que permite o seu carregamento com determinado valor monetário, e posterior uso nos diferentes transportes da AML, segundo um tarifário tabelado pelos operadores (AML, 2023b; Navegante, 2023).

Para além das opções mencionadas. existem 19 formatos diferentes, incluindo modalidades que visam descontos adicionais para menores de 12 e 23 anos, população sénior, famílias ou estudantes. O Navegante 12, por exemplo, permite que as crianças até aos 12 anos de idade viajem gratuitamente por toda a rede de transporte público da área

metropolitana, medida que visa facilitar e incentivar o uso do transporte público desde cedo (AML, 2023b).

Além do Navegante Metropolitano, cada município da área metropolitana de Lisboa possui o seu passe Navegante Municipal. Esse passe é válido apenas dentro do respetivo município, mas oferece uma alternativa econômica e conveniente para os moradores locais se deslocarem pelas suas cidades, custando apenas 30 euros (AML, 2023b).

Com a implementação desta medida registou-se uma afluência significativa aos transportes metropolitanos, com um acréscimo de 25% (Expresso, 2023).

2.7.9 Quadro de referência estratégico

A tabela seguinte resume os principais planos e programas a nível nacional e internacional que tem influência direta na mobilidade da área metropolitana de Lisboa.

Tabela 2.4- Quadro de Referência Estratégico.

Âmbito Europeu	Descrição
European Green Deal	Tem como objetivo até 2050 combater as alterações climáticas promovendo a transição energética para energias renováveis, mobilidade mais verde, e agricultura sustentável apoiando as regiões afetadas pela transição.
Sustainable Urban Mobility Plans (SUMP)	Promovem a tomada de decisões integradas entre setores e partes interessadas nas cidades, visando oferecer mobilidade de alta qualidade e sustentável. Esses são elaborados pela Comissão Europeia, que também fornece apoio para auxiliar as cidades na adoção de soluções de transporte mais sustentáveis.
Urban Mobility Package	Tem o objetivo de promover soluções sustentáveis de mobilidade nas cidades. Este pacote inclui um conjunto de medidas relativas a transportes públicos, mobilidade ciclável e pedonal, e de redução do congestionamento rodoviário.
CIVITAS Initiative	É uma iniciativa financiada pela UE que presta apoio na implementação de soluções de mobilidade sustentáveis e inovadoras.
Connecting Europe Facility (CEF) Transport	Programa que financia a modernização das infraestruturas de transporte na UE. O financiamento recai sobre projetos que promovam a interoperabilidade e eficiência dos modos de transporte, incluindo os transportes urbanos.
Intelligent Transport Systems (ITS)	Promove a implementação de ITS nas áreas urbanas melhorando a mobilidade, segurança e o desempenho ambiental. ITS inclui sistemas de gestão inteligente do tráfego e informação aos passageiros.
EU Funding Programs	Contempla vários programas de financiamento como as políticas de coesão promovendo a investigação, inovação, projetos de infraestruturas como a mobilidade urbana.

Âmbito Nacional	Descrição
PART	O Programa de apoio à redução tarifária nos transportes públicos (PART) tem como objetivo tornar os transportes públicos financeiramente mais acessíveis e promover o seu uso.
Fundo Ambiental	O Fundo Ambiental tem por finalidade apoiar políticas ambientais e de ação climática para a prossecução dos objetivos do desenvolvimento sustentável, contribuindo para o cumprimento dos objetivos e compromissos nacionais e internacionais. Financia entidades, atividades ou projetos que visam o mesmo objetivo nomeadamente na área dos transportes e mobilidade sustentável.
Plano Ferroviário Nacional (PFN)	É o instrumento que pretende definir a rede ferroviária que assegura as comunicações de interesse nacional e internacional em Portugal para um horizonte de médio e longo prazo.
Plano Nacional de Investimentos 2030 (PNI2030)	Tem como objetivo ser o instrumento de planeamento do ciclo de investimentos estratégicos e estruturantes de âmbito nacional a serem executados até 2030.
Ferrovias 2020	É o programa que sucede o PETI 3+ e visa promover uma série de investimentos da rede ferroviária portuguesa com destaque na eletrificação e modernização da infraestrutura, e promoção do transporte de mercadorias internacional.
Plano de Recuperação e Resiliência (PRR)	O Plano de Recuperação e Resiliência, visa reforçar a robustez social, económica e territorial e acelerar a dupla transição digital e climática em resposta aos problemas originados pelo período pandémico induzido pelo COVID-19

2.7.10 Investimento projetado para a AML

Como indicado acima, estão em curso uma série de investimentos na área dos transportes na AML que visam a melhoria da mobilidade, como a aposta num transporte público de qualidade. A forte aposta que se faz sentir pode, em parte, ser explicada pela abundância de novos fundos europeus no quadro do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), e da necessidade de aproveitar os restantes fundos do último quadro de financiamento comunitário como o Portugal 2020, que termina em 2024.

No metro, encontram-se em curso as obras da expansão da rede através do projeto da linha circular, projeto esse que vai ligar o Cais do Sodré ao Rato em 2025, levando a linha amarela a Telheiras tornando assim a linha Verde numa linha circular (ML, 2023b).

Fase de avaliação ambiental, está a futura extensão da linha Vermelha de S. Sebastião a Alcântara, com estações nas Amoreiras, Campo de Ourique e Infante Santo. No caso, prevê-se que o concurso seja lançado em 2024, e o início da operação em 2026/2027 (ML, 2023b).

Não existem projeções de expansão da rede MST, porém foi publicamente expressa a vontade política de proceder à sua expansão via Seixal, Barreiro e Costa da Caparica (Rito, 2023).

Registam-se os maiores investimentos na ferrovia convencional com a execução de grande parte do Ferrovias 2020 nas linhas suburbanas e regionais de Lisboa. Estas

intervenções visam modernizar toda a infraestrutura, providenciar aumentos de capacidade pontuais, e a eletrificação da rede a 25 000 V. Destacam-se a modernização da Linha de Cascais que vai ser uniformizada com a restante rede nacional e da linha do Oeste que será requalificada e eletrificada na íntegra até Torres Vedras (IP, 2023a).

A par da conclusão do projeto Ferrovia 2020, iniciam-se os primeiros projetos do quadro comunitário seguinte através do PNI 2023. Deste, ainda não existem empreitadas em fase de obra, mas já foram contratados por parte da IP projetos para a quadruplicação da linha de Cintura em toda a sua extensão, tal como o novo parque de material e oficinas (PMO) do Oriente, projeto que integra a Linha de alta velocidade de Lisboa-Porto (IP, 2023c).

Nas restantes áreas destacam-se os projetos dos metros ligeiros de superfície Lios Ocidental, Lios Oriental e Linha violeta do Metro de Lisboa, que se encontram em fase de projeto e consulta pública (ML, 2023b), e a compra de novas embarcações elétricas do tipo catamarã, para a modernização da frota da Transtejo Soflusa (Silva, 2023).

2.8 Casos de estudo internacionais

2.8.1 Washington

Samanta, S. e Jha, M., K. (data?) desenvolveram com base em GIS um modelo que tinha como objetivo determinar o traçado ideal de dois troços de ferrovia pesada nos subúrbios da cidade de Washington D.C. nos Estados Unidos da América.

A metodologia baseou-se num algoritmo de dois estágios que previa primeiramente identificar a localização ideal das estações, seguindo-se a sequência ideal que estas devem apresentar na linha a construir. Para o primeiro estágio, foi preparado num GIS um mapa com um gradeamento de reduzida dimensão, no qual foram identificadas as estruturas humanas e os elementos naturais a evitar pelo corredor, os locais com significativa afluência como escolas e hospitais, densidade populacional, e as infraestruturas já existentes. A localização exata das estações foi determinada através de uma equação ponderada, construída com base nas restrições legais e nos dados de estudos científicos. A área de afetação de cada estação foi determinada através de um raio de ação fixo em torno de cada localização.

Para a sequência ideal recorreu-se aos parâmetros de operação ideais da futura linha de passageiros como: frequência, número de veículos, velocidade de operação, custo por km de via, e custo de manutenção da infraestrutura, entre outros.

O resultado surgiu na forma de dois corredores que foram otimizados em função de três variáveis: o custo de operação por passageiro, o custo total por passageiro, e a procura total pelo serviço. Cruzando os resultados ótimos obtidos, determinou-se o traçado ideal para a linha ferroviária pretendida.

2.8.2 Espanha

Num estudo sobre os sistemas LRT em Espanha (número total de 11) foi possível obter uma série de dados relativa ao desempenho dos mesmos, que visam apoiar a fase de planeamento de futuros projetos semelhantes, dentro e fora do país.

Os autores Pantiga-Facal, E. e Plasencia-Lozano, P. (2022), recorreram às funcionalidades dos GIS para fazer um inventário dos sistemas acima referidos e testar uma série de parâmetros previamente definidos. Para esse efeito dividiram os sistemas em dois grupos: grupo 1, sistemas que coexistiam com sistemas metropolitano de profundidade; grupo 2, sistemas que representavam o principal meio de transporte da respetiva cidade. Para os parâmetros utilizadores potenciais e densidade em torno das estações, foi delimitado uma área de captação com raio de 500 metros.

Após processamento dos dados, concluiu-se que:

- Nenhuma estação possui no seu redor uma densidade populacional inferior a 1500 hab./km²;
- O Número de utilizadores potenciais varia entre os 18 000 e os 30 000 por estação;
- As estações nunca distam entre si mais de 685 metros, o que faz com que uma população considerável tem ao seu alcance mais do que uma opção de estação;
- A cidade com menor população considerada no estudo é Santa Cruz de Tenerife com 200 000 habitantes;
- A menor linha analisada tem 2,2 km em contraste com os 112 km da maior;
- A menor taxa de utilização por parte da população potencial registada é de 26%.

METODOLOGIA

3.1 Abordagem geral

O estudo das oportunidades de melhoria e expansão da rede de ferrovia ligeira na Área Metropolitana de Lisboa, segue uma metodologia já aplicada em outros estudos, e abordados anteriormente na literatura científica. O estudo encontra-se assim estruturado em quatro fases como mostra o diagrama da Figura 3.1.

Na primeira fase procedeu-se à recolha de informação relevante para o desenvolvimento das etapas seguintes. Esta informação visa consolidar o conhecimento base sobre a temática da mobilidade sustentável, introduzir no estudo questões técnicas da exequibilidade da obra, incorporar padrões gerais de serviço dos operadores de transportes, identificar características atuais e históricas do território de estudo, bem como estudar as melhores práticas internacionais no desenvolvimento de projetos de mobilidade urbana.

Na segunda fase, restringiu-se a área de intervenção do estudo de forma a atribuir maior credibilidade e facilitar a exequibilidade do mesmo, descrevendo-se simultaneamente o modelo geográfico utilizado e os critérios aplicados para o desenvolvimento das propostas.

Na terceira fase elaboraram-se os modelos geográficos que possibilitaram esta transposição da informação previamente recolhida das principais plataformas de estatística nacional, para um formato simplificado e de fácil compreensão, seguindo-se o seu tratamento com base em critérios previamente definidos.

Na quarta fase procedeu-se ao desenvolvimento de soluções de mobilidade. Este foi efetuado com base numa série de parâmetros e critérios de otimização que foram ganhando forma, como sugerido no diagrama da Figura 3.1 representa uma melhoria sucessiva dos

sistemas propostos gradualmente que novas informações foram identificadas e incluídas no estudo.

Finalmente, releva-se ainda a consolidação das propostas e ideias desenvolvidas ao longo do estudo, com uma análise de impacto com base em indicadores de desempenho previamente definidos e um breve estudo de viabilidade.

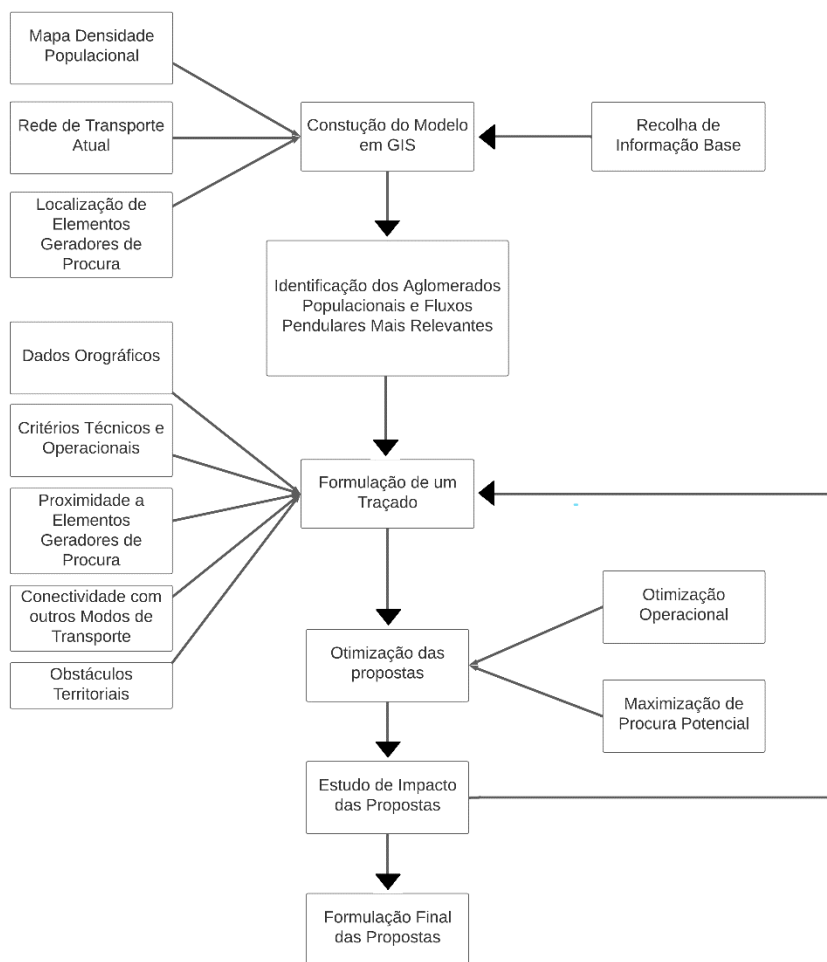


Figura 3.1- Diagrama metodológico.

3.2 Delimitação da área de estudo

Por constituir a área geográfica em Portugal com mais população e com maior exigência na resposta às necessidades de mobilidade, considerou-se a área metropolitana como objeto de estudo.

No estudo das lacunas foi tido em conta a rede de transporte já existente e aquela que se encontra em fase de execução. Na avaliação será contabilizada a resposta que os sistemas do

Metro de Lisboa e MST conseguem dar à população servida, e avaliadas localizações nas quais sistemas semelhantes podem ser implementados de raiz. Desta forma visa-se intervir, não só ao nível da mobilidade intraurbana da capital, mas também nas deslocações dentro e entre os principais polos urbanos da metrópole, fora da cidade de Lisboa.

Uma solução de base rodoviária não aparenta ser resposta adequada para resolver os problemas de transporte de Lisboa, cidade que encontra saturada e congestionada em termos de tráfego rodoviário. Centrar a mobilidade da AML na ferrovia, e complementando-a com outros modos de transporte coletivo e suaves parece essencial para melhorar a mobilidade na cidade (Magalhães, 2022). Assim as propostas excluíram todo o tipo de modos rodoviários, focando-se apenas na promoção de modos ferroviários de elevada capacidade. Com o objetivo de simplificação do estudo decidiu-se focar as mesmas nos chamados metros de profundidade e metros de superfície (LRT).

3.3 Modelo de processamento de dados

Na incorporação de todos estes elementos, recorreu-se ao programa informático de computação de informação geográfica QGIS, um programa de utilização gratuita que permite criar modelos georreferenciados com elevado grau de complexidade, através de múltiplas ferramentas disponibilizadas pelo mesmo.

De forma a uniformizar as diferentes camadas, definiu-se como sistema referencial base o EPSG: 3857 - WGS 84/Pseudo-Mercator. Este permite trabalhar todos os dados na mesma projeção de imagem, e usar as unidades do Sistema Internacional.

3.4 Critérios utilizados

3.4.1 Seleção das áreas de intervenção

Como referido e esquematizado no diagrama da Figura 3.1, foi necessário previamente identificar os locais de intervenção. Neste âmbito, foram cruzados os pontos geradores de procura com a informação dos principais fluxos pendulares da AML com o mapa da densidade populacional. Este último foi obtido a partir do Instituto Nacional de Estatística (INE) nos dados divulgados sobre os censos de 2021.

Na integração destes critérios no modelo georreferenciado, introduziu-se, em primeira instância, o mapa da densidade populacional. Este encontrava-se em formato

shapefile, e alterando o gradeamento da legenda para cores mais instintivas, obteve-se o mapa da Figura 3.2 que serviu como base para as camadas seguintes. Neste é possível visualizar a divisão territorial ao nível do lugar corresponde a um aglomerado populacional com dez ou mais alojamentos destinados à habitação (INE, 2021), sendo esta a escala com maior precisão à qual é possível trabalhar este tipo de dados em Portugal.

Encontram-se ainda esquematizados na Figura 3.2 os traçados (linhas violetas) e as estações (pontos azuis) em operação dos serviços ferroviários pesados. Estes foram acedidos através da base de dados disponibilizada pela Infraestruturas de Portugal (IP) que se encontra igualmente em formato *shapefile*.

3.4.2 Pontos geradores de procura

De acordo com o estudo descrito anteriormente sobre Washington, decidiu identificar-se a localização ideal das estações, tendo as propostas sido desenvolvidas com base na proximidade a uma série de elementos geradores de deslocações e procura.

Assim, e com base no suporte da literatura, identificaram-se os seguintes elementos, que proporcionam a procura para sistemas de transportes:

- **Espaços dedicados a eventos**- salas de espetáculos, feiras, exposições e recintos nos quais se realizam festivais e concertos. Estes podem não ocorrer com elevada frequência, mas a sua realização movimenta vários milhares de pessoas num curto período, requerendo um reforço adicional de meios de transporte. Foram assim considerados locais que albergam este tipo de eventos, cuja realização ocorre pelo menos uma vez em cada dois anos, e com dimensão na casa dos milhares de espectadores.
- **Recintos desportivos**- à semelhança de eventos como os festivais, os recintos desportivos também mobilizam milhares de indivíduos, com a *nuance* de ocorrerem dezenas de vezes ao longo de um ano. Assim a sua integração numa rede de transportes de elevada capacidade é fundamental. Da mesma forma, foram, apenas considerados recintos com dimensão para vários milhares de espectadores.
- **Universidades e Escolas Secundárias**- Tratando-se de estabelecimentos de ensino de dimensão significativa, faz sentido integrar estes elementos numa rede de transportes de elevada capacidade. Por um lado, os s estudantes já

possuem autonomia para se deslocarem sem supervisão, depois, existe um número considerável de docentes que trabalha nestes estabelecimentos, pelo que são geradas diariamente centenas ou até milhares de deslocações. Assim consideraram-se escolas secundárias, campus universitários e institutos de ensino superiores que não se encontram fisicamente associados a um polo universitário.

- **Zonas Comerciais e Serviços**- apesar de nestes locais o uso do automóvel se encontrar facilitado com a disponibilização de uma vasta oferta de lugares de estacionamento, considera-se que os mesmos são geradores naturais de deslocações, pois requerem um sistema de transportes coletivos para facilitar o acesso a pessoas com mobilidade reduzida e oferecer alternativas de transporte mais sustentáveis. Foram por isso considerados os centros comerciais e zonas urbanas com elevada concentração de serviços e comércio.
- **Centros hospitalares**- estes têm diariamente um número significativo de utilizadores, dos quais grande parte pode fazer uso do transporte público coletivo, contabilizam-se aqui os utentes com doença ligeira ou com marcação de consultas, o pessoal de saúde e outros trabalhadores prestadores de serviços.
- **Interfaces**- com o intuito de promover as boas práticas da intermodalidade, tentou-se sempre que possível integrar no traçado e na localização das estações outros modos de transporte, amplificando assim o efeito de rede e defendendo o conforto do utilizador. Foram aqui considerados as interfaces com aeroportos, cais de barcos, estações de comboio, e nós rodoviários relevantes como terminais urbanos e de longo curso.
- **Densidade Populacional**- este elemento apresenta-se como fator base deste estudo e apesar de constar na fase anterior (identificação das zonas de intervenção) também foi um critério tido em conta na geração de procura, já que a proximidade às zonas residenciais é de elevado interesse na captação de utilizadores para os sistemas de transporte público.

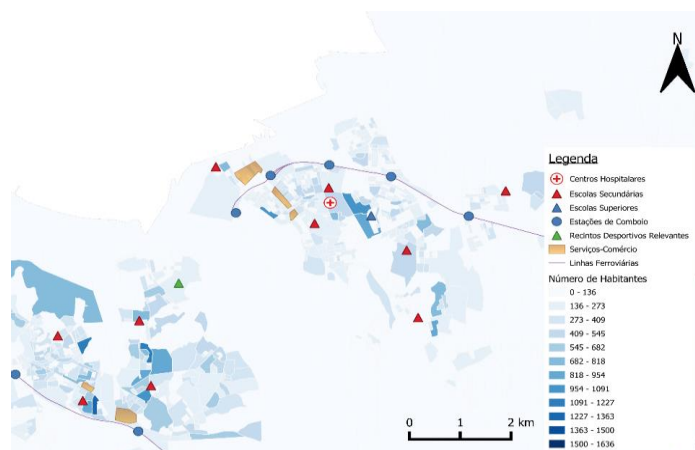


Figura 3.2- Distribuição populacional do Barreiro e Seixal com respetivos pontos geradores de deslocações.

Posteriormente, foram identificados manualmente os pontos geradores de procura acima referidos, e inseridos no projeto como é sugerido na Figura 3.2 e Figura 3.3, recorrendo a fotografias de satélite para facilitar o processamento.

Aplicando este método para toda a área metropolitana, foi então possível identificar os focos com maior carência de mobilidade.

3.4.3 Critérios técnicos e operacionais

Como sugere o diagrama metodológico, e para a formulação das propostas, nomeadamente dos traçados e da localização das estações, incluíram-se igualmente outros fatores que não se encontram relacionados com as deslocações das pessoas, mas sim com questões técnicas da fase de construção e operação. Estes encontram-se descritos em seguida:

- **Topografia**- possuindo o material circulante ferroviário limitações na superação de declives elevados, adotou-se o uso de pendentes máximas de 6 %, na formulação das propostas valor praticado na rede da MST e disponível para consulta nos documentos de caracterização da mesma nas plataformas digitais do IMT. Para esse efeito, fez-se uso de mapas topográficos de satélite disponibilizados pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG).
- **Obstáculos Físicos**- estes consistem principalmente em edifícios já existentes na malha urbana, e cuja desapropriação e/ou demolição, é de evitar, sempre que possível, por motivos de viabilidade financeira. Assim foi mantido sempre que possível o critério de priorizar traçados através de ruas largas (com mais duas faixas de rodagem e um passeio pedonal por sentido), áreas não ocupadas com edifícios, ou

praças. Em casos em que isso não fosse possível, formularam-se as propostas por trajetos que tinham o menor impacto possível no trânsito rodoviário e nas restantes estruturas existentes.

- **Velocidade de Operação**- encontrando-se a velocidade de operação diretamente relacionada com a frequência, o número de material circulante e a competitividade com os outros meios de transporte, tentou-se sempre que possível formular as propostas com um traçado o mais retilíneo possível dando sempre preferência a vias dedicadas. A velocidade de referência máxima são 60 km/h, e média são 22 km/h para sistemas de metro de superfície, e 32 km/h para metropolitano de profundidade, valores obtidos através de uma média entre as várias operações atualmente praticados pelos operadores.
- **Intervalo entre circulações e material circulante**- para cada uma das propostas foi feito um breve estudo do intervalo entre circulações que desejavelmente deverá ser praticada em cada um dos troços propostos, e o respetivo material circulante necessário a essa operação. Este dimensionamento foi realizado para a hora de ponta, e o tempo de inversão considerado foi de 5 minutos. Para esse efeito fez-se uso da equação abaixo.

$$N_{mc} = \frac{2 \times t_p + t_i}{f}$$

N_{mc} = Número de material circulante.

T_p = Tempo do percurso num sentido, em minutos.

T_i = Tempo de inversão (10 min por inversão), em minutos.

F = frequência da operação

A tipologia do material circulante não foi tida em conta na análise por não se considerar relevante para este tipo de estudo. Porém, os parâmetros considerados foram a bitola (distância entre os carris), que mantêm os 1 435 mm (bitola europeia ou Padrão) da restante rede de metro superfície e profundidade, e a velocidade média de circulação que é de 21,6 km/h para metros de superfície e 31,9 km/h para metros de profundidade valores estes obtidos através das médias das velocidades praticadas nas redes existentes do Metro de Lisboa (ML) e MTS.

Na Figura 3.3, são visíveis dois traçados de propostas para metros de superfície, e que se regem pelos critérios operacionais mencionados. A destacar o padrão com que se desenvolvem por entre a malha urbana ao longo de vias rodoviárias largas já existentes ou

terrenos desocupados, de forma a evitar conflitos com a circulação rodoviária e expropriações.

Realizou-se também uma estimativa superficial do investimento necessário para cada proposta, cujos valores em €/km foram obtidos pelos atuais custos das obras da linha Circular, linha Violeta e linha Vermelha até Alcântara, e cujos encargos financeiros são públicos. Os valores obtidos foram 31,4 milhões €/km para metros de superfície e para metros em profundidade 87,5 milhões €/km.

Estes traçados e respetivas paragens, foram propostos em locais que alcancem os pontos geradores e as áreas mais populosas, representados na Figura 3.2. Esse alcance para o metro, representado na Figura 3.3 pelas circunferências vermelhas (*Buffer*), tem o valor de 500 metros e espelha a distância que os utilizadores estão dispostos a percorrer para fazer uso dos meios de transporte propostos.

