



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Cenários de Mobilidade Sustentável em Centros Históricos

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação

Autor

Nuno Miguel de Almeida Pimentel Cavaco

Orientador

Professora Doutora Anabela Salgueiro Narciso Ribeiro

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Fevereiro, 2016

AGRADECIMENTOS

Quero deste modo e em primeiro lugar, agradecer à Professora Doutora Anabela Ribeiro pela orientação, disponibilidade e compreensão manifestada durante a elaboração desta Dissertação. Agradeço-lhe, de igual modo, as palavras de apoio e incentivo que me motivaram a desenvolver um tema inovador no âmbito do Planeamento e do Desenho Urbano.

Quero também deixar uma nota de gratidão ao Professor Doutor Álvaro Seco e ao Professor Doutor João Rodrigues pela disponibilidade e ajuda prestada no esclarecimento de algumas questões, contribuindo assim para a concretização deste projeto.

Agradeço à minha família, às minhas irmãs e em especial, à minha Mãe e ao meu Pai pela paciência demonstrada e por aceitarem e respeitarem as minhas decisões ao longo deste processo. Agradeço-lhes também pelas palavras de coragem, pelo apoio incondicional e por me ensinarem desde cedo que com o esforço e dedicação do nosso trabalho tudo é possível.

Quero também agradecer a todos os meus amigos e colegas que me acompanharam e me apoiaram ao longo desta jornada. Em particular, ao André, ao Daniel, ao Francisco, ao Hugo, à Liliana, ao João, ao Pedro, ao Rodrigo, à Vera e à Vanessa pelos momentos de companheirismo, de diversão, e por aceitarem este jovem *Culé* nascido em Coimbra, mas com coração algarvio, na nossa “Família de Coimbra”.

Por último, quero endereçar um agradecimento especial a uma Pessoa muito importante que, no seu jeito infantil, reforçou o meu objetivo de terminar esta etapa e de partir em busca do meu próximo sonho.

A todos Muito Obrigada.

RESUMO

Uma área na zona histórica de Coimbra designada de "Alta de Coimbra e Rua da Sofia", foi recentemente classificada como Património Mundial pela UNESCO, sendo uma oportunidade única que ativou numerosas iniciativas, encorajadas pela Universidade de Coimbra e pela Câmara Municipal. Um dos desafios que se coloca é a questão da mobilidade, uma questão menos tratada no processo de classificação da UNESCO (que é focado principalmente em edifícios). A qualidade do espaço público em geral, e no caso de infraestruturas adequadas para a mobilidade além da gestão da mobilidade, não são áreas definidas claramente como critérios para a classificação pela UNESCO. E a mobilidade tem também influência na conservação e promoção do património edificado.

A principal motivação deste trabalho é assim a necessidade de incentivar a classificação que considera não apenas os edifícios, mas também características específicas dos espaços públicos. Isso aplica-se certamente aos centros históricos e à necessidade de promover novas abordagens para a reabilitação e para o uso dessas áreas, devolvendo-lhes a “vida pública”. A qualidade do espaço urbano pode ser medida por vários indicadores urbanos. A questão da mobilidade (em termos de infraestrutura e de gestão) é um aspeto fundamental para a qualificação urbana, e pode ser medida por indicadores de mobilidade sustentável. A quantificação destes indicadores pode ser direta ou com recurso a técnicas de síntese do espaço, tais como a Sintaxe Espacial no caso da construção de indicadores relacionados com a conectividade.

Vários cenários foram testados combinando vários indicadores e as suas possíveis alterações, privilegiando as melhorias ao nível dos modos suaves, transporte público e mobilidade pedonal. Os resultados devem fornecer orientações para apoio à decisão em políticas de mobilidade sustentável nos Centros Históricos. Além do *Depthmap* (Técnica de Sintaxe Espacial), os programas utilizados são *ArcGIS*, *AutoCAD* e a técnica de análise multicritério TOPSIS. Os resultados incluem a identificação e medição dos indicadores mais adequados para a classificação dos espaços públicos em áreas candidatas a Património Mundial. Com base nisso, foi desenvolvida uma ferramenta para criar diversos cenários dentro de uma decisão de apoio de análise multicritério que permite comparar o diagnóstico para a "Alta de Coimbra", com o desenvolvimento de diferentes cenários para futuras melhorias na área.

Palavras-chave: Centros Históricos | Desenho Urbano | Qualidade do Espaço Público | Mobilidade Sustentável

ABSTRACT

An area in the historic district of Coimbra called "Alta de Coimbra e Rua da Sofia", was recently listed as World Heritage by UNESCO and is a unique opportunity that triggered numerous initiatives, encouraged by the University of Coimbra and the City Council. One of the challenges that arises is the question of mobility, an issue less treated in the UNESCO classification process (which is primarily focused on buildings). The quality of public space in general, and in the case of adequate infrastructure for mobility beyond the mobility management areas are not clearly defined as criteria for the classification by UNESCO. And mobility also affects the conservation and promotion of the built heritage.

The main motivation of this work is thus the need to encourage the ranking that considers not only the buildings, but also specific characteristics of public spaces. This certainly applies to the Historical Centres and the need for new approaches to rehabilitation and the use of these areas giving them back the "public life". The quality of urban space can be measured by a number of urban indicators. The issue of mobility (in terms of infrastructure and management) is a fundamental aspect for urban qualification, and can be measured by sustainable mobility indicators. The quantification of these indicators can be directly or using the space synthesis techniques, such as Space Syntax in the case of construction of indicators related to connectivity.

Several scenarios were tested by combining several indicators and their possible changes, focusing on improvements to the soft modes, public transport and pedestrian mobility. The results should provide guidance for decision support in sustainable mobility policies in Historic Centres. In addition to the Depthmap (Technique of Space Syntax), used programs are ArcGIS, AutoCAD and multi-criteria analysis technique TOPSIS. Results include the identification and measurement of the most appropriate indicators for classification of public spaces in the candidate areas World Heritage Site. Based on this, a tool has been developed to create different scenarios within a multi-criteria analysis to support decision allowing compare the diagnosis for "Alta de Coimbra", with the development of different scenarios for future improvements in the area.

Keywords: Historic Centres | Public Space Quality | Sustainable Mobility | Urban Design

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Metodologia da Abordagem	3
1.4. Estrutura da Dissertação	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Conceito de Desenvolvimento Sustentável.....	5
2.1.1. Contexto Histórico.....	5
2.1.2. A Sustentabilidade do Sistema de Transportes.....	7
2.2. Incentivos políticos à Mobilidade Sustentável	8
2.3. Indicadores de Mobilidade Sustentável	10
2.3.1. Enquadramento Geral.....	10
2.3.2. Sistemas de indicadores de mobilidade - exemplos	14
3. METODOLOGIA	18
3.1. Introdução.....	18
3.2. Sistema de Indicadores	19
3.3. Método de Quantificação de Pesos	19
3.4. Técnica de Análise Multicritério	22
4. PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL APLICADO A CENTROS HISTÓRICOS	25
4.1. Introdução.....	25
4.2. Seleção dos Indicadores.....	25
4.2.1. Infraestruturas – Indicadores da ocupação do solo.....	28
4.2.2. Infraestruturas – Indicadores do estado de conservação.....	29
4.2.3. Infraestruturas – Indicador de conectividade automóvel.....	30
4.2.4. Infraestruturas – Indicadores de conectividade pedonal	30

4.2.5. Infraestruturas – Indicadores de aspetos relacionados com o dimensionamento	31
4.2.6. Estacionamento – Indicadores da gestão do estacionamento	33
4.2.7. Tráfego – Indicadores da gestão de tráfego.....	34
4.2.8. Transportes – Indicadores para o uso de modos não motorizados (suaves)	35
4.2.9. Transportes – Indicadores da qualidade dos Transportes Coletivos Urbanos	35
4.2.10. Mobilidade – Indicadores de Políticas de Mobilidade do Município	37
4.3. Atribuição do peso de cada indicador na análise multicritério	39
5. ESTUDO DE CASO – CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA – ALTA UNIVERSITÁRIA	42
5.1. Introdução	42
5.2. Enquadramento Global	43
5.2.1. Caracterização Geográfica.....	43
5.2.2. Caracterização Demográfica e Socioeconómico	45
5.2.3. Sistema de Mobilidade	47
5.3. Índice de Mobilidade Sustentável do Centro Histórico de Coimbra	53
5.3.1. Quantificação dos Indicadores.....	53
5.3.2. Cenários de Análise	71
5.3.3. Cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável	77
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	81
6.1. Conclusões.....	81
6.2. Trabalhos Futuros	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ANEXOS

ABREVIATURAS

- AEA – Agência Europeia do Ambiente
AHP – *Analytic Hierarchy Process*
APA – Agência Portuguesa do Ambiente
AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*
BGRI – Bases Geográficas de Referência de Informação
CMMAD – Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CST – *Centre for Sustainable Transportation*
DGOTDU – Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano
EDS – Estratégia Europeia de Desenvolvimento Sustentável
EPOMM – *European Platform on Mobility Management*
HCM – *Highway Capacity Manual*
IMSCH – Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos
IMTT – Instituto de Mobilidade e Transportes Terrestres
INE – Instituto Nacional de Estatística
IUCN – *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*
JAE – Junta Autónoma das Estradas
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONU – Organização das Nações Unidas
PLUME – *Planning and Urban Mobility in Europe Consortium*
RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas
RMUE – Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação
SMTUC – Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra
UCL – *University College of London*
UNEP – *United Nations Environment*
UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
TCU – Transportes Coletivos Urbanos
TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*
WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*
ZE – Zona de Estudo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Desde a construção dos primeiros aglomerados urbanos ao longo da História, que as cidades são o reflexo da evolução das sociedades que as ergueram fazendo parte de um processo contínuo e intemporal (Sebastião, 2010). As cidades sempre foram os polos de desenvolvimento das mais importantes atividades económicas, sociais, habitacionais, patrimoniais e cívicas, tendo como elemento fundamental da sua génese o seu Centro Histórico.

Os núcleos históricos, antigamente definidos geometricamente no centro das cidades, eram os lugares mais acessíveis para todos, os mais bem protegidos e também os pontos das cidades onde se concentravam todas as atividades e funções urbanas, bem como a maioria da população (Ascher, 2012). O fenómeno de suburbanização acompanhado pelo desenvolvimento dos transportes acabou por fomentar uma separação entre o local de trabalho e o local de residência, levando a um aumento do número de deslocações pendulares, a um maior consumo do solo que se tornou insustentável, a um aumento de energia e ao abandono dos Centros Históricos, deixando-os degradados e envelhecidos (Cavém, 2007).

Por outro lado, o uso excessivo do automóvel no interior das áreas urbanas mais antigas da cidade é também um fator que contribui para a deterioração destes espaços, uma vez que “não estão preparados nem foram desenhados para assumir de forma maciça este novo elemento” (Freire Chico, 2008), levando a situações de congestionamento e avolumar de tráfego rodoviário. As ruas das áreas históricas são marcadas por perfis estreitos e muitas vezes sem passeios, o que torna muito difícil a coexistência equilibrada dos veículos motorizados e dos peões, sendo que o traçado de muitos dos acessos ao centro é inadequado face ao atual volume de transportes rodoviários (Salgueiros, 1999).

Os Centros Históricos apresentam, assim, alguns problemas específicos de mobilidade e de acessibilidade que se devem principalmente à “sua posição central no conjunto urbano da cidade, às características especiais da rede viária, à concentração de atividades terciárias do tipo administrativo e comercial e à presença dos principais edifícios do património histórico da cidade” (Puebla, 1995).

Na Conferência Geral da Organização das Nações Unidas realizada em Nairobi, em 1976, ficou estabelecido que os governos, entidades municipais e os próprios cidadãos deveriam

assumir a responsabilidade de salvaguardar e proteger os núcleos históricos e o seu valor patrimonial insubstituível. Dever-se-á assim promover a implementação de medidas e políticas urbanas capazes de preservá-los e de revitalizá-los, atraindo potenciais residentes e visitantes, devolvendo-lhes novamente a vivência urbana que lhes era tão característica.

Em 1972, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) criou a Convenção do Património Mundial, Cultural e Natural que visa “proteger os bens patrimoniais (monumentos, conjuntos de construções e locais de interesse arqueológico) dotados de um valor universal e excepcional” (UNESCO@, 2015), como por exemplo, os Centros Históricos. Atualmente em Portugal, fazem parte da Lista de Bens Património Mundial da UNESCO os Centros Históricos de Évora, do Porto, de Guimarães e a Alta Universitária de Coimbra.

No entanto, os critérios utilizados no processo de candidatura e de elevação dos bens a Património Mundial não integram aspetos relacionados com a avaliação da qualidade do espaço público. De facto, os critérios contemplados dirigem-se maioritariamente ao debate de questões relacionadas com o estado físico e de preservação dos monumentos ou edifícios com valor histórico e cultural, descorando os problemas que assolam todo o espaço envolvente a esses monumentos e que afetam as zonas históricas das cidades. A mobilidade urbana é, assim, um dos planos de ação que deve ser revisto e sobre o qual devem ser estudadas opções estratégicas sustentáveis que devolvam a importância de outros tempos e a vivência e qualidade urbana aos Centros Históricos.

1.2. Objetivo

A presente Dissertação tem como objetivo principal desenvolver um conjunto de indicadores que permita avaliar e caracterizar a qualidade do espaço urbano, incluindo o sistema de mobilidade dos Centros Históricos, sendo depois conjugados numa proposta para a construção de um Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos. Paralelamente pretendem-se atingir também os seguintes objetivos:

- Criar uma base bibliográfica e documental sobre a temática da sustentabilidade e dos problemas ao nível da mobilidade urbana que afetam as zonas históricas das cidades destacando o papel do Planeamento e Desenho Urbano;
- Desenvolver uma metodologia, baseada numa técnica de análise multicritério, que permita comparar diferentes cenários de mobilidade sustentável para um Centro Histórico com a sua situação atual.
- Avaliar e caracterizar o sistema de mobilidade do caso de estudo da Zona da Alta Universitária do Centro Histórico de Coimbra com base nos indicadores desenvolvidos para o IMSCH.

- Apresentar duas propostas (cenários) para a Zona da Alta Universitária do Centro Histórico de Coimbra e demonstrar, através da aplicação da técnica de análise multicritério, que as duas alternativas são melhores do ponto de vista da mobilidade sustentável que a situação atual.

1.3. Metodologia da Abordagem

Para a elaboração e desenvolvimento da temática que aborda esta Dissertação, foi utilizada uma metodologia que pode ser dividida em três fases: pesquisa bibliográfica sobre o tema da mobilidade sustentável em áreas urbanas; desenvolvimento e seleção do conjunto de indicadores que compõem o IMSCH e escolha da técnica de análise multicritério; aplicação do IMSCH a um caso de estudo (Zona da Alta Universitária do Centro Histórico de Coimbra) e apresentação e comparação de propostas com a atual situação do caso de estudo.

Relativamente à primeira fase, foi realizado um estudo bibliográfico sobre os conceitos de sustentabilidade e mobilidade sustentável com o intuito de compreender as dimensões que estas noções abrangem e o tipo de ações que têm sido desenvolvidas, ao longo dos anos, por diferentes organismos para promover o desenvolvimento sustentável, concretamente, no plano da mobilidade. Nesta fase foi também realizada uma pesquisa acerca do tipo de indicadores de mobilidade sustentável propostos por diferentes referências internacionais e nacionais e que constituem ferramentas e metodologias de avaliação da mobilidade.

Deste estudo resultou um conjunto global de indicadores que abordam as diferentes bases da mobilidade sustentável, tendo-se realizado uma análise individual, e posteriormente global, dos conjuntos de indicadores propostos pelos diferentes autores abordados, com o objetivo de identificar os que permitem caracterizar a mobilidade ao nível do Desenho Urbano. A partir desta análise, e tendo em consideração os principais problemas detetados nas zonas históricas, desenvolveu-se um índice composto por diferentes indicadores que abrangem as áreas do Desenho Urbano, dos Transportes e da Mobilidade que permite caracterizar a situação dos Centros Históricos das cidades. Por outro lado, foi também escolhida a técnica de análise multicritério a utilizar na aplicação e análise do IMSCH. Este trabalho resultou na segunda fase da presente Dissertação.

Por fim, procedeu-se à caracterização do sistema de mobilidade do caso de estudo – a Zona da Alta Universitária do Centro Histórico de Coimbra – através dos indicadores propostos na fase anterior e que integram o IMSCH, bem como à apresentação de propostas que resultam da melhoria dos padrões de mobilidade obtidos na análise à Zona da Alta Universitária.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação encontra-se organizada em sete capítulos, que são explicados em seguida:

O Capítulo 1 representa um capítulo introdutório. Contém a informação relevante para o entendimento da problemática que se pretende abordar e a motivação para a elaboração deste Projeto de Tese. Neste capítulo são apresentados também os objetivos da Dissertação, a metodologia adotada para tratar o tema e a forma como o documento está organizado.

O Capítulo 2 contém o estudo bibliográfico realizado sobre as matérias da Sustentabilidade, da Mobilidade Sustentável em áreas urbanas e a identificação de grupos de Indicadores de Mobilidade Sustentável estabelecidos por diferentes referências internacionais, europeias e nacionais.