Este valor para o *Buffer* está de acordo com os valores sugeridos na literatura, que indica 500 a 800 metros para metros de superfície ou profundidade (Daniels & Mulley, 2013; García-Palomares et al., 2013; Van Soest et al., 2020). Porém, como Portugal possui uma população envelhecida e com um clima quente, decidiu-se adotar o valor de 500 metros (García-Palomares et al., 2013).

Para o caso do comboio, o valor assumido na literatura sugere um raio entre 800 e 1 200 metros, por se tratar de um meio de transporte que oferece destinos mais distantes e por circular a velocidades superiores comparativamente ao metro. Assim, pelas mesmas razões demográficas e climáticas mencionadas acima, assume-se o valor de 800 metros como *Buffer*.

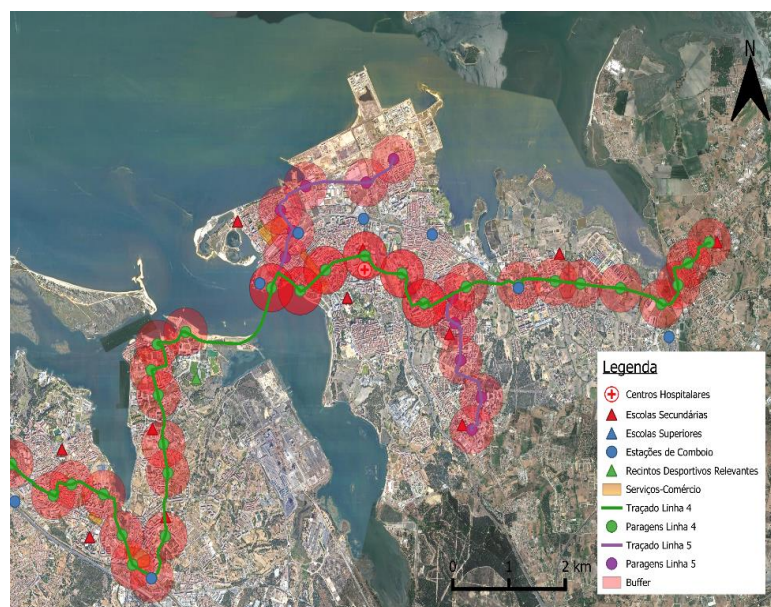


Figura 3.3- Cidades do Barreiro e Seixal com respetivos pontos geradores de deslocamentos, esquematização de duas propostas e respetivos *buffers* de influência (vermelho).

3.4.4 Identificação de fluxos pendulares específicos

Existem casos especiais na AML de eixos com grande movimentação de passageiros que não conseguem ser identificados pelos critérios delimitados na metodologia referida, mas cuja integração é relevante face aos objetivos deste estudo.

Para incorporar estes casos, e de forma a tornar este estudo mais completo, recorreu-se aos dados públicos dos Censos 2021, construindo uma matriz de origem-destino da AML para viagens efetuadas diariamente por veículos rodoviários individuais. De forma complementar, foram igualmente utilizados dados provenientes de estudos de mobilidade e outros realizados para identificar fluxos significativos de pessoas. Nesse sentido foram consultados os dados mais recentes divulgados pela Autoridade de Mobilidade e de Transportes (AMT), e os arquivos da AML sobre estudos de mobilidade e transporte, entre outros estudos realizados por municípios e instituições académicas.

Contudo, como os dados dos Censos 2021 apenas permitem o tratamento de dados ao nível do concelho, foi necessário desenvolver uma matriz mais detalhada para estudar casos como Lisboa que tem eixos de movimentação complexos. Para esse efeito, foi nos fornecido dados relativos à origem e destino dos utilizadores anuais do Metro de Lisboa para os anos de 2019 e 2022.

3.4.5 Indicadores de desempenho

De forma a avaliar o impacto que a proposta final tem na dinâmica da mobilidade na AML decidiu-se recorrer aos indicadores de desempenho definidos na literatura como mais adequados para este fim. Os mais relevantes encontram-se listados na Tabela 2.1 sendo que foram selecionados para este estudo, a distribuição modal da utilização diária de transportes, a população servida por transportes ferroviários, a densidade da rede ferroviária, o número de veículos retirados de circulação, e as emissões diretas de gases com efeito de estufa.

Para determinar o número de veículos retirados de circulação (VRC) recorreu-se à equação abaixo. Nesta os veículos elegíveis foram obtidos através da matriz origem-destino dos veículos rodoviários individuais dos Censos 2021, cuja tabela pode ser consultada no Anexo 1, e que espelha os principais eixos de deslocação diários entre os concelhos da AML. Nesta matriz foram rejeitados os eixos que as propostas de sistemas de mobilidade não conseguem competir com o TI (exemplo: Vila Franca de Xira-Loures ou Cascais-Sintra). Desta população de automóveis e motociclos, selecionaram-se aqueles que alcançam efetivamente a população, assim multiplicou-se os veículos restantes pela proporção de população servida. Esta proporção foi obtida pela população servida dentro do alcance dos *buffers* da Figura 3.3 e da população de todo concelho.

Por último a variável "P" corresponde à percentagem da população que habita num raio de 500 m de uma estação ferroviária, e que deixa o veículo privado para fazer efetivamente uso do TP prestado pela mesma estação. Este valor varia consoante a literatura, contudo definiram-se dois cenários, o primeiro, considerado conservador é relativo a Madrid que possui características (sociais, climáticas, culturais) muito semelhantes a Lisboa, sendo o valor de 42% (García-Palomares et al., 2013). O segundo cenário corresponde a uma situação mais otimista, no qual existe um meio urbano em torno das estações bastante denso e consolidado, desenhado para a mobilidade suave e para o TP, tal como é o caso nos países mais desenvolvidos no centro e norte da Europa como nos Países Baixos, este valor é de 59% (Dirkx, 2012).

$$VRC \text{ diario} = \text{Veículos elegíveis por eixo} \times P \times \frac{\text{hab. servidos por concelho}}{\text{hab. totais do concelho}}$$

Uma vez determinado a redução de veículos diários (VRC) passou-se para o cálculo do CO₂ eq. reduzido. Assim multiplicou-se o VRC pelo fator de emissão de cada veículo (CO₂,

N₂O e CH₄), pelo valor médio diário de km percorridos por veículo na AML, tal como sugerido abaixo. Estes correspondem a de 153,5g CO₂/km (EEA, 2023), 0,000 013g CH₄/km, 0,000 01g N₂O/km (ML, 2023b) para veículos com idade média de 15,2 anos (ACP, 2021) e 13,3 km (INE, 2021) respetivamente

$$CO_2 \text{ eq. reduzido} = VRC \times 153,5 \times 0,000\ 013 \times 0,000\ 01 \times 13,3$$

No cálculo do efeito que as propostas têm na distribuição modal da AML, converteu-se o VRC de cada proposta em percentagem face á totalidade dos veículos em circulação diariamente, que corresponde a 1,48 milhões (INE, 2021). Partindo da repartição modal atual da AML apresentada na Figura 2.4, estimou-se a evolução da transferência modal com a entrada em serviço de cada uma das propostas.

Na determinação da densidade da rede ferroviária, somou-se os valores da extensão da rede (km) indicados pelos operadores de metro, comboios suburbanos e elétricos, dividindo-o pela área total da área metropolitana de Lisboa disponível nos sites oficiais governamentais. Para comparar com Lisboa, repetiu-se o todo processo para Viena e Madrid.

Já o indicador da população servida por um modo ferroviário foi calculado através das ferramentas GIS ao intercepar a população dentro do raio de 500 m de uma estação de metro e 800 m de uma estação de comboio tal como sugere a Figura 3.3, seguindo-se a divisão desse valor pela população total da AML. Também neste indicador

Finalmente, a percentagem de redução de veículos privados que cada uma das propostas prevê induzir no universo global das deslocações diárias, foi determinada pela divisão do valor absoluto de veículos individuais retirados de circulação por proposta, pelo valor total de circulações diárias de veículos individuais na AML disponível nos Censos de 2021.

3.4.6 Análise de viabilidade

Mesmo que as propostas sigam uma série de exigências que tem com o objetivo de as tornar o mais viáveis possível, revela-se necessário recorrer a um breve estudo de viabilidade de forma a atribuir maior credibilidade ao presente estudo.

Como referido anteriormente, considera-se na literatura um sistema de LRT viável quando este apresenta na sua área de captação uma densidade mínima compreendida entre 1500 hab./km² a 2200 hab./km² e uma população total superior a 200 000 habitantes (Flannery

et al., 2015; Gordon, 2011; Pantiga-Facal & Plasencia-Lozano, 2022). Contudo, em casos específicos de exploração como o *tram-train* ou sistema LRT *feeder* podem-se considerar gamas mínimas de densidade populacional inferiores como 1200 hab./km² (Pantiga-Facal & Plasencia-Lozano, 2022).

Para a obtenção destes valores, recorreu-se aos dados populacionais por freguesia dos Censos 2021, complementando-os com alguns dados determinados pela metodologia dos raios de captação acima.

Outros fatores como a densidade comercial e serviços são também referidos como determinantes para a viabilidade destes sistemas de mobilidade, contudo devido à limitação da informação disponível não foi possível incorporar esses elementos na análise de viabilidade.

ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Visão geral

Com base na metodologia apresentada, foram identificados 8 focos na AML, assinalados a verde na Figura 4.1. Estes apresentam densidades populacionais elevadas, grande número de pontos geradores de procura, e lacunas na resposta da rede de transportes públicos face às necessidades daqueles territórios.

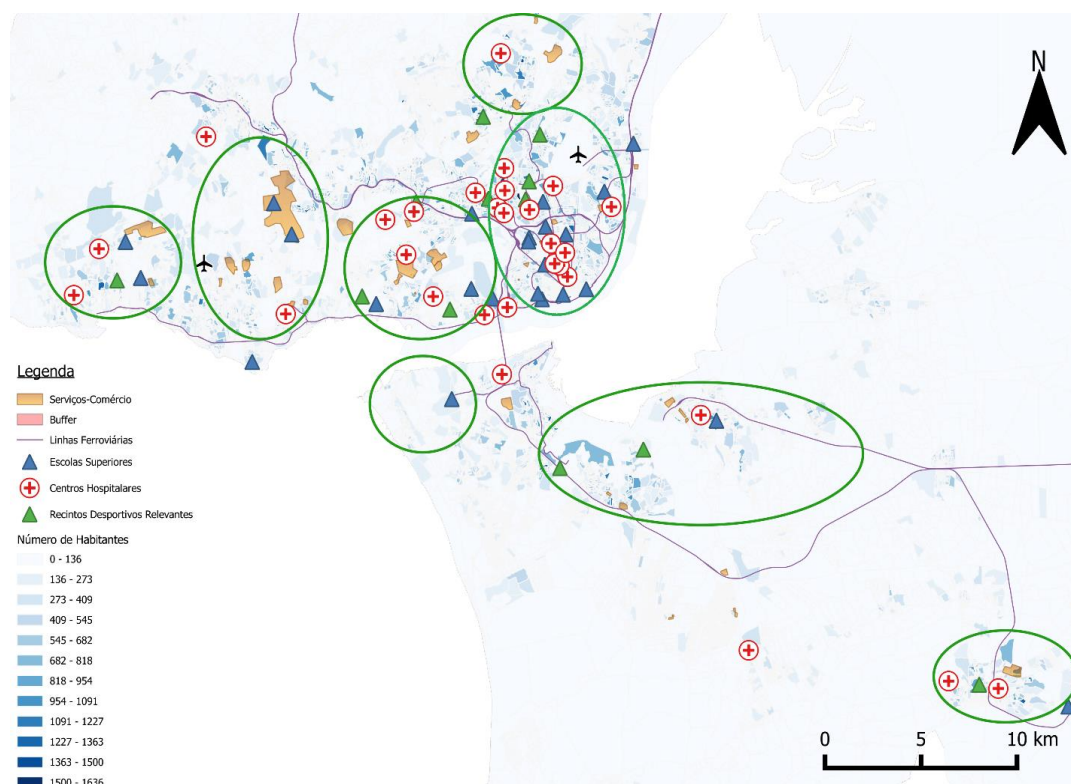


Figura 4.1- Mapa gerado em GIS com a distribuição dos focos com maior carência de mobilidade na AML.

A matriz representada na Figura 4.2, apresenta os eixos com maior movimento anual entre as várias estações do Metro de Lisboa por sentido. Os dados são referentes aos anos de 2019 e 2022, sendo que na figura os valores correspondem à média ponderada desses anos.

Observando a matriz, torna-se perceptível que uma análise dos padrões de mobilidade na AML não pode ser feita de forma isolada com o metro, porque os eixos com maior destaque têm origem ou destino em estações que garantem o transbordo facilitado com o comboio ou com o barco, como Entrecampos, Sete Rios, Oriente, Reboleira e Cais do Sodré.

A simbiose entre o comboio e o metro consegue ser bastante visível quando se compara Entrecampos e Sete-Rios com Roma-Areeiro, onde a transferência entre modos é dificultada pela distância elevada das estações refletindo-se no número de utilizadores.

Destaque para as estações do metro com muita procura e que servem recintos desportivos de grande dimensão como o estádio de Alvalade e Luz, os principais polos universitários como Alameda e Campo Grande, e os terminais rodoviários no Marques de Pombal, Sete-Rios, Campo Grande e Colégio Militar.

Na linha amarela torna-se evidente a baixa procura entre Odivelas e Campo Grande com exceção da estação terminal, esta transfere grande parte dos seus passageiros para os nós da rede como Campo Grande, Marques de Pombal e Entrecampos, onde é possível a estes utentes fazer o transbordo para outras linhas e modos de transporte.

Por último salienta-se a procura por parte dos passageiros provenientes da linha de Cascais e do terminal fluvial pelas estações no planalto das Avenidas Novas.

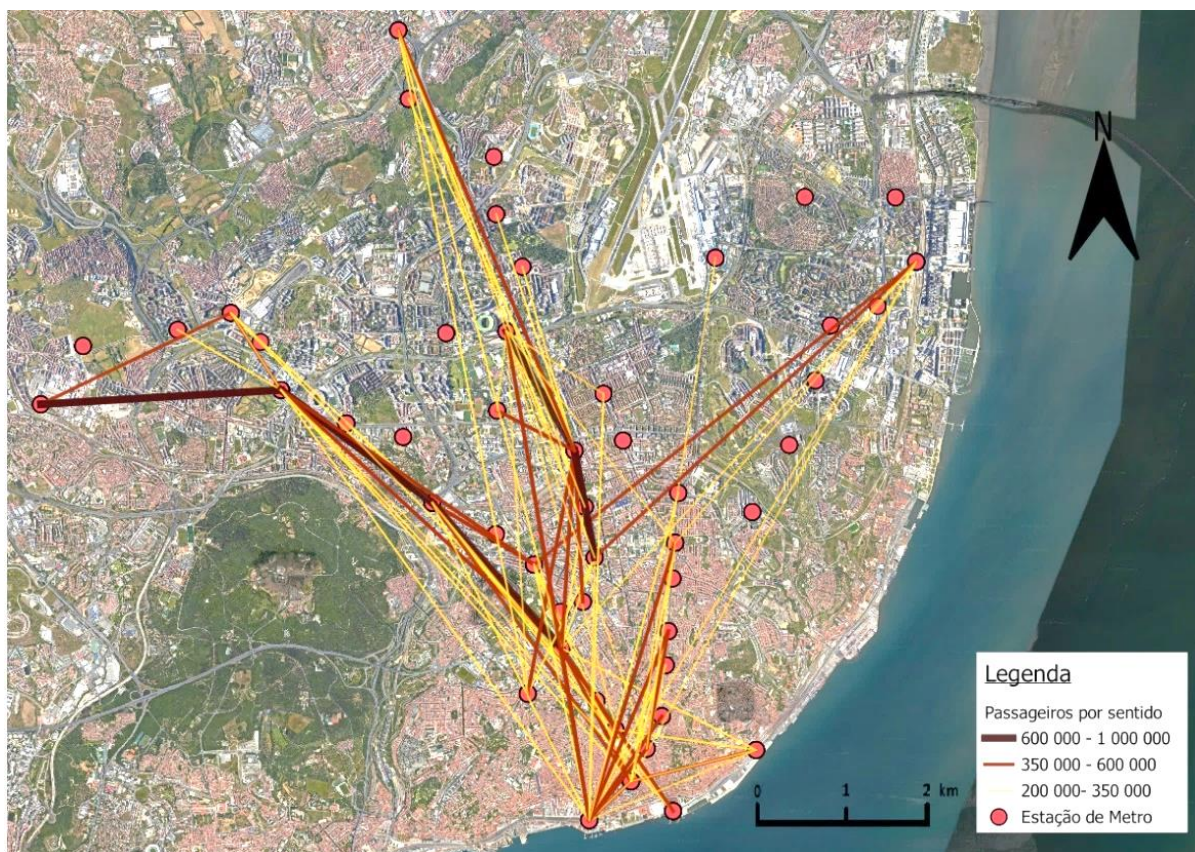


Figura 4.2- Origem e destino dos utilizadores do Metro de Lisboa. Média ponderada dos anos 2019 e 2022

Os valores compreendidos entre 0 e 200 000 não foram contabilizados por apenas se pretender analisar os principais eixos da matriz.

De forma complementar à matriz acima, o gráfico da Figura 4.3 mostra o total de utilizadores anuais das 25 estações mais movimentadas do Metro de Lisboa para os anos de 2019 e 2022 (média ponderada).

Neste verifica-se que as estações com maior movimento são aquelas que possibilitam um transbordo entre linhas diferentes da rede, ou para os comboios suburbanos de Lisboa. Destaca-se o Cais do Sodré com o maior movimento anual de passageiros, sendo que esta interface integra os comboios suburbanos da Linha de Cascais, tal como ligações fluviais e rodoviárias.

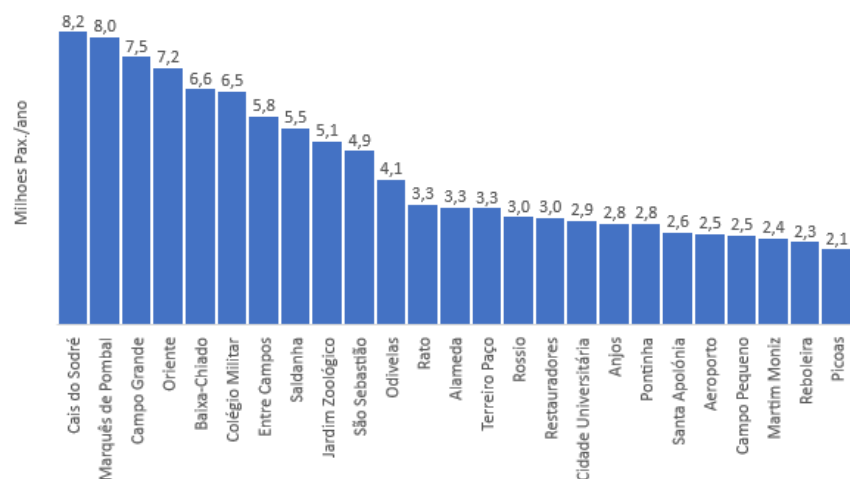


Figura 4.3- Utilizadores totais anuais do Metro de Lisboa, por estação.

4.2 Lisboa

4.2.1 Lisboa cidade

De forma semelhante ao caso da Costa da Caparica, também Lisboa é uma exceção à metodologia inicialmente traçada. Uma vez que a área em causa já possui uma rede densa de TP, a abordagem passou por identificar pequenas áreas da cidade com potencial para a expansão da atual rede de metro utilizando os critérios de densidade populacional e pontos geradores de procura da Figura 4.4.

A primeira área identificada em Lisboa engloba Amoreiras, Campo de Ourique e Alcântara, tem no seu conjunto perto de 36 000 habitantes, 3 escolas secundárias, uma zona comercial densa nas amoreiras, um hospital do grupo privado CUF e duas instituições superiores. Atualmente o transporte público nesta zona de Lisboa limita-se ao autocarro, a uma linha de elétrico (que termina nas Amoreiras) e a duas estações de comboio localizadas no vale de Alcântara.

Outro foco é a região norte de Telheiras, onde habitam mais de 20 000 pessoas, estão localizados dois hospitais (hospital das forças armadas e o hospital da Luz nas torres de Lisboa), uma zona comercial densa uma escola secundária.

O último foco em Lisboa localiza-se no terminal 2 do Aeroporto de Lisboa, utilizado para dar resposta às companhias *Low-Cost*, e que foi segundo a ANA Aeroportos, dimensionado para receber 1 500 passageiros por hora. Atualmente os acessos ao mesmo limitam-se ao modo rodoviário como o automóvel e os *Shuttles* gratuitos disponibilizados pela operadora da infraestruturas, sendo por isso regulares os congestionamentos junto a este terminal.

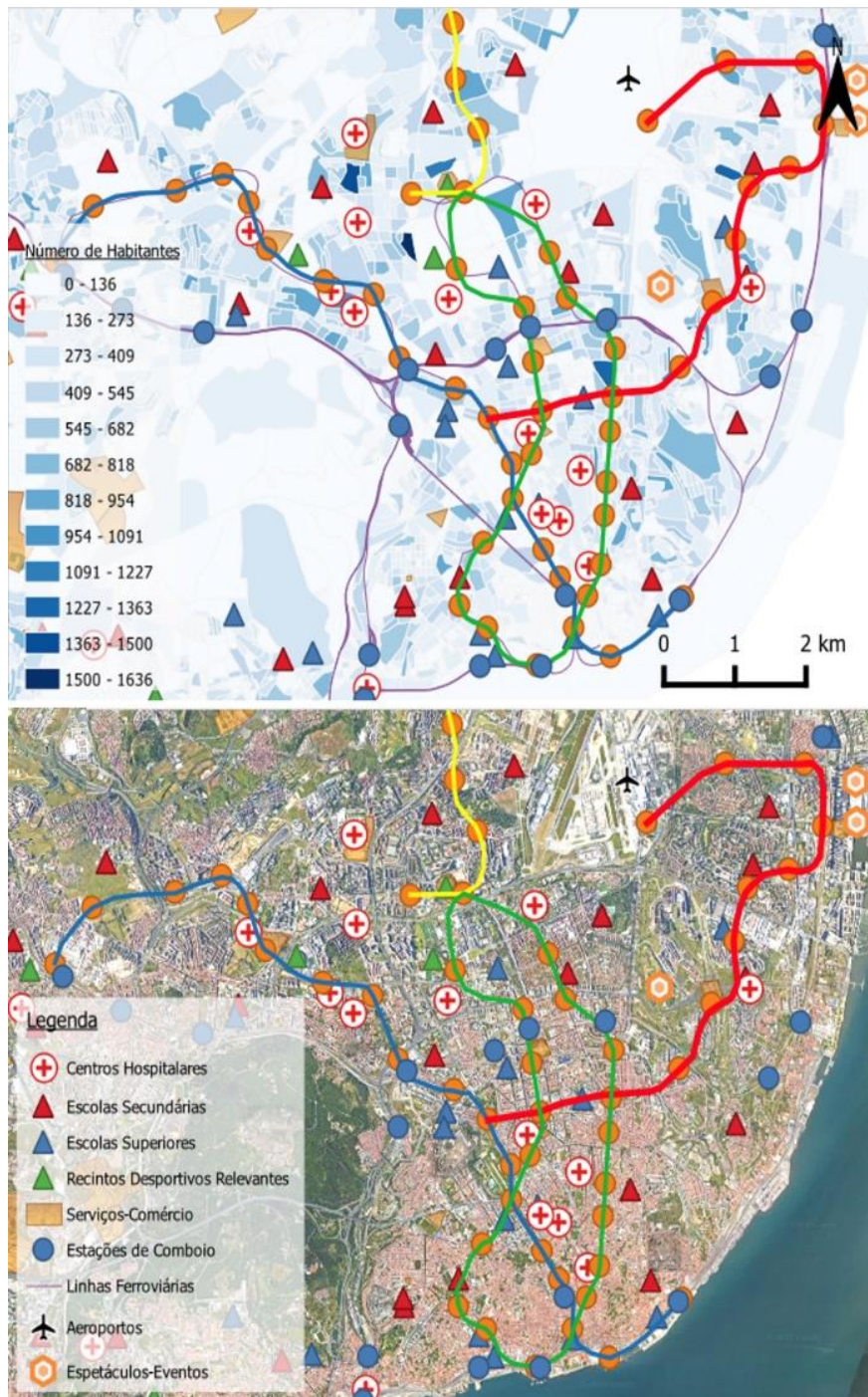


Figura 4.4- Cidade de Lisboa com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite por baixo e carta da densidade populacional por cima.

4.2.2 Algés/Alfragide

O território identificado estende-se de Algés a Carnaxide, seguindo-se Alfragide e termina nos bairros da Amadora. Este contabiliza 178 000 indivíduos que residem em 95 000 alojamentos numa área de aproximadamente 17 km², representando assim uma densidade populacional de aproximadamente 10 000 hab./km².

A área tem vias de comunicação muito desenvolvidas com o atravessamento da A5 (que liga Lisboa a Cascais), mais acima a A37 que se inicia a partir da segunda Circular (que liga Alfragide a Sintra), e a A36 que liga Algés ao Parque das Nações via Odivelas na vertical cruzando as duas autoestradas anteriores. Em termos ferroviários, e na imagem inferior da Figura 4.5, encontram-se bem visíveis a linha de Cascais a sul junto à costa com a interface de Algés a servir autocarros e elétricos, e mais acima a linha de Sintra e a linha Azul do ML com a interface da Reboleira a unificar estes dois modos.

Numa faixa bastante urbanizada e bem identificável na imagem superior da Figura 4.5, verifica-se uma vasta área comercial e vários lugares densamente povoados com perto de 1 000 habitantes cada. As áreas no topo da Figura 4.5, já se encontram relativamente bem servidas pela linha de comboio, porém as mais centrais não têm boas ligações a transportes públicos (exceto autocarro), como é o caso dos bairros e centros empresariais de Carnaxide, e o parque comercial de Alfragide, incrementando assim a dependência do automóvel.

Identificaram-se também 8 escolas secundárias, e 5 faculdades. Existem 5 Hospitais nesta zona de Lisboa dos quais 3 são públicos e os dois restantes são privados; destes apenas o Hospital da Luz no topo direito da Figura 4.5 tem acesso direto a modos ferroviários.

Destaca-se ainda o passeio marítimo de Algés junto à estação de comboios, espaço onde se realizam concertos de grande dimensão ao longo do ano, e os vários espaços desportivos instalados neste território, com destaque para o referido Campo de estágio do Jamor e o Estádio do Restelo em Belém.

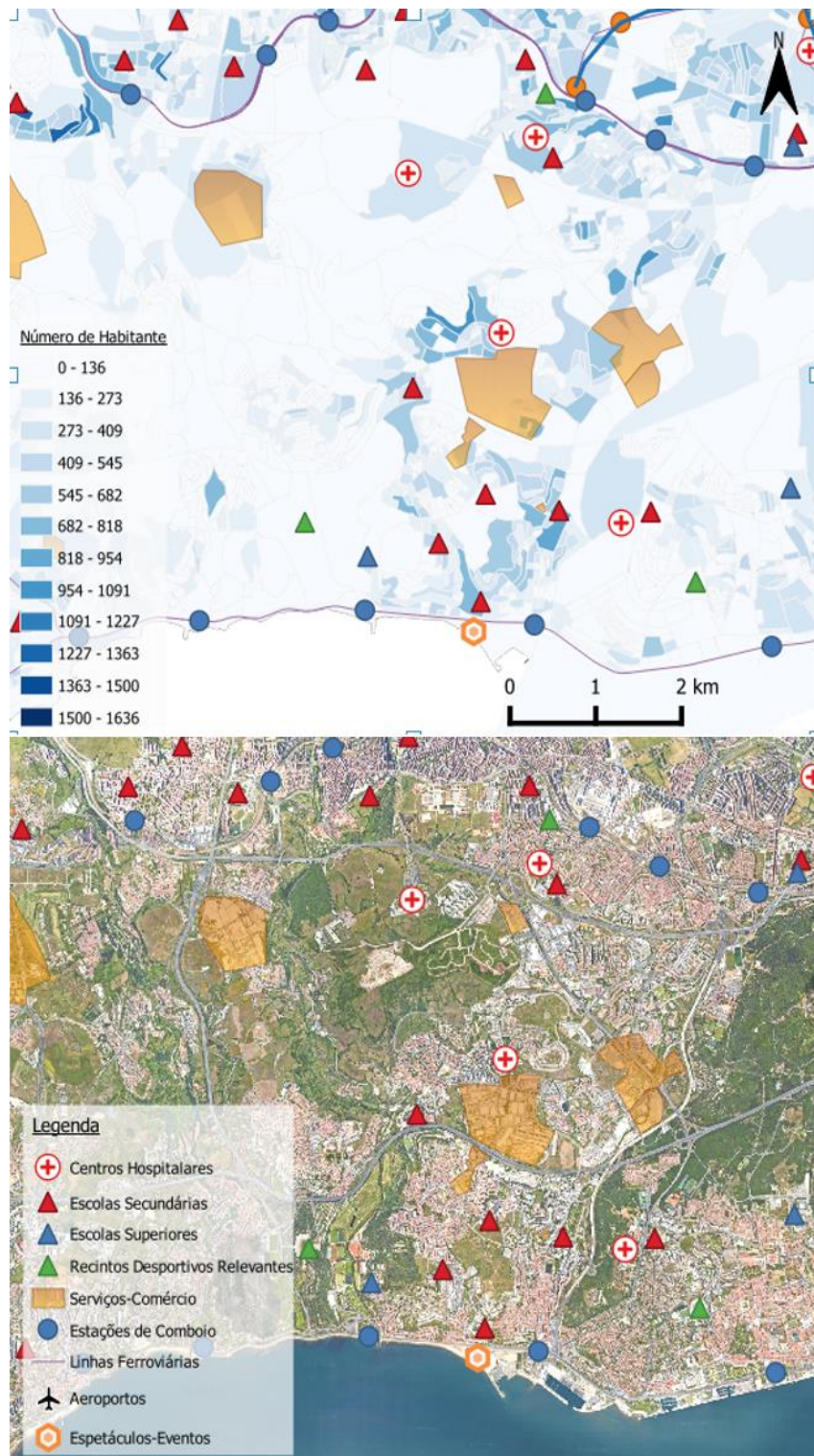


Figura 4.5- Território de Algés a Alfragide com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.

4.2.3 Loures/Odivelas

A área identificada em Loures e Odivelas, representada na

Figura 4.6 através de uma fotografia de satélite e um mapa da densidade populacional serve de habitação a perto de 135 000 pessoas em 65 000 alojamentos. A área contabilizada na imagem tem aproximada 25 km² o que se reflete numa densidade populacional aproximada de 5 400 hab./km².

Dos focos identificados, este é um dos que apresenta densidades populacionais maiores, algo que pode ser facilmente confirmado observando as várias manchas azuis-escuros da Figura 4.6, e que representam lugares com mais de 1 000 residentes. Existem 6 escolas secundárias, um recinto polidesportivo com um clube de futebol local em Odivelas, e o Hospital Beatriz Ângelo em Loures.

Existem várias ligações por autocarro e a linha amarela do metro que acede a esta região de Lisboa, mas esta sempre foi considerada uma das partes da AML pior servida por transporte público. A nível rodoviário, é servida pela A36 (ligação Algés-Parque das Nações), pela A8 (Odivelas-Leiria), e no limite norte pela A9 (que liga Cruz-Quebrada a Alverca). O enorme desenvolvimento ao nível rodoviário induziu, tal como em muitos outros territórios portugueses, uma ocupação territorial dispersa, o que se traduziu numa urbanização pouco densa em Loures e Odivelas, fora das já referidas manchas populosas.

Destacam-se ainda inúmeras áreas dedicadas ao comércio de elevada densidade, como o STRADA *Outlet*, o IKEA, o Loures Shopping e o Mercado Abastecedor da Região de Lisboa (MARL) mais a norte de Loures perto de Vialonga.

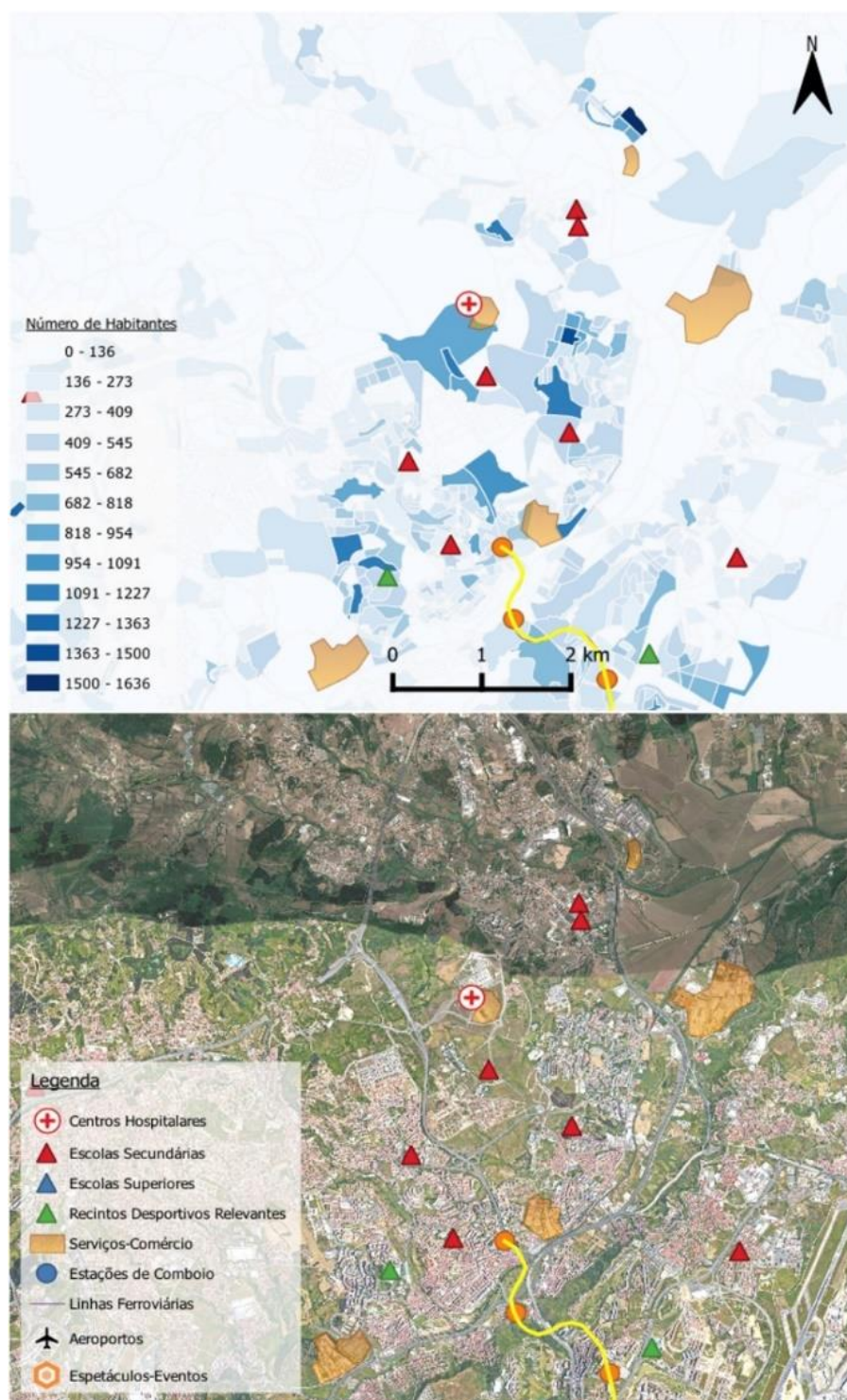


Figura 4.6- Área de Loures e Odivelas com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional por cima.

4.3 Cascais

Numa área referente a 35 km², foram identificados em Cascais alguns lugares com população superior a 1000 residentes, bem visíveis a azul-escuro no mapa da superior da Figura 4.7, na totalidade essa mesma área consta com aproximadamente 90 000 habitantes o que se traduz numa densidade populacional de pouco mais de 2500 hab./km².

Foram ainda identificadas 9 escolas secundárias e colégios com os anos curriculares equivalentes, tais como a Escola Superior de Saúde de Alcoitão. Ao nível dos estabelecimentos de saúde existem dois hospitais de dimensão considerável, a CUF de Cascais no centro da cidade e o Hospital de Cascais mais a norte.

Cascais tem a capacidade de atrair atividades como o ténis, realizada no recinto desportivo do Clube de ténis do Estoril, de que é exemplo o torneio anual Estoril OPEN, e o futebol, com o Estoril Praia a usar quase semanalmente o recinto desportivo António Coimbra da Mota. Detém ainda um Casino de Grande dimensão na vila do Estoril, e um circuito de corrida motorizada visível mais a norte do mapa da Figura 4.7. No centro da cidade de Cascais existe igualmente um recinto desportivo, o Estádio do Grupo Dramático e Sportivo de Cascais, mas que possuem uma afluência muito inferior ao recinto desportivo referido anteriormente.

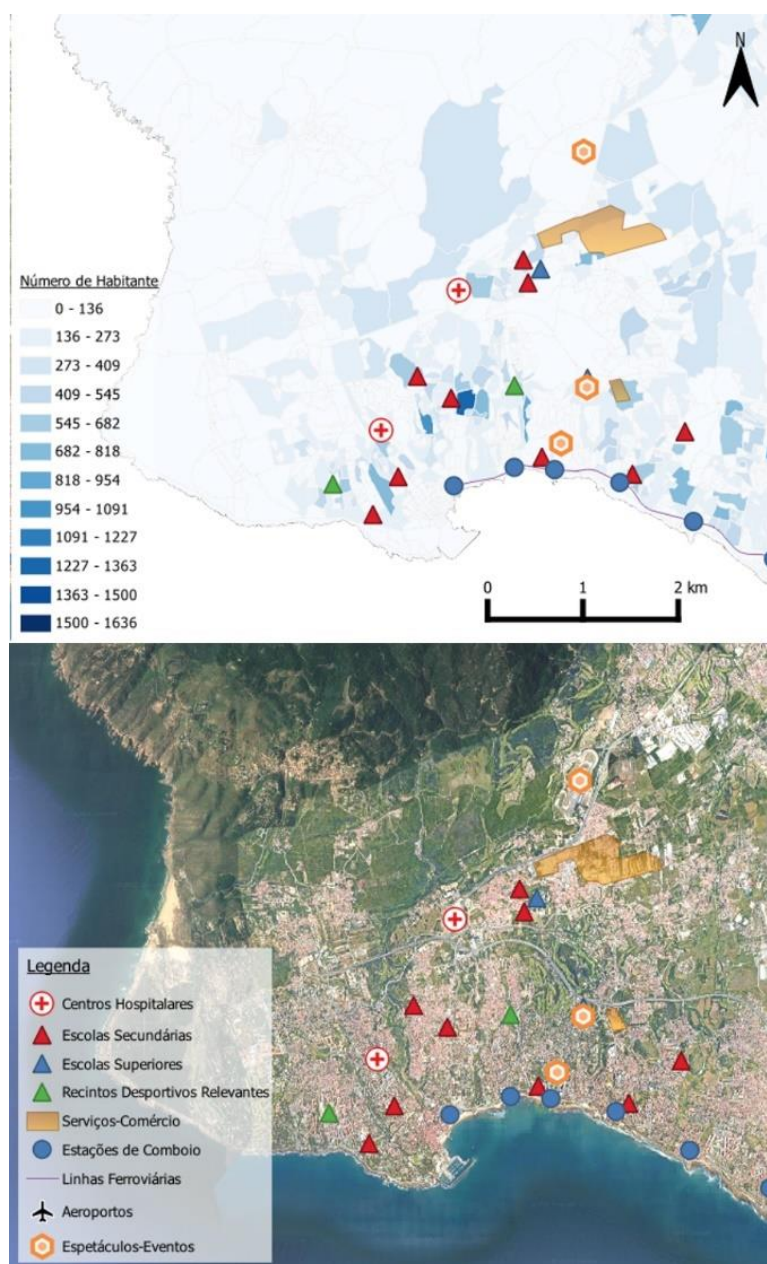


Figura 4.7- Território de Cascais com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional à cima.

Salientam-se ainda algumas características do território como o turismo na zona costeira da cidade, as vastas zonas comerciais a norte que incluem o Fórum Cascais, e um ordenamento habitacional disperso resultado da atratividade de Cascais para uma classe social mais favorecida.

As principais vias de comunicação são as autoestradas A5 para Lisboa, A16 para Sintra e Queluz, tal como a Linha de Cascais que tem uma centralidade e procura considerável.

4.4 Oeiras

A área identificada na Figura 4.8 relativamente a Oeiras tem aproximadamente 58 km², com uma população de 251 000 residentes que habitam em 124 000 alojamentos, e apresenta uma densidade populacional corresponde a perto de 4 300 hab./km².

Nas duas imagens da Figura 4.8 é possível ver este território com maior detalhe, quer ao nível da distribuição populacional, quer na variedade de pontos geradores de procura identificados. Na imagem superior verifica-se com grande destaque a grande quantidade de lugares com mais de 1 000 residentes, e a sua localização principalmente junto das principais vias de comunicação: a norte junto à linha de Sintra, a sul perto da linha de Cascais, e no centro perto das vias de acesso à A5 (autoestrada entre Cascais e Lisboa).

Neste caso, existe apenas um estabelecimento Hospitalar que pertence ao grupo privado Luz. Já no ensino, existem 12 escolas secundárias e 3 faculdades, a NOVA SBE junto à costa em Oeiras, o campus de Sintra da Faculdade de Medicina da Universidade Católica, e o polo TagusPark do Instituto Superior Técnico.

Na observação das imagens da Figura 4.8, destacam-se as áreas destinadas a serviços e comércio, que se devem aos vários parques empresariais e industriais que se foram estabelecendo neste local, com destaque para a maior mancha laranja, o referido Tagus Park (centro empresarial, polo universitário, e grande concentração de serviços), o Lagoas Park exatamente abaixo, e que apesar de mais reduzido, concentra muitas empresas relevantes, e o Oeiras Parque que é um grande centro comercial localizado acima do hospital.

Destaque ainda para o aeródromo de Tires que disponibiliza serviços privados e uma escola de aviação, o sistema de mobilidade SATU (Sistema Automático de Transporte Urbano) que constitui uma tentativa invulgar de servir os parques empresariais referidos com a estação ferroviária de Paço de Arcos, e o número elevado de praias que atraem muitos banhistas e turistas por via ferroviária.

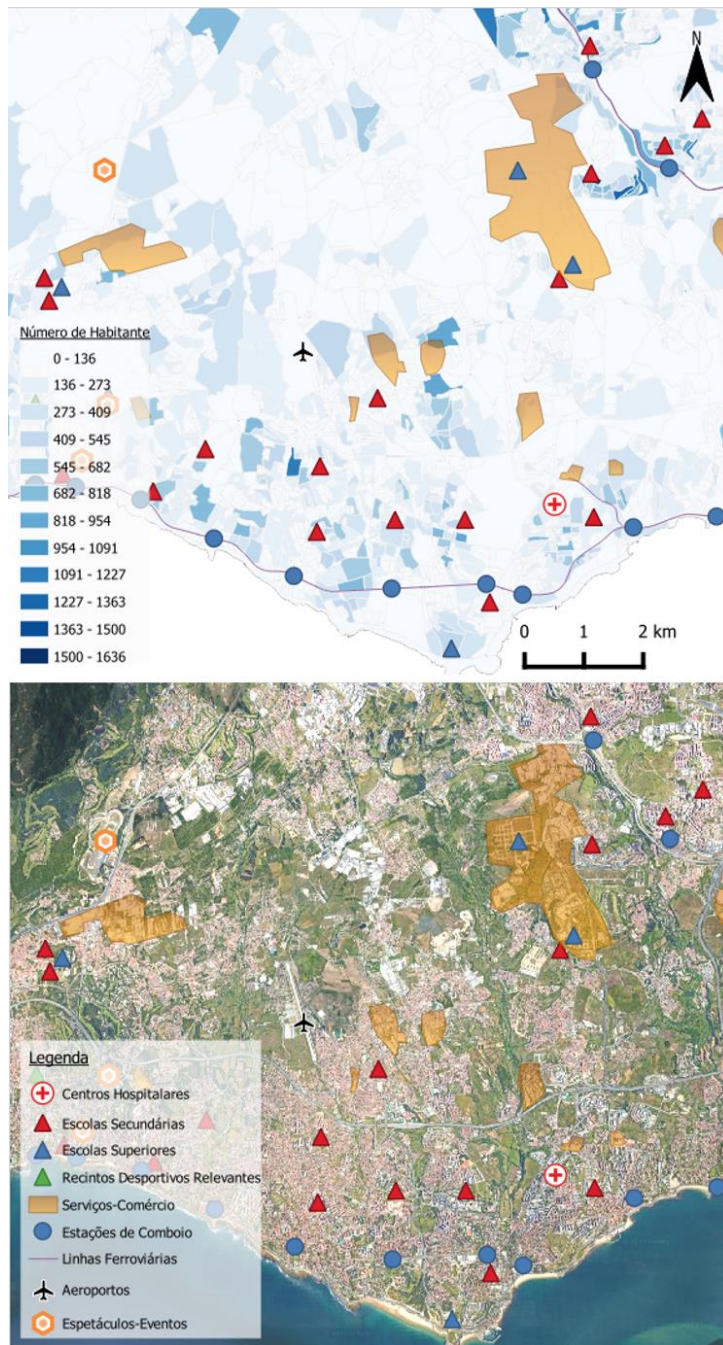


Figura 4.8- Território de Oeiras com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.

4.5 Costa da Caparica/ Trafaria

A área identificada tem aproximadamente 10 km², uma população de 19 000 habitantes e 16 000 habitações, o que se traduz numa densidade populacional de aproximadamente 1 900 hab./km². Um facto que se destaca, em comparação aos casos anteriores, e facilmente visível na imagem superior da Figura 4.9 é a baixa densidade populacional do território, o que se deve ao facto de a Costa da Caparica ser uma atração para banhistas que procuram as praias e atividades diretamente relacionadas, existindo um número limitado de residentes habituais.

Desta forma, os únicos pontos geradores de procura visíveis nos mapas da Figura 4.9 são a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT), duas escolas secundárias, o hospital Garcia de Horta, e a estação do Pragal.

A principal via de acesso a esta vila costeira é a A38 (Costa da Caparica-Almada). Os transportes públicos consistem em várias linhas de autocarros e o porto da Trafaria que liga esta entre o Porto Brandão e Belém. Existe um metro de superfície (MTS), mas este termina na referida Universidade.

Apesar da metodologia aplicada nos outros focos não identificar este território como um caso com carências de mobilidade, ainda assim selecionou-se esta área pela enorme atratividade que tem pelo seu turismo balnear. Este facto é fundamentado nos dados publicados pelo IMT nos seus mais recentes relatórios estatísticos sobre a principal via de acesso à Costa da Caparica, a A38, e que mostram um aumento significativo do tráfego médio diário nos meses de Verão, aumento que pode ser verificado no gráfico da Figura 4.10. Aqui verifica-se que a diferença do tráfego rodoviário entre os meses de Verão e Inverno em 2021 era de aproximadamente 76%, enquanto em 2022 esse aumento foi apenas de 31%.

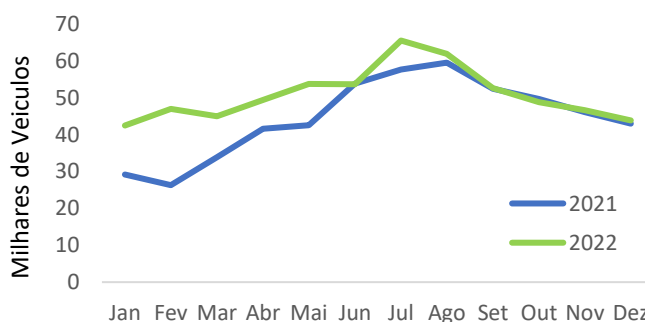


Figura 4.9- Tráfego médio diário mensal da A38 em 2021 e 2022 em milhares de veículos. Fonte IMT.

Outra razão para a inclusão da Costa da Caparica neste estudo, é a comunidade da FCT NOVA. Num estudo realizado pela mesma sobre os padrões de mobilidade dos seus estudantes, pessoal docente e não docente, verificou-se que 10% era proveniente de Cascais ou de Oeiras, o que corresponde a 837 indivíduos.

Outro estudo sobre a mobilidade da população realizado pela Câmara de Almada em 2017 concluiu que perto de 4 000 pessoas da Costa da Caparica e Trafaria viajavam diariamente para Lisboa para seus empregos. Tendo em conta estes dois estudos, identificou-se um eixo entre as duas margens do rio com um potencial de 5 000 utilizadores por dia e por sentido, não contabilizando os potenciais utilizadores do turismo balnear.

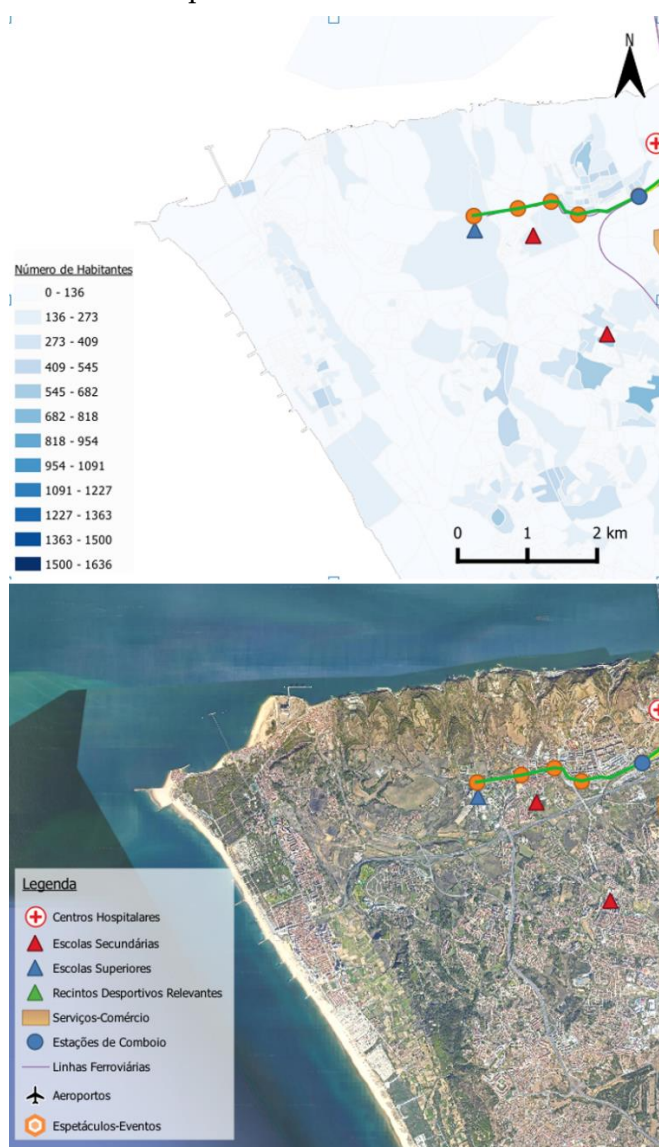


Figura 4.10- Área da Costa da Caparica com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional por cima.

4.6 Seixal e Barreiro

A área identificada na Figura 4.11 correspondente ao Seixal e Barreiro, tem aproximadamente 43 km², com vários lugares identificados na imagem superior da Figura 4.11. Com mais de 1 000 residentes, estas duas cidades têm no seu conjunto 222 000 residentes que habitam em 115 000 alojamentos, e uma densidade populacional correspondente a perto de 5 100 hab./km².