O Capítulo 3 aborda os princípios para a criação do sistema de indicadores que são a base do Índice de Mobilidade Sustentável e do método utilizado para quantificar o peso de cada indicador. Neste capítulo é também apresentada a técnica de análise multicritério que integra a metodologia de cálculo do IMSCH.

O Capítulo 4 apresenta a proposta para o Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos. Este capítulo descreve o processo de seleção dos indicadores que constituem o IMSCH e da determinação do peso de cada indicador na análise multicritério escolhida anteriormente.

O Capítulo 5 é dedicado ao estudo de caso analisado neste Projeto de Tese e à aplicação do IMSCH. Numa primeira fase é apresentada uma caracterização geral do Centro Histórico de Coimbra – Zona da Alta Universitária – que engloba questões geográficas, demográficas, socioeconómicas e da mobilidade. Em seguida, é realizada uma avaliação mais pormenorizada do sistema de mobilidade da Zona da Alta Universitária e são apresentadas duas alternativas para a zona em estudo que serão comparadas com o cenário atual através da aplicação do IMSCH.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e as considerações finais relativas ao trabalho desenvolvido na presente Dissertação, bem como as propostas para trabalhos futuros.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas citadas neste documento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito de Desenvolvimento Sustentável

2.1.1. Contexto Histórico

Ao longo dos últimos anos, tem-se verificado que a preocupação de efetuar uma gestão racional e equilibrada dos recursos considerando o respeito pelo ambiente tornou-se um pensamento presente durante o processo de crescimento e desenvolvimento das comunidades.

O Clube de Roma, criado em 1968, foi uma das primeiras organizações que surgiu com o objetivo de analisar questões ligadas à política, à economia, ao consumo dos recursos, à divisão social e à proteção ambiental do sistema global por forma a desenvolver e implementar um conjunto de medidas e ações relativas a estes temas. Atualmente, esta organização é constituída por personalidades como académicos, cientistas, políticos, empresários e membros da sociedade civil que, em parceria com outras instituições como a UNESCO e a OCDE, procuram avaliar cenários futuros para as diferentes temáticas e determinar os riscos e oportunidades inerentes a cada cenário, propondo soluções e promovendo o debate público. Em 1972, foi publicado o primeiro relatório elaborado pelo Clube de Roma em parceria com uma equipa de especialistas do MIT, intitulado *The Limits to Growth*. Esta obra descrevia através de simulações e previsões futuras, que os problemas associados ao rápido crescimento populacional, à poluição e ao consumo descontrolado dos recursos energéticos e naturais, levariam a uma situação de insustentabilidade e que só poderia ser combatida através de uma gestão equilibrada no que diz respeito às questões ecológicas e económicas. Neste mesmo ano, assistiu-se à realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento Humano, em Estocolmo, tratando-se da primeira manifestação de preocupação das várias nações participantes com as consequências da economia sobre o meio ambiente. No seguimento desta iniciativa, foi criada a primeira agência mundial dedicada ao ambiente, bem como o *United Nations Environment Programme* (UNEP) com o objetivo de coordenar as ações internacionais de proteção do meio ambiente e de promoção do desenvolvimento sustentável.

Posteriormente à Conferência de Estocolmo, na década de 80, foi apresentado o livro *World Conservation Strategy* pela *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN), que defendia uma estratégia para garantir a conservação a longo prazo dos recursos biológicos do planeta, identificando as questões prioritárias e propondo orientações e formas eficazes para resolvê-las (IUCN *et al.*, 1980). É também neste documento que aparece

pela primeira vez o conceito de “desenvolvimento sustentável”. Contudo, foi em 1983, aquando da criação da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD) pela ONU, que esta noção começou a ganhar bases. Esta comissão tinha como propósito examinar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento económico, bem como apresentar propostas viáveis para os problemas de correlação entre estas duas temáticas. Mais tarde viria a ser publicado o relatório *Our Common Future*, que vinculou o plano económico ao plano ecológico, realçando a relação estreita existente entre eles. Esta publicação estabeleceu igualmente o eixo em torno do qual se deveria discutir o desenvolvimento, formalizando o conceito de “desenvolvimento sustentável”, definindo-o como um tipo de “desenvolvimento que satisfaz as necessidades da presente geração sem comprometer a capacidade da geração futura para satisfazer as suas próprias necessidades” (UN, 1987).

No entanto, atualmente esta definição não é muito bem aceite por alguns autores, por considerarem-na demasiado ambígua visto não clarificar o significado de desenvolvimento sustentável e não especificar quais as ações necessárias aplicar, para garantir níveis de sustentabilidade em áreas que não se referem ao combate à pobreza e à desigualdade social. O autor John Robinson afirma que a variedade e a falta de clareza na definição constituem uma oportunidade para introduzi-la no processo político e de tomada de decisão (Robinson, 2004). Por outro lado, os autores Erling Holden, Kristin Linnerud e David Banister defendem que a utilidade deste conceito no plano político só deverá ser aceite se for claro, simples e fácil de aplicar (Holden *et al.*, 2014). Já segundo o *Dictionary of Environment and Sustainable Development*, o desenvolvimento sustentável é um tipo de desenvolvimento que propicia um benefício económico, social e ambiental a longo prazo, tendo em conta as necessidades atuais e das gerações futuras, exigindo um maior ênfase na conservação dos recursos naturais e dos sistemas de base do desenvolvimento, e uma maior equidade social no contexto nacional e internacional (Gilpin, 1996).

Um dos grandes responsáveis pela difusão e promoção dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável foi a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento realizada pela ONU no Rio de Janeiro, em 1992, conhecida como *Earth Summit*. Esta conferência ficou marcada sobretudo pelo debate de novas perspetivas globais e da integração da questão ambiental planetária e pela aprovação do Programa Agenda 21. Este programa visava a criação de orientações estratégicas e planos políticos a nível internacional, regional e sub-regional por forma a resolver problemas de carácter social, económico e ambiental (UN, 1992).

Em 1997, realizou-se em Nova Iorque a Conferência *Earth Summit + 5* com o intuito de analisar a implementação do Programa Agenda 21. Neste mesmo ano foi assinado o Protocolo de Quioto, no qual os países signatários acordaram estabelecer uma redução de pelo menos 5.2% até 2012 dos valores de emissões de gases de efeito de estufa registados em 1990, incentivando a promoção de políticas e de medidas para o controlo de emissões de gases de efeito de estufa (UN, 1997).

Mais tarde, em 2002, a ONU realizou em Joanesburgo a Conferência *Earth Summit + 10* para reavaliar os compromissos estabelecidos em 1992 e para repensar novas formas de atuação favoráveis ao desenvolvimento sustentável, como o investimento nas energias renováveis (UN, 2002). Passados dez anos, a ONU organizou no Rio de Janeiro a Conferência *Earth Summit + 20* com o propósito de renovar as diretrizes definidas em 1992 e discutir desafios futuros e emergentes (UN, 2012). A garantia da sustentabilidade através da sua integração nas tomadas de decisão e os princípios do desenvolvimento sustentável foram alguns dos pontos esclarecidos nesta conferência.

Embora haja uma multiplicidade e variedade de interpretações da noção de sustentabilidade e da forma como deve ser abordada, todas as versões confluem num ponto de comunhão que incide sobre as dimensões da sustentabilidade e áreas de intervenção: a inclusão social, o desenvolvimento económico e a proteção ambiental.

2.1.2. A Sustentabilidade do Sistema de Transportes

Analisando o processo evolutivo do conceito de sustentabilidade verificou-se que, originalmente, a sua versão mais básica refletia uma preocupação relativamente aos impactos indiretos a longo prazo que contemplam questões ambientais, como o esgotamento de recursos naturais, a degradação ecológica e as alterações climáticas (Litman, 2008). No entanto, ao longo dos anos, a noção e o incentivo a um desenvolvimento sustentável têm-se expandido a outros domínios no sentido de incluir e abranger outras questões. “Como as atividades económicas, sociais e ambientais interagem de muitas maneiras” (Litman, 2015), muitos especialistas defendem que a sustentabilidade deve exigir o equilíbrio entre estes vários domínios, reforçando a ideia de que um planeamento sustentável de qualidade deve “fornecer orientações que garantam decisões que possibilitem equilibrar os objetivos económicos, sociais e ambientais, tendo em conta os impactos indiretos e de longo prazo” (Litman, 2015). Relativamente ao setor dos transportes, este tem impactos económicos, sociais e ambientais significativos, sendo por esse motivo um fator de grande preocupação e importância na avaliação da sustentabilidade. Cada vez mais o transporte deve ser analisado em termos da mobilidade (movimento físico) e em termos da acessibilidade (capacidade das pessoas de obterem os bens e serviços desejados), procurando-se resolver problemas como os

congestionamentos, a sinistralidade, o uso abusivo e excessivo dos veículos individuais ou a degradação das infraestruturas e espaços públicos através de uma gestão e planeamento baseado em critérios de mobilidade e acessibilidade eficientes e eficazes. Atualmente, a maioria das definições reconhece as três categorias principais de questões de desenvolvimento sustentável nos transportes: económico, social e ambiental. Contudo, o *Centre for Sustainable Transportation* (CST) defende ainda a incorporação de outras categorias como a governabilidade, as questões políticas e a sustentabilidade fiscal (CST@, 2005). Na Figura 2.1 são apresentadas as três categorias principais e os objetivos que um sistema de transportes deve atingir para garantir um grau de sustentabilidade satisfatório.

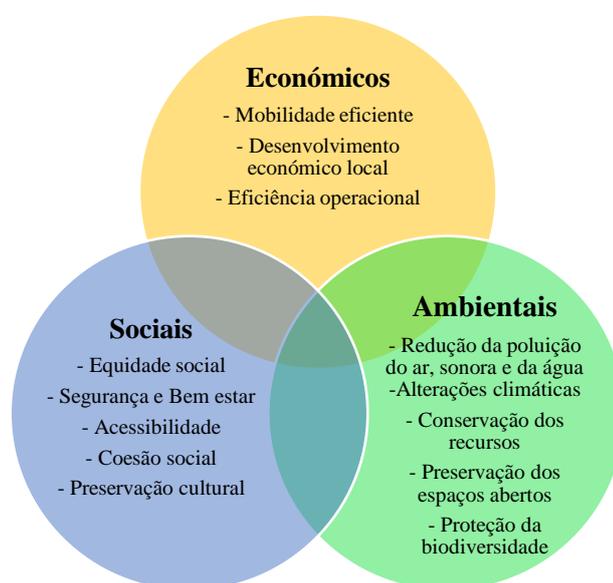


Figura 2.1 – Objetivos de um Sistema de Transportes Sustentável (Litman, 2015)

2.2. Incentivos políticos à Mobilidade Sustentável

A sustentabilidade é cada vez mais, nos dias de hoje, um conceito que não deve ser entendido como uma preocupação à escala global, mas sim como um princípio que deve ser aplicado em ações à escala local para garantir um estilo de vida sustentável. Um dos aspetos que tem sido debatido nos últimos anos pelos organismos europeus e das Nações Unidas, bem como pelos próprios governos regionais e municipais, é a mobilidade sustentável e quais as melhores soluções para avaliar níveis de sustentabilidade satisfatórios, não só ao nível dos transportes, mas também no domínio do desenho dos espaços urbanos e infraestruturas viárias em áreas específicas das cidades. Tratando-se de um conceito multidisciplinar que reúne a contribuição de diferentes princípios da gestão de tráfego, do planeamento urbano e dos transportes, a noção de mobilidade orientada para uma visão sustentável pode assumir diferentes desígnios e

planos de aplicabilidade, sendo fundamental o seu entendimento para uma escolha oportuna e adequada de políticas e estratégias sustentáveis.

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) reforça a importância da mobilidade como fator decisivo para o desenvolvimento dos planos social e económico de uma região, uma vez que permite o acesso a recursos, serviços, mercados de trabalho e a deslocação de pessoas, tendo como principais benefícios o aumento da qualidade de vida dos cidadãos e a promoção da competitividade e eficiência de uma região (WBCSD, 2009).

Por outro lado, entidades como a Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano vão um pouco mais longe, defendendo que para além de a mobilidade ser fundamental para garantir tempos menores de deslocação de pessoas e o acesso a mercadorias, é também o reflexo da conjugação de outro conceito, a acessibilidade (DGOTDU, 2011). Esta ideia é definida, segundo a DGOTDU pela “oferta de sistemas de transporte de diversos modos, nas suas componentes infraestrutura e serviços que nela operam” (DGOTDU, 2011), apoiada por uma clara aposta nos meios de transporte suaves e no desenvolvimento de uma cultura do cidadão multimodal. A DGOTDU define ainda mobilidade sustentável como a eficiência sustentável de um sistema de transportes que depende essencialmente da aplicação de iniciativas com o objetivo de minimizar a utilização do transporte individual, de melhorar a utilização do transporte público, de promover e aumentar a adesão ao uso dos modos suaves de transporte como o modo ciclável e o modo pedonal (DGOTDU, 2011).

Alguns autores como François Asher, abordam os aspetos da mobilidade de forma mais crítica e admitem que um dos grandes problemas atuais é a questão do automóvel, identificando-a como um problema urbanístico, visto que as novas zonas urbanas das cidades foram concebidas no século XX com base no uso do automóvel estando morfologicamente ligadas ao seu uso, sendo necessário recorrer a novos princípios e medidas para limitá-lo (Asher, 2012). O autor afirma ainda o interesse da intermodalidade, defendendo-a como uma aposta das mobilidades urbanas com potencial, embora o seu desenvolvimento seja muitas vezes travado “por forças das lógicas especializadas dos atores do transporte, do localismo das escolhas urbanísticas e do peso da ideologia anticarro” (Asher, 2012).

O Instituto de Mobilidade e Transportes Terrestres (IMTT) descreve que a sustentabilidade associada ao domínio da mobilidade rege-se por princípios que visam a redução da dependência face ao transporte individual e que procuram recuperar o conceito de “cidade compacta”, onde a cidade é desenhada à escala do peão e para o peão com o intuito de aproximar os espaços de lazer e as zonas de atividade económica dos locais de residência, de

defender a multifuncionalidade dos espaços e de promover a acessibilidade não motorizada na gestão do território através da implementação de novos modos de deslocação mais sustentáveis (IMTT, 2011a).

A *European Platform on Mobility Management* (EPOMM) define o conceito mobilidade numa vertente mais direcionada para a gestão e procura do transporte de passageiros e de mercadorias, alertando para uma questão fundamental que surge associada a esta nova realidade, que é a alteração de comportamento e a mudança de atitude por parte dos utilizadores. Como tal, baseia-se em ações de informação, comunicação, organização e coordenação (EPOMM, 2013).

É perante a conjectura de ultrapassar estes novos desafios que se coloca às cidades o repto de desenvolverem estratégias e planos de desenvolvimento e melhoria da mobilidade local, isto é, “pensar globalmente mas agir localmente, visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades e nas regiões” (Teles, 2014), sendo fundamental o papel das Câmaras Municipais no aspeto da melhoria da acessibilidade e da mobilidade. No relatório da EPOMM é divulgado que, atualmente, a preocupação das autoridades locais em tornar a mobilidade das cidades cada vez mais sustentável é devido essencialmente ao aumento do interesse dos cidadãos em melhorar a qualidade de vida (EPOMM, 2013). Contudo, é necessário salientar que a melhoria da mobilidade urbana não passa apenas pela difusão e implementação de novos sistemas e alternativas de transporte, mas também por uma reorganização do espaço urbano ao nível do traçado e da gestão das infraestruturas. Uma noção ainda pouco explorada, mas que tem um efeito na qualidade das áreas urbanas tão ou mais significativo que as transformações impostas no setor dos transportes, passando ainda por uma mudança cultural e uma alteração de hábitos e comportamentos dos cidadãos, no sentido de reduzir a dependência do transporte individual, alertando-os para esta nova realidade que é a mobilidade sustentável.

2.3. Indicadores de Mobilidade Sustentável

2.3.1. Enquadramento Geral

Como já foi referido, a avaliação da sustentabilidade aplicada à mobilidade em áreas urbanas é um conceito de domínio complexo devido à abrangência dos seus campos de atuação e à dificuldade que as entidades responsáveis pelo planeamento e gestão dos centros urbanos apresentam para conseguir compreendê-los e interligá-los de forma eficaz.

Para combater esta ambiguidade, em 1992, a Organização das Nações Unidas na Conferência *Earth Summit* alertou para a necessidade da criação de indicadores e metodologias de análise

relacionados com os domínios da sustentabilidade por forma a facilitar o processo de avaliação e de decisão de práticas a serem implementadas tendo em vista um desenvolvimento mais sustentável (UN,1992). Os indicadores de sustentabilidade podem ser interpretados como parâmetros de origem variada que condensam informação complexa de uma forma simplificada e que podem ser utilizados em diferentes análises científicas, políticas ou interações quotidianas, bem como no processo de tomadas de decisão (Gudmundsson, 2004).