Foram contabilizadas um total de 12 escolas secundárias, uma escola politécnica no Barreiro, um centro Hospitalar também no barreiro, e dois recintos desportivos, o Complexo Municipal de Atletismo Carla Sacramento, e o centro de estágio do Seixal que serve como campo de treino e formação do Sport Lisboa e Benfica.

Em termos de áreas comerciais e serviços destacam-se de forma clara o fórum Barreiro junto à antiga zona industrial, e o RioSul Shopping no Fogueteiro.

Quanto à rede de transportes, existe nos concelhos do Seixal e Almada uma linha ferroviária com elevada frequência que liga Setúbal e Lisboa através da ponte 25 de Abril, e apesar destas estações serem relativamente longe de alguns dos centros mais povoados desta região, existem várias ligações rodoviárias que desempenham o papel de modo complementar à ferrovia. Do lado do Barreiro também existe uma linha suburbana (linha do Sul) que vê o seu término na interface rodo-ferro-fluvial do Barreiro, contudo, muitos dos utilizadores preferem fazer uso da linha que passa no Seixal já que esta, tendo maior frequência, também oferece uma ligação direta a Lisboa.

Este território encontra-se dividido por uma baía não existindo nenhuma ligação a nível fluvial, rodoviário ou ferroviário que efetue a travessia desse obstáculo natural. As ligações fluviais que existem ligam o cais do Seixal e do Barreiro ao Cais do Sodré e ao Terreiro do Paço respetivamente.

Apesar das várias opções de transporte público, os modos rodoviários encontram-se entre os mais utilizados. Entre as principais vias rodoviárias contabilizam-se a A2 (Algarve-Lisboa), a A39 (Barreiro-Coima), e a A33 (Monte da Caparica-Alcochete).

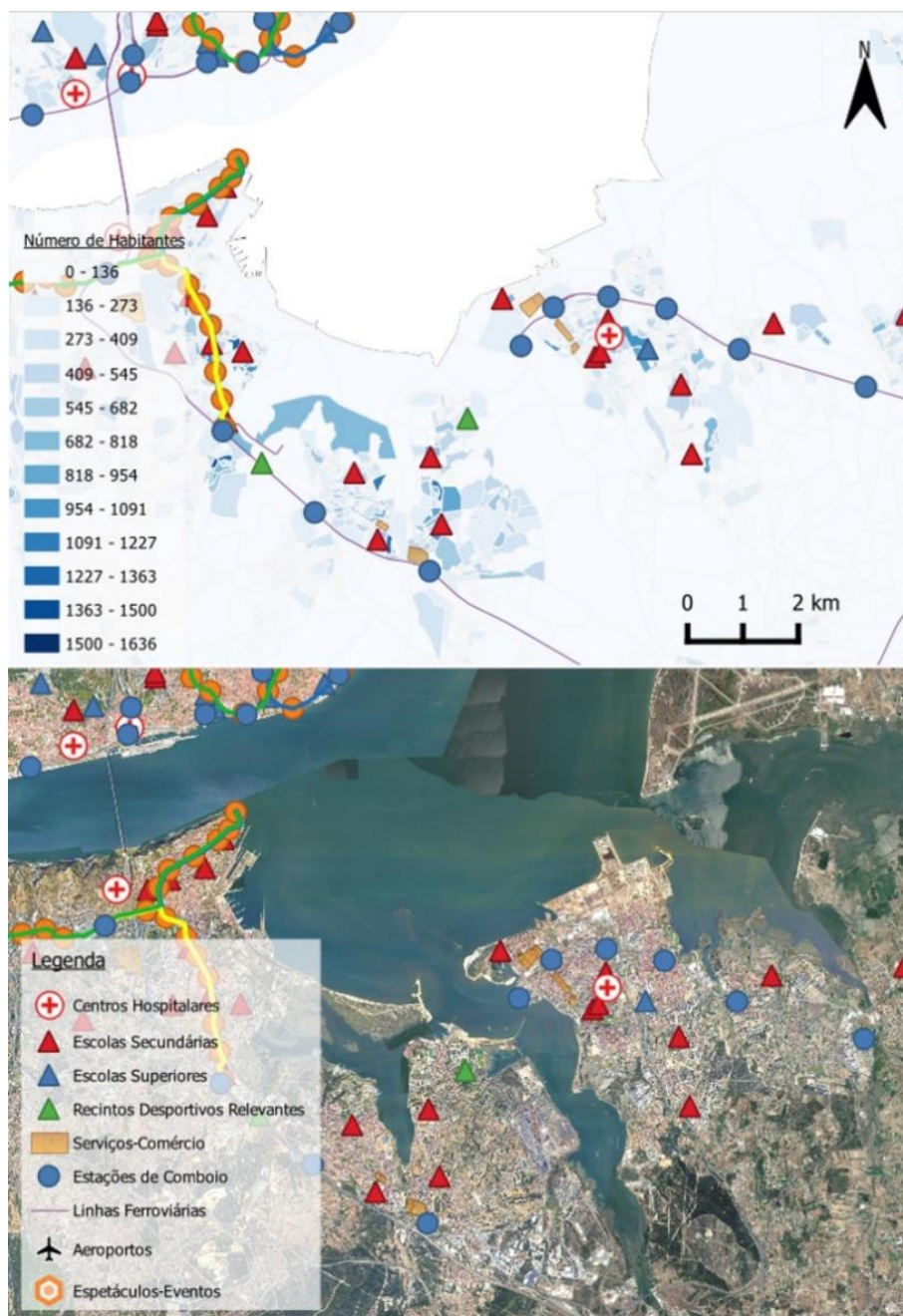


Figura 4.11- Área do Barreiro e Seixal com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite por baixo e carta da densidade populacional em cima.

4.7 Setúbal

A cidade de Setúbal, representada na Figura 4.12 através de uma fotografia de satélite (imagem inferior) e um mapa da densidade populacional (imagem superior) serve de habitação a perto de 87 000 pessoas em 45 000 alojamentos. A área contabilizada na imagem tem aproximadamente 12 km² o que se reflete numa densidade populacional aproximada de 7 200 hab./km². O caso de Setúbal apesar de não ser dos exemplos mais populosos, constitui-se como uma área urbana bastante concentrada e consolidada, o que é confirmado pelo mapa da densidade populacional da Figura 4.12.

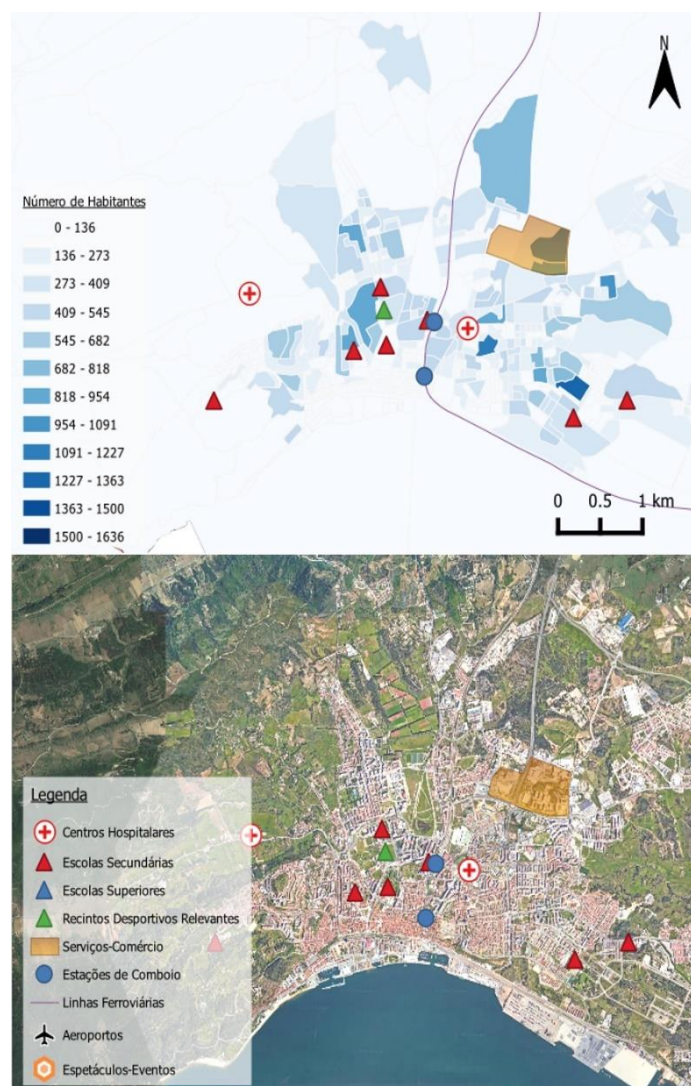


Figura 4.12- Cidade de Setúbal com os pontos geradores de procura. Imagem de Satélite em baixo e carta da densidade populacional em cima.

A par da concentração da população existe também uma concentração de serviços e comércio, e o hospital público de Setúbal que se localiza no centro da cidade junto da estação principal. Este coexiste com um hospital privado localizado na periferia da cidade do grupo Luz adjacente ao centro psiquiátrico e central do INEM. Ainda na zona central, localiza-se o estádio do Bonfim, recinto desportivo que acolhe o clube da cidade -Vitoria de Setúbal FC.

Em termos de escolas, foram contabilizadas 7 escolas relativamente centrais à cidade. Existe um instituto politécnico, porém, este localiza-se relativamente longe da zona mais central e por isso não se encontra identificado na Figura 4.12. As zonas comerciais de maior dimensão encontram-se a nordeste da cidade, identificados pela mancha laranja, destacando-se o centro comercial ALEGRO Setúbal e várias superfícies como supermercados e centros oficinais.

A cidade tem um importante porto de mercadorias, sendo conhecido pela sua indústria piscatória. Devido a esse facto é abundante o número de restaurantes na zona costeira que atraem turistas de toda AML. O turismo balnear é igualmente relevante sendo Setúbal utilizado como meio de passagem para aceder ao *ferry boats* para Troia e para a zona balnear da Arrábida. Quanto aos residentes, estes dão uso aos modos ferroviários através das duas estações centrais da cidade, ou utilizam os modos rodoviários via autocarro ou TI, através da A12 (Setúbal-Parque das Nações via ponte Vasco da Gama) e a A2 (Algarve-Lisboa) que atravessa o concelho mais a norte.

5.1 Visão geral

Após identificação dos focos na AML com maiores carências de mobilidade, segue-se a formulação de propostas elaborada à medida de cada caso apresentado. Posteriormente será feita uma avaliação do desempenho das propostas com base em indicadores específicos, e comparados com outros sistemas de mobilidade internacional.

As sugestões de melhoria da mobilidade propostas serão abordadas de forma resumida na Tabela 5.1 na qual se encontram apresentados os números específicos de cada proposta. Posteriormente cada proposta será explicada com maior detalhe focando-se no traçado e nas vantagens globais de cada sistema proposto.

Tabela 5.1- Quadro resumo das propostas

Sistema	Linha	Pontos Geradores de Procura Servido:							Características da Infraestrutura				Modelo de Operação Recomendado		
		Recintos desportivos.	Universidades	Hospitais	Escolas Secundárias	Aeroportos	Áreas Comerciais	Interfaces	Indivíduos (milhares)	Nº Estações (N/sentido)	Traçado (km)	t. Percurso (min)	Investimento Estimado (M €)	Intervalo entre Circulações (min)	Nº composições
Metro	Linha 2	1	1	2	4		2	1	43	28	12,9	24	405	5	13
Cascais	Linha 1	1			2			1	29	16	9,1	17	286	5	10
	L. Laranja- Algés	1		2	4		5	3	82	11	13,4	25	1175	3	23
	Linha Violeta			1	6		3	2	69	20	12,4	23	287	5	13
	Linha Rosa	1		1	4		2	2	64	21	9,1	17	390	5	10
Metro de Lisboa	L. Vermelha- Alcântara			1	2		2	1	35	4	4,0	8	350	3	10
	L. amarela- Loures			1			2	2	25	4	2,5	5	226	3	8
	L. azul- Hospital			2	1		0		9	2	2,3	4	204	3	8
	L. Vermelha- Campo Grande	1		1	1	1	1	1	6	2	3,1	6	274	3	9
Metro de Oeiras	Linha 2		1		4		2	2	6	18	13,3	37	418	5	19
	Linha 1		1		5	1		1	48	19	10,1	28	318	5	15
	Linha 3		2	1	4		3	2	38	15	10,5	29	330	5	16
Metro de Setúbal	Linha 1			1	4		1	1	52	16	8,06	22	252	5	12
	Linha 2	1		1	4			1	48	15	7,5	21	237	5	12
	Linha 4	1			8		4	6	108	31	21,9	61	689	5	29
	Linha 5			1	3		2	2	58	17	10,9	30	343	5	16
MTS	Linha 3- C. Caparica				0			1	18	11	6,6	19	267	10	5
	Linha 2- Trafaria		2		0			1	11	10	7,2	20	209	10	6

5.2 Lisboa

Uma vez que possui uma rede extensa de metro de profundidade, combinada com a restante rede de transportes à superfície, Lisboa apresenta-se como a cidade com melhor rede de transporte público de Portugal. Contudo, tal como foi identificado, existem algumas lacunas nas zonas de Campo de Ourique, Telheiras, Algés, Reboleira, Loures e Aeroporto. Em todos estes casos é sugerida a extensão da atual rede do metro de Lisboa para reduzir o número de transbordos e potenciar o efeito de rede.

Salienta-se o facto de não ter sido formulada nenhuma proposta para a zonas Oriental e Ocidental de Lisboa já que se encontra prevista a implementação de um metro de superfície denominado de LIOS, e devidamente identificado com o traçado a violeta na imagem da Figura 5.1.

Tal como foi possível verificar através da matriz origem destino da Figura 4.2, a ligação às estações de comboio é fundamental, já que os utilizadores provenientes das zonas periféricas de Lisboa, fazem uso destas interfaces para efetuar o transbordo entre meios de transporte. Assim na formulação das propostas definiu-se esta como uma das principais prioridades.

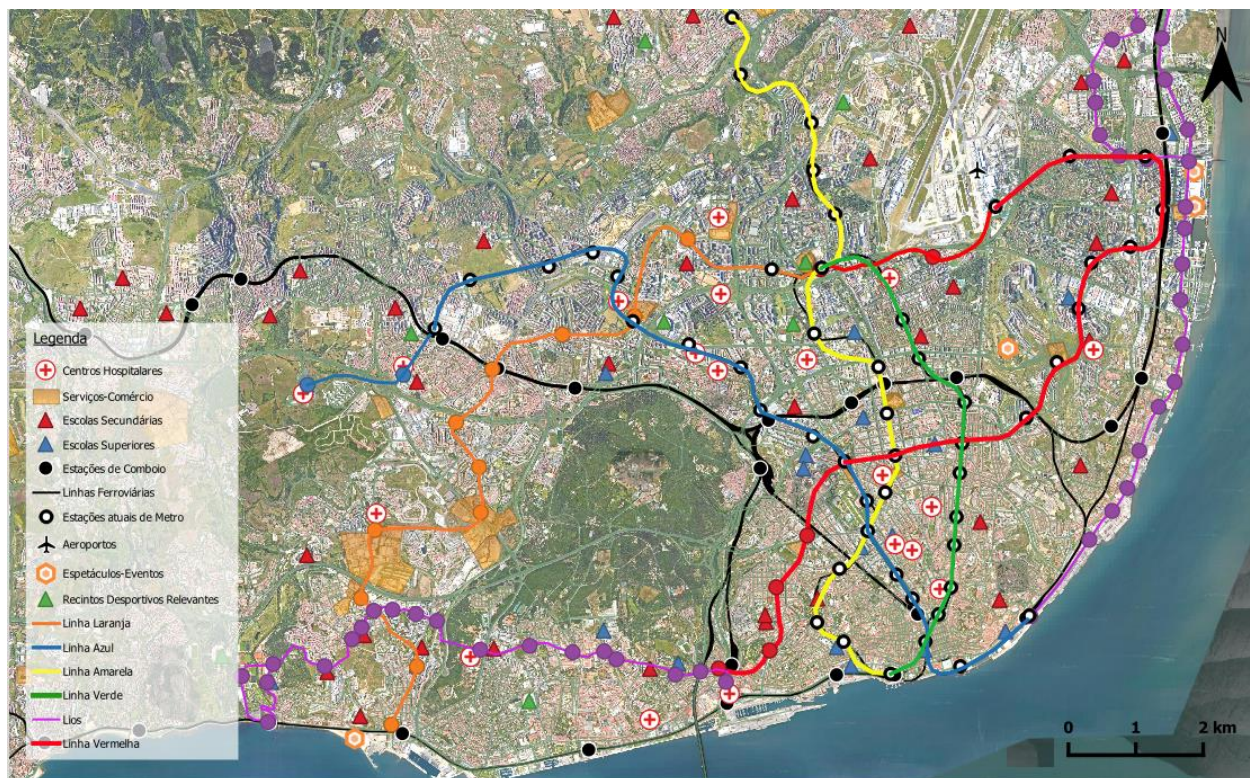


Figura 5.1- Esquema da rede de metro de Lisboa com as propostas de expansão.

5.2.1 Lisboa cidade

Do ponto de vista dos projetos em fase de obra ou em fase avançada de planeamento, encontra-se em execução a linha verde circular. Este projeto virá trazer algumas vantagens principalmente a nível operacional, mas negligencia as necessidades de mobilidade da população de Odivelas e Loures retirando-lhes o acesso direto à cidade, o que pela matriz da Figura 4.2 é uma falha evidente.

Para solucionar este entrave, sugeriu-se a criação de uma linha em laço que se inicia em Telheiras, serve toda área central da cidade e termina em Odivelas. Contudo este modelo não é eficiente do ponto de vista operacional ao agregar segmentos com procura diferente numa linha muito longa.

Assim propõe-se uma terceira opção que se encontra esquematizada na Figura 5.1, nesta linha verde permanece igual estendendo-se apenas a linha amarela até ao Cais do Sodré. De um ponto de vista técnico a proposta faz sentido já que as agulhas em Campo Grande estão preparadas para a esta mudança de via e no Cais do Sodré já existem três cais de embarque permitindo assim o término de duas linhas na mesma estação.

De um ponto de vista operacional, este modelo de permite uma melhor gestão da procura e assim também da frequência. Por parte do utilizador existem ganhos evidentes permitindo a criação de novos eixos diretos entre o Cais do Sodré com Odivelas, Marques de Pombal e Cidade Universitária sem transbordo. Estes eixos viriam um serviço substancialmente melhor, sendo que já possuem atualmente grande procura segundo a Figura 4.2.

A proposta de prolongamento da linha vermelha até Campo Grande, como sugerido na Figura 5.1, parte da atual estação de metro do Aeroporto seguindo em túnel para o terminal 2. Nesta estação do T2 do Aeroporto propõe-se uma passagem inferior para o lado oposto da 2ª Circular de forma a servir os bairros adjacentes, assim como o Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Em análise existe também possibilidade de fazer a extensão da linha Vermelha até Entrecampos via Alvalade, porém a sua integração em Campo Grande ligando-a à linha amarela, verde e laranja (abordada mais à frente) revela-se como mais vantajosa potenciando um novo grande *hub* de mobilidade juntamente com o modo rodoviário.

Esta extensão da linha vermelha permitia não só criar um grande *hub* a norte de Lisboa, como também desenvolver a procura pelo aeroporto, ligar a linha vermelha à PMO 2

(Calvanas), e oferecer um novo eixo para escoar o atual movimento no Campo Grande aliviando a pressão existente (visível na matriz da Figura 4.2).

Salienta-se a necessidade de dotar Campo Grande com a capacidade de dar resposta a um fluxo significativo de passageiros e um fácil transbordo entre as várias linhas.

A última extensão proposta é da linha Vermelha de São Sebastião até Alcântara. Esta, obra já se encontra em estudo por parte do Metro, como mostra a proposta representada na Figura 5.1. Entende-se que a atual proposta dá resposta às necessidades daquela zona da capital, não se sendo necessário formular uma proposta concreta.

Com esta ligação não só serão servidas as povoações de Campo de Ourique, Infantado e Amoreiras, como trazer-se-á uma nova acessibilidade a Alcântara ao ligar a linha vermelha à linha de Cintura, linha de Cascais, linha do Sul/Fertagus (possível reativação da estação do Alvito), e aos elétricos e modos rodoviários.

A única proposta para a linha azul é a sua extensão em duas estações do atual terminal Reboleira ao centro hospitalar Amadora-Sintra, como se propõe na Figura 5.1. Esta viria com uma paragem intermédia a sul da vila Reboleira, onde se localiza o hospital privado dos Lusíadas e uma escola secundária. Esta proposta além de pouco dispendiosa, tem um potencial retorno elevado, já que liga vários pontos de enorme relevância e movimento à rede de metro.

5.2.2 Algés/Alfragide

Esta proposta sugere a criação de uma nova linha laranja, contudo não se exclui a possibilidade de esta nova infraestrutura vir integrar a linha verde a partir de Telheiras ou a linha vermelha após sua extensão do aeroporto até Campo Grande. Como não foi possível estudar a melhor opção entre as linhas já existentes, optou-se em apresentar este troço em formato de nova linha.

A extensão da rede para a zona Ocidental de Lisboa surge como uma das principais falhas da rede, porque negligencia bairros populosos como Telheiras, Benfica e Carnaxide, e zonas comerciais significativas como Alfragide. Assim propõe-se a extensão da rede desde Telheiras, passando pelo Colégio Militar e Santa Cruz/ Damaia, servindo Alfragide e Carnaxide, encontrando o seu término em Algés, tal como sugere a Figura 5.1.

O traçado inicial até Benfica, baseia-se numa solução apresentada pelo Metro de Lisboa numa exposição pública.

Propõem-se 11 estações no total: Telheiras Norte, Colégio Militar, Benfica, Sta. Cruz/Damaia, Alfragide, Alto do Moinho, Alto do Montijo, Carnaxide, Linda-a-Velha, Miraflores e Algés.

A nova linha laranja efetuará interface com o comboio na linha de Sintra em Santa Cruz-Damaia e com a linha de Cascais em Algés, na qual também seria possível fazer o transbordo para os modos rodoviários e também o elétrico. Com esta linha de metro as duas linhas ferroviárias ficariam conectadas de forma mais eficiente, encurtando assim significativamente os tempos de viagem. Esta integração com o comboio revela-se crucial já que este transbordo atrai muitos utilizadores, como prova a matriz da Figura 4.2. Também se sugere a criação de uma interface em Linda-a-Velha, onde o metro intercepta o traçado do LIOS (ver Figura 5.1) potenciando assim a intermodalidade entre modos de transporte.

Verificar-se-ia uma melhoria no acesso à zona comercial do Colombo, onde além do Centro Comercial, se situam um hospital, um terminal rodoviário e o Estádio da Luz, (recinto de futebol como maior capacidade do país), que segundo a matriz origem destino da Figura 4.2 e o gráfico da Figura 4.3, é já na atualmente um ponto com enorme procura. Integrando a linha laranja na interface do Colégio Militar, permitia escoar a procura por outros eixos diferente aliviando a pressão atual sobre a linha azul nesse troço (ver matriz origem destino da Figura 4.2). As zonas comerciais de Alfragide e Carnaxide viriam a ter uma melhor ligação à rede de transportes públicos, sendo a única alternativa o autocarro.

Em relação ao traçado, não nos pareceu relevante a sua abordagem neste contexto, uma vez que se trata de uma obra em túnel, não interferindo com elementos edificados

5.2.3 Loures/ Odivelas

Loures e Odivelas são duas cidades na periferia de Lisboa bastante "castigadas" pela fraca oferta em transportes públicos, notória principalmente pelo facto de grande parte da população se deslocar diariamente para Lisboa onde trabalha. Dessa forma as propostas representadas na Figura 5.2 são, do nosso ponto de vista, ambiciosas. O sistema proposto tem em conta o atual projeto da linha Violeta (metro de superfície) que não sofreu alterações significativas (apenas alguns acréscimos), mostrando que é possível fazer coexistir esta linha com uma expansão do metro de profundidade da atual linha amarela a partir de Odivelas.

Como referido assume-se a linha violeta como um projeto que será posto em prática, e que não sofreu alterações nesta proposta, quer ao nível da localização das estações quer do seu traçado. Contudo foram adicionadas a norte três novas estações no Infantado, que se desenvolvem ao longo da Av. Descobertas desde a zona do Loures Shopping até à escola básica João Vilaret, estações que se encontravam no projeto inicial do Metro de Lisboa, mas que foram retiradas após contestação dos moradores por perda de lugares de estacionamento (Alemão, 2023).

A solução proposta inclui a expansão da linha amarela desde Odivelas até ao Loures Shopping com paragem na Cidade Nova, Hospital Beatriz Ângelo, e Loures. O traçado será todo em túnel como apresentado na Figura 5.2, assumindo-se a possibilidade de construir parte do mesmo à superfície de modo a reduzir custos.

A linha violeta, vista por alguns peritos da área como uma alternativa económica à extensão da linha amarela até ao Loures Shopping, já foi estudada e proposta há algum tempo, porém é possível conjugar as duas soluções oferecendo uma melhor oferta de transporte. Como é possível verificar na Figura 5.2, a linha amarela e a linha violeta não são concorrenciais, mas sim complementares, já que que o metro de superfície desempenha a função de alimentador e o de profundidade a de modo principal, com interface nas estações de Odivelas, Hospital Beatriz Ângelo, e Loures Shopping, servindo a partir daí as zonas residenciais diferentes.

Observando o mapa da densidade populacional na

Figura 4.6 (página 66) e comparando-a com o raio de ação das duas linhas já propostas, verifica-se que grande parte da população de Odivelas não se encontra bem servida apesar de existirem lugares com um número relevante de habitantes. Assim, propõe-se um metro de superfície complementar (linha Rosa) que funcionaria sobre o mesmo modelo da Linha violeta.

A linha Rosa, iniciar-se-ia na estação de metro de Odivelas fazendo interface com o mesmo, com os modos rodoviários e a linha violeta, seguindo o traçado da anterior até ao fim da Rua Dr. Egas Moniz, a partir da qual seguiria a Av. D. Dinis até ao Strada Outlet. Continuaria depois até à escola básica António Gedeão, seguindo até à EB 2,3 Moinhos da Arroja e EB1/JI de Porto Pinheiro, utilizando as ruas largas com estacionamento e algumas áreas descampadas. Ao servir o bairro de Arroja, desceria o vale para voltar a subir em direção à Ramada, voltando daí a seguir o mesmo traçado da linha violeta até ao hospital Beatriz Ângelo.

Assim o sistema incluiria 3 linhas (uma de profundidade para deslocações rápidas a Lisboa e duas superficiais para serviços locais e de alimentação à linha de metro pesado). Este modelo serve a vasta área em causa e abre a possibilidade de futuras expansões da rede superficial para outras povoações, como já é atualmente intenção em Vialonga (Meireles, 2023), não comprometendo os limites de capacidade da atual proposta.

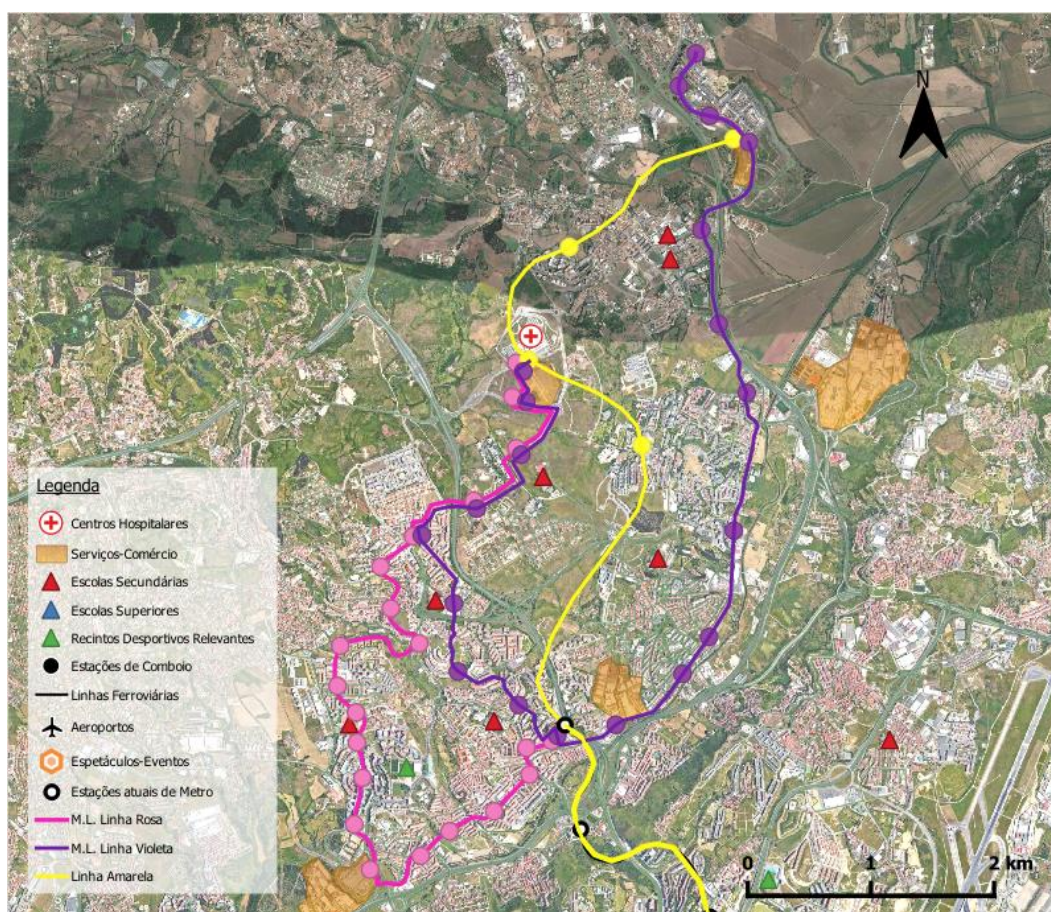


Figura 5.2- Proposta do sistema de mobilidade para a região de Loures e Odivelas.

5.3 Cascais

Cascais tem uma orografia acentuada com 3 colinas que convergem para a zona central da cidade, característica essa que já foi tida em conta uma vez que a pendente máxima dos modos ferroviários é muito inferior aos modos rodoviários. Em cada um dessas colinas existe uma concentração acentuada de população e de serviços que devem ser servidos por um modo de transporte de elevada capacidade.

A solução proposta é um sistema de metro de superfície (LRT) numa configuração de duas linhas duplicadas, como sugerido na Figura 5.3, que convergem na zona central da cidade especificamente na estação de comboios de Cascais, desempenhando assim a função de alimentar este modo pesado, o que pode facilitar as deslocações dos habitantes de Cascais em direção a Lisboa e Oeiras, dois eixos que movem diariamente mais de 47 000 pessoas.

Não foi formulada nenhuma proposta para servir o Estoril já que as densidades populacionais não foram consideradas suficientes para viabilizar um investimento desta envergadura.

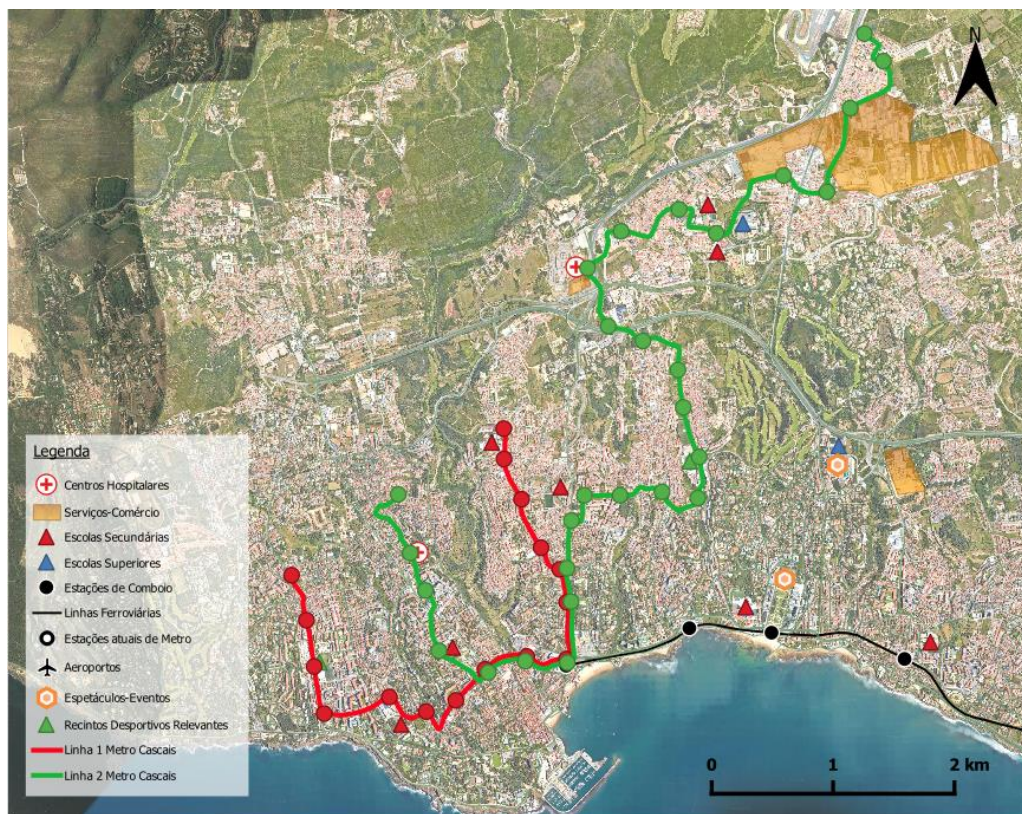


Figura 5.3- Proposta do sistema de mobilidade para Cascais.

Esta proposta inicia-se na zona residencial da Pampilheira descendo a Rua da Torre até à Av. Manuel Júlio Carvalho e Costa, utilizando a largura desta rua e da Av. Pedro Álvares Cabral para entrar na Av. 25 de Abril, que sendo uma estrada com duas vias por sentido consegue seguir sem problemas até ao largo da estação. Na Av. 25 de Abril a linha 1 entronca com a linha 2 partilhando o traçado ao lado da Av. de Sintra divergindo na Igreja da Ressurreição. A partir daí a linha 1 segue a Rua de Alvide e das Padarias até à escola de Alvide, onde encontra o seu término. Neste último troço as ruas não oferecem largura para vias dedicadas, sendo necessário recorrer à eliminação de estacionamento e de vias partilhadas com os modos rodoviários.

A Linha 2, representada a verde na Figura 5.3, inicia-se na zona residencial de Cobre, onde segue em via partilhada até ao Hospital da CUF, atravessa a rua Doutor Alberto Joaquim de Machado Saraiva servindo o bairro adjacente, e desce pela rua Eng. D. António Castelo Branco até encontrar a Linha 1 na Av. 25 de Abril. Após a paragem na estação ferroviária e na Igreja da ressurreição, continua na Av. de Sintra em via dedicada até à escola internacional cristã, onde atravessa áreas descampadas para servir os lugares densos que ali se encontram. A linha continua em direção às instalações desportivas do Estoril Praia onde acompanha toda a Rua D. Bosco até atravessar a A5 junto às instalações oficiais da Ford, seguindo até ao Hospital público de Cascais. A linha de metro atravessa posteriormente a vila de Alcabideche fazendo uso de vias partilhadas e do espaço existente para estacionamento de carros para servir a escola secundária de Alcabideche e a Escola Superior de Saúde do Alcoitão. Utilizando a área descampada junto à escola superior para efetuar paragem no fórum Cascais, esta linha prossegue atravessando o Bairro de São João e a N6-8 para efetuar paragem na zona norte de Alcoitão e encontrar o seu término no Bairro da Cruz Vermelha junto ao Autódromo do Estoril.

Este território já foi alvo de um estudo detalhado de mobilidade, que analisou a viabilidade da implementação de corredores BRT em Cascais, Alcabideche e Estoril. Chegando assim à conclusão de que estes corredores possuem procura suficiente para viabilizar um modo de transporte dedicado e de elevadas frequências. Salienta-se, contudo, que estes projetos previam a integração desde corredores de autocarro dedicados na A5 com ligação direta a Lisboa (CESUR/ITEP, 1997). A aposta em autocarros para satisfazer um corredor com elevada procura não vai ao encontro daquilo que foi a doutrina traçada neste trabalho, ainda assim salienta-se a viabilidade dos corredores acima, que sendo semelhantes aqueles que foram identificados neste trabalho, lhe acrescenta alguma credibilidade.

5.4 Oeiras

A orografia de Oeiras é relativamente elevada no interior, reduzindo à medida que se aproxima da Costa. Os principais eixos de deslocação deste território identificados na Figura 2.2 são Lisboa com 45 000 pessoas, Amadora com 5 000 pessoas, Sintra com 13 000 pessoas, e Oeiras com mais de 16 000 pessoas diariamente. A proposta é composta por um sistema de metro de superfície (LRT) com 3 linhas que servem praticamente todo território de Oeiras, sendo que a linha 2 intercepta as restantes duas linhas desempenhando a função de conector da rede, tal como sugere a Figura 5.4.

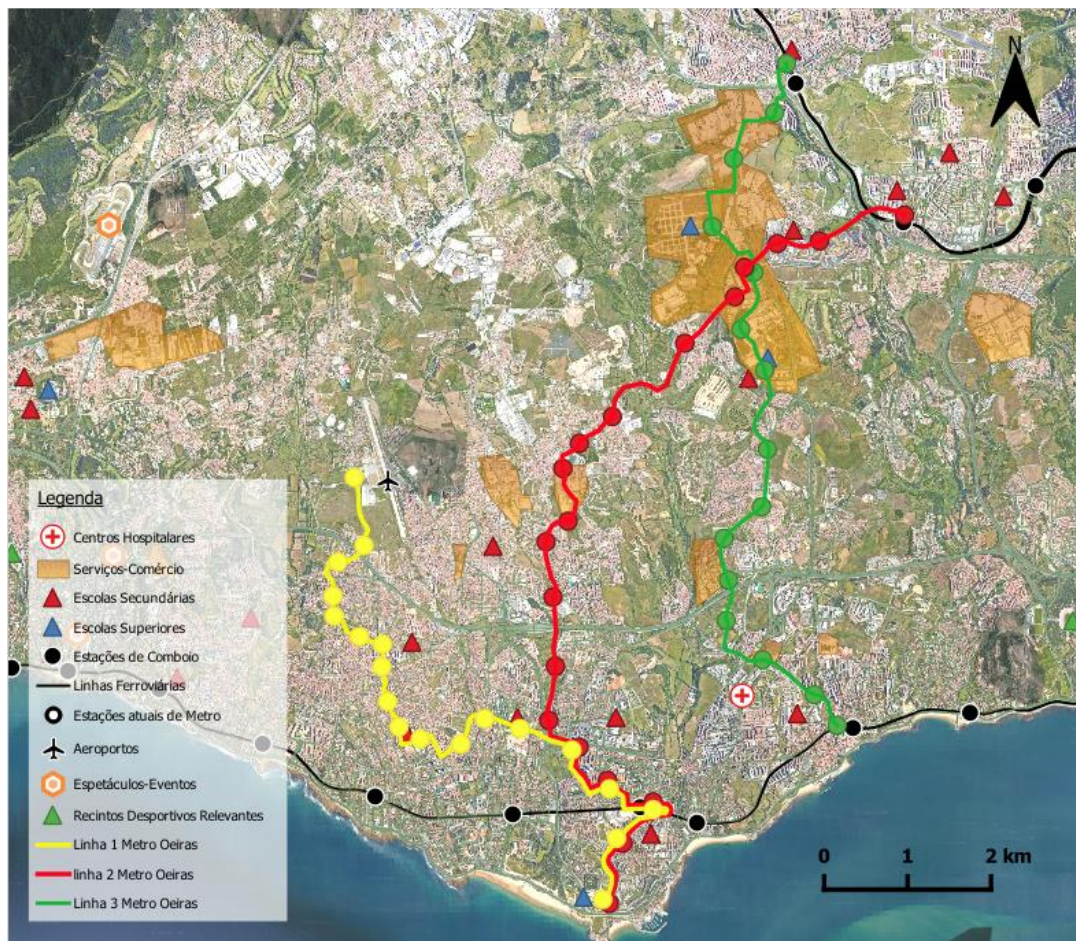


Figura 5.4- Proposta do sistema de mobilidade para Oeiras.

Esta primeira linha iniciar-se-ia junto à faculdade da NOVA SBE subindo a avenida em via dedicada até à estação de Oeiras passando depois por ruas com uma faixa por sentido e estacionamento lateral, para chegar ao Largo Henrique de Paiva Couceiro, onde se situa a

paragem. Neste caso, terá de ser construída uma passagem inferior à via-férrea. A linha segue depois em direção à rotunda da Av. da República, e passa por ruas largas com duas faixas por sentido e/ou com estacionamento em paralelo, permitindo a implementação de uma via dedicada. Continua em frente pelo terreno descampado junto à Av. Conde Riba d'Ave, no final da qual se encontra uma habitação que deverá ser demolida para dar uso da área descampada junto à rua Feliciano Moreira. O traçado continua até à Escola Secundária Lopes Graça fazendo uso vasto estacionamento existente, seguindo-se um traçado partilhado com o restante tráfego rodoviário até ao Parque Urbano do Penedo, que representa o último troço até ao aeroporto de Tires via Rua São Pedro e tem as mesmas características devendo o metro partilhar a via com o restante tráfego.

O seu traçado inicia-se de igual forma à linha 1 até à rotunda da Av. da República, daí diverge em direção à praça das portagens da A5 utilizando a área descampada, sobre a autoestrada terá de ser feita uma travessia em viaduto. A chegada ao Bairro do Cabeço do Mouro é feita pela rua Principal em via partilhada até à rua António Tomás Botto a partir da qual segue até Abóboda via zona industrial. A partir daí o trajeto segue pela estrada de Talaíde até Talaíde subindo ao Taguspark paralelamente à Av. Eng. Valente de Oliveira. Uma vez no Taguspark, intercepta a linha 3 divergindo de seguida na rotunda da N249-3 em direção ao bairro de São Marcos. No último troço, a linha desce pela zona não urbanizada, passa em viaduto por cima da A5 e da linha de Sintra, terminando em frente à estação de Massamá-Barcarena.

O traçado desta linha orienta-se segundo a proposta do SATU (infraestrutura que ainda existe), parte da estação de Paço de Arcos em direção ao Oeiras Parque, segue pelos terrenos desocupados até ao Lagoas Park, passando a A5 em viaduto. A partir daí acompanha a Rua Conde Rio Maior até ao Taguspark no qual poderá fazer uso das vias largas até cruzar a linha 2 junto ao Colégio Refúgio dos Anjos. A partir deste local, a linha continuaria por terreno desocupado junto à faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, a partir da qual acompanharia a N249-3 e a rua Dr. Luís Lázaro Zamenhof até à estação de Massamá-Barcarena.

Em todo o caso, admite-se a possibilidade de adiar a ligação da linha 1 ao Aeroporto por este não representar ainda um volume comercial considerável.

Também em Oeiras foram estudadas soluções de mobilidade para responder às exigências da população e dos trabalhadores dos referidos parques empresariais, tendo o SATU sido a primeira tentativa nesse sentido. Estudos confirmam a viabilidade de diferentes

corredores de transporte coletivo dedicado como Paço de Arcos-Cacém e NOVA SBE-Abóboda, contudo estes propõem a implementação de um BRT que ligaria diretamente a Lisboa via A5 ou com um LRT através de uma linha de Cascais convertida (CESUR/ITEP, 1997; CM Oeiras, 2023).

De modo a servir estes eixos identificados quer pelos estudos acima tal como pelo presente trabalho, defende-se de acordo com a doutrina traçada, a implementação de um sistema LRT. A hierarquização na qual a ferrovia pesada tem a função de eixo estruturante de grande capacidade de transporte, e a ferrovia ligeira que alimenta estes eixos principais, é um princípio fundamental de um sistema de transportes eficaz e que é suportado por vários exemplos internacionais. Hierarquização essa que não é seguida pelas propostas acima, ficando, no entanto, a referência de viabilidade para estes corredores.

5.5 Costa da Caparica/ Trafaria

Foram anteriormente identificados 3 eixos com procura potencial relevante, Pragal/Almada-Costa da Caparica, FCT-Trafaria, Costa da Caparica-Trafaria. As propostas apresentadas na Figura 5.5 incorporam na totalidade todos os parâmetros e modelos de operação da atual rede da MTS, constituindo soluções de expansão das linhas 2 e 3 com terminus atual no Pragal e Universidade respetivamente.

O traçado das propostas formuladas tem com base os documentos oficiais da empresa MTS para a segunda e terceira fases de expansão da rede, previsto no contrato de concessão elaborado pelo IMT em parceria com a CM de Almada em 2018, e segundo um estudo elaborado pela FCT NOVA em 2020 que analisou duas alternativas de traçado de forma a prolongar a atual linha 3 desde a Universidade até à Costa da Caparica.

A proposta por parte das entidades oficiais previa o prolongamento da linha a partir da Universidade descendo em direção a Costas do Cão, seguindo o traçado da A38 até à Costa da Caparica, e fazendo inversão para a Universidade, adotando assim um traçado circular como sugere a Figura 5.5 (CM Almada, 2018). Já o outro estudo analisou dois traçados, o primeiro igual ao traçado verde da Figura 5.5, e o segundo que divergia após Costas do Cão, seguindo neste caso por Corvina em direção à Trafaria e posteriormente pela N10-1 até ao seu terminal na Costa da Caparica.

As duas propostas acima visavam apenas servir a Costa da Caparica, contudo, nunca foi equacionado potenciar o terminal fluvial da Trafaria para facilitar o acesso à margem

direita através de Belém. Este aspeto foi incluído na solução proposta, salientando-se, naturalmente, que o bom funcionamento do sistema depende da ampliação dos horários atualmente praticados pela Transtejo e eventual criação de um novo eixo fluvial Trafaria-Cais do Sodré. Em seguida apresentam-se os elementos destas propostas:

- A primeira extensão referente à linha 2 (linha amarela) do Pragal à Trafaria tem três objetivos: 1) reforçar a frequência entre o Pragal e a Universidade, devido à elevada procura por parte dos estudantes provenientes da linha suburbana da Fertagus; 2) servir o eixo Trafaria Universidade, com grande potencial para encurtar as viagens provenientes de Cascais e Oeiras ao campus, encurtando o tempo de viagem em 30 min; 3) oferecer uma alternativa de transporte à população da Trafaria para Almada e Lisboa.
- A segunda proposta relativamente à extensão da linha 3, é mais demorada na sua chegada à Trafaria, contudo serve dois eixos distintos, primeiro o Pragal/Almada-Costa da Caparica e o segundo Costa da Caparica-Trafaria e têm como objetivos: 1) facilitar o acesso de TP à Costa da Caparica para os utentes vindos de Lisboa via Comboio (Pragal) e barco (Almada), aliviando o congestionamento da A38; 2) servir os vários pontos de atratividade da vila da Costa da Caparica através do traçado circular; 3) criar uma ligação direta ao cais da Trafaria, potenciando assim a travessia fluvial.



Figura 5.5- Proposta do sistema de mobilidade para a Costa da Caparica e Trafaria.

5.6 Seixal/ Barreiro

Estas cidades junto ao estuário do Tejo, têm uma vasta população e uma grande diversidade de serviços. Os problemas em garantir um bom sistema de mobilidade a esta zona da AML já se encontram identificados desde o início da concessão do sistema de mobilidade de Almada à empresa MTS em 2002. Concretamente, já se encontra contemplada na fase 2 a expansão da rede de metro de superfície desde Corroios até ao Fogueteiro, e posteriormente do Fogueteiro ao Lavradio no Barreiro via Seixal, e sobre uma nova ponte que conecte estas duas penínsulas (MTS, 2023). O referido traçado da proposta encontra-se representado a cor-de-rosa na Figura 5.6, com alterações pontuais à solução proposta originalmente em 2002.

Existindo uma proposta para solucionar os problemas identificados pela metodologia deste estudo, decidiu-se trabalhar com base nessa proposta acrescentando as devidas alterações de forma a dar resposta às novas necessidades de mobilidade exigidas 20 anos depois da sua formulação.

Na fase 2 (Corroios-Fogueteiro) não foi efetuada nenhuma alteração, entendendo-se que a proposta de traçado original continua a dar resposta às necessidades daquele território. A primeira mudança surge apenas na travessia para o Barreiro, na qual estava prevista uma ponte rodoviária com vias dedicadas para o metro de superfície e para modos suaves, intenção de que foi renovada pelo primeiro-ministro António Costa no presente ano (SAPO, 2023). Contudo, propõe-se que esta seja concebida apenas para o metro, veículos de emergência e para os modos suaves, de forma a poupar recursos financeiros e atribuir uma vantagem evidente ao transporte público em relação modos rodoviários, desincentivando o uso do automóvel.

Segundo a proposta da fase 3, após a chegada ao terminal rodo-ferro-fluvial do Barreiro, a linha de metro seguiria pelo antigo ramal ferroviário do Seixal e continuaria paralelamente à linha de comboio até ao Lavradio (estação ferroviária no centro da cidade do Barreiro). Entende-se que essa pode não ser a melhor solução por introduzir um modelo concorrencial naquele troço quando se pretende que o metro seja um modo complementar à ferrovia pesada.

A alternativa ilustrada na Figura 5.6, prevê o desvio do traçado após servir a estação fluvial do Barreiro para a Av. da Liberdade e posteriormente para a Av. Bocgae. Servindo o centro Hospitalar Barreiro-Montijo atravessaria a A39 em viaduto, seguindo pela área

descampada até à Av. 1^o de Maio parando na estação ferroviária de Alhos Vedros entroncando na N11. Nesse ponto a proposta de 2002 não detalha o seguimento do traçado, existindo vagos indícios que esta possa ser prolongada via N11 até à Moita, uma possibilidade igualmente assumida nesta proposta cujo traçado ao dar entrada na vila da Moita, prossegue pela N11 tendo seu término na Escola Secundária. da Moita.

Contudo observado a imagem da densidade populacional e distribuição dos serviços da Figura 4.11 (página 69), verifica-se que nenhuma das propostas apresenta uma resposta completa às necessidades da população do Barreiro, deixando de fora os lugares populosos mais a Sul e as áreas comerciais na antiga zona industrial. Para colmatar esta falha propõe-se uma 5 linha à mesma rede de metros de superfície que se estende desde a Cidade de Sol até ao Lavradio, como sugere o traçado roxo da Figura 5.6.

Essa nova linha faz uso de parte do traçado da linha 4 na Av. 1^o de Maio e de áreas desocupadas sendo por isso relativamente fácil a implementação da mesma em linha dupla, tal como a restante rede. Como referido, o seu início seria junto ao bairro social da Cidade do Sol continuando pelas áreas não urbanizadas até chegar à Av. José Almada Negreiros, uma avenida larga com aproximadamente 30 metros com um relvado central e duas vias rodoviárias laterais. Esta avenida entronca na Av. 1^o de Maio sendo a partir daí que a linha 5 partilha a infraestrutura com a linha 4 até ao terminal fluvial do Barreiro. Uma vez efetuada paragem nesta estação, o traçado prevê a utilização do antigo ramal ferroviário do Seixal e das instalações industriais abandonadas no lado oposto da linha ferroviária, para, através de uma ponte sobrevoar esta mesma linha e prosseguir até ao Fórum Barreiro. A última etapa prevê a chegada ao Lavradio via Industrial Alfredo da Silva.

De forma global estas duas novas linhas permitem oferecer melhores conexões às linhas ferroviárias da Fertagus e da linha do Sado (CP) tal como aos cais do Barreiro e Seixal, possibilitando assim aumentar a atratividade do transporte público principalmente nos movimentos pendulares para o trabalho em Lisboa e Almada (principais eixos identificados na Figura 2.2). Representam também uma melhoria da mobilidade intraurbana nestas cidades, facilitando o acesso a zonas comerciais, escolas e hospitais.