Button (2002) afirma mesmo que para um planeamento e gestão mais eficiente e sustentável de áreas urbanas é importante recorrer a ferramentas capazes de identificar e quantificar o nível de sustentabilidade nas suas diferentes bases: social, económica e ambiental. É neste contexto, que o autor defende a utilização de indicadores de sustentabilidade, estabelecendo alguns critérios para a sua conceção, como a clareza, a objetividade, a sensibilidade à mudança e a fácil interpretação. Além destes requisitos, o autor insiste na premissa de que estes indicadores devem ser de preferência numericamente quantificáveis, uma vez que torna a sua interpretação mais fácil por parte dos agentes decisores e permite a sua aplicação em diferentes zonas urbanas, tornando possível perspetivar uma variedade de cenários (Button, 2002). Estes indicadores de sustentabilidade são no fundo medidores que fornecem informações do estado de um sistema ou das mudanças ocorridas nesse sistema nos três segmentos deste conceito: ambiente, economia e aspetos sociais (Häkkinen, 2007).

Graças à multiplicidade da noção de desenvolvimento sustentável e da diversidade de experiências onde o conceito de mobilidade sustentável pode ser aplicado, existe uma panóplia de indicadores associados a este tema que podem ser adaptados e utilizados na avaliação e caracterização de diferentes situações ou cenários. Como tal, devido a essa pluralidade de aplicações, optou-se numa primeira fase por estudar quais os indicadores utilizados pelas diferentes organizações, grupos de investigação, agências e entidades governamentais, no sentido de tentar perceber que critérios e parâmetros seriam mais adequados para a construção de um índice de caracterização de mobilidade sustentável aplicado ao caso dos Centros Históricos tendo como desígnio principal a avaliação do espaço urbano ao nível do desenho das infraestruturas viárias e pedonais.

▪ **Mundo**

Depois de em 1992 a ONU ter alertado os Estados Membro para a importância da construção de indicadores medidores da sustentabilidade, foi lançado, em 1995, um primeiro compêndio com 134 indicadores representativos do estado de desenvolvimento sustentável nas mais diversas áreas e domínios. No entanto, após a aplicação deste conjunto de indicadores em vários países, verificaram-se algumas debilidades neste procedimento de caracterização e avaliação provocadas pela extensa gama de critérios, tornando-o difícil de aplicar. Como tal,

iniciou-se um processo de revisão destes indicadores levado a cabo pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, com o intuito de reduzi-los em número e que viria a terminar em 2007 com a publicação de um novo conjunto constituído por 96 indicadores distribuídos e organizados em 14 temas que tratam os aspetos sociais, económicos, ambientais e institucionais ligados ao desenvolvimento sustentável (UN, 2007). Por seu lado, os indicadores relacionados com a mobilidade sustentável contemplam questões mais direcionadas para o setor dos transportes, como a repartição modal do transporte de passageiros e de mercadorias e as emissões de gases poluentes para a atmosfera.

▪ **Europa**

Em Lautso *et al.* (2004) é apresentado um projeto denominado “PROPOLIS” que tem como objeto o planeamento e pesquisa de políticas para o uso do solo e dos transportes visando aumentar a sustentabilidade urbana. Os objetivos principais deste trabalho foram o desenvolvimento de teorias sobre a interação entre transporte e desenvolvimento espacial, melhoria de técnicas de simulação, avaliação e identificação de medidas de planeamento para melhorar a sustentabilidade das regiões urbanas europeias (Lautso *et al.*, 2004). Um dos conceitos desenvolvidos neste projeto foi a elaboração de um conjunto de indicadores capazes de caracterizar a sustentabilidade urbana de cidades, permitindo posteriormente definir quais as opções estratégicas mais eficazes a implementar nessas mesmas cidades para se obterem melhorias ao nível da sustentabilidade.

Os resultados obtidos após a implementação de algumas políticas no plano da mobilidade mostraram que a regulação da velocidade dos veículos motorizados influencia o número de acidentes nas estradas, e que a redução de tarifas, o aumento de velocidade e a melhoria do serviço dos transportes coletivos são medidas que influenciam as escolhas dos utilizadores incentivando-os nas suas escolhas modais. Este documento também demonstrou que a introdução de medidas sustentáveis gera muito bons resultados no desenvolvimento de zonas urbanas.

A Comissão Europeia, por sua vez, desenvolveu uma metodologia para avaliar o desenvolvimento sustentável dos países europeus de acordo com os objetivos propostos na Estratégia Europeia de Desenvolvimento Sustentável (EDS) que contempla um conjunto de indicadores que baseiam-se nos pressupostos económicos, ambientais, sociais e institucionais desta ação estratégica (Eurostat, 2011).

Relativamente a temas próximos da questão da mobilidade sustentável, são apresentados 12 indicadores ligados ao transporte sustentável (energia consumida, repartição modal, emissões de poluentes, acidentes rodoviários, custos de transporte) que, embora não representem

totalmente os objetivos da EDS, contêm informação que permite identificar os problemas afetos a este sistema, como:

- Consumo de energia nos transportes;
- Distribuição modal do transporte de mercadorias;
- Distribuição modal do transporte de passageiros;
- Volume de transporte de mercadorias;
- Volume de transporte de passageiros;
- Investimento em infraestruturas de transporte;
- Preços do transporte de passageiros;
- Emissões de gases com efeito de estufa provenientes dos transportes;
- Pessoas mortas em acidentes rodoviários;
- Emissões médias de CO₂ por km percorrido por automóveis de passageiros;
- Emissões de NO_x provenientes dos transportes;
- Emissões de partículas provenientes dos transportes.

▪ **Portugal**

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), como forma de monitorizar o estado do ambiente e da sustentabilidade, elaborou um instrumento de apoio à gestão e avaliação da sustentabilidade do país. Esta ferramenta foi criada para fazer face à necessidade de avaliar a evolução do país em matéria de sustentabilidade e para ajudar na tomada de decisões que promovam o desenvolvimento sustentável (APA, 2007). Numa primeira publicação, ano 2000, a “Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (APA, 2000) englobava uma plataforma com 132 indicadores, dos quais 72 eram ambientais, 29 eram económicos, 22 eram sociais e 9 eram institucionais. Contudo, no ano de 2007, depois de um processo de revisão bibliográfica e tendo por base o estudo de outros sistemas de países e organizações, foi lançada uma nova edição do “Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (APA, 2007), no qual podiam ser identificados os seguintes indicadores ligados diretamente à questão da mobilidade:

- Emissão de gases efeito de estufa;
- Estrutura da rede viária e fragmentação do território;
- Idade média dos veículos em circulação;
- Ocupação e uso do solo;
- População exposta a ruído ambiente exterior;
- Repartição modal dos transportes de passageiros e de mercadorias;
- Sinistralidade rodoviária;
- Volume de transportes de passageiros e de mercadorias.

2.3.2. Sistemas de indicadores de mobilidade - exemplos

Para além dos programas e projetos de promoção e avaliação da sustentabilidade económica, ambiental e social no setor dos transportes apresentados nas últimas décadas pelas agências internacionais e organismos governamentais, tem-se verificado um número crescente dos estudos realizados no âmbito da mobilidade sustentável para o desenvolvimento de indicadores classificativos e de ferramentas de apoio à tomada de decisão que se revelam uma mais-valia para a monitorização e elaboração de planos de promoção desta temática. A escolha deste sistema de indicadores deve ser estabelecida com base nas intenções de uma mobilidade sustentável, nomeadamente, através de medidas que promovam os modos suaves de transporte - modo ciclável e modo pedonal - e que incentivem a redução da utilização do transporte individual motorizado (Campos *et al.*, 2009). Devem ser igualmente tidos em conta aspetos que garantam a igualdade de acesso aos serviços de transporte, que permitam o investimento no aumento da eficiência dos sistemas de transporte e que possibilitem a redução do consumo de energia associada ao transporte e às emissões de gases provenientes deste sistema.

Campos *et al.* (2009) propôs um índice de mobilidade sustentável que contempla um conjunto de indicadores associados aos problemas do setor dos transportes, do uso do solo e da sustentabilidade urbana, dos quais sobressaem:

- O incentivo ao uso do transporte público;
- O incentivo ao transporte não motorizado;
- O conforto ambiental e segurança;
- A conjugação transporte e atividade económica;
- A intensidade do uso do automóvel.

Em Melo, B. (2004) é proposto um conjunto de indicadores relacionados com a ocupação urbana que têm como objetivo principal condicionar o comportamento e as escolhas dos utilizadores, incentivando-os a utilizar modos de transporte alternativos ao veículo individual. Este procedimento consiste fundamentalmente num conjunto de indicadores que reflete as condições de planeamento e ocupação da área urbana de acordo com a sua estrutura viária.

Já em Muñoz *et al.* (2007) é descrito o procedimento para a criação de um sistema de indicadores que permitem avaliar a sustentabilidade dos padrões de mobilidade diária e do sistema de transportes nas cidades com a intenção de relacionar o modelo urbano com a mobilidade, identificando as possíveis diferenças internas na cidade induzidas pelas tipologias residenciais, pelo desenho urbano, pela organização espacial, uso e funções do solo e pela estrutura do sistema de transporte público. O sistema de indicadores é, segundo os autores, constituído por um conjunto de atributos que caracteriza o modelo da mobilidade sustentável

e do qual derivam os indicadores. Os atributos considerados são os padrões de mobilidade dos cidadãos, a eficácia do sistema de transporte público e o modelo urbano, resultando num conjunto de 17 indicadores relacionados com o número de viagens realizadas em modos motorizados e não motorizados; o número de viagens em transportes intraurbanos e interurbanos; o tempo médio de viagens intraurbanas e interurbanas; a quantidade de paragens de autocarro; os graus de conectividade e a intermodalidade (Muñoz *et al.*, 2007).

Por seu lado, o autor Todd Litman desenvolveu um guia com orientações sobre a utilização de indicadores para um planeamento sustentável do sistema de transportes (Litman, 2008). Este conjunto de indicadores baseia-se nos princípios que conservam o conceito de desenvolvimento sustentável e organizam-se de acordo com as categorias da sustentabilidade: económica, social e ambiental. De acordo com Litman (2008) os indicadores económicos de transportes sustentáveis refletem a influência que parâmetros como o número de viagens, a satisfação dos utilizadores dos serviços de transporte, os congestionamentos, o planeamento da qualidade e a gestão da mobilidade têm na avaliação da sustentabilidade. Também os fatores sociais, como a segurança, a percentagem da população que faz do caminhar e da bicicleta um modo de transporte regular e um exercício de *fitness*, a qualidade dos equipamentos e serviços de transporte disponíveis à população e a acessibilidade, são também contemplados num subconjunto de indicadores (Litman, 2008). Outros temas como as alterações climáticas provocadas pelas emissões de gases poluentes e de efeito de estufa, a poluição sonora, o impacto das políticas de uso do solo e o consumo de recursos são também aspetos representados por alguns indicadores.

Em 2003, no Canadá, os autores Richard Gilbert, Neal Irwin, Brian Hollingworth e Pamela Blais projetaram um conjunto inicial de 14 indicadores para medirem o desempenho de transportes sustentáveis no país e assim perceber se as políticas implementadas convergiam na direção dos interesses da sustentabilidade (Gilbert *et al.*, 2003). Os autores defendem mesmo que estes conjuntos de medidores tem inúmeras funcionalidades, podendo ser utilizados como fatores de comparação de tendências semelhantes, jurisdições ou outros fenómenos, e como alternativa para averiguar se os progressos registados no setor dos transportes são significativos para o cumprimento das metas impostas no Canadá em matéria de emissões de gases com efeito de estufa (Gilbert *et al.*, 2003).

O número de estudos já realizados até ao momento permite constatar que são imensas as iniciativas de organizações europeias e internacionais para o desenvolvimento e uso de ferramentas e metodologias criadas a partir de conjuntos de indicadores que avaliam a mobilidade em áreas urbanas que juntamente com Sistemas de Informação Geográfica podem servir de elementos de apoio à decisão para municípios, governos regionais e outras agências

governamentais na elaboração de medidas e planos que garantam um futuro mais sustentável das comunidades.

Os autores Pietro D'Amico, Fernando Di Martino e Salvatore Sessa criaram, em 2011, um sistema que serve para avaliar o desempenho das medidas propostas no Plano Territorial de Coordenação Provincial de Nápoles através da seleção de 22 indicadores agrupados de acordo com as três dimensões do desenvolvimento sustentável como as quantidades de gases poluentes que são emitidos para a atmosfera, padrões de sinistralidade rodoviária e recursos económicos investidos no setor dos transportes na região (D'Amico *et al.*, 2011).

Outra das aplicabilidades dos conjuntos de indicadores é a sua possível utilização em análises comparativas de diferentes estratégias definidas para uma área ou centro urbano. Em Nicolas *et al.* (2003) são apresentados os resultados levados a cabo por uma avaliação realizada à cidade de Lyon utilizando um sistema que descreve as questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável para a mobilidade urbana. Este trabalho concentrou-se sobretudo num conjunto de indicadores que reúne aspetos como o número de viagens diárias dentro das cidades, as trocas económicas e a participação social resultante dessas viagens. O objetivo, segundo os autores, passava por demonstrar que é possível desenvolver uma ferramenta com base em indicadores de mobilidade que permitisse avaliar diferentes “estratégias de transporte urbano dentro de uma área urbana, mas também entre diferentes contextos urbanos e através do tempo” (Nicolas *et al.*, 2003).

Em 2012, os autores Hellem Miranda e António Silva descreveram um método de avaliação da sustentabilidade da mobilidade baseado numa hierarquia de critérios definidos com dados obtidos com base na opinião, conhecimento e experiência de planeadores e técnicos de onze cidades (Miranda, H. e Silva, A., 2012). A ferramenta descrita pelos autores é um índice medidor da mobilidade urbana que contempla 87 critérios distribuídos por trinta e sete temas, que por sua vez estão agrupados em nove domínios: acessibilidade; aspetos ambientais; aspetos sociais, aspetos políticos, infraestruturas de transporte; modos de transporte não motorizados; planeamento integrado; circulação de tráfego urbano e sistemas de transporte urbano. Os autores referem ainda que os critérios são conjugados com diferentes pesos, atribuindo maior importância a temas como o problema das acessibilidades nas áreas urbanas e no próprio sistema de transportes, a promoção e o incentivo à utilização de modos de transporte suaves (por exemplo, a bicicleta), o estado físico e o nível funcional das infraestruturas rodoviárias e pedonais, e também o controlo dos impactos ambientais provocados pela emissão de poluentes provenientes dos sistemas de transporte (Miranda, H. e Silva, A., 2012).

Por outro lado, os autores Brian Fitzgerald, Travis O’Doherty, Richard Moles e Bernadette O’Regan desenvolveram um método de avaliação do impacto das políticas promotoras de um desenvolvimento sustentável em áreas urbanas (Fitzgerald *et al.*, 2012), que baseia-se num total de 40 indicadores organizados em 4 áreas e que respeitam os seguintes princípios:

- Assegurar um futuro sustentável para as áreas urbanas;
- Combater a emissão de gases de efeito de estufa como principal desafio ambiental;
- A grande necessidade de investimento nas infraestruturas, bens e serviços culturais além da importância de melhoria das questões socioeconómicas e qualidade de vida da população.

Contudo, verificou-se que as questões relacionadas com o Desenho Urbano e com a Gestão de Tráfego são pouco debatidas nos modelos e sistemas de indicadores de mobilidade sustentável, devendo também ser integradas nas estratégias para melhorar a qualidade dos espaços urbanos e a eficiência dos sistemas de mobilidade. No Quadro 2.1 são apresentados alguns dos indicadores mais utilizados nos trabalhos anteriormente referenciados.

Quadro 2.1 – Indicadores mais utilizados pelos autores dos trabalhos referenciados

Dimensão	Indicador
Ambiente	Consumo de energia nos transportes
	Emissões de CO2
	Emissões de gases efeito de estufa
	Emissões de partículas provenientes dos transportes
	Ocupação, uso e estado de degradação do solo
	Uso de energias renováveis e alternativas nos transportes
Economia	Despesas/Custos relativos ao transporte urbano
	Investimento em infraestruturas de transporte
Social	Número de acidentes por ano
	Número de acidentes por hectare
	Número de mortos/feridos em acidentes por ano
	Número de mortos/feridos em acidentes por hectare
Mobilidade	Acessibilidade aos espaços públicos
	Acessibilidade aos transportes públicos (paragens, serviços, equipamentos)
	Tempo médio de viagem por modo de transporte
Transportes	Repartição modal de transporte de mercadorias
	Repartição modal de transporte de passageiros
	Volume de transporte de mercadorias
	Volume de transporte de passageiros
Desenho Urbano	Comprimento da rede de ciclismo
	Ruas com passeios

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Para a construção de uma ferramenta de apoio que permite caracterizar e avaliar diferentes cenários através da aplicação de uma técnica multicritério, é essencial definir, previamente, os indicadores que integram a análise (PLUME, 2003). Como tal, o primeiro passo para a criação de um Índice de Mobilidade Sustentável é estabelecer os moldes e os princípios que a etapa da seleção dos indicadores deve seguir.