Figura 5.6- Proposta do sistema de mobilidade os concelhos do Seixal e Barreiro.

5.7 Setúbal

A cidade de Setúbal revela-se um caso particular na AML sendo das propostas apresentadas aquela que menor população tem na área identificada. Contudo, a distribuição compacta da população e dos serviços atribuem à cidade um grande potencial de desenvolvimento caso exista um modo de transporte eficiente como o metro de superfície. A sua forma compacta faz com que não existam muitas ruas com largura suficiente para a implementação de um traçado de via dupla, coexistindo com os modos rodoviários, sendo assim necessário recorrer ao corte de ruas, transformando-as em vias pedonais e de metro redirecionando o trânsito rodoviário por caminhos alternativos, por forma a permitir a coexistência com os modos rodoviários, podendo mesmo incluir a redução da via dupla para uma só linha bidirecional.

A proposta apresentada na imagem da Figura 5.7 prevê duas linhas em formato X, servindo cada uma das quatro pontas zonas diferentes da cidade. A interceção destas será feita em duas paragens: Hospital Público de Setúbal e Estação Ferroviária já que estes dois serviços geram grande procura e são responsáveis por um significativo número de deslocações.

A linha 1, representada a amarelo na Figura 5.7, inicia-se no Casal das Figueiras junto à escola secundária, segue via rua Batalha do Viso, rua Alves da Silva e rua José Pereira

Martins até a uma das mais emblemáticas e avenidas da cidade a Av. Luísa Todi; neste primeiro troço verifica-se um relevo muito acentuado não existindo muitas alternativas para o seu traçado. Esta linha continua para a estação pela Av. Mariano Carvalho e rua Almeida Garrett, seguindo para o Hospital pelas ruas António José Baptista e Dona Maria Baptista de forma a não interferir com o elevado trânsito da rua Tebaida. O traçado prossegue assim pela larga Av. Dom João e Av. Afonso Albuquerque e depois pelas ruas dos bairros do Vale de Cobro, atravessando a N10 em ponte junto à subestação de Setúbal. Atravessa a plataforma logística e comercial fazendo uso das áreas desocupadas chegando ao AIEGRO Setúbal através de uma ponte sobre a A12. O terminal da linha está previsto na área descampada acima deste centro comercial junto à Av. Mte. Lima de Freitas.

A segunda linha, identificada na Figura 5.7 a vermelho, vê seu início junto ao Hospital Privado da Luz seguindo a N10 até ao Bairro do Liceu, e entra na Av. Dr. António Rodrigo Manito pela rua Armando Guerreiro. Seguidamente desce até ao estádio do Bonfim, encontra a Linha 1 na rua Almeida Garrett até ao Hospital, e prossegue pela rua Camilo Castelo Branco, rua Dom Pedro Fernandes Sardinha, e Av. da Bela Vista até à escola Sec. Dom Manuel Martins. Propõe-se que a paragem terminal seja junto ao bairro de Manteigadas adjacente ao pavilhão e piscinas municipais.

Este Sistema de mobilidade apresenta-se desta forma como uma alternativa viável às deslocações pendulares dos habitantes de Setúbal, tendo ainda como objetivo facilitar o acesso a uma série de serviços da cidade através de um modo de transporte frequente.



Figura 5.7- Proposta do sistema de mobilidade da cidade de Setúbal.

DESEMPENHO DAS PROPOSTAS

6.1 Visão Geral

É necessário avaliar o impacto que cada uma destas propostas tem na globalidade da mobilidade na AML. Os indicadores escolhidos para este fim são a distribuição modal da utilização diária dos vários transportes, a população servida por transportes ferroviários, as emissões de CO₂ eq., a densidade da rede ferroviária, e a redução de veículos privados em circulação. O modo de cálculo destes indicadores foi detalhado na metodologia.

Comparou-se o desempenho geral do sistema ferroviário da AML em três cenários para os indicadores da população servida por transporte ferroviário, e na evolução da distribuição modal:

- O cenário 0, avaliam-se os indicadores consoante a rede atualmente existente;
- No cenário 1, assume-se a conclusão de todos os projetos atualmente em fase de construção, estudo ou com forte probabilidade de serem concretizados a curto/médio prazo (linha violeta, linha circular, extensão da linha vermelha a Alcântara, e o LIOS);
- No cenário 2, adicionam-se aos projetos dos cenários anteriores, todas as propostas apresentadas no presente trabalho.
 - Cenário 2a, corresponde ao sub-cenário mais conservador, no qual as das propostas viáveis e provavelmente viáveis são avaliadas para um "P" de 43%.
 - Cenário 2b, corresponde ao sub cenário mais otimista, no qual a totalidade das propostas são avaliadas para um "P" de 59%.

A variável "P" tal como foi mencionado na metodologia, representa a percentagem de população num raio de 500 m de uma estação, que usufrui efetivamente do TP.

6.2 Viabilidade das propostas

Ao observar a Tabela 6.1 torna-se evidente que apenas um dos 6 sistemas propostos é totalmente inviável, o Metro de Setúbal. Este apesar de possuir uma densidade populacional substancial e muito acima daquele que é o limiar mínimo definido, não possui população global suficiente para justificar um modo de mobilidade LRT.

No caso de Oeiras, o sistema proposto tal como o caso anterior também não apresenta população total suficiente, contudo a área servida em causa possui um número substancial de áreas empresariais e comerciais que não são quantificadas nesta análise, sendo altamente provável que esta proposta seja assim viável.

Para o caso de Lisboa assume-se que a análise de viabilidade possa encontrar-se enviesada já que neste território o sistema desempenha funções diferentes das restantes propostas, propondo-se assim outros estudos que incorporem mais indicadores de que melhor avaliem este caso.

Tabela 6.1- Viabilidade das propostas quanto à densidade populacional e habitantes totais.

Sistema	População do território (milhares de habitantes)	Densidade populacional (hab./km ²)	Viabilidade
Metro Cascais	214	2260	Viável
Metro de Lisboa (Loures e Odivelas)	349	5465	Viável
Metro de Lisboa	606	2588	Viável
Metro de Oeiras	172	4099	Provavelmente viável
Metro de Setúbal	121	4415	Não viável
MTS	275	4639	Viável

6.3 Densidade da rede e percentagem de população servida

No primeiro indicador, a percentagem de população da AML servida por modos ferroviários representada graficamente na Figura 6.1, verifica-se que 32% da população se encontra a 500 m de uma paragem ou estação, muito longe daquilo que é a realidade atual de Madrid onde o valor é 73% (García-Palomares et al., 2013; Marks, 2016; Statista, 2023) ou de Viena que serve 71% da sua população (Wiener Linien, 2021).

Já a densidade da rede ferroviária (Figura 6.1) corresponde atualmente a 0,11 km/km².

No cenário 1 a percentagem de população servida ascende para 36%, ou seja, uma diferença de 4% como mostra o gráfico da Figura 6.1. Este aumento revela-se reduzido já que grande parte do sistema LIOS decorre paralelamente a linhas férreas, e o projeto da linha violeta exclui grande parte da população de Odivelas.

No cenário 2 a percentagem da população servida sobe para 65%. Contudo este número ainda continua a ser inferior a Madrid (73%) e Viena (80%). O aumento deve-se principalmente ao facto de as propostas formuladas terem como um dos principais critérios a proximidade aos lugares mais populosos que ainda não possuíam nas imediações acessos aos modos ferroviários.

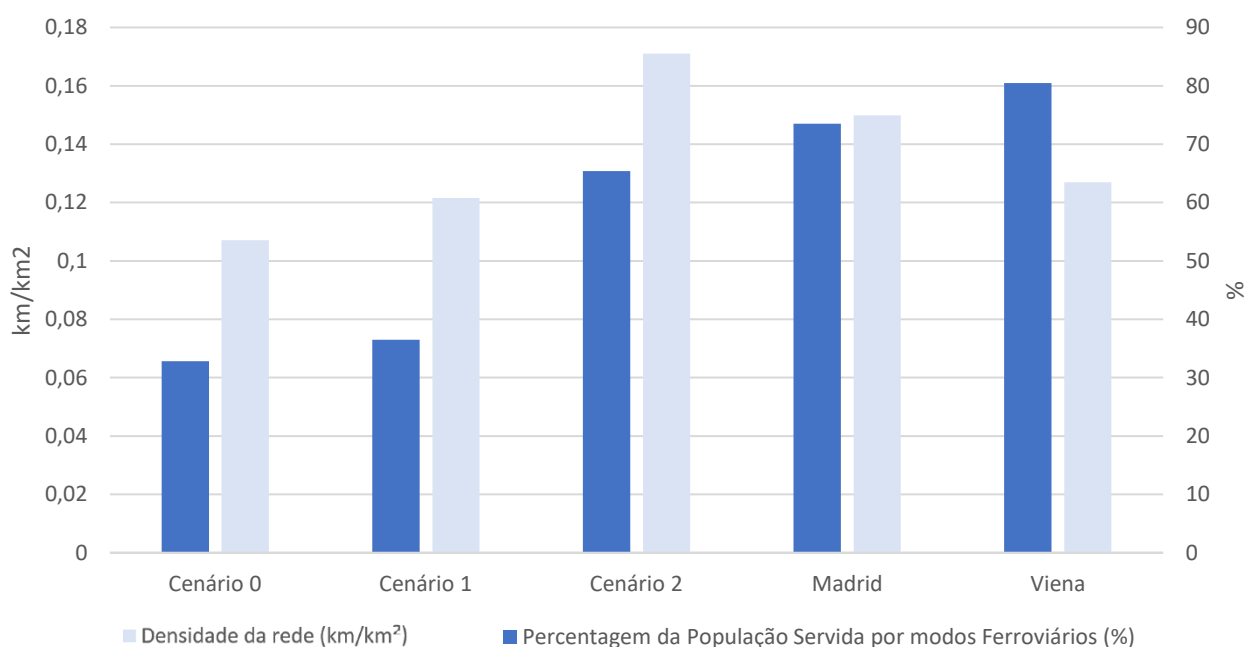


Figura 6.1- Percentagem da população servida por um modo ferroviário num raio de 500 m no eixo esquerdo, e a densidade da rede ferroviária em km/km² na AML, Viena e Madrid. Adaptado de Wiener Linien (2021) e Comunidad de Madrid (2017).

6.4 Evolução da transferência modal

Segue-se a evolução da transferência modal segundo dos Cenários 0, 1, 2a e 2b, representado no gráfico da Figura 6.2, ilustra o impacto que os projetos em implementação e as propostas do presente estudo têm no futuro da mobilidade na AML.

No conjunto das deslocações atualmente efetuadas, apenas 13% recorrem ao TP coletivos, sendo que 57% fazem uso do transporte individual.

No cenário 1, estas percentagens alteram-se para 54% no TI e 16% no TP, o que reflete o baixo impacto que os atuais projetos tem na mobilidade da AML.

No cenário 2a, a percentagem das deslocações que utilizam o TP ascendem para 29%, em detrimento do TI que decresce para 42%. Contudo, o cenário mais otimista é o 2b no qual que tem a variação com o TP a alcançar uma quota modal de 36%.

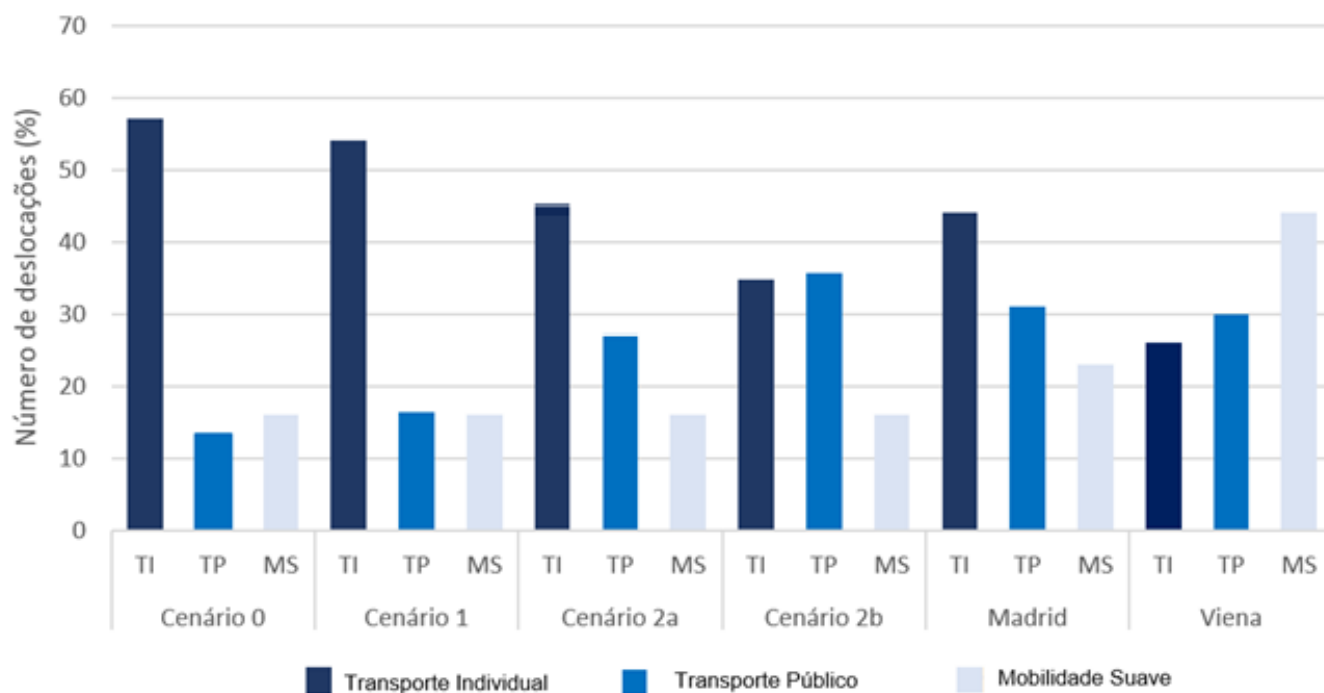


Figura 6.2- Número de deslocações por modo e sua evolução na AML consoante os cenários, e em comparação com Madrid e Viena. Adaptado de EEA (2011), Wiener Linien (2021) e Censos (2021).

Segundo o Eurostat (2021) e a Mobilitätsagentur Wien (agência da mobilidade de Viena) (2023) a realidade de Viena e Madrid, igualmente representados no gráfico da Figura 6.2, mostra uma adesão inferior ao transporte individual principalmente no caso de Viena. Tal deve-se à aposta nos transportes públicos e nos modos suaves, reduzindo a necessidade de utilizar modos de transporte mais pesados. Assim em Viena 44% das deslocações são feitas a pé ou de bicicleta, e 30% de TP (Mobilitätsagentur Wien, 2023).

6.5 Poupanças anuais de CO₂ e número de veículos retirados de circulação

A melhoria significativa do acesso ao TP reflete-se nas emissões de CO₂ e no número de veículos em circulação. Ao observar os gráficos das Figura 6.3 e Figura 6.4 respetivamente, verifica-se uma diminuição de aproximadamente 231 kt CO₂ eq. por ano, e de 218 000 veículos por dia no cenário mais otimista.

Para o cenário mais realista (2a) são evitados 167 kt CO₂ eq. por ano e 162 000 veículos por dia em circulação.

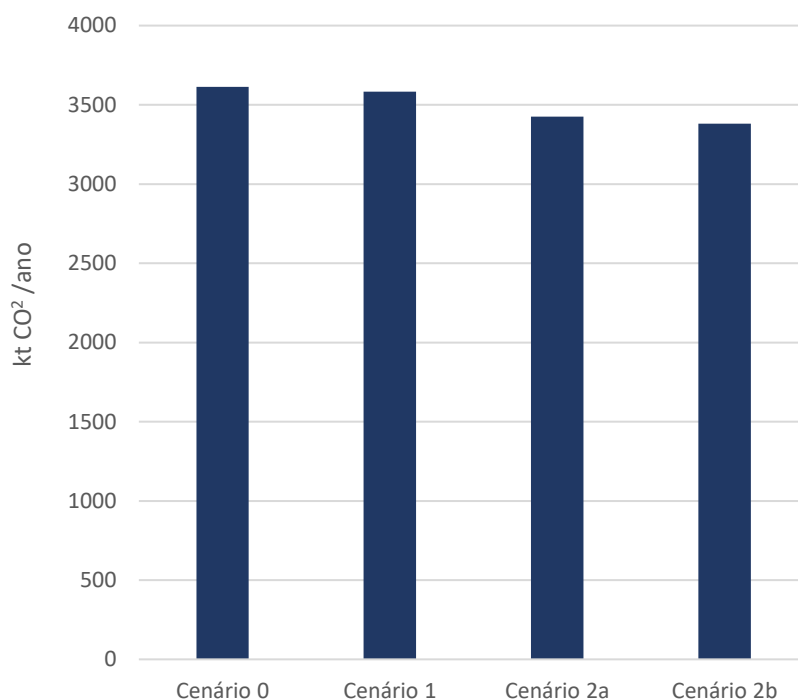


Figura 6.3- Emissões totais de CO₂ eq. (milhares de toneladas por ano) por cenário, no sector dos transportes na AML.

Em destaque estão as propostas para o ML e MTS, onde os projetos do da linha laranja até Algés, a rede de metro para Loures e Odivelas, e a inclusão do Barreiro e Seixal na rede da MTS têm o maior impacto, já que são estas que abrangem maior população.

Verifica-se assim uma redução de 11% a 15% dos 1,48 milhões de veículos que circulam diariamente na AML.

Tendo em conta os valores anuais de CO₂ eq. relativos ao setor dos transportes na AML indicados pelo inventário de emissões nacionais (3613 kt/ano) verifica-se uma redução percentual entre os 5% e os 8% nas emissões.

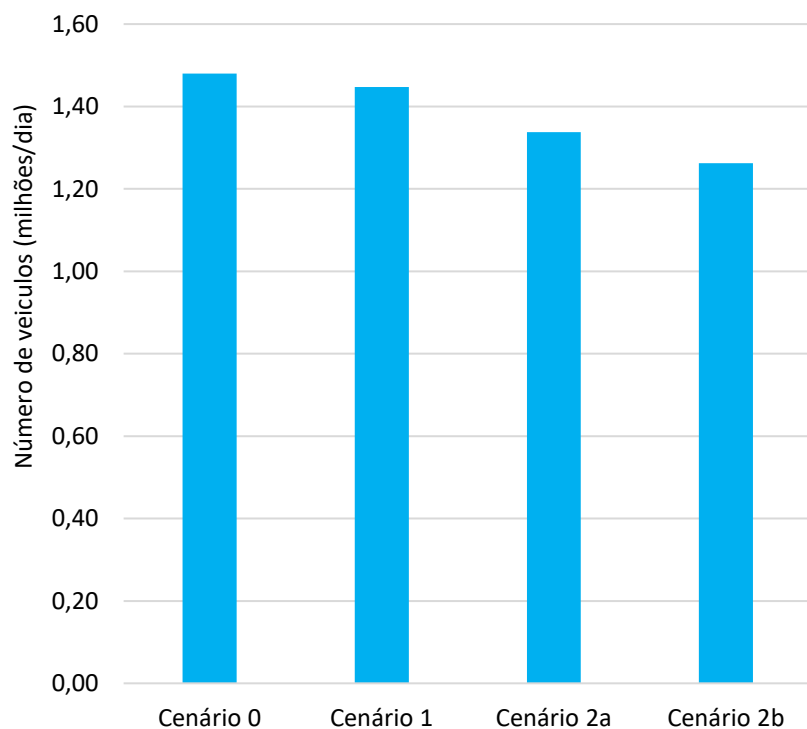


Figura 6.4- Número de veículos em circulação diariamente por cenário.

Pela negativa, destaca-se mais uma vez o cenário 1 no qual são evitados apenas 33 000 veículos por dia, e 29 kt CO₂ eq. por ano.

CONCLUSÃO

7.1 Síntese

No combate às alterações climáticas e à poluição atmosférica principalmente nas grandes cidades, a alteração dos hábitos de mobilidade revela-se um dos fatores decisivos para assegurar a qualidade de vida das próximas gerações. Para esse fim, a aposta em mobilidade coletiva e livre de emissões de CO₂ revela-se como a estratégia mais eficaz para abordar o problema.

No caso da Área Metropolitana de Lisboa essa aposta ainda se encontra numa fase embrionária, após vários anos de baixos investimentos em todos os setores do transporte públicos. O discurso dos atuais decisores políticos aponta para uma aposta nesta área, e já se encontram em curso alguns projetos e medidas nesse sentido. No entanto, não se têm verificado reais melhorias do desempenho da rede de transportes, em indicadores como a transferência modal, tempos de trajeto, frequência dos serviços, integração tarifária.

Neste trabalho foi cumprido o objetivo de identificar zonas na AML que carecem de boas soluções de mobilidade. Identificaram-se 8 zonas para as quais foram propostas 18 soluções ferroviárias. 13 contemplam sistemas de metro ligeiro à superfície, e 5 são soluções de metro pesado com traçado maioritariamente em túnel.

A metodologia adotada para atingir estes objetivos baseou-se em estudos científicos internacionais com similaridade cultural, principalmente para Madrid.

Foi possível verificar que a implementação das propostas iria refletir-se num aumento da população servida por modos de transporte público, passando de 32% para 65% (não considerando desenvolvimentos de serviços de outros modos de TP além da ferrovia).

Implementando todas as propostas densidade da rede ferroviária na AML, cresceria de 0,11 km/km² para 0,17 km/km².

Caso as propostas estudadas fossem implementadas teríamos na AML uma densidade da rede ferroviária e uma percentagem de população servida por TP comparável com Madrid. É admissível que estes níveis qualidade de serviço conduzam a uma procura de TP na AML bastante mais alta que a atual. A presente dissertação explora alguns cenários nesse sentido.

A literatura consultada, e os resultados obtidos permitem prever que a ampliação da ferrovia, conjugada com uma melhoria do serviço intermodal, conduza a transferências modais e redução nas emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

Perspetiva-se que a ampliação da rede ferroviária permita aumentar a quota do transporte coletivo, em percentagem do número de viagens, dos atuais 13% para 36% no cenário mais otimista. Estima-se que esta evolução permita reduzir as emissões de GEE dos transportes na AML entre 5% e 8%. Reduzir-se-á a circulação de veículos individuais em 11% a 15%. Caso o sistema de transportes intermodal metropolitano melhore substancialmente, estes números poderão ser superiores como é sugerido pela comparação com casos de estudo internacionais.

Um fator que não beneficia o desenvolvimento do TP na AML é a dispersão urbana. Quando comparada com Madrid e Viena, a densidade populacional da área metropolitana de Lisboa é bastante inferior, reduzindo a eficiência dos sistemas de mobilidade. Para além da melhoria dos TP são importantes medidas complementares ao nível da circulação automóvel, dos modos suaves, e da correção de falhas do ordenamento do território.

Concluindo, a aposta nos modos de transporte mais sustentáveis tem de ser uma realidade a curto prazo envolvendo uma mudança profunda de hábitos e paradigmas, evitando correr o risco de potenciar efeitos irreversíveis para o ser humano.

7.2 Desenvolvimento futuros

A metodologia utilizada na presente dissertação foca unicamente no modo ferroviário. Frequentemente os serviços de transporte metropolitanos são vistos pelos operadores como concorrenciais entre si. Isto é um paradigma completamente ultrapassado, como mostra a experiência internacional. Um desenvolvimento lógico deste trabalho será estudar uma rede

realmente integrada entre todos os meios de transporte, e o seu impacto nas deslocações da população da AML, em particular nos movimentos pendulares.

O presente trabalho explorou possibilidades da expansão da rede ferroviária da AML, mas não aprofundou a análise da sua viabilidade prática. Esta revela-se como uma matéria essencial que deve ser estudado com algum detalhe.

A metodologia deste trabalho não incluiu a análise de eixos que, apesar de terem uma procura significativa, não justificam um modo ferroviário (Sintra-Cascais e Vila Franca de Xira-Loures). De modo a incorporá-los na rede metropolitana de transportes, poderão ser estudadas alternativas de mobilidade.

Sugere-se igualmente o estudo da influência que a rede ciclável possa ter na dinâmica da mobilidade da AML, quando perfeitamente incorporada numa rede de transporte público intermodal. Isto é relevante pela capacidade de uma bicicleta em aumentar o raio de captação de utentes de uma estação ferroviária.

É ainda importante estudar medidas adicionais, capazes de incentivar o uso do transporte público na AML, designadamente em três domínios: (i) implementação de uma bilhética integrada e radicalmente simplificada; (ii) implementação de um sistema de informação utente ubíquo, coerente e multicanal (canais digitais, sinalética analógica), incluindo mapas, horários, simuladores, informação do tráfego em tempo real de todos os meios de transporte; (iii) parques de estacionamento dissuasores acessíveis nos concelhos periféricos de Lisboa, nas interfaces ferroviárias.

BIBLIOGRAFIA

- ACP. (2021). *Idade média dos veículos ligeiros em Portugal subiu para 13,2 anos*.
<https://www.acp.pt/newsarticleAutoclube.aspx?menuid=1716&did=9832>
- Agência de Notícias. (2021, February 4). *Governo estuda expansão de metro do sul do Tejo à Costa de Caparica*.
<https://www.adn-agenciadenoticias.com/2021/02/governo-estuda-expansao-de-metro-do-sul.html>
- Alemão, S. (2023, August 4). *Linha Violeta do Metro de Lisboa terá menos estações e terminará no LoureShopping*. PÚBLICO. <https://www.publico.pt/2023/08/04/local/noticia/linha-violeta-metro-lisboa-tera-menos-estacoes-terminara-loureshopping-2059092>
- AML. (2019). *Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Área Metropolitana de Lisboa*.
<https://www.tmlmobilidade.pt/projetos-e-atividades/planos-e-estudos/pamus/>
- AML. (2023a). *Área Metropolitana de Lisboa*. Área Metropolitana de Lisboa.
<http://www.aml.pt/index.php>
- AML. (2023b). *Sobre os novos passes*. AML- Sobre os novos passes.
<http://www.aml.pt/index.php?cMILID=SUS5C743299BA9B1&cMILL=3&mIID=SUS5C743261A63E4&mIN=sobre&mILA=&cMILID1=SUS5787A25518AED&mIID1=3&mIN1=Mobilidade%20e%20transportes&cMILID2=SUS5C7431770397C&mIID2=SUS5C743115D5991&mIN2=novos%20passes&cMILID3=SUS5C743299BA9B1&mIID3=SUS5C743261A63E4&mIN3=sobre>
- André, M. R. (2022, January 26). *Porque é que nos esquecemos de usar o comboio em Lisboa? Lisboa Para Pessoas*. <https://lisboaparapessoas.pt/2022/01/26/comboio-lisboa/>
- APA. (2021). *Inventário Nacional de Emissões por Fontes e Remoção por Sumidouros de Poluentes Atmosféricos (INERPA)*. <https://apambiente.pt/clima/inventario-nacional-de-emissoes-por-fontes-e-remocao-por-sumidouros-de-poluentes-atmosfericos>
- Basnak, P., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2020). Technology choices in public transport planning: A classification framework. *Research in Transportation Economics*, 83, 100901.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100901>
- Bertolini, L. (2019). Transforming urban mobility by rethinking city streets. *Transportation Research Procedia*, 41, 98–100. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.019>

- Buzási, A., & Csete, M. (2015). Sustainability Indicators in Assessing Urban Transport Systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(3), 138–145. <https://doi.org/10.3311/PPtr.7825>
- Canavan, S., Barron, A., Cohen, J., Graham, D. J., & Anderson, R. J. (2019). Best Practices in Operating High Frequency Metro Services. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(9), 491–501. <https://doi.org/10.1177/0361198119845356>
- Carris. (2023a). *História*. <https://www.carris.pt/a-carris/historia/>
- Carris. (2023b). *Mapas*. <https://www.carris.pt/viaje/mapas/>
- CESUR/ITEP. (1997). *Estudo de viabilidade preliminar para a introdução de um corredor de BRT na Linha de Cascais*. Câmara Municipal de Cascais. https://www.cascais.pt/sites/default/files/anexos/gerais/new/3072_brt_relatorio_final.pdf
- Chandakas, E. (2014). *Modelling congestion in passenger transit networks*.
- Cirianni, F. (2004). *GOOD PRACTICES IN PUBLIC TRANSPORT PLANNING: COMPETING MODAL CHOICES AND ENFORCED TRANSPORT POLICIES*.
- CM Almada. (2018). *Extensão do MST - Almada 2018*. IMTT. https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Documents/2021/Not%C3%ADcia%20-%20Relatorio%20Grupo%20Trabalho%2005052021/03-AnexoII_Almada.pdf
- CM Oeiras. (2023). *Plano de Mobilidade Urbana Sustentável e de Acessibilidades do Município de Oeiras*. Câmara Municipal de Oeiras. <https://www.oeiras.pt/-/consulta-publica-pmuso-pao-2023>
- Comunidad de Madrid. (2017, April 7). *Public Transport*. <https://www.comunidad.madrid/en/servicios/transporte/muevete-transporte-publico>
- CP. (2023). *Cronologia | CP - Comboios de Portugal*. CP.PT | Comboios de Portugal. <https://www.cp.pt/institucional/pt/cultura-ferroviaria/historia-cp/cronologia>
- Creutzig, F., Javaid, A., Soomauroo, Z., Lohrey, S., Milojevic-Dupont, N., Ramakrishnan, A., Sethi, M., Liu, L., Niamir, L., Bren d'Amour, C., Weddige, U., Lenzi, D., Kowarsch, M., Arndt, L., Baumann, L., Betzien, J., Fonkwa, L., Huber, B., Mendez, E., ... Zausch, J. M. (2020). Fair street space allocation: Ethical principles and empirical insights. *Transport Reviews*, 40(6), 711–733. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1762795>
- Daniels, R., & Mulley, C. (2013). Explaining walking distance to public transport: The dominance of public transport supply. *Journal of Transport and Land Use*, 6(2), 5–20. <https://doi.org/10.5198/jtlu.v6i2.308>
- DDS Wireless. (2023). *6 Key Components to a Great Public Transit System*. DDS Wireless. <https://ddswireless.com/blog/6-key-components-to-a-great-public-transit-system/>

- DG CLIMA- EU. (2023, March 20). *Global panel of scientists publish their latest verdict on the climate crisis and how we must respond*. https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/global-panel-scientists-publish-their-latest-verdict-climate-crisis-and-how-we-must-respond-2023-03-20_en
- Dirkx, S. (2012). *Towards a GIS based method for ridership forecasting for newly planned train stations in The Netherlands* [University of Utrecht]. https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/10370/Thesis_Final.pdf?sequence=1
- Dodson, J., Mees, P., Stone, J., & Burke, M. (2011). The principles of public transport network planning: A review of the emerging literature with select examples. *Issues Paper*, 15.
- EEA. (2023, September 5). *Average CO2 emissions from newly registered motor vehicles in Europe—European Environment Agency [Indicator Assessment]*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-co2-emissions-from-motor-vehicles/assessment-1>
- EMTA. (2023, October 1). *Public transport networks—European Metropolitan Transport Authorities*. <https://www.emta.com/spip.php?article81&lang=en>
- EU. (2021, July 14). *A European Green Deal*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- EU. (2023). *Transport themes*. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes_en
- Eurostat. (2021). *Transport mode*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Transport_mode
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Expresso. (2023, May 25). Fernando Nunes da Silva: O passe social levou a “25% de acréscimo na procura de transportes. Foi brutal, Lisboa não estava preparada.” *Expresso*. <https://expresso.pt/podcasts/expresso-imobiliario/2023-05-25-Fernando-Nunes-da-Silva-o-passe-social-levou-a-25-de-acrescimo-na-procura-de-transportes.-Foi-brutal-Lisboa-nao-estava-preparada-944e2be6>
- Fertagus. (2023). *Quem Somos*. <https://www.fertagus.pt/pt/fertagus/quem-somos>
- Flannery, D., Duarte, R., Norman, B., Tayanah O’Donnell, Sinclair, H., & Steffen, W. (2015). *Light rail transit and residential density in mid-sized cities*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4060.7848>
- García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J., & Cardozo, O. D. (2013). Walking Accessibility to Public Transport: An Analysis Based on Microdata and GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(6), 1087–1102. <https://doi.org/10.1068/b39008>

- Gordon, C. (2011). Planning for structural transit in low density environments: The case of Canberra, Australia. *Australian Planner*, 48(3), 148–159. <https://doi.org/10.1080/07293682.2011.592502>
- Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010>
- Hirst, F. W., & Hurd, R. M. (1904). Principles of City Land Values. *The Economic Journal*, 14(55), 443. <https://doi.org/10.2307/2221375>
- IEA. (2018). *Energy intensity of passenger transport modes, 2018 – Charts – Data & Statistics*. IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-intensity-of-passenger-transport-modes-2018>
- IEA. (2019). *GHG intensity of passenger transport modes, 2019 – Charts – Data & Statistics*. IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-intensity-of-passenger-transport-modes-2019>
- INE. (2021). *Censos 2021*. https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_main&xpid=CENSOS21&xlang=pt
- Ingvardson, J. B., & Nielsen, O. A. (2018). How urban density, network topology and socio-economy influence public transport ridership: Empirical evidence from 48 European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 72, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.07.002>
- IP. (2023a). *Diretório da Rede. Infraestruturas de Portugal*. <https://servicos.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/parceiros/operacao-ferroviaria/os-nossos-servicos/diretorio-da-rede-ips>
- IP. (2023b). *165 anos do Caminho-de-Ferro em Portugal*. <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/165-anos-do-caminho-de-ferro-em-portugal>
- IP. (2023c). *Ponte 25 de Abril*. <https://servicos.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/a-descobrir/obras-de-arte/ponte-25-de-abril-ips>
- IP. (2023d). *Principais Investimentos*. <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/infraestruturas/investimentos/principais-investimentos-em-curso>
- IP. (2023e). *Programas*. <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/infraestruturas/investimentos/programas>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. [doi: 10.1017/9781009157926](https://doi.org/10.1017/9781009157926)

- Jansson, J. O. (1980). A Simple Bus Line Model for Optimisation of Service Frequency and Bus Size. *Journal of Transport Economics and Policy*, 14(1), 53–80. JSTOR.
- Knoflacher, H. (2007). Success and failures in urban transport planning in Europe—Understanding the transport system. *Sadhana*, 32(4), 293–307. <https://doi.org/10.1007/s12046-007-0026-6>
- Kołoś, A., & Taczanowski, J. (2016). The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 54, 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.006>
- ktv_wwalter. (n.d.). *Vienna Public Transport—Tickets, timetables and plans*. Retrieved November 5, 2023, from <https://www.wien.gv.at/english/transportation-urbanplanning/public-transport/>
- Kumar, P. P., Parida, M., & Swami, M. (2013). Performance Evaluation of Multimodal Transportation Systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.174>
- Kuss, P., & Nicholas, K. A. (2022). A dozen effective interventions to reduce car use in European cities: Lessons learned from a meta-analysis and transition management. *Case Studies on Transport Policy*, 10(3), 1494–1513. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.02.001>
- Lee, C., & Moudon, A. V. (2006). The 3Ds+R: Quantifying land use and urban form correlates of walking. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(3), 204–215. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.02.003>
- Lee, Y., & Ceccarelli, D. (2015). Abstraction and control of transport networks. In *Handbook of Research on Redesigning the Future of Internet Architectures* (pp. 346–363). IGI Global.
- Lissabon (Ed.). (2005). *Lisboa: O desafio da mobilidade*. Câmara Municipal de Lisboa.
- Litman, T. (2007). Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2017(1), 10–15. <https://doi.org/10.3141/2017-02>
- Loureiro, J., Pavan, J., Simeonova, L., & Maciel, S. (2020). *Ampliação do Metropolitano Ligeiro da Margem Sul do Tejo*. FCT NOVA.
- MAAC. (2022). *Avaliação Ambiental Estratégica do Programa para a Ação Climática e Sustentabilidade (PACS)*. Ministério do ambiente e da ação climática. https://poseur.portugal2020.pt/media/43973/p144_aae_pacs_rap.pdf
- MAAC. (2023). *Fundo Ambiental*. <https://www.fundoambiental.pt/home.aspx>
- Magalhães, I. (2022). *Estudo da rede de ferroviária da área metropolitana de Lisboa*. Univerddidade NOVA de Lisboa.

- Marks, M. (2016). *People Near Transit: Improving Accessibility and Rapid Transit Coverage in Large Cities*. ITDP. <https://www.itdp.org/publication/people-near-transit/>
- May, A. D., Kelly, C., & Shepherd, S. (2006). The principles of integration in urban transport strategies. *Transport Policy*, 13(4), 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.12.005>
- Mehanović, M., & Palić, N. (2019). A MODEL OF MANAGING THE URBAN MOBILITY PLANNING PROCESS / MODEL UPRAVLJANJA PROCESOM PLANIRANJA URBANE MOBILNOSTI. *EMC Review - Časopis Za Ekonomiju - APEIRON*, 16(2). <https://doi.org/10.7251/EMC1802300M>
- Meireles, A. (2023, June 21). *Vila Franca de Xira quer fazer parte da Linha Violeta do Metro de Lisboa*. <https://www.dn.pt/local/vila-franca-de-xira-quer-fazer-parte-da-linha-violeta-do-metro-de-lisboa-16545650.html>
- MI. (2021). *Plano Nacional Ferroviário*. Ministério das Infraestruturas. <https://pfn.gov.pt/>
- MI. (2022, November 15). *Plano Ferroviário Nacional- Apresentação*. <https://pfn.gov.pt/documentos/>
- ML. (2023a). *Expansão – Plano de Expansão e Modernização do Metro*. <https://projetos.metrolisboa.pt/expansao/>
- ML. (2023b). *História do Metro*. Site do Metropolitano de Lisboa, EPE - Empresa. <https://www.metrolisboa.pt/institucional/conhecer/historia-do-metro/>
- ML. (2023c). *Metropolitano de Lisboa, E.P.E.* Metropolitano de Lisboa, E.P.E. <https://www.metrolisboa.pt/>
- Mobilitätsagentur Wien, F. (2023, March 24). *Drei Viertel der Wiener:innen klimafreundlich unterwegs*. Fahrrad Wien. <https://www.fahrradwien.at/2023/03/24/klimafreundlich-unterwegs/>
- MTS. (2023). *Home*. Metro Transportes do Sul. <https://www.mts.pt/>
- Næss, P., Strand, A., Wolday, F., & Stefansdottir, H. (2019). Residential location, commuting and non-work travel in two urban areas of different size and with different center structures. *Progress in Planning*, 128, 1–36. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2017.10.002>
- Onatere, J. O., Nwagboso, C., & Georgakis, P. (2014). *Performance indicators for urban transport development in Nigeria*. 555–568. <https://doi.org/10.2495/UT140461>
- Pantiga-Facal, E., & Plasencia-Lozano, P. (2022). A GIS-Based Analysis of the Light Rail Transit Systems in Spain. *Applied Sciences*, 12(3), 1282. <https://doi.org/10.3390/app12031282>
- Pereira, H. (2013). *Factores estruturantes da rede ferroviária portuguesa (1845-1892)* (pp. 224–233).
- Redman, L., Friman, M., Gärling, T., & Hartig, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, 25, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.005>

- Regmi, M. B. (2020). Measuring sustainability of urban mobility: A pilot study of Asian cities. *Case Studies on Transport Policy*, 8(4), 1224–1232. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.08.003>
- Rito, F. A. (2023, March 29). Costa anuncia expansão do Metro Sul do Tejo e duas novas pontes. *PÚBLICO*. <https://www.publico.pt/2023/03/29/local/noticia/costa-anuncia-expansao-metro-sul-tejo-duas-novas-pontes-margem-2044220>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2013). *The geography of transport systems* (Third edition). Routledge.
- SAPO. (2023, March 29). António Costa anuncia a expansão do Metro na margem sul e ainda duas novas pontes. *SAPO 24*. <https://24.sapo.pt/actualidade/artigos/costa-anuncia-a-expansao-do-metro-na-margem-sul-e-ainda-duas-novas-pontes>
- Sdoukopoulos, A., Pitsiava-Latinopoulou, M., Basbas, S., & Papaioannou, P. (2019). Measuring progress towards transport sustainability through indicators: Analysis and metrics of the main indicator initiatives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 316–333. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.020>
- Silva, B. (2023, June 12). Transtejo abre concurso de 16 milhões para compra de baterias para navios elétricos—Empresas—Jornal de Negócios. *Jornal de Negócios*. <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/transtejo-abre-concurso-de-16-milhoes-para-compra-de-baterias-para-navios-eletricos>
- Soehodo, S., & Koshi, M. (1999). Design of public transit network in urban area with elastic demand. *Journal of Advanced Transportation*, 33(3), 335–369. <https://doi.org/10.1002/atr.5670330306>
- Statista. (2023, August 22). *Spain: Population of Madrid by municipality 2021*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1201579/population-of-community-of-madrid-by-municipality/>
- TML. (2023). *Transportes Metropolitanos de Lisboa – Mobilidade coletiva, partilhada e verde*. <https://www.tmlmobilidade.pt/>
- TTSL. (2023a). *Horários*. <https://ttsl.pt/passageiros/horarios-de-ligacoes-fluviais/>
- TTSL. (2023b). *Transtejo Soflusa | Um pouco de história*. <https://ttsl.pt/empresa/quem-somos/um-pouco-de-historia/>
- UN. (n.d.). *UN Enable—Accessibility*. Retrieved June 29, 2023, from <https://www.un.org/esa/socdev/enable/disacc.htm>
- UN. (2018). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN*. UN; United Nations. <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>

- UNECE, & WHO. (2009). *Amsterdam Declaration: Making the link: Transport choices for our health, environment and prosperity* (p. 8). United Nations.
- UNESCAP. (2017). *Monograph Series on Sustainable and Inclusive Transport Assessment of Urban Transport Systems*. United Nations.
- Van Soest, D., Tight, M. R., & Rogers, C. D. F. (2020). Exploring the distances people walk to access public transport. *Transport Reviews*, 40(2), 160–182. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1575491>
- Veiga, J. M., Gomes, F., & Pereira, O. (2021). *PROTAML- Sistema de Transportes*. TIS.
- Vieira, A. L. (1980). Algumas questões sobre os transportes públicos da cidade de Lisboa nos finais do século XIX. *Análise Social*, 16(61/62), 71–84. JSTOR.
- Vuchic, V. R. (2007). *Urban transit systems and technology*. John Wiley & Sons.
- Wiener Linien. (2021, May 7). *VCÖ-Factsheet: S-Bahn in der Stadt verbessern - Mobilität mit Zukunft*. <https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/vcoe-factsheet-2016-10-s-bahn-in-der-stadt-verbessern>
- Zhao, F., Chow, L.-F., Li, M.-T., Ubaka, I., & Gan, A. (2003). Forecasting Transit Walk Accessibility: Regression Model Alternative to Buffer Method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1835(1), 34–41. <https://doi.org/10.3141/1835-05>

ANEXOS

A.1 Tabela matriz origem-destino da AML. Fonte: INE-Censos 2021








		Local de trabalho ou estudo																				
		Na freguesia onde reside atualmente	No mesmo município, noutra freguesia	Alcochete	Almada	Amadora	Barreiro	Cascais	Lisboa	Loures	Mafra	Moita	Montijo	Odivelas	Oeiras	Palmela	Seixal	Sesimbra	Setúbal	Sintra	Vila Franca de Xira	Total da AML
		Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº
Local de residência	Alcochete	4017	1378	5395	96	85	152	52	2789	169	20	123	1303	46	211	336	57	18	253	111	70	11286
	Almada	28739	22051	114	50790	918	460	728	26879	883	61	159	210	409	2096	804	4045	248	1179	950	341	91274
	Amadora	20563	18138	73	813	38701	150	1327	35018	1784	156	72	103	1731	5129	216	292	60	334	3996	543	90498
	Barreiro	11353	8228	224	810	249	19581	244	10920	383	44	1557	522	131	583	1963	874	279	1178	344	165	40051
	Cascais	39436	29528	73	801	1519	124	68964	22970	727	179	59	128	349	11083	231	212	60	298	5241	329	113347
	Lisboa	68544	168798	278	3214	5419	489	3731	237342	6048	425	230	434	2277	11653	834	797	218	1242	4516	2041	281188
	Loures	31024	22103	133	751	1654	173	804	40214	53127	579	128	221	3182	2628	306	294	82	437	1718	2749	109180
	Mafra	17673	11519	55	301	666	83	689	9512	2565	29192	78	124	725	1142	116	102	58	193	3148	366	49115
	Moita	9927	4495	435	635	225	4644	161	6726	324	35	14422	1254	105	361	2462	658	190	1263	275	132	34307
	Montijo	13247	3784	1977	313	212	427	144	6488	422	32	503	17031	122	394	1192	188	83	720	243	162	30653
	Odivelas	21223	13934	61	612	2521	123	762	31151	4785	193	66	109	35157	2631	207	208	65	285	2086	618	81640
	Oeiras	24918	20155	57	987	3045	140	5497	31692	1097	165	66	91	502	45073	197	268	76	333	3630	405	93321
	Palmela	13666	6333	430	775	273	994	221	5736	349	29	730	1327	105	482	19999	638	281	4753	283	162	37567
	Seixal	26179	15502	149	12020	881	917	591	24744	745	61	259	327	326	1660	1868	41681	974	1779	855	340	90177
	Sesimbra	11723	3420	96	1398	198	829	127	5242	221	30	202	216	84	384	1196	1886	15143	1446	203	70	28971
	Setúbal	25456	20230	151	1123	284	725	230	7160	368	54	274	461	143	595	5198	1019	747	45686	362	202	64782
	Sintra	63146	54866	174	1508	9803	244	10851	54658	3245	880	137	258	3037	13913	365	488	122	648	118012	1014	219357
Vila Franca de Xira	27227	14438	103	503	806	99	521	23084	6932	205	55	137	678	1506	272	209	37	275	1000	41665	78087	
Total da AML	458061	438900	9978	77450	67459	30354	95644	582325	84174	32340	19120	24256	49109	101524	37762	53916	18741	62302	146973	51374	1544801	

Nota: Na tabela encontram-se representados todas as deslocações entre e dentro dos concelhos da AML, contabilizando apenas as deslocações realizadas diariamente pela população trabalhadora e estudante. Deslocações com origem ou destino concelhos fora da AML não se encontram representados na matriz.

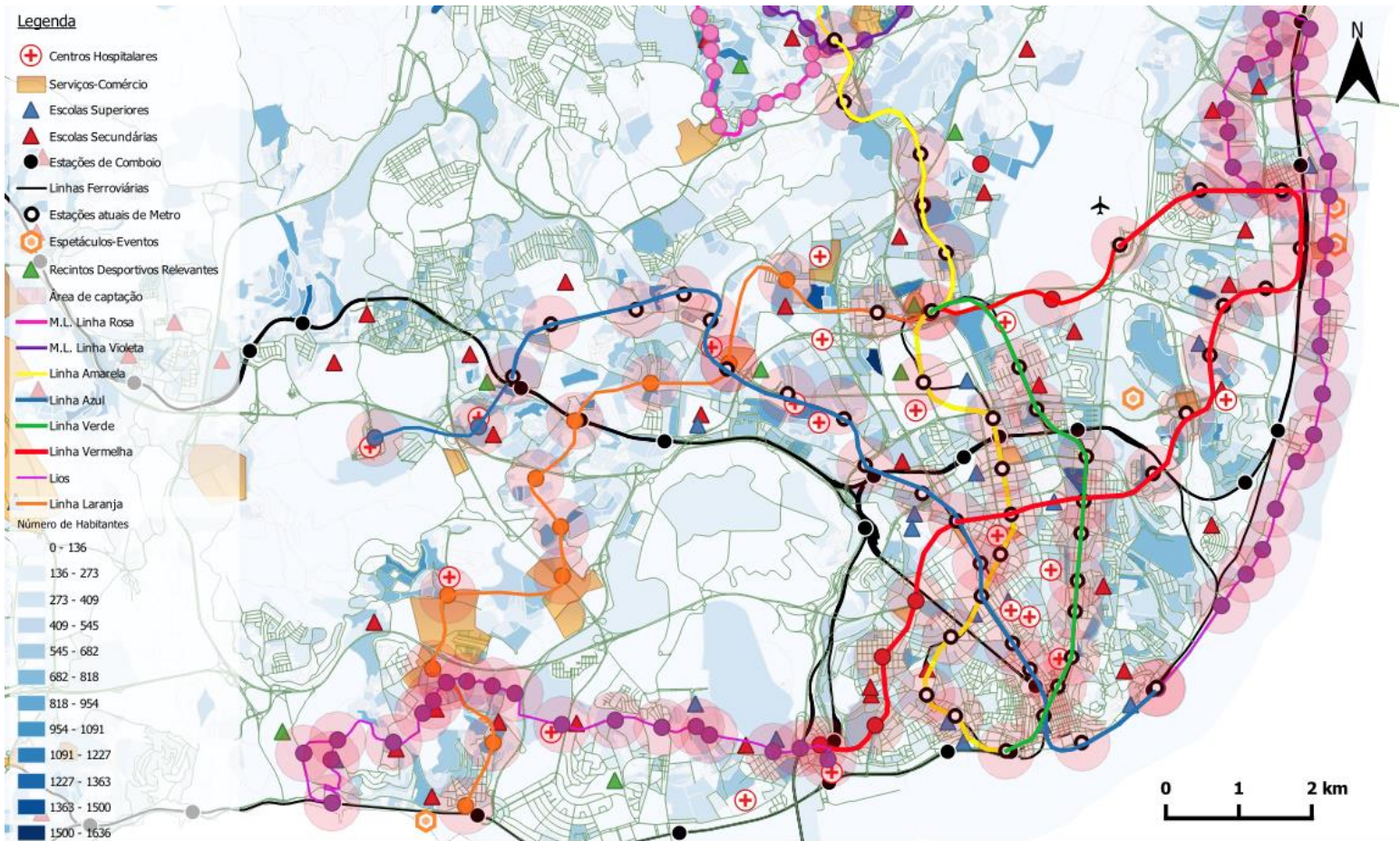
A.2 Tabela com informação complementar relativa a cálculos de emissões e redução de veículos em circulação

Linha	Sistema	Comprimento do Traçado (km)	Veículos nos eixos por dia	Redução de veículos por dia (P=42,8%)	Redução de veículos por dia (P=59,3%)	Redução de veículos por ano (P=42,8%)	Redução de veículos por ano (P=59,3%)	tCO2 poupado por ano (P=42,8%)	tCO ₂ poupado por ano (P=59,3%)	% de redução de veículos ano	Percentagem de Redução de Veículos por ano (P=42,8%)	Percentagem de Redução de Veículos por ano (P=59,3%)
Linha azul até hospital	Metro Cascais	12,9	83 925	12 204	16 909	4 454 635	6 171 960	12 397	17 176	0,824	1,4	1,9
Linha Vermelha		9,1										
Linha amarela até loures	Metro de Lisboa	2,6	113 896	18 666	25 861	6 812 922	9 439 399	18 960	26 270	1,261	2,1	2,9
Linha Rosa	Metro de Lisboa	9,2										
Linha Violeta	Metro de Lisboa	12,4										
Linha Laranja	Metro de Lisboa	13,4	412 919	46 940	65 036	17 132 976	23 737 979	47 681	66 063	3,171	5,2	7,2
Linha Vermelha até Alcântara	Metro de Lisboa	4,0										
Linha azul até hospital	Metro de Lisboa	2,3										
Linha Vermelha até Campo grande	Metro de Lisboa	3,1	99 787	37 571	52 055	13 713 275	18 999 934	38 164	52 877	2,538	4,2	5,8
Linha 2	Metro de Oeiras	13,3										
Linha 1	Metro de Oeiras	10,2										
Linha 3	Metro de Oeiras	10,5	54 874	19 516	27 040	7 123 465	9 869 661	19 825	27 467	1,318	2,2	3,0
Linha 1	Metro de Setúbal	8,1										
Linha 2	Metro de Setúbal	7,6	93 951	28 767	39 857	10 500 051	14 547 967	29 222	40 487	1,943	3,2	4,4
Linha 4 Corroios-Seixal	MTS	22,0										
Linha 5 Barreiro	MTS	11,0										
Linha 3 Extensão C. Caparica	MTS	6,7										
Linha 2 Extensão Trafaria	MTS	7,2										