Contudo, devido à multiplicidade da natureza dos indicadores e ao tipo de problemas que se pretende enfrentar, a contribuição de cada indicador na análise será diferente, sendo necessário quantificá-los através de métodos de cálculo que têm por base o peso e a importância que os indicadores assumem na avaliação a fim de se atingirem os objetivos propostos. Neste trabalho foi utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Finalmente, o último passo reside na eleição da técnica de análise multicritério adequada para a construção do índice. Este tipo de métodos permite avaliar os diferentes cenários para os Centros Históricos, em função dos valores dos indicadores calculados na fase de diagnóstico, atribuindo-lhes uma classificação, o que permite identificar qual a melhor solução. A técnica multicritério utilizada foi o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*).

Neste capítulo são, assim, apresentadas as três fases da metodologia seguida para a obtenção do índice proposto neste trabalho: Identificação dos Indicadores; Método de Quantificação dos Pesos dos Indicadores; e aplicação da Técnica de Análise Multicritério (Figura 3.1).

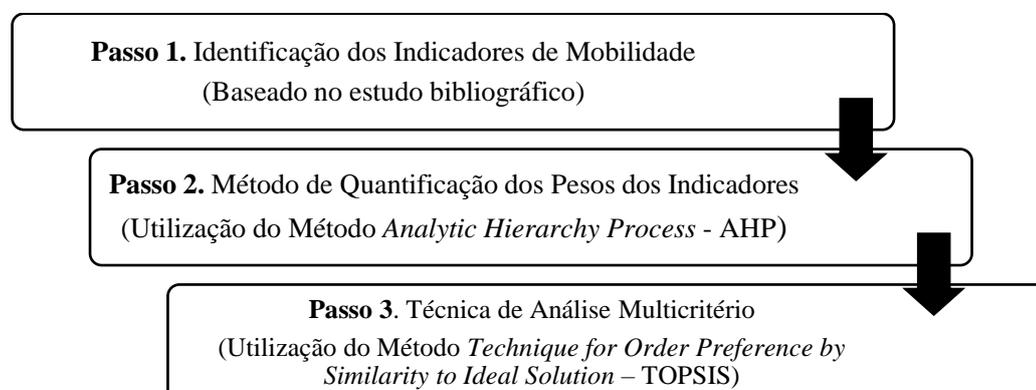


Figura 3.1 – Metodologia adotada para a construção do Índice de Mobilidade Sustentável

3.2. Sistema de Indicadores

No processo de criação de um sistema de indicadores é crucial que a escolha e o desenvolvimento destes elementos tenham por bases os objetivos e as questões que se pretendem avaliar através da análise multicritério. A relação de proximidade entre os indicadores e a problemática que se pretende discutir é fundamental, uma vez que é a partir destes parâmetros que são extraídas todas as informações que permitem identificar e avaliar as contrariedades existentes e acompanhar os resultados das estratégias propostas (Martinez e Leiva, 2003). Segundo o relatório da Organização das Nações Unidas, a génese dos indicadores deve ter em atenção alguns princípios, como admitir a possível aplicabilidade destes elementos a nível nacional, devendo estes ser de fácil compreensão, claros, simples e de fácil adaptação a mudanças futuras (UN, 2007).

Outro aspeto a ter em conta é a disponibilidade e o acesso à informação. Devem ser adotados indicadores cuja medição possa ser realizada com recurso a dados que possam ser facilmente obtidos junto das autoridades locais ou através de ferramentas de manuseamento simples. Por fim, os indicadores escolhidos devem ser preferencialmente quantitativos dado a fácil aplicação e por permitirem deste modo uma maior aproximação e noção da realidade. Contudo, no caso de serem admitidos alguns indicadores qualitativos, estes devem ser convertidos para uma escala ordinal numérica na análise.

3.3. Método de Quantificação de Pesos

Como foi referido anteriormente, o peso que cada indicador assume na análise multicritério depende do tipo de problema que se pretende estudar e dos objetivos que se pretendem concretizar, sendo a quantificação da importância relativa de cada indicador “uma componente importante de muitas técnicas de análise multicritério” (Rodrigues, 2002).

Existem diferentes formas de quantificar os pesos de indicadores (Voogd, 1983), podendo estes ser determinados por métodos de obtenção direta que baseiam-se em questionários onde é pedido aos inquiridos que avaliem a prioridade ou importância de cada indicador, ou por métodos de obtenção indireta baseados em resultados de avaliações anteriormente realizadas, na ordenação de alternativas ou em estimações iterativas (Rodrigues, 2002). Para este trabalho aplicou-se um método direto devido ao pouco rigor que os métodos indiretos apresentam. Dentro do conjunto de métodos diretos, destacam-se sobretudo o Método da Pontuação, no qual o inquirido tem um total de pontos que deve distribuir pelos vários critérios de acordo com a importância que atribui a cada um, e o Método da Comparação de Pares que consiste em comparar os critérios entre si aos pares formando uma hierarquia com base na importância que é atribuída a cada um. O método escolhido foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), uma vez que é de fácil aplicação e tem também a particularidade de permitir

avaliar a inconsistência dos julgamentos realizados pelo agente decisor na atribuição das prioridades dos critérios e por fornecer um meio para melhorar a consistência (Saaty e Vargas, 2000).

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método desenvolvido por Thomas L. Saaty que permite organizar os critérios numa estrutura hierárquica através de comparações de pares (Saaty, 1980) que são registadas numa matriz de aspeto semelhante ao apresentado na matriz (1). Os coeficientes a_{ij} da matriz representam a importância relativa que o critério i tem em relação ao critério j .

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad a_{ii} = 1, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad a_{ij} \neq 0 \quad (1)$$

Para construir a matriz de comparação de pares, Saaty (1980) descreveu um conjunto de regras que pode ser utilizado para definir o ranking de prioridades dos critérios. Num nível superior devem ser colocados os indicadores que produzem resultados que estão identificados com a problemática e com os objetivos que se pretendem atingir, devendo ser seguidos de alguns critérios ligados às questões da sustentabilidade cujas metas de preocupação são de índole ambiental, económica, social e técnica. O nível inferior deve ser constituído pelos indicadores (ou sub-indicadores) que dependem dos anteriores e que permitem apresentar conjuntos de soluções que melhorem as alternativas. A importância relativa de cada indicador é depois traduzida para uma escala de nove pontos proposta por Saaty (1980) (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Escala utilizada para a comparação de critérios (Saaty, 1980)

Nível de Importância	Definição	Explicação
1	Igualmente importante	Dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância média	Um critério é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância Alta	Um critério é mais importante que o outro
7	Importância muito Alta	Um critério é fortemente mais importante que o outro
9	Extremamente importante	A importância de um critério em relação a outro é da mais alta ordem possível de afirmação
2,4,6,8	Importância intermédia entre os valores adjacentes	Quando é necessário um meio-termo

Uma vez definida a matriz de comparação, o peso w_i de cada critério i pode ser determinado por aplicação da expressão (2), onde n representa o número total de indicadores.

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Como foi referido anteriormente, o Método AHP tem a vantagem de introduzir o requisito da consistência (CR) para avaliar a distribuição de prioridades entre critérios. Para tal, é necessário calcular o valor característico da matriz de comparação, $\lambda_{m\acute{a}x}$, através da equação (3).

$$\underline{A} \cdot \underline{w} = \lambda_{m\acute{a}x} \cdot \underline{w} \quad (3)$$

Uma vez determinado o valor característico da matriz, o rácio de consistência (CR) pode ser calculado pela expressão (4), onde o valor do índice de aleatoriedade (RI) é definido em função da dimensão dos critérios (n). No Quadro 3.2 são apresentados esses mesmos valores que foram obtidos a partir da análise de 500 matrizes de comparação de pares de critérios (Saaty, 1980).

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Quadro 3.2 – Índice de aleatoriedade (RI) (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Se o rácio de consistência (CR) for igual ou inferior a 0.10 significa que o julgamento das prioridades dos critérios é consistente e, por conseguinte, que o vetor dos pesos (\underline{w}) calculado é aceitável. Caso se verifique o contrário, ter-se-ão que reajustar as preferências na matriz comparação e repetir o procedimento de verificação (Saaty e Vargas, 2000). No final, a soma total dos pesos dos critérios terá de ser igual a 1.

3.4. Técnica de Análise Multicritério

Hoje em dia os problemas de avaliação e de tomada de decisão com que os agentes decisores se deparam integram critérios de naturezas cada vez mais diversas e heterogéneas que são conjugadas simultaneamente (Rodrigues, 2002). Devido a esta multiplicidade de dimensões dos critérios representados muitas vezes por grandezas incomensuráveis, as metodologias tradicionais baseadas em análises monetárias (por exemplo, análise custo-benefício) mostram-se ineficientes e inadequadas na resolução destas questões.

De facto, os métodos tradicionais de análise custo-benefício podem ser considerados ultrapassados, uma vez que não contemplam aspetos sociais, culturais e ambientais cada vez mais presentes nos modernos problemas de decisão (Rodrigues, 2002). Por outro lado, os métodos de análise multicritério têm a vantagem de poderem integrar, além de critérios monetários, aspetos de índole multidimensional na avaliação de ações de tomada de decisão permitindo uma abordagem mais próxima da realidade dos problemas.

Os métodos multicritério são métodos de fácil e simples utilização, cujos problemas são expressos sob a forma matricial - matriz de decisão $D_{m \times n}$. Esta matriz é constituída por um conjunto de m alternativas (neste trabalho correspondem a cenários) cada uma com n critérios (neste trabalho correspondem aos indicadores) e os seus elementos são os desempenhos de cada alternativa segundo cada critério (Chung e Lee, 2009). Esta disposição e organização do problema permite numa primeira análise observar as diferenças entre as alternativas em relação a determinados critérios. Como os critérios de avaliação são sempre na sua maioria de diversas dimensões e naturezas, podendo ser expressos em diferentes unidades, é necessário proceder posteriormente à normalização destes valores, por forma a tornar possível a comparação entre eles (Voogd, 1983). Na Figura 3.2 é apresentado um modelo de matriz de decisão que pode ser adotado para a avaliação multicritério.

Matriz de Decisão		Critérios – Indicadores				
		1	2	3	...	n
Alternativas – Cenários	A	$X_{1 \times 1}$	$X_{1 \times 2}$	$X_{1 \times 3}$...	$X_{1 \times n}$
	B	$X_{2 \times 1}$	$X_{2 \times 2}$	$X_{2 \times 3}$...	$X_{2 \times n}$
	C	$X_{3 \times 1}$	$X_{3 \times 2}$	$X_{3 \times 3}$...	$X_{3 \times n}$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	m	$X_{m \times 1}$	$X_{m \times 2}$	$X_{m \times 3}$...	$X_{m \times n}$

Figura 3.2 - Modelo da matriz de decisão utilizado em problemas de análise multicritério

Em Opricovic e Tzeng (2004) são apontados os seis passos principais em processos de tomada de decisão baseados na utilização deste tipo de metodologias:

- a) Estabelecer os critérios de avaliação do sistema que se pretende analisar;
- b) Desenvolver sistemas alternativos para alcançar os objetivos;
- c) Avaliar as alternativas em termos de critérios;
- d) Aplicar um método de análise multicritério;
- e) Aceitar a melhor alternativa (alternativa “ótima”);
- g) No caso da solução final não ser aceite, reunir novas informações e realizar uma nova iteração de otimização multicritério.

Existem diferentes tipos de metodologias que podem ser utilizadas em análises multicritério dependendo da forma como são apresentados os problemas. De facto, podem ser distinguidos dois modos de resolução: através de Métodos Multiobjetivo ou através de Métodos Multiatributo. Os primeiros estão relacionados com problemas de conceção, em que não conhecemos as soluções do problema (i.e., as alternativas) e os critérios são definidos pelos objetivos. Por outro lado, os Métodos Multiatributo estão associados a problemas de seleção, em que conhecemos todas as alternativas e os critérios são definidos pelos atributos, permitindo distinguir qual a melhor solução através de uma análise comparativa entre as alternativas (Rodrigues, 2002). Uma vez que se pretende comparar e classificar diferentes cenários em relação à situação inicial, recorreu-se à utilização de um Método Multiatributo.

Dentro da panóplia de métodos deste tipo, sobressaem as técnicas por Filtragem e as técnicas por Agregação de Preferências. No primeiro tipo destacam-se os métodos Conjuntivo, Disjuntivo e da Dominância que baseiam-se no princípio lógico de eliminação das alternativas que são dominadas por outras ou que simplesmente são inaceitáveis ou inadmissíveis. Por outro lado, os Métodos por Agregação de Preferências permitem ordenar as alternativas ou parte delas através de uma função de síntese (por exemplo, Método da Soma Ponderada e TOPSIS) ou através de uma relação binária de síntese (por exemplo, Métodos ELECTRE). Para o estudo que se pretende desenvolver neste trabalho optou-se pela utilização da técnica de avaliação multicritério TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*.

O Método TOPSIS foi introduzido em problemas de tomada de decisão por Hwang e Yoon, em 1981, e é uma das técnicas de análise multicritério mais utilizadas (Lin *et al.* (2008); Baky e Abo-Sinna (2013)). O seu princípio básico consiste em escolher a alternativa que tenha uma distância relativa à solução ideal mais curta e a maior distância relativa da solução anti-ideal (Opricovic e Tzeng, 2004). A solução ideal é constituída pelos melhores valores possíveis para os critérios, ao contrário da solução anti-ideal, que é constituída pelos piores valores

possíveis (Hwang e Yoon, 1981). A classificação de uma alternativa depende, assim, da proximidade e do afastamento a que se encontra de ambas as soluções, sendo obtidas a partir do cálculo das respectivas distâncias euclidianas relativamente às soluções ideal e anti-ideal (Rodrigues, 2002). Considerando w_k o vetor dos pesos para os atributos, a distância entre cada alternativa A_j e essas soluções pode ser dada pela seguinte expressão:

$$d_p(A_j) = \left(\sum_{k=1}^n w_k^p (z_k - a_{jk})^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

Onde p ($1 \leq p \leq \infty$) é um parâmetro que representa a métrica aplicada no problema, que neste caso é 2, por se tratar de uma distância Euclidiana. Estas distâncias são depois transformadas numa medida agregadora que permite ordenar as alternativas no intervalo $[0,1]$, onde a classificação 0 corresponde à solução anti-ideal e a classificação 1 à solução ideal.

Existem, no entanto, alguns aspetos que devem ser tidos em consideração para uma aplicação mais eficaz e uma correta interpretação dos seus resultados. O Método TOPSIS requer que todos os valores da matriz de decisão sejam numéricos e assume que todos os atributos tomam valores monotonamente crescentes e decrescentes, ou seja, quanto maior for o valor para o atributo, maior será a preferência para os critérios de benefício e menor para os de custo (Rodrigues, 2002). Outro aspeto relevante é o facto de esta técnica permitir identificar qual a melhor alternativa através de um escalonamento com base nas distâncias à solução ideal e anti-ideal sem considerar a importância relativa dessas mesmas distâncias (Hwang e Yoon (1981); Yoon (1987); Opricovic e Tzeng (2004)). Embora este método estabeleça um ranking para as alternativas usando um índice numérico, não permite avaliar o quão melhor uma alternativa é em relação a outra quantitativamente. Na Figura 3.3 é apresentado um esquema que resume os oito passos necessários para a aplicação do Método de TOPSIS.

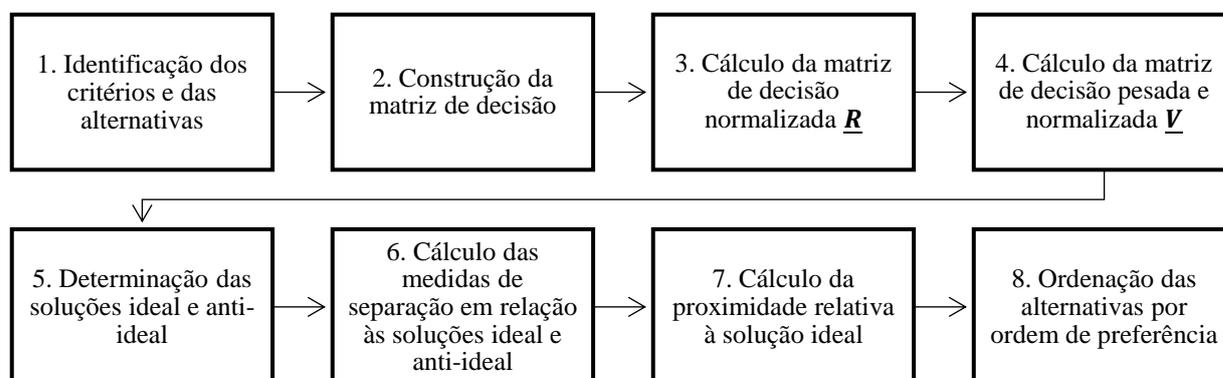


Figura 3.3 – Etapas do Método TOPSIS

4. PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL APLICADO A CENTROS HISTÓRICOS

4.1. Introdução

Atualmente são inúmeras as lacunas associadas à mobilidade detetadas nos Centros Históricos das cidades e que podem ter impacto no desenvolvimento e sustentabilidade destas zonas. As dificuldades sentidas ao nível das acessibilidades e da própria mobilidade no interior do núcleo histórico, a diferença acentuada entre a procura e a oferta de estacionamento, a invasão e apropriação do espaço pelo automóvel são alguns dos inconvenientes que devem ser solucionados com o propósito de dar continuidade ao processo de valorização do potencial turístico, económico e social destas zonas.

Neste capítulo é apresentado o conjunto de indicadores que compõem o Índice de Mobilidade Sustentável aplicado aos Centros Históricos proposto e que permitirá recolher informações acerca das questões que integram o problema específico da mobilidade nestas áreas urbanas. Além da descrição do processo de seleção dos indicadores baseado nas abordagens e estudos desenvolvidos no âmbito da sustentabilidade e da mobilidade sustentável, é também apresentado o cálculo da importância relativa (peso) de cada indicador na ferramenta de análise multicritério proposta neste trabalho.

4.2. Seleção dos Indicadores

Analisando os trabalhos e os estudos expostos no Capítulo 2, verificou-se que a maioria dos projetos orientados para o desenvolvimento e crescimento do conceito de mobilidade sustentável são apoiados por conjuntos de indicadores que incorporam maioritariamente fatores de dimensão social, ambiental e económica, associados ao setor dos transportes, decorando muitas vezes as componentes que caracterizam a mobilidade em espaços e áreas urbanas ao nível do desenho geométrico, do planeamento e gestão urbana, do estado das infraestruturas viárias e soluções de acalmia de tráfego.

Perante estes factos, gerou-se a necessidade de procurar e desenvolver novos indicadores que permitissem ter em conta aspetos do traçado e da organização espacial dos centros históricos representativos da intenção de melhorar a mobilidade, iniciando-se um trabalho de escolha e de definição dividido em três etapas: pesquisa bibliográfica, refinação de dados e seleção e desenvolvimento de novos indicadores.

A primeira fase deste processo consistiu na reunião de diversos sistemas de indicadores de mobilidade de diferentes fontes bibliográficas que refletissem os conteúdos das diversas dimensões da sustentabilidade e da mobilidade. No final, reuniu-se um total de 273 indicadores procedentes de treze referências distintas: Gilbert *et al.* (2003); Nicolas *et al.* (2003); Lautso *et al.* (2004); Melo, B. (2004); Agência Portuguesa do Ambiente (2007); Muñoz *et al.* (2007); Nações Unidas (2007); Litman, T. (2008); Campos *et al.* (2009); D'Amico *et al.* (2011); Eurostat (2011); Miranda, H. e Silva, A. (2012) e Fitzgerald *et al.* (2012).

Finalizado esse levantamento, procedeu-se a uma triagem dos dados recolhidos. Analisou-se individualmente cada conjunto e identificaram-se os indicadores que eram comuns aos diferentes autores e aqueles que eram compatíveis com outros parâmetros medidos pelos diferentes autores. Esta ação permitiu reduzir substancialmente o número de dados em análise, passando para um total de 71 indicadores organizados em 6 dimensões diferentes: Ambiente (8), Economia (4), Inclusão Social (13), Mobilidade (17), Transportes (18) e Desenho Urbano (11).

Nesta primeira análise verificou-se que a maioria dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da criação de índices de mobilidade para espaços urbanos recaía maioritariamente sobre os aspetos ambientais, como a quantidade de gases emitidos e que produzem efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública; aspetos económicos, nomeadamente os custos associados ao investimento no setor dos transportes e as despesas dos cidadãos nos transportes públicos; e aspetos ligados ao transporte urbano, como a repartição modal e o volume de transporte de passageiros e mercadorias.

No Gráfico 4.1 é possível observar que apenas uma pequena fração dos autores estudados (Campos *et al.*, Melo, B., Gilbert, R., Miranda, H. e Silva, A.) incluem a componente do Desenho Urbano em sistemas de avaliação da qualidade e da mobilidade em áreas urbanas. Constatou-se assim que esta vertente está ainda pouco desenvolvida, cingindo-se a um pequeno conjunto de indicadores, considerado insuficiente para a realização de uma análise mais aprofundada.

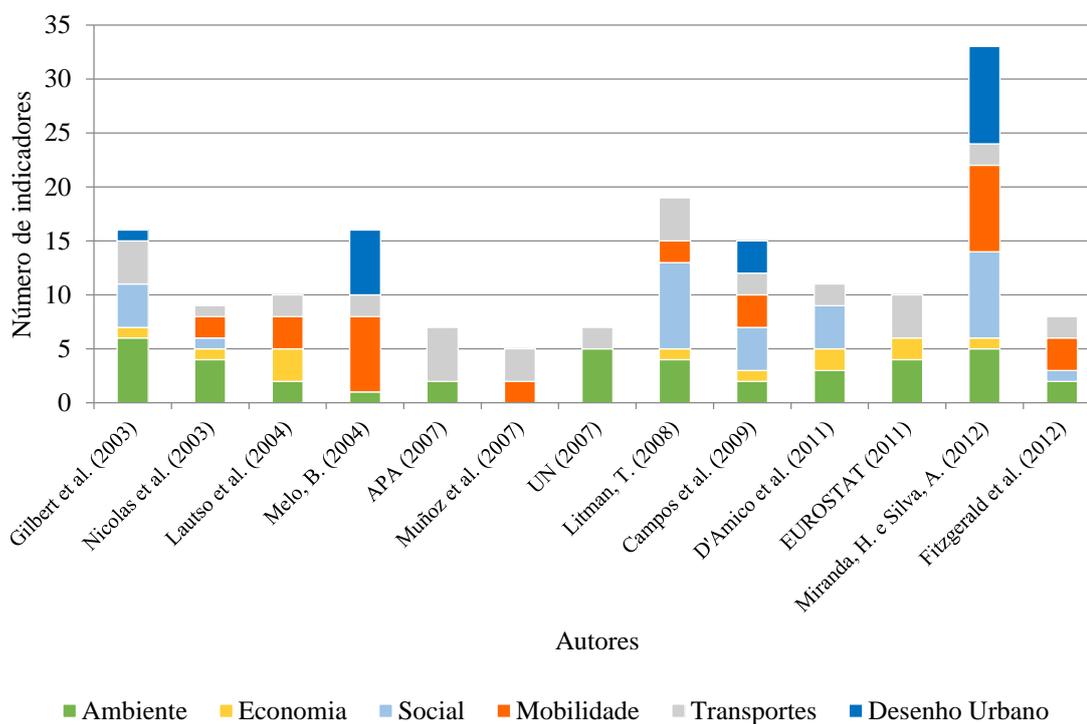


Gráfico 4.1 – Quantidade de indicadores de cada dimensão considerados por cada autor

Desta feita, para a construção do Índice de Mobilidade Sustentável proposto neste trabalho, optou-se, em primeiro lugar, por selecionar alguns indicadores referenciados na bibliografia que pudessem ser aplicados ao caso concreto dos Centros Históricos e pela inclusão de parâmetros ligados ao planeamento e gestão urbana, tendo por base os desígnios apresentados no relatório da Organização das Nações Unidas relativos à conceção e aplicabilidade dos indicadores (UN, 2007).

No processo de definição e desenvolvimento dos indicadores houve fundamentalmente a preocupação de criar um conjunto de parâmetros que permitisse analisar os problemas da mobilidade urbana detetados nas zonas históricas das cidades. Estes medidores estão assim direcionados para a avaliação das questões que incorporam o Desenho Urbano, como as noções de traçado geométrico planeado de áreas urbanas, da gestão e dimensionamento de estacionamento, de políticas de mobilidade, do desempenho do sistema de transportes e da qualidade das infraestruturas pedonais e rodoviárias. Um dos objetivos cruciais que imperou durante o processo de seleção foi também a criação de um conjunto de indicadores que pudesse ser utilizado futuramente em análises comparativas entre Centros Históricos e que evitasse as limitações impostas pela variabilidade das características destes espaços urbanos. Outro aspeto relevante levado em consideração foi o acesso à informação e aos dados necessários para medir estes avaliadores. Adotaram-se, assim, indicadores cuja medição pode

ser feita facilmente com recurso a *softwares* e ferramentas de desenho e de análise geométrica como o *AutoCAD*®, o *Depthmap*®, o *Google Earth* e o *ArcGIS*®, ou através de informações fornecidas pelas autoridades locais e pesquisas de campo. No entanto, se não existir informação disponível necessária para quantificar algum indicador, este não deve ser considerado na análise. Apesar da maioria dos indicadores considerados serem constituídos por elementos quantitativos, foram também admitidos alguns indicadores de origem qualitativa por revelarem ser igualmente importantes e necessários para uma avaliação mais completa das características da mobilidade.

Desta forma, é proposto um conjunto de 30 indicadores organizados em três dimensões – Desenho Urbano, Transportes e Mobilidade - e divididos por seis temas (Infraestruturas, Estacionamento, Tráfego, Modos não Motorizados, Transportes Públicos Coletivos e Políticas de Mobilidade do Município) e que são apresentados em seguida.

4.2.1. Infraestruturas – Indicadores da ocupação do solo

Os espaços públicos são a “base essencial da estrutura urbana e podem, por meio das suas várias qualidades, influenciar o funcionamento global das cidades, conduzindo o desenvolvimento urbano para formas mais sustentáveis” (Lopes e Camanho, 2012). Na literatura existente é possível encontrar muitos autores (Carr *et al.* (1992); Sorkin (1992); Madanipour (1996); Carmona *et al.* (2003); Worpole e Knox (2007); Lopes e Camanho (2012)) que reconhecem os benefícios e a importância dos espaços públicos para o crescimento da vitalidade e mobilidade urbana. Estas áreas possibilitam a criação de espaços verdes, de lazer e de encontro que beneficiam o desenvolvimento da interação social entre as pessoas e a criação de pontos de visita e observação do património arquitetónico e natural das cidades. Do ponto de vista económico, estes espaços contribuem fortemente para o desenvolvimento da atividade comercial (comércio tradicional), para a restauração (zonas de esplanada) e para a atração turística, gerando também emprego e receita (Swanwick *et al.*, 2003). Culturalmente, os locais públicos são também importantes, pois são os palcos e as galerias de muitos artistas que proporcionam momentos de entretenimento e divulgam as artes urbanas.

A questão das acessibilidades e da mobilidade tem também um papel determinante no planeamento dos espaços públicos, uma vez que contemplam o desenho das redes de circulação rodoviária, pedonal e de uso misto que possibilitam o acesso aos vários espaços, edifícios e oportunidades de um Centro Histórico (Lynnch (2007); Asher (2012)). Surgiu assim a necessidade de criar um indicador que representasse a percentagem da área total do Centro Histórico que é destinada ao uso público. Contudo, este indicador tem uma limitação, pois não reflete a forma como estão distribuídas as diferentes componentes do espaço público

(zonas verdes, redes de circulação automóvel e pedonal, zonas de estacionamento), fornecendo apenas a informação ao Planeador de qual é a área do Centro Histórico disponível para uso público. Deste modo, para colmatar esta limitação decidiu-se incluir na análise indicadores que especificassem a forma como o espaço público está dividido.

As zonas verdes são sem dúvida a componente do espaço público que mais contribui para a vitalidade urbana e que proporcionam um maior número de benefícios aos seus utilizadores (Lopes e Camanho, 2012). De facto, estes espaços que integram a estrutura verde das cidades assumem um “papel importante no apoio a sistemas ecológicos e sociais urbanos” sendo a distribuição e o acesso a estes espaços os principais fatores que contribuem “para a função social e ecológica em ambientes urbanos” (Barbosa *et al.*, 2007). Os parques e os jardins públicos devem ser encarados como um prolongamento do ambiente doméstico dos cidadãos, independentemente da condição de posse de jardins particulares nas suas residências. Segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA), os espaços verdes urbanos devem estar acessíveis aos cidadãos em cerca de 15 minutos a pé desde os seus locais de residência, independentemente da dimensão ou estatuto da cidade (Barbosa *et al.*, 2007). Por outro lado, algumas agências governamentais são mais específicas, como é o caso da *English Nature* do Reino Unido, que indica que todos os cidadãos devem ter um espaço verde natural a menos de 300m dos seus locais de residência, reafirmando a importância das áreas verdes acessíveis junto das populações (*English Nature*®, 2005). Em 2011, a Cidade de Curitiba (Brasil) foi premiada pela agência sueca *Globe Forum* como a cidade mais sustentável do mundo, destacando-se por apresentar um quociente de 53m² de espaços verdes por habitante. Deste modo, foi também proposto um indicador que representasse a relação entre a área de espaços verdes acessíveis e a população residente no Centro Histórico.

Contudo, o espaço público divide-se em mais subsistemas, para além dos já mencionados espaços verdes, tendo sido necessário englobar indicadores representativos das áreas dos espaços destinados à circulação automóvel e ao estacionamento para perceber qual o seu peso na organização e ocupação do espaço público. No entanto, como o contributo destes valores poderia ser dúbio, uma vez que existem Centros Históricos de diversas dimensões e com distribuições do espaço distintas, optou-se por apresentar estes indicadores em termos relativos, isto é, como percentagens do total de espaço público.

4.2.2. Infraestruturas – Indicadores do estado de conservação

Na avaliação da qualidade das redes de circulação rodoviária é necessário não só considerar as questões do planeamento e da gestão de tráfego, mas também ter em atenção o estado de conservação das infraestruturas para assegurar uma maior segurança e comodidade aos seus diferentes utilizadores. Muitos autores consideram que as condições do estado dos pavimentos

rodoviários são indicadores preponderantes que influenciam o sistema de mobilidade das áreas urbanas (Gilbert *et al.* (2003); Miranda, H. e Silva, A. (2012)) pois condicionam as escolhas dos seus utilizadores podendo comprometer a sua própria segurança. Por estes motivos, foi criado um indicador que permite fazer uma avaliação do estado de conservação dos pavimentos e que representa a percentagem de área onde existe maior concentração de patologias - peladas, covas, reparações, fendilhamento e rodeiras, para pavimentos betuminosos; buracos e desníveis, para pavimentos em pedra.

De forma semelhante, mas com intervenientes diferentes, também o estado de conservação das infraestruturas pedonais condiciona o comportamento e as escolhas dos utentes (os peões). A presença de obstáculos como buracos, desníveis ou o simples desgaste do pavimento afeta a mobilidade de muitas pessoas, sobretudo das pessoas de idade mais avançada ou com problemas de locomoção. Por conseguinte, foi também incluído um indicador que permite realizar uma avaliação do estado de conservação dos passeios do Centro Histórico contabilizando as áreas dos passeios e dos espaços pedonais que apresentam maior número de imperfeições (buracos e desníveis).

4.2.3. Infraestruturas – Indicador de conetividade automóvel

A conetividade automóvel é um indicador que permite medir a densidade das conexões existentes na rede rodoviária contemplada no interior dos limites de uma área urbana. Este indicador permite obter também uma perspetiva da qualidade da rede rodoviária (Muñoz *et al.* (2007); Miranda, H. e Silva, A. (2012)), dado que uma maior conetividade significa normalmente um maior número de ligações, inúmeros cruzamentos, contribuindo para o aumento da acessibilidade automóvel (Greenfield@, 2015). Normalmente os valores do índice situam-se entre 1 e 2, com valores mais altos a significar maior conetividade (Greenfield@, 2015). Contudo, as redes pedonais e as redes cicláveis podem ser dissociadas das redes rodoviárias. Como tal, uma diminuição do índice de conetividade automóvel pode significar um aumento da conetividade pedonal ou da conetividade ciclável, uma vez que a redução da rede rodoviária leva a um aumento do espaço público acessível aos peões e à criação de ciclovias, privilegiando a utilização de modos suaves no interior dos Centros Históricos e condicionando o mais possível a utilização do automóvel.

4.2.4. Infraestruturas – Indicadores de conetividade pedonal

Como referido anteriormente, a mobilidade pedonal no interior das zonas históricas é uma realidade que deve ser integrada nos programas e políticas de requalificação, sendo essencial perceber como o desenho e a estrutura espacial das cidades condicionam os movimentos das pessoas (Hillier *et al.*, 1987). Por forma a introduzir estas questões na análise, considerou-se o estudo da sintaxe espacial (*Space Syntax*) que é uma teoria apoiada por um conjunto de

técnicas de análise que permitem descrever e quantificar padrões de organização espacial complexos (Hillier *et al.*, 1976). No modelo *Space Syntax* os espaços são entendidos “como vazios (ruas, praças, campos, etc.) entre edifícios, cercas, muros e outros impedimentos ou obstruções que restringem o tráfego e/ou o campo visual” (Klarqvist, B., 1993). Deste conceito surgem as noções de *Axial Line* (linha axial), que é uma “linha reta que é possível de seguir a pé”, e de *Convex Space* (espaço convexo), que pode ser entendido como o “espaço definido por linhas onde nenhuma linha entre quaisquer dois dos seus pontos atravessa o perímetro” (Klarqvist, B., 1993) que conjugadas e conetadas formam a estrutura espacial de uma área urbana representada por um *Axial Map* (mapa axial). A partir desta representação, o modelo *Space Syntax* permite calcular diferentes indicadores que podem ser utilizados no estudo da caracterização da mobilidade pedonal nos Centros Históricos. Contudo, este modelo não tem em conta a topografia dos espaços, resultando apenas uma análise plana.