A.3 Dados relativos a sistemas e linhas existentes

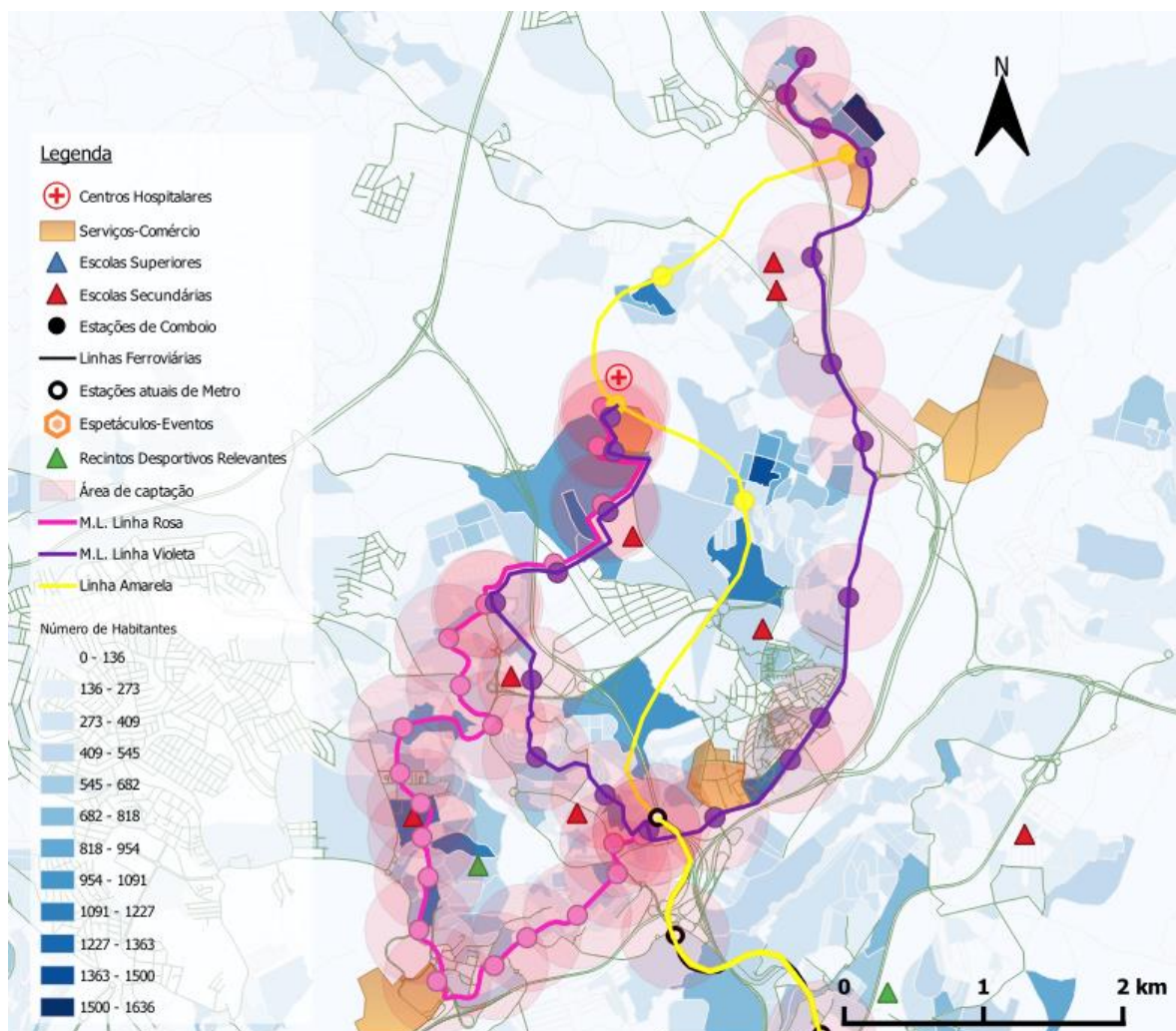
Sistema	Linha	Cor	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Alojamentos	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	Nº Estações por sentido
Metro de Lisboa	Linha Verde		8,9	83269	51922	1021	82	13
	Linha Amarela		11,1	72461	42324	1021	71	13
	Linha Azul		13,7	74639	46945	1414	53	18
	Linha Vermelha		10,5	76158	42780	942	81	12
MTS	Linha 1- Azul		7,1	69463	38535	1021	68	13
	Linha 2- Amarela		5,4	46932	24079	707	66	9
	Linha 3- Verde		6,5	43167	24474	942	46	12

A.4 Informação complementar sobre a proposta de Lisboa



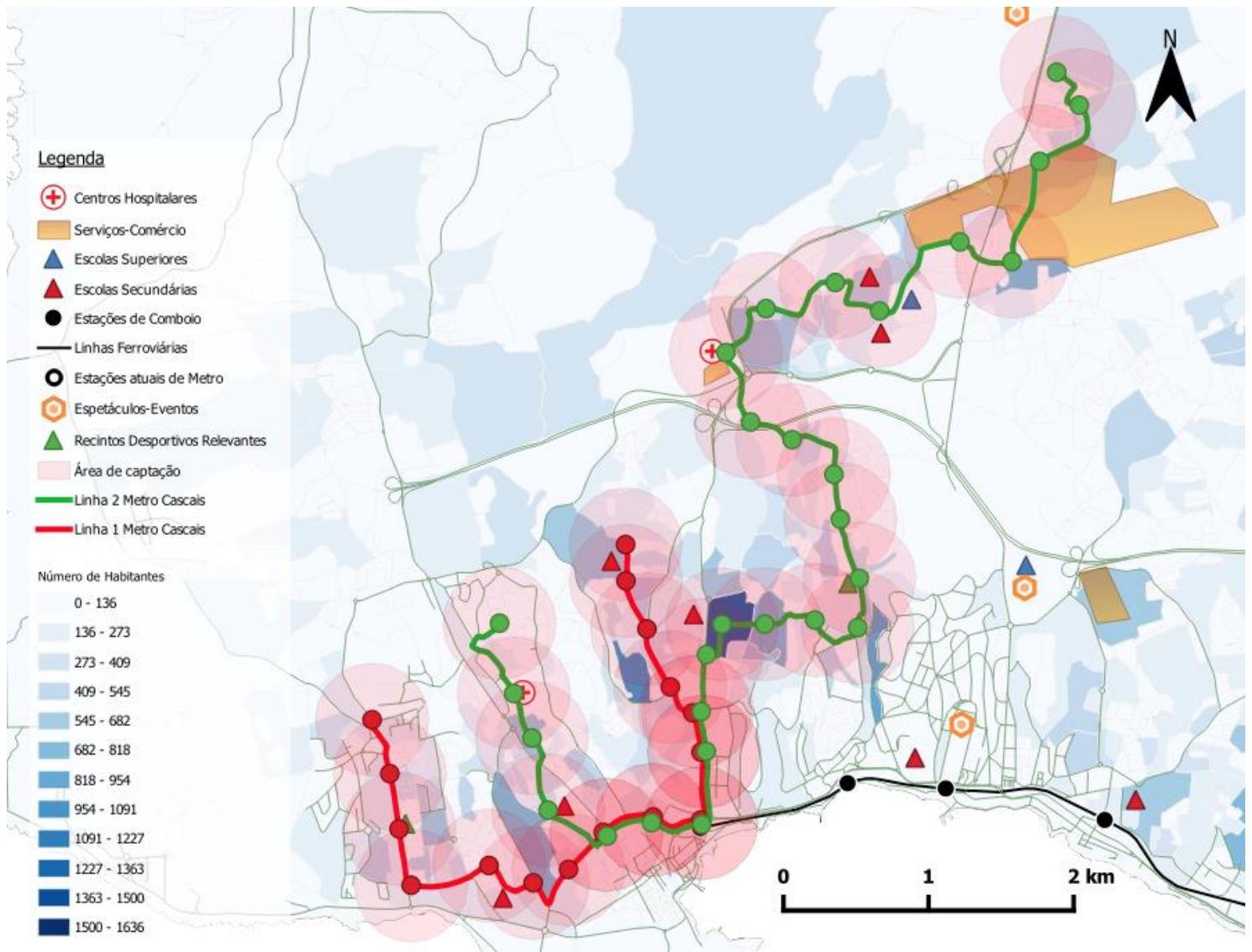
Sistema	Linha	C o r	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
Metro de Lisboa	Linha Laranja		13,4	82 587	864	96	27	505
	Linha Vermelha até Alcântara		4,0	35 492	314	113		
	Linha azul até hospital		2,3	9 135	157	58		
	Linha Vermelha até Campo grande		3,1	6 915	157	44		

A.5 Informação complementar sobre a proposta de Loures/Odivelas



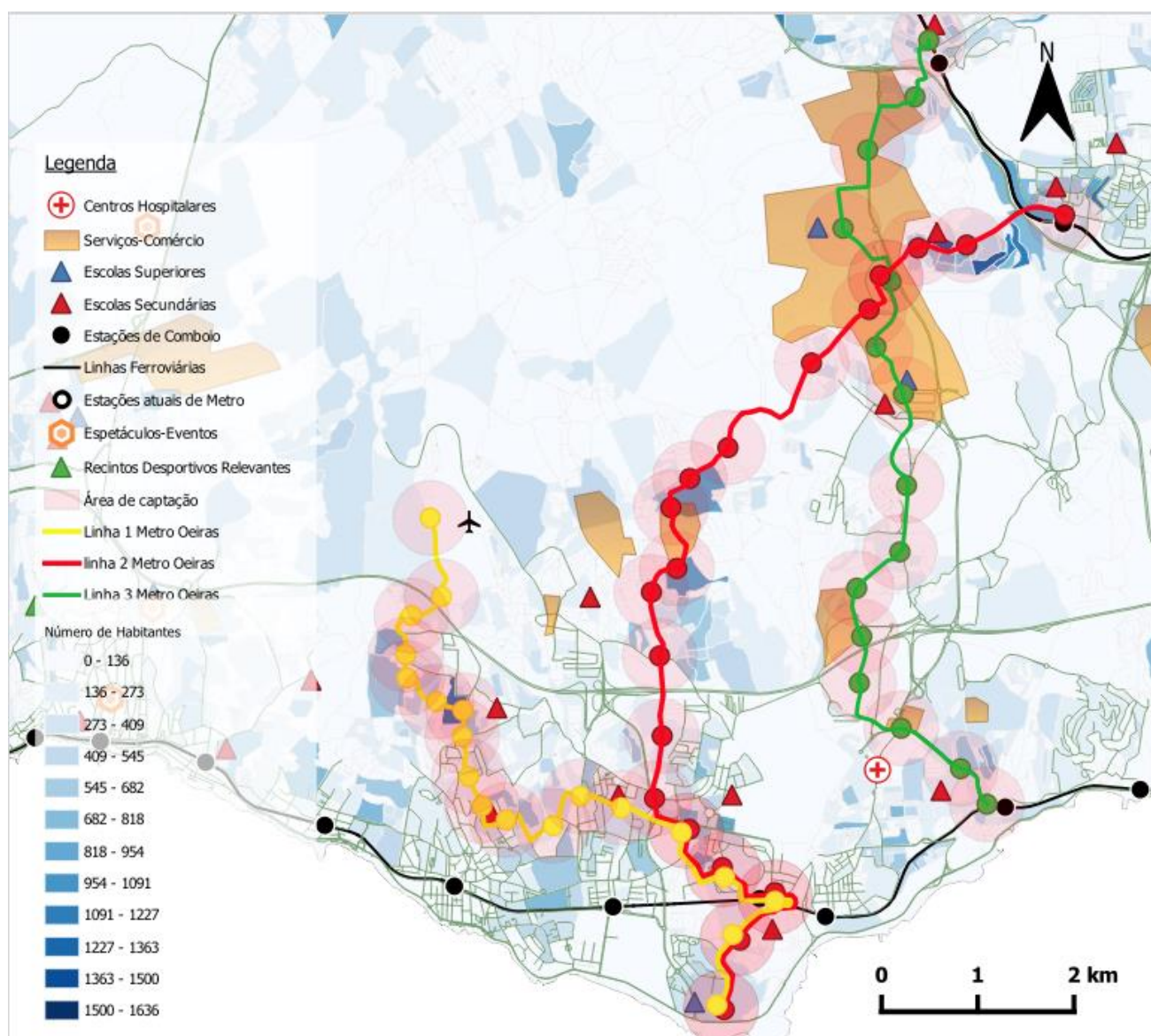
Sistema	Linha	C o r	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
Metro de Lisboa	Linha amarela até Loures		2,6	25 164	314	80	38	349
	Linha Rosa		9,2	63 962	1649	39		
	Linha Violeta		12,4	69 671	1571	44		

A.6 Informação complementar sobre a proposta de Cascais



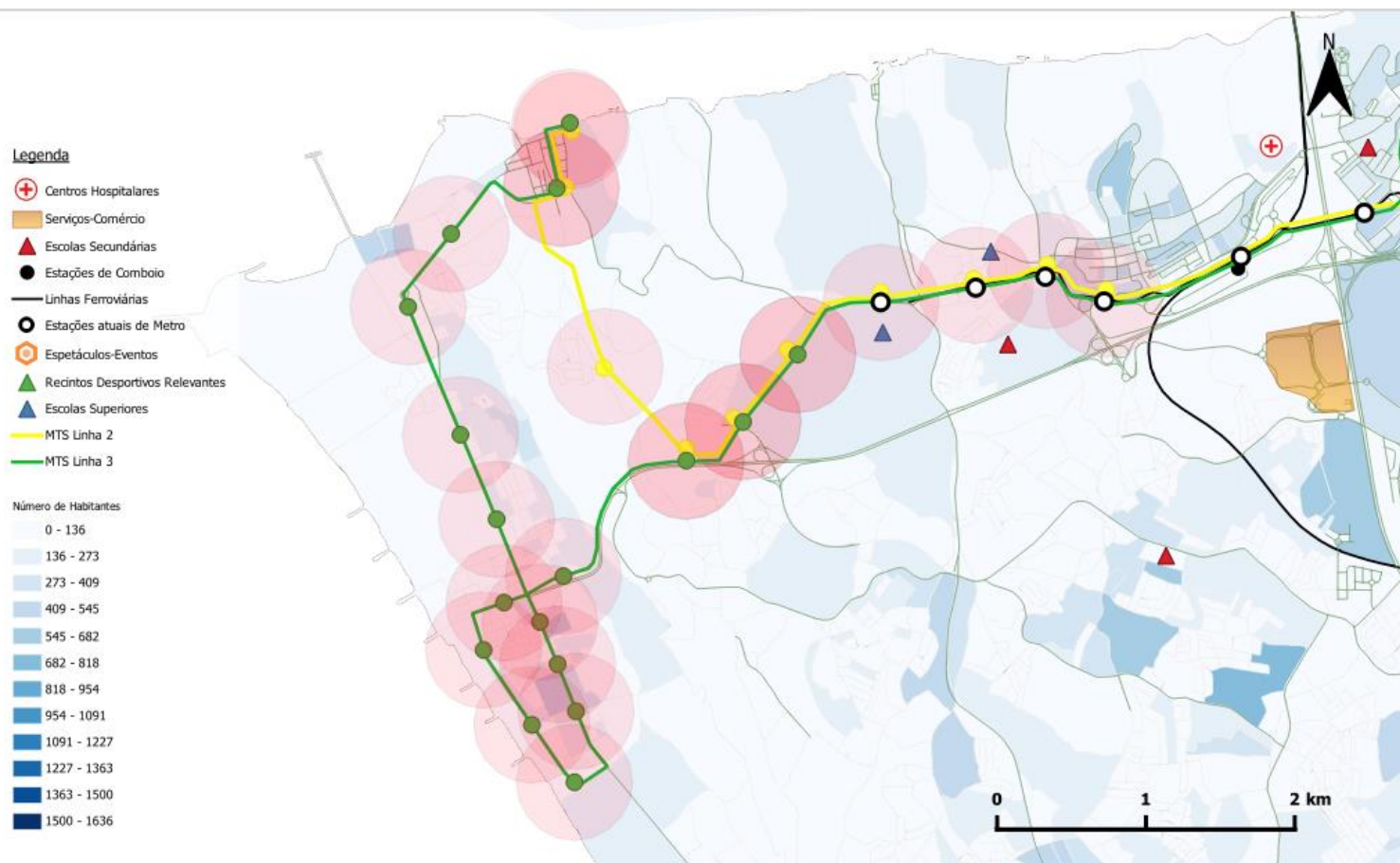
Sistema	Linha	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
Metro Cascais	Linha verde	12,9	43 752	2199	20	34	214
	Linha Vermelha	9,1	29 013	1257	23		

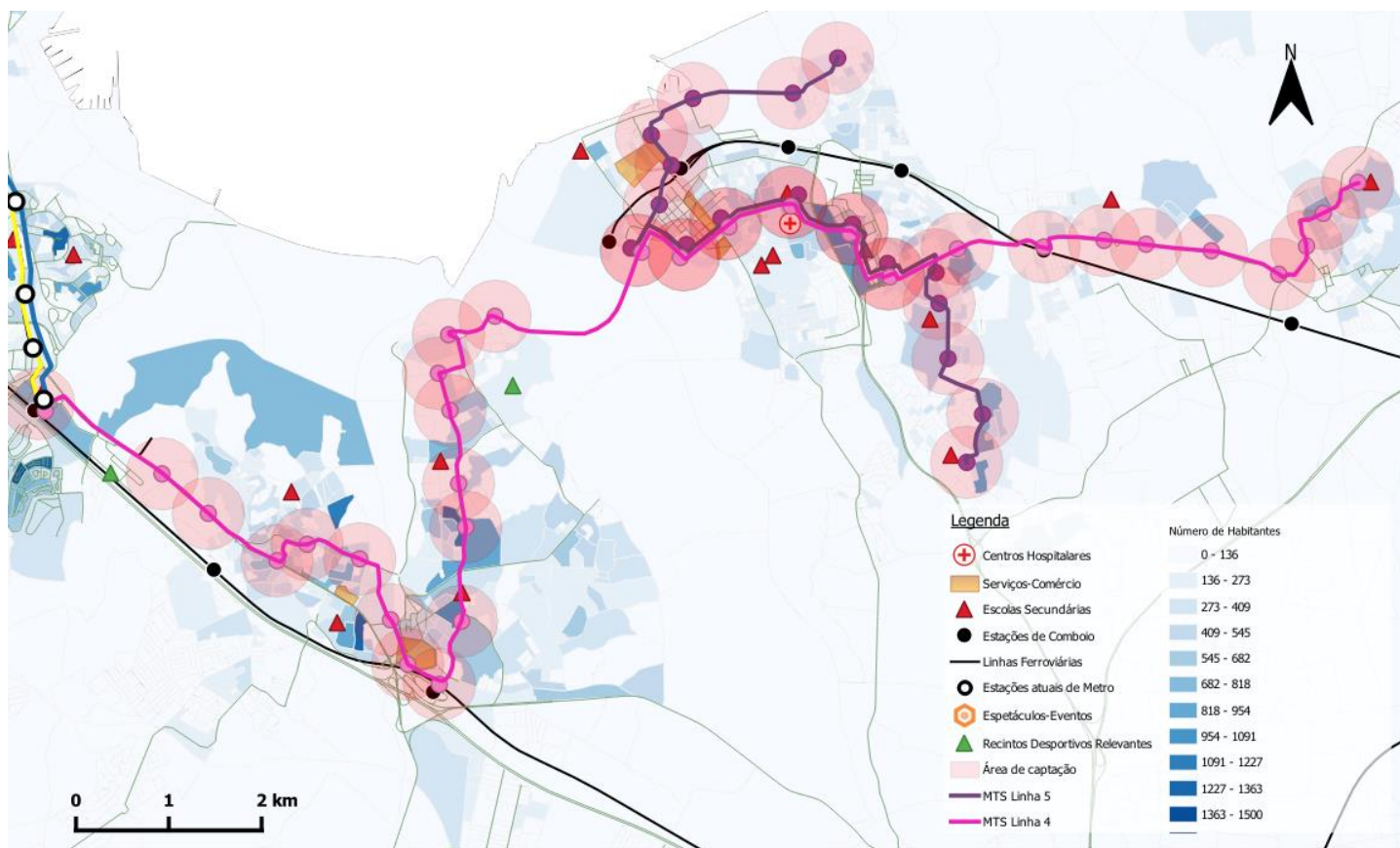
A.7 Informação complementar sobre a proposta de Oeiras



Sistema	Linha	Cor	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
Metro de Oeiras	Linha 2	Red	13,3	64 105	1414	45	88	172
	Linha 1	Yellow	10,2	48 627	1492	33		
	Linha 3	Green	10,5	38 575	1178	33		

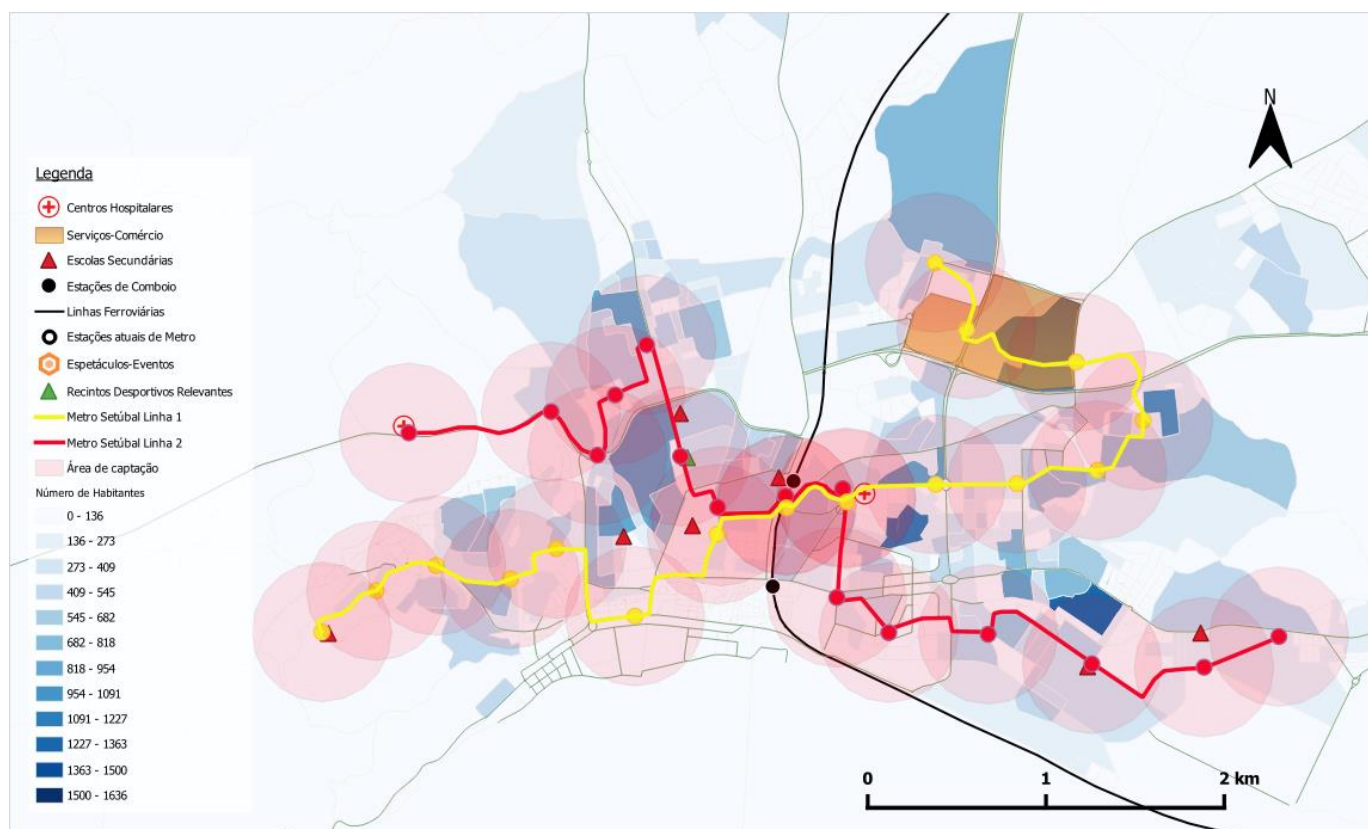
A.8 Informação complementar sobre a proposta de Costa da Caparica/ Trafaria e Seixal/ Barreiro





Sistema	Linha	Cor	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
MTS	Linha 4 Corroios-Seixal		22,0	108 226	2435	44	72	275
	Linha 5 Barreiro		11,0	58 070	1335	43		
	Linha 3 Extensão C. Caparica		6,7	18 643	864	22		
	Linha 2 Extensão Trafaria		7,2	11 798	785	15		

A.9 Informação complementar sobre a proposta de Setúbal



Sistema	Linha	Cor	Comprimento do Traçado (km)	População servida	Área de captação (ha)	Densidade populacional na área de captação (hab./ha)	% população servida do território	População total do território (milhares)
Metro de Setúbal	Linha 1	Amarelo	8,1	52 440	1257	42	83	121
	Linha 2	Vermelho	7,6	48 108	1178	41		



O P O R T U N I D A D E D E E X P A N S Ã O D A R E D E F E R R O V I Á R I A D A A M L R

PA-
TRI
CK
TH
OM
AS
FO
NS
EC
A
GU
GG