Para este trabalho, foram utilizados três indicadores: *Connectivity*, *Control Value* e *Global Choice*. O primeiro mede o número de linhas axiais que estão diretamente ligadas a outras linhas axiais. Estas linhas são assumidas como os trajetos ou percursos pedonais que um indivíduo pode realizar para se deslocar a qualquer parte da cidade tendo em conta as características físicas do espaço (edifícios, árvores, muros ou outros obstáculos). O *Control Value* mede o potencial de atração de um espaço em relação aos seus vizinhos imediatos, tendo em conta o número de conexões alternativas que cada um desses vizinhos tem. Por último o *Global Choice* mede o potencial de escolha de um espaço em função da quantidade de caminhos mais curtos que passam por ele, conetando todos os espaços para todos os espaços de uma rede.

4.2.5. Infraestruturas – Indicadores de aspetos relacionados com o dimensionamento

Em qualquer viagem “realizada quer pela necessidade de mobilidade de pessoas ou de bens resultante das diversas atividades económicas ou sociais, existe sempre pelo menos uma componente pedonal, mesmo quando conjugada com outros modos de deslocação” (Seco *et al.*, 2008a). No entanto, as alterações marcantes no espaço público que têm vindo a ser realizadas ao nível das infraestruturas rodoviárias, proporcionando uma melhoria das acessibilidades, têm contribuído para o desequilíbrio cada vez mais visível entre o transporte individual e o modo pedonal, prejudicando fortemente a mobilidade dos peões, “quer pela redução da largura dos passeios, pelo estacionamento abusivo, o ruído, a poluição atmosférica, entre outros” (IMTT, 2011b). Como tal, é necessário que as condições mínimas de segurança e comodidade do modo pedonal sejam asseguradas por um conjunto de infraestruturas que possibilitam a circulação dos peões (Seco *et al.*, 2008a) devidamente dimensionadas, nomeadamente, através do cumprimento de alguns requisitos mínimos, como

por exemplo, a largura dos passeios. Por esta razão foi incluído um indicador que representasse a percentagem de passeios do Centro Histórico que não cumprem os requisitos legais relativos á largura mínima desejável. Para Portugal este valor corresponde a 1,20m, segundo o DL n.º 163/2006 de 8 de Agosto. Também a forma como estão dispostos os edifícios nos Centros Históricos pode influenciar as movimentações e as opções das pessoas, nomeadamente, as condições de salubridade.

O índice de salubridade, por sua vez, é um indicador que representa a percentagem de ruas do Centro Histórico cuja altura das edificações, H , é superior à distância entre os planos das fachadas das edificações, D , e foi concebido tendo por base as condições especiais relativas à salubridade presentes no DL n.º 38382/51 de 7 de Agosto (Regulamento Geral das Edificações Urbanas - versão atualizada), nomeadamente no artigo 59º. A informação fornecida por este indicador permite identificar as ruas onde as condições de salubridade podem estar comprometidas contribuindo para a formação de ambientes hostis de maior insegurança e que podem condicionar as escolhas e os movimentos das pessoas.

Como foi referido, um dos principais problemas dos Centros Históricos são os conflitos entre os peões e os veículos automóveis. As ruas estreitas de sentido único, o mau dimensionamento ou a inexistência de passeios e o estacionamento abusivo são alguns dos impasses que dificultam a circulação pedonal. Por esta razão, é apresentado um indicador que permite identificar os arruamentos do Centro Histórico cujas infraestruturas viárias não cumprem os valores mínimos exigidos, necessários para garantir uma circulação pedonal e rodoviária segura e compatível através da comparação das larguras reais dos arruamentos com valores teóricos ajuizados em conformidade com as indicações presentes nos regulamentos municipais (RMUE's) e manuais de dimensionamento (JAE (1994); AASHTO (2001); Seco *et al.* (2008a); IMTT (2011c)).

Neste estudo consideraram-se três tipos de arruamentos com perfis transversais distintos. O primeiro perfil (Tipo 1), com 5,65m de largura total, é constituído por uma via de circulação rodoviária (3,25m) com um passeio de cada lado (1,20m). O segundo perfil (Tipo 2), com 8,15m de largura total, é composto por uma via de circulação rodoviária (3,25m), uma via para estacionamento em paralelo (2,5m) e dois passeios (1,20m). O último perfil (Tipo 3), com 10,65m de largura total, é constituído por uma via de circulação rodoviária (3,25m), por duas vias de estacionamento em paralelo (2,5m) - uma de cada lado da via de circulação - e por dois passeios (1,20m). Este indicador representa assim a percentagem de vias de sentido único do Centro Histórico com larguras inferiores a 5,65/ 8,15/ 10,65 metros. Por conseguinte, a análise é realizada apenas aos arruamentos de sentido único visto a maioria das ruas que compõem os Centros Históricos serem deste tipo.

4.2.6. Estacionamento – Indicadores da gestão do estacionamento

Atualmente, um dos aspetos fundamentais das políticas urbanas e de mobilidade das cidades é o dimensionamento e gestão do estacionamento. De acordo com o Instituto de Mobilidade de Transportes Terrestres (IMTT, 2011c) este subsistema constitui uma parte importante de qualquer política de mobilidade urbana devido à relação direta com a acessibilidade, ao impacto significativo na atratividade do automóvel enquanto modo de transporte, aos efeitos que provoca na qualidade do espaço público, à componente de elemento regulador da escolha modal das pessoas e ao papel importante que assume na melhoria da qualidade ambiental, induzindo comportamentos mais ou menos sustentáveis. Os problemas do estacionamento não se resumem apenas à questão da oferta ser insuficiente, mas também ao facto de muitas vezes ser em número excessivo (mais lugares de estacionamento atraem mais veículos – aumento do tráfego rodoviário) e da tarifação ser muito elevada ou por vezes bastante reduzida (Litman, 2010). Sempre que possível os utentes deverão pagar a utilização do estacionamento ainda que de forma diferenciada dependendo das situações e opções de política de acessibilidade, transportes e mobilidade, devendo este ser regulamentado de forma a favorecer os usos definidos como prioritários (estacionamento para residentes ou para pessoas com mobilidade reduzida) e a promover a sua eficiência.

Contudo, nos últimos anos tem-se observado uma mudança de paradigma no que às políticas de estacionamento diz respeito, optando-se por dimensionar a oferta do estacionamento em função dos níveis de acessibilidade associados à utilização de modos de transporte mais sustentáveis (transporte público e modos suaves – peão e bicicleta) e em função das opções de preservação e proteção desejáveis para as diferentes áreas e espaços da cidade (Seco *et al.*, 2008b), como é o caso dos Centros Históricos. À semelhança de alguns autores (Campos *et al.* (2009); Miranda, H. e Silva, A. (2012)) optou-se por integrar na base de análise do Índice de Mobilidade Sustentável um conjunto de indicadores que represente a contabilização do número de lugares de estacionamento no Centro Histórico e as alternativas existentes na envolvente que possam satisfazer alguma procura, como parques de estacionamento. Esses indicadores são os seguintes:

- Percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico para veículos motorizados sujeitos ao pagamento de tarifas em função do tempo de ocupação;
- Percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico que estão reservados a pessoas com mobilidade reduzida;
- Número de lugares de estacionamentos reservados a residentes no Centro Histórico por residente (este indicador permite perceber se o número de estacionamentos reservados aos residentes é suficiente tendo em conta a população que habita o Centro Histórico);
- Percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico reservados a cargas e descargas;

- Percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico reservados a veículos eléctricos;
- Parques de estacionamento na zona envolvente ao Centro Histórico.

4.2.7. Tráfego – Indicadores da gestão de tráfego

Relativamente às questões associadas ao controlo do tráfego, o processo de planeamento das acessibilidades e gestão da mobilidade, em particular do veículo automóvel, tem conduzido muitas vezes a um “efeito denominado *Predict and Provide* (Previsão e Provisão) que pressupõe que a resposta ao aumento da procura do transporte individual motorizado passa pela criação de mais oferta” (IMTT, 2011d). Este efeito caracteriza-se sobretudo pela construção excessiva de novas infraestruturas (que muitas vezes são mal dimensionadas) e pela acentuada utilização do veículo individual fragilizando a sustentabilidade do sistema de mobilidade do ponto de vista económico, social e ambiental. Outra das consequências negativas verificadas ao nível da mobilidade e do comportamento das sociedades é a sinistralidade rodoviária. Em 2014, registou-se um total de 5179 vítimas mortais nas estradas portuguesas, segundo os dados da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, sendo que 88,13% foram consequência de acidentes ocorridos em arruamentos no interior das localidades (ANSR@, 2014).

Alguns autores consideram, no entanto, que existem alguns elementos que resultam do processo de planeamento que podem contribuir para minimizar e controlar os efeitos nefastos provocados pelo excesso da circulação automóvel. São eles a hierarquização viária, o desenho planeado da rede viária, as condições de segurança nas interseções e as medidas de acalmia de tráfego (Melo, B. (2004); Campos et al. (2009); Miranda, H. e Silva, A. (2012)). Como tal, foram englobados no conjunto de indicadores proposto neste trabalho, critérios que permitem avaliar num referencial qualitativo (Má, Razoável, Boa) a hierarquia viária dos Centros Históricos; a percentagem de área do espaço destinado à circulação automóvel com soluções de acalmia de tráfego (lombas, zonas de espaço partilhado); a percentagem de interseções viárias com travessias pedonais; e o número médio de pontos de conflito provocados pelo entrecruzamento dos fluxos de tráfego nas interseções dos Centros Históricos.

Não obstante, existe ainda uma variedade de outros indicadores associados aos princípios básicos de dimensionamento da rede viária, da sinalização rodoviária e da segurança rodoviária que não foram incluídos no conjunto de indicadores propostos, uma vez que a análise destes indicadores obrigaria a trabalhos de verificação de parâmetros geométricos morosos e exaustivos que se opõem aos objetivos deste trabalho, nomeadamente, a seleção de indicadores fáceis e rápidos de analisar.

4.2.8. Transportes – Indicadores para o uso de modos não motorizados (suaves)

Nos dias de hoje são cada vez mais as cidades portuguesas de todo o Mundo que adotaram sistemas públicos de disponibilização de bicicletas – *Bike Sharing* – para uso gratuito ou pago e que investiram em infraestruturas próprias para a utilização deste modo de transporte por parte dos cidadãos. Os sistemas de *Bike Sharing* funcionam como serviços de aluguer ou empréstimo de bicicletas de curto prazo de forma a haver maior rotatividade na sua utilização (Vogel *et al.*, 2011). Na Europa existem já muitas cidades, como Lyon, Paris, Berlim e Viena, que aderiram e implementaram sistemas de partilha de bicicletas, bem como as cidades portuguesas de Lisboa, Leiria e Aveiro. Estes sistemas “contribuem sobretudo para a promoção da utilização mais alargada da bicicleta” (IMTT, 2011e) no interior das cidades funcionando como o “elo de ligação que faltava entre os pontos existentes de transporte público e os destinos desejados” (Midgley (2009); Vogel *et al.* (2011)), melhorando a mobilidade urbana. Contudo, a sua inclusão deve ser acompanhada de “ações de planeamento de uma rede ciclável que sirva pelo menos as principais linhas e pontos de desejo das deslocações urbanas de curta distância” (IMTT, 2011e).

Atualmente, são muitos os autores que utilizam parâmetros associados à utilização de modos suaves e à introdução de redes cicláveis no interior dos centros urbanos nas análises da mobilidade sustentável (Melo, B. (2004); D’Amico *et al.* (2011); Miranda, H. e Silva, A. (2012)), como o número de vias de circulação, o equipamento disponível ou a facilidade de estacionamento. Para este trabalho foram considerados indicadores que refletem a extensão de arruamentos dos Centros Históricos onde as condições são propícias para a deslocação em bicicleta (declive inferior a 4%) e que assinalam a presença de zonas de estacionamento próprias para bicicletas, que se encontrem em bom estado, sejam seguras e que possuam no mínimo dois lugares de estacionamento.

4.2.9. Transportes – Indicadores da qualidade dos Transportes Coletivos Urbanos

A avaliação da qualidade do serviço de transporte coletivo é também um fator que não deve ser desprezado numa análise à mobilidade dos Centros Históricos (Muñoz *et al.*, 2007). De acordo com alguns autores existem certos indicadores, como o preço dos bilhetes dos TCU, a despesa média da população nos transportes públicos, o custo das viagens dos TCU para o centro da cidade ou os tempos de viagens, que poderiam ser incluídos nos processos de avaliação da mobilidade urbana (Nicolas *et al.* (2003); Campos *et al.* (2009)). Segundo um relatório da Direção Geral de Transportes Terrestres e Fluviais a qualidade do serviço prestado pelo transporte coletivo pode ser avaliada sob diferentes pontos de vista, nomeadamente do operador rodoviário (características operacionais do serviço), do utilizador

(desempenho do serviço) ou das condições de circulação (Delgado e Botelho, 2005). Porém, consideraram-se apenas os indicadores que refletem a perceção do utilizador relativamente ao desempenho do serviço, pelo facto de não ter sido possível reunir a informação necessária para analisar as condições de serviço segundo as outras vertentes e por não serem propriamente relevantes para o tipo de análise que se pretende desenvolver neste trabalho.

De acordo com este mesmo relatório a avaliação da qualidade do serviço pode ser realizada através da determinação do Nível de Serviço de vários parâmetros como a Frequência do Serviço, o Intervalo entre Passagens, o número de Horas de Serviço por dia, o Conforto do passageiro no embarque e durante a viagem e o Cumprimento dos Horários (Delgado e Botelho, 2005). Para este trabalho optou-se por considerar um indicador que permite determinar o Nível de Serviço em função do Intervalo de Passagens dos autocarros, embora a decisão e o tipo de abordagem dependa da vontade e critério do Planeador e da informação que se encontra disponível. Segundo o *Highway Capacity Manual 2000*, o Nível de Serviço consiste num referencial dividido em 6 níveis, de “A” a “F”, sendo que “A” representa a melhor classificação e “F” a pior (HCM, 2000). Estas classificações são atribuídas em função dos Intervalos entre Passagens dos autocarros ou do Número de Veículos que param numa paragem por hora (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 – Nível de Serviço (HCM, 2000)

Nível de Serviço	Intervalo entre Passagens [min]	N.º de Veículos/Hora	Comentários
A	< 10	> 6	Serviço frequente; os passageiros não precisam de consultar horários
B	≥ 10 - 14	5 - 6	Serviço frequente; os passageiros consultam os horários
C	> 14 - 20	3 - 4	Período máximo aceitável para esperar, no caso de ter perdido o autocarro
D	> 20-30	2	Serviço pouco atrativo para utentes que dispõem de alternativa modal
E	> 30-60	1	Serviço pouco atrativo
F	> 60	< 1	Serviço não atrativo para todos os utilizadores

Também as paragens constituem um “elemento fundamental da rede de transportes pois é a partir delas que os passageiros têm acesso ao sistema de transportes” (Costa, 2008) devendo ser integradas como parte do espaço urbano. Segundo alguns manuais e relatórios sobre o dimensionamento de Transportes Públicos (Delgado e Botelho (2005); Costa (2008)) as paragens de autocarros devem estar distanciadas umas das outras cerca de 300m a 500m por

quilómetro, sendo a sua zona de influência “limitada por uma linha que representa o lugar geométrico dos pontos que distam a paragem de um tempo próximo de 5 minutos” (Costa, 2008), o que corresponde aproximadamente a uma distância de 300m. Assim, além do Nível de Serviço dos TCU, são apresentados dois indicadores que permitem avaliar a localização, a taxa de cobertura e a distância entre paragens de autocarros nos Centros Históricos.

4.2.10. Mobilidade – Indicadores de Políticas de Mobilidade do Município

Recentemente tem-se verificado um forte impulsionamento por parte da Comissão Europeia no que diz respeito às políticas de sustentabilidade para a mobilidade. Entre 2001 e 2009 foram lançadas várias publicações que definiam as políticas da União Europeia até 2010 para o desenvolvimento sustentável da mobilidade, centrando-se no reequilíbrio entre os modos de transporte (intermodalidade) e na importância e segurança da coexistência entre os modos motorizados e os peões e os ciclistas.

Em 2009, no Plano de Ação para a Mobilidade Urbana, foram propostas novas medidas e políticas que deveriam ser implementadas progressivamente entre 2009 e 2012 e que destacavam a importância de ambientes urbanos sustentáveis para a melhoria da qualidade de vida. Este plano ressaltava também a influência das novas soluções como o “*Car Sharing*” ou o “*Bike Sharing*” que atenuam o congestionamento e as emissões de poluentes como também promovem efeitos positivos na saúde e no bem-estar dos cidadãos. Por outro lado, estes documentos também salientavam o papel que as agências governamentais, câmaras municipais e entidades patronais deveriam assumir em termos de incentivo e promoção de uma mobilidade mais sustentável.

Em Portugal, por exemplo, foi aprovado que o Governo deve criar um quadro regulador dos planos de mobilidade dos municípios que contemple as novas alternativas e princípios para a mobilidade como redes de modos suaves de transporte entre outros, sendo a elaboração e a aprovação destes planos um forte passo no caminho para atingir um estilo de vida melhor e mais sustentável. Deste modo, e à semelhança de alguns autores (Miranda, H. e Silva, A. (2012)), foram considerados dois indicadores que permitem ajuizar se existem ou não Planos de Mobilidade em execução ou em fase de elaboração no município do Centro Histórico em avaliação e se os serviços de transporte e infraestruturas do espaço urbano da cidade reúnem condições para a escolha e prática do transporte intermodal (de mercadorias ou de passageiros).

No Quadro 4.2 são apresentados os 30 indicadores que integram a proposta do Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos (IMSCH) com as respetivas unidades de medição.

Quadro 4.2 – Conjunto de indicadores utilizados no IMSCH

N.º	DIMENSÃO	TEMA	INDICADOR	UNIDADE
1	Desenho Urbano	Infraestruturas	Percentagem de espaço público	%
2			Área de espaços verdes acessíveis	m ² /Residente
3			Percentagem de espaço destinado à circulação automóvel	%
4			Percentagem de espaço destinado ao estacionamento	%
5			Estado de conservação dos pavimentos rodoviários	%
6			Estado de conservação dos espaços pedonais	%
7			Índice de conectividade automóvel	-
8			<i>Connectivity (Space Syntax)</i>	-
9			<i>Control Value (Space Syntax)</i>	-
10			<i>Global Choice (Space Syntax)</i>	-
11			Índice de salubridade	%
12			Percentagem de passeios abaixo da largura mínima regulamentada	%
13			Percentagem de vias de sentido único com largura inferior a 5.65 / 8.15 / 10.65 metros	%
14		Estacionamento	Percentagem de lugares de estacionamento pago no CH	%
15			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida no CH	%
16			Número de lugares de estacionamento reservados a residentes no CH por residente	Lugares/Residente
17			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas no CH	%
18			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a veículos elétricos no CH	%
19			Parques de estacionamento na zona envolvente ao CH	Parques
20		Tráfego	Hierarquização viária	Má/Razoável/Boa
21			Número médio de pontos de conflito	Pontos/Cruzamento
22			Percentagem de interseções viárias com travessias pedonais	%
23			Percentagem de área com soluções de acalmia de tráfego	%
24	Transportes	Modos não motorizados	Extensão de arruamentos propícios ao uso de bicicleta	m
25			Quantidade de zonas de parqueamento de bicicletas	Zonas
26		Transportes Públicos Coletivos	Nível de Serviço	Classe
27			Taxa de cobertura espacial das paragens de autocarros	%
28		Distância média entre paragens de autocarros	m	
29	Mobilidade	Políticas de Mobilidade do Município	Planos de mobilidade sustentável para o CH	Sim/Não
30			Terminais de intermodalidade	Sim/Não

4.3. Atribuição do peso de cada indicador na análise multicritério

Tal como foi referido no capítulo anterior, o método utilizado para o cálculo e atribuição dos pesos dos indicadores que compõem o índice foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Para a aplicação deste método foi necessário, em primeiro lugar, estabelecer o ranking de prioridades dos critérios.

Existem diferentes tipos de abordagens que podem ser utilizadas para definir as condições de prevalência entre indicadores. Uma das alternativas seria atribuir as prioridades aos indicadores em conformidade com as opções tomadas para a quantificação dos pesos nos trabalhos e estudos apresentados. No entanto, como muitos destes estudos não incluem a componente do Desenho Urbano ou assumem que as dimensões ambiental, económica e social da sustentabilidade têm um maior peso nas suas avaliações, optou-se por um procedimento diferente, visto que um dos principais objetivos do índice proposto é ressaltar a importância da componente do planeamento e da gestão urbana na avaliação da mobilidade de espaços urbanos com simbolismo histórico e valor patrimonial.

Outra possibilidade seria solicitar a consulta de vários especialistas, das autoridades locais ou da opinião pública através de inquéritos onde lhes fosse pedido que avaliassem a importância de cada indicador em comparação com os restantes. Contudo, este é um processo moroso e que requer a colaboração de muitas pessoas, tendo-se por este motivo renunciado também a esta ideia.

Desta forma, optou-se por uma abordagem próxima das intenções descritas por Thomas L. Saaty, mencionadas anteriormente no Capítulo 3, secção 3.3, que pressupõem a elaboração de um ranking que defina a ordem de prioridades dos indicadores com base nos objetivos e resultados pretendidos (Saaty, 1980).

Tratando-se de um índice formado por um sistema de indicadores cujo princípio base é a análise do espaço urbano nos moldes que caracterizam os problemas de mobilidade nas zonas históricas das cidades ao nível do Desenho Urbano, os indicadores ligados a esta temática localizam-se num nível superior.

Ainda neste plano também pretendeu-se destacar a importância de alguns indicadores em relação a outros, distinguindo os indicadores que caracterizam as infraestruturas (percentagens de ocupação do solo, níveis de conectividade, estado de conservação dos pavimentos, dimensionamento e desenho geométrico) dos que estão ligados às restantes questões da engenharia de tráfego e gestão dos lugares de estacionamento por forma a vincar ainda mais o papel e a participação destes parâmetros na análise.

No segundo nível encontram-se os indicadores que permitem avaliar o sistema de transportes coletivos e as condições necessárias para a implementação de meios de transporte suaves e mais sustentáveis, como a bicicleta. Finalmente, no último nível situam-se os indicadores que complementam a análise. Na Figura 4.1 é apresentado um esquema que ilustra a ordem de prioridades dos indicadores por dimensão e tema que foi considerada.

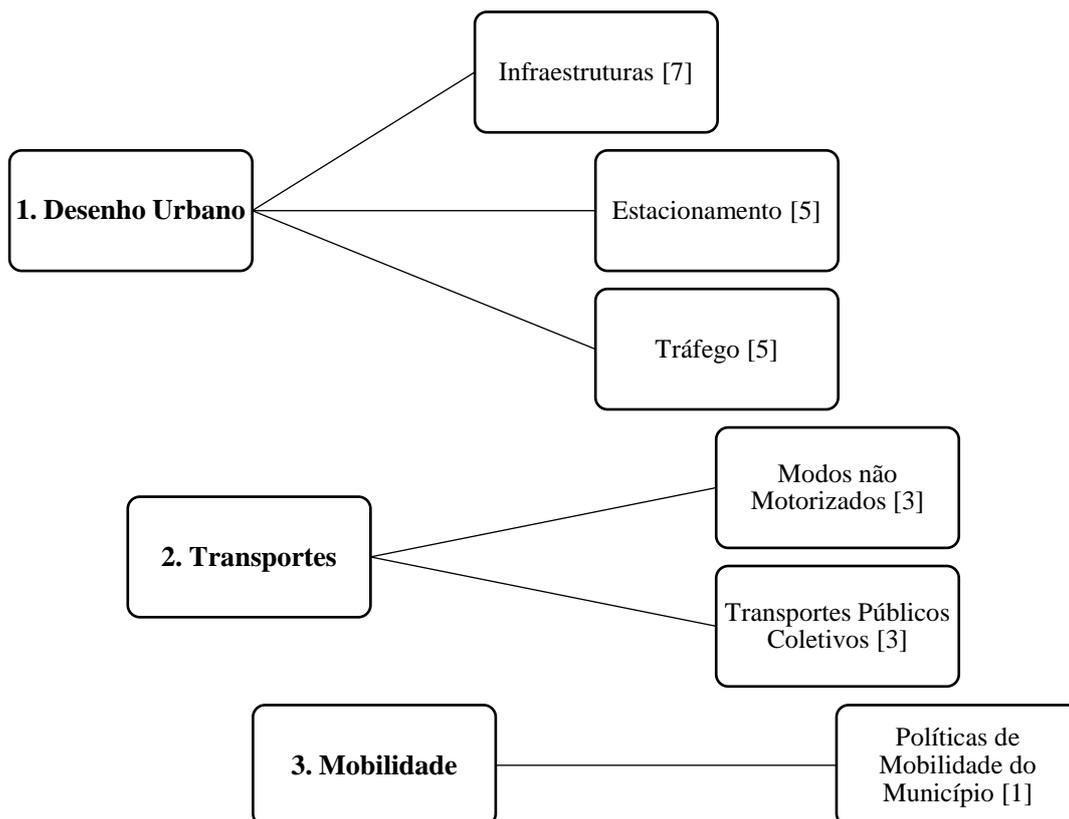


Figura 4.1 – Ranking de prioridades dos indicadores por dimensão e tema

Definidas as prioridades, segue-se a construção da matriz comparação, sendo necessário traduzir essas importâncias para uma escala numérica. Para esse efeito, utilizou-se a escala de nove pontos proposta por Saaty (Saaty, 1980). A partir desta pontuação obtiveram-se os coeficientes que traduzem as comparações entre pares de indicadores e que constituem a matriz de comparação.

Desta forma, e após a aplicação do Método AHP, obtiveram-se os pesos para os 30 critérios (Quadro 4.3). Uma vez que o rácio de consistência (CR) obtido foi inferior a 0,10 ($CR = 0,012$), o julgamento para a atribuição das importâncias realizado anteriormente foi considerado consistente, logo os valores dos pesos dos indicadores assumiram-se como válidos.

Quadro 4.3 – Pesos dos indicadores utilizados no Índice de Mobilidade Sustentável proposto

N.º	DIMENSÃO	TEMA	INDICADORES	PESO (%)	
1	Desenho Urbano	Infraestruturas	Percentagem de espaço público	5,58	
2			Área de espaços verdes acessíveis	5,58	
3			Percentagem de espaço destinado à circulação automóvel	5,58	
4			Percentagem de espaço destinado ao estacionamento	5,58	
5			Estado de conservação dos pavimentos rodoviários	5,58	
6			Estado de conservação dos espaços pedonais	5,58	
7			Índice de conectividade automóvel	5,58	
8			<i>Connectivity (Space Syntax)</i>	5,58	
9			<i>Control Value (Space Syntax)</i>	5,58	
10			<i>Global Choice (Space Syntax)</i>	5,58	
11			Índice de salubridade	5,58	
12		Estacionamento	Percentagem de passeios abaixo da largura mínima regulamentada	5,58	
13			Percentagem de vias de sentido único com largura inferior a 5.65 / 8.15 / 10.65 metros	5,58	
14			Percentagem de lugares de estacionamento pago no CH	2,16	
15			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida no CH	2,16	
16			Número de lugares de estacionamento reservados a residentes no CH por residente	2,16	
17			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas no CH	2,16	
18			Percentagem de lugares de estacionamento reservados a veículos elétricos no CH	2,16	
19			Parques de estacionamento na zona envolvente ao CH	2,16	
20			Tráfego	Hierarquização viária	2,16
21				Número médio de pontos de conflito	2,16
22				Percentagem de interseções viárias com travessias pedonais	2,16
23				Percentagem de área com soluções de acalmia de tráfego	2,16
24	Transportes	Modos não motorizados	Extensão de arruamentos propícios ao uso de bicicleta	0,96	
25			Quantidade de zonas de parqueamento de bicicletas	0,96	
26		Transportes Públicos Coletivos	Nível de Serviço	0,96	
27			Taxa de cobertura espacial das paragens de autocarros	0,96	
28		Distância média entre paragens de autocarros	0,96		
29	Mobilidade	Políticas de Mobilidade do Município	Planos de mobilidade sustentável para o CH	0,54	
30			Terminais de intermodalidade	0,54	
TOTAL				100	

5. ESTUDO DE CASO – CENTRO HISTÓRICO DE COIMBRA – ALTA UNIVERSITÁRIA

5.1. Introdução

Finalizada a construção do Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos (IMSCH) proposto, seguiu-se o estudo e aplicação desta ferramenta a um caso concreto. O Centro Histórico escolhido foi o da Cidade de Coimbra, mais precisamente, a Zona da Alta Universitária. Neste capítulo pretende-se demonstrar as aplicabilidades deste índice enquanto elemento caracterizador de Centros Históricos e enquanto ferramenta de análise multicritério que permite avaliar e comparar ao nível da mobilidade e da gestão urbana a situação atual da zona histórica de Coimbra com diferentes cenários que serão propostos tendo em vista a melhoria da qualidade do espaço urbano nestas vertentes.

Estruturalmente este capítulo divide-se em mais três secções. Primeiramente é feito um enquadramento global do Centro Histórico da Cidade de Coimbra, com especial ênfase para a Zona da Alta, efetuando-se uma breve caracterização geográfica e socioeconómica da Zona de Estudo, necessária para o reconhecimento do território e compreensão de alguns aspetos relacionados com a morfologia e a atual situação do Centro Histórico. Em seguida, é realizada uma caracterização mais específica das condições da mobilidade, nomeadamente, ao nível do funcionamento do Sistema Municipal de Transportes Urbanos de Coimbra, da rede pedonal, da rede de transporte individual e do controlo da procura do estacionamento, que possibilitou identificar as possíveis deficiências e potencialidades que podem ser corrigidas e desenvolvidas em ações futuras.

Toda esta análise de caracterização e de diagnóstico foi realizada com base em dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), em documentos e cartografia disponibilizados pela Câmara Municipal de Coimbra e pelo Gabinete para o Centro Histórico, num estudo desenvolvido pela Empresa ParquEXPO no âmbito da Reabilitação Urbana da Alta de Coimbra e no “Plano de Gestão de Coimbra – Universidade, Alta e Sofia” inserido no processo de candidatura destas áreas a Bens Património Mundial da UNESCO.

Por fim, é apresentado o cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos que permitiu comparar a situação existente da Zona da Alta Universitária da Cidade de Coimbra com dois cenários propostos e demonstrar que ambos são soluções mais sustentáveis do ponto de vista da mobilidade que a atual situação.

5.2. Enquadramento Global

5.2.1. Caracterização Geográfica

A Cidade de Coimbra foi erguida junto ao Baixo Mondego e é a principal cidade da Região Centro, localizando-se numa posição estrategicamente privilegiada entre as duas áreas metropolitanas do país, Lisboa e Porto. Coimbra é também sede de um município com uma área de 319,41 km², com uma população de 143 396 habitantes (Censos@, 2011) e que está dividido em 31 freguesias, sendo limitado a norte pelo município da Mealhada, a nascente por Penacova, Miranda do Corvo e Vila Nova de Poiares, a sul pelo município de Condeixa-a-Nova e a poente por Montemor-o-Velho. O seu Centro Histórico, que alberga as freguesias de Santa Cruz, São Bartolomeu, Sé Nova e Almedina, encontra-se dividido sensivelmente em duas zonas distintas – a Alta no topo da colina e a Baixa junto ao Rio Mondego – que contribuíram de maneiras diferentes para a construção da identidade da Cidade de Coimbra. Como tal, optou-se por considerar na análise apenas uma destas frações, visto um dos objetivos deste trabalho ser a criação de uma ferramenta que possa servir de instrumento de auxílio na caracterização e avaliação da qualidade urbana de zonas históricas candidatas ou elevadas a Património da Humanidade. Assim, decidiu-se considerar como Zona de Estudo (ZE) apenas a Zona da Alta Universitária, considerada Património Mundial da UNESCO desde 22 de Junho de 2013 (Figura 5.1).

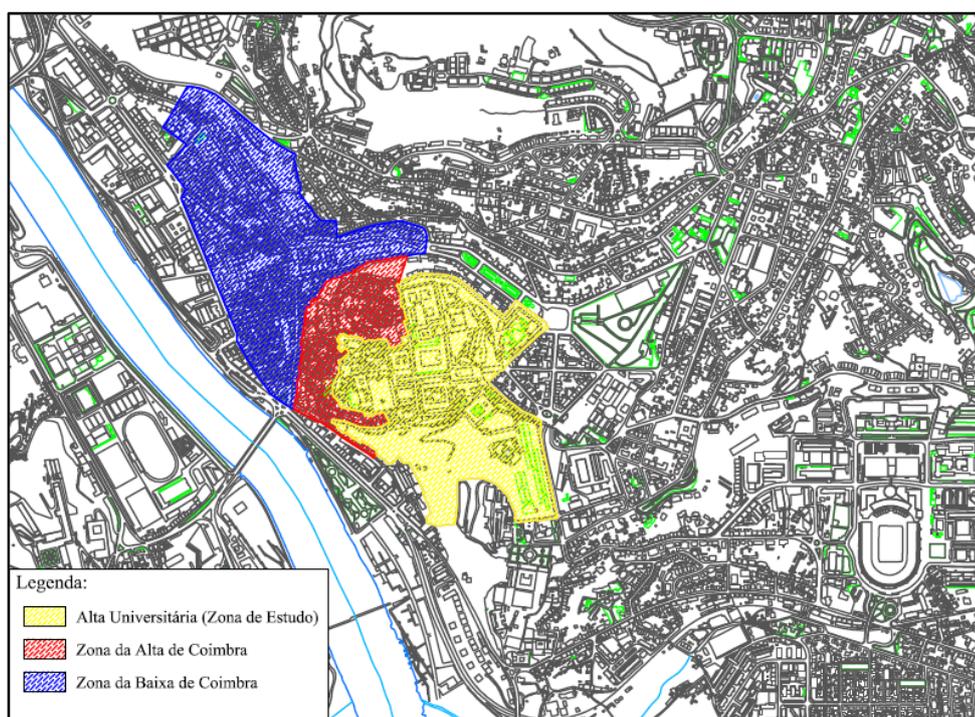


Figura 5.1 – Centro Histórico da Cidade de Coimbra

A ZE foi definida em conformidade com os limites reconhecidos pelo “Plano de Gestão de Coimbra – Universidade, Alta e Sofia” (Santos *et al.*, 2013) e com os dados recolhidos das Bases Geográficas de Referência de Informação (BGRIs) disponibilizados pelo INE, correspondendo a uma área de aproximadamente 31.5 hectares (314 833 m²) que engloba alguns dos equipamentos com maior valor patrimonial da cidade, destacando-se o Polo I da Universidade de Coimbra, o Jardim Botânico da Universidade e as Sés Velha e Nova. Esta zona é limitada a Norte pela Rua Padre António Vieira, a Este pela Alameda Júlio Henriques, a Sul pelo Jardim Botânico, e a Oeste pela Rua da Ilha e pelo Largo da Sé Velha sendo constituída por um total de 29 ruas (incluindo travessas, largos e praças) como mostra a Figura 5.2.

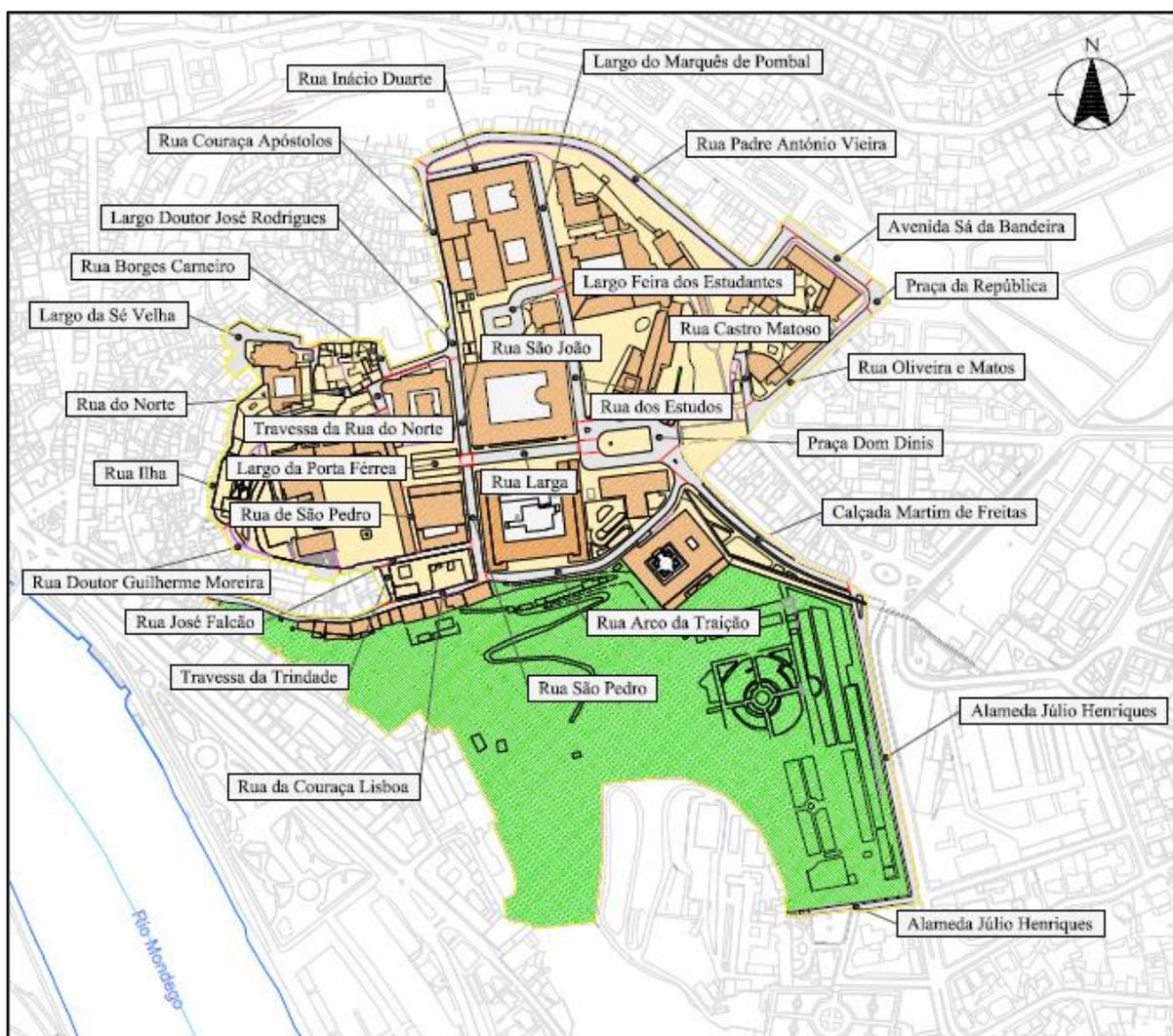


Figura 5.2 – Toponímia da Zona de Estudo (Alta Universitária)

5.2.2. Caracterização Demográfica e Socioeconómico

O estudo demográfico e socioeconómico da Alta de Coimbra, na qual está integrada a Zona de Estudo, foi elaborado principalmente com base nas informações recolhidas dos Censos de 2011 ao nível das subsecções estatísticas (BGRI) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Estatística e através do Sistema de Informação Geográfica, *ArcGIS*®.

Em termos globais, a Alta de Coimbra apresenta 668 edifícios e 1373 alojamentos com 985 residentes, menos de 1% do total de residentes que habitam a Cidade de Coimbra, segundo os dados de 2011. Relativamente ao conjunto do edificado, verificou-se que cerca de 95,5% dos edifícios da Alta foram erguidos no período anterior ao ano 2000, registando-se apenas a construção de 30 edifícios até 2011, sobretudo nas zonas da Alta mais densamente povoadas (Figuras 5.3.a e 5.3.b).

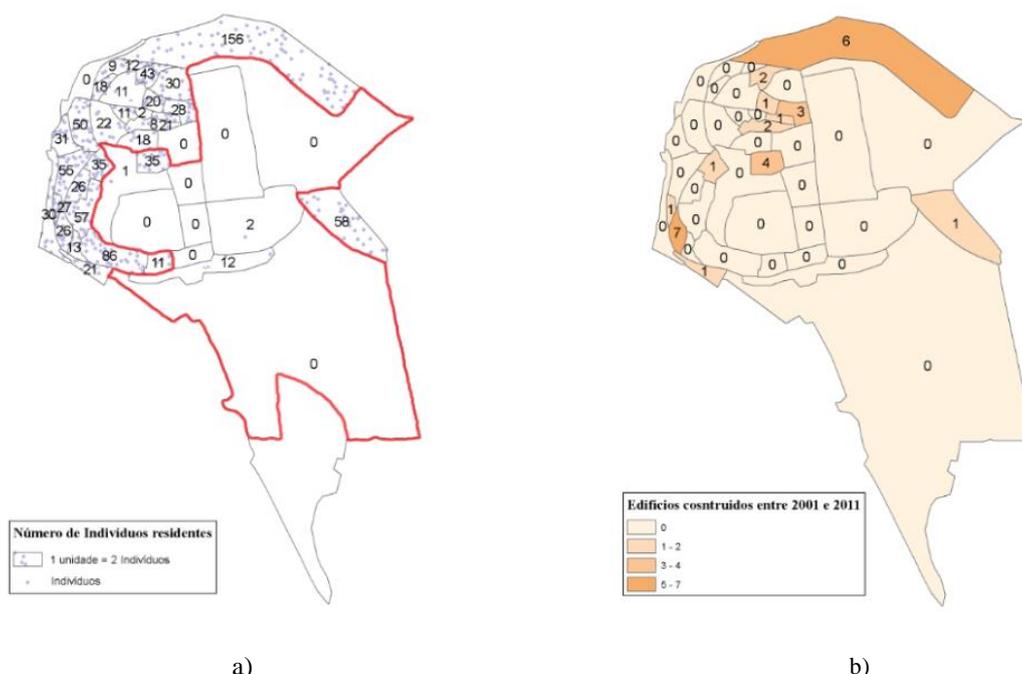


Figura 5.3 – a) Indivíduos residentes na Alta de Coimbra; b) Edifícios construídos entre 2001 e 2011 na Alta de Coimbra (Censos de 2011)

Dos 1373 alojamentos contabilizados, cerca de 37,1% são alojamentos familiares de residência habitual, na sua maioria arrendados (60,5%) sobretudo a estudantes pela proximidade ao Polo I da Universidade de Coimbra, mas também ocupados pelos proprietários (29,4%). Em termos da população residente, a análise ao perfil etário confirmou o peso do envelhecimento da população desta zona, com cerca de 32,8% dos indivíduos residentes ter mais de 65 anos, contrastando com os 13,4% de jovens e crianças com idades inferiores a 19 anos que residem na Alta. Estes dados refletem-se também no número de

pensionistas ou reformados que habitam esta zona da cidade, cerca de 34,4% da população residente.

Quanto à escolaridade, os dados dos Censos de 2011 revelaram uma taxa de analfabetismo para esta zona bastante baixa (3,9%), verificando-se ainda que 13,5% dos residentes têm o ensino secundário completo e que 20,9% detêm um curso superior completo. Por outro lado, constatou-se ainda que cerca de 8,3% da população residente são estudantes que estão a frequentar o ensino superior.

Em relação ao emprego, a maioria dos residentes empregados trabalha no setor terciário e dos serviços (91,6%), sendo a percentagem de população residente que está empregada no setor primário inferior a 1% (Figura 5.4.a). Desta análise, verificou-se ainda que 9,8% dos residentes encontram-se no desemprego ou à procura do primeiro emprego (Figura 5.4.b).

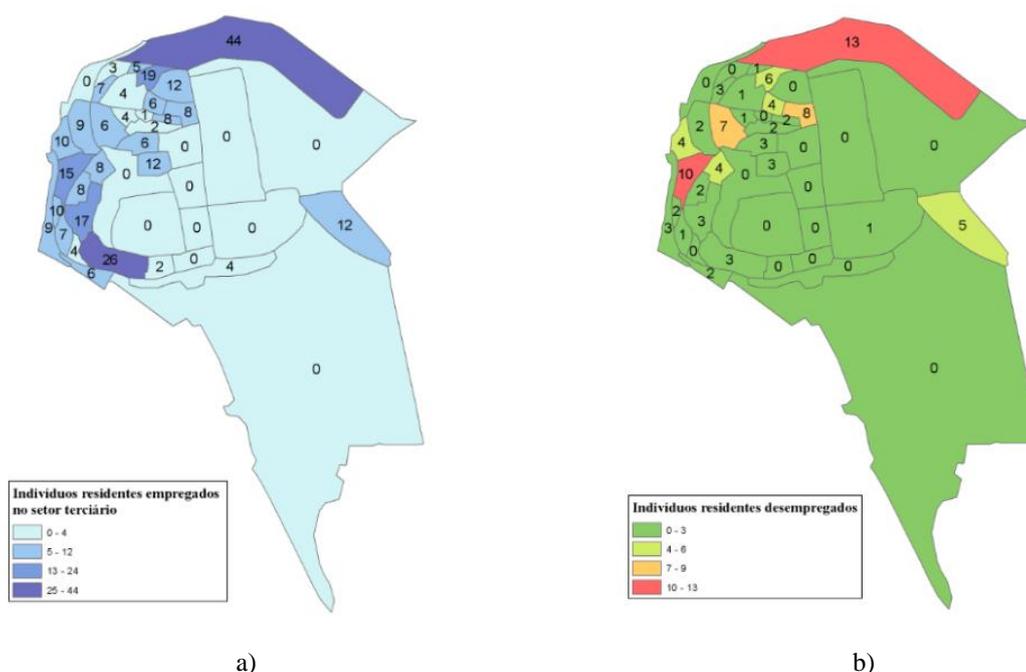


Figura 5.4 – a) Indivíduos residentes na Alta de Coimbra empregados no setor terciário; b) Indivíduos residentes na Alta de Coimbra desempregados (Censos de 2011)

Relativamente à Zona de Estudo, a Alta Universitária, apresenta 42 edifícios, 58 alojamentos e uma população residente de apenas 50 pessoas, que corresponde a 5,1% da população total que reside na Alta da cidade. Esta situação é facilmente explicada pelo facto de grande parte da área e dos edifícios da ZE pertencerem á Instituição Universidade de Coimbra. Os restantes indicadores sociodemográficos da Zona de Estudo seguem as tendências verificadas na análise global realizada à Zona da Alta.

5.2.3. Sistema de Mobilidade

O Centro Histórico de Coimbra encontra-se atualmente servido por um sistema de transportes e acessibilidades que “deve ser aperfeiçoado de forma a melhorar a mobilidade da população” (CMC@, 2015). O acesso ao Centro Histórico é feito sobretudo pelo eixo principal junto à zona ribeirinha do qual fazem parte a Avenida Fernão Magalhães e a Avenida Emídio Navarro que têm a função de distribuidoras principais. Contudo, existem outras ramificações no interior da malha urbana que possibilitam também o acesso ao núcleo histórico, nomeadamente a Alameda Júlio Henriques e a Avenida Sá da Bandeira. Estas vias distribuidoras além da função de acessibilidade contribuem igualmente para ligar esta zona urbana a outras áreas da cidade como a Solum e Celas. Importa referir que os acessos e a mobilidade no interior da Alta de Coimbra estão condicionados por constrangimentos físicos (em perfil e em planta) associados à topografia e à morfologia da própria cidade.

▪ Rede de Transporte Coletivo

O desenho da Alta de Coimbra, a disposição dos edifícios, a largura das ruas e a própria topografia do território, são alguns dos elementos que determinam as condições de mobilidade e de acessibilidade desta zona “originando redes de mobilidade distintas consoante o modo de transporte” (CMC@, 2012).

A rede de transporte coletivo é um dos serviços que é condicionado pelas características morfológicas deste espaço urbano pela dificuldade de acesso ao seu interior, sendo servida por dois tipos de linhas geridas pelos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra (SMTUC): as Linhas Urbanas, que contornam esta área, e a Linha Azul, que circula no seu interior e é constituída por miniautocarros. As linhas urbanas contêm também algumas paragens no interior da Alta de Coimbra, localizadas no Polo I da Universidade de Coimbra, que proporcionam a oferta de transporte também à população desta área (Linhas n.º 28, 34 e 103). A zona histórica da cidade é servida no total por 15 linhas urbanas cujos principais pontos de paragem são a Praça da República e o Largo da Portagem (Avenida Emídio Navarro) e que permitem ligar esta área a outras zonas da cidade como Celas, Olivais, Estádio Municipal, Solum e Vale das Flores.

Por sua vez, a linha azul, também chamada de “pantufinhas”, permite o transporte da população no interior da Alta e da Baixa de Coimbra efetuando paragens consoante a vontade e solicitação dos utilizadores. Este serviço funciona com uma frequência de 10 a 15 minutos (durante o período escolar) e é gratuito para os residentes da Alta mediante a apresentação do cartão de residente (Figura 5.5).



Figura 5.5 – Linha Azul do Centro Histórico - Pantufinhas (Dezembro de 2015)

Segundo o estudo desenvolvido pela ParquEXPO, o número de residentes na Alta que utilizam este serviço corresponde a menos de 50% do total de utilizadores, sendo que apenas 24% dos utilizadores da linha azul recorre diariamente a este serviço e 30% o faz esporadicamente (CMC@, 2015). Para além das linhas de transporte coletivo, existe ainda um ascensor localizado na encosta norte da Alta que estabelece a ligação entre o Mercado D. Pedro V, na Avenida Sá da Bandeira, e a Rua Padre António Vieira (Figura 5.6), sendo igualmente gratuito para os residentes, mediante a apresentação do cartão de residente. Segundo o mesmo estudo, o número de pessoas que utilizam o elevador é superior ao número de utilizadores do “pantufinhas”, sendo que a percentagem de residentes que utilizam os dois modos de transporte é sensivelmente a mesma (CMC@, 2015). Com vista ao futuro, está prevista a criação de uma ligação mecânica entre a Alta e a Avenida Emídio Navarro, onde se encontram localizados alguns parques de estacionamento.



Figura 5.6 – Ascensor na Avenida Sá da Bandeira (Dezembro de 2015)

▪ Rede de Transporte Individual

À semelhança da rede de transporte coletivo, a rede de circulação automóvel é também fortemente influenciada pelos condicionalismos físicos e pela organização espacial da Alta, sendo constituída maioritariamente por ruas de sentido único e de acesso limitado a residentes, a veículos de carga/descarga e a veículos de serviço/emergência. Estas ruas são também caracterizadas por perfis transversais estreitos que dificultam a circulação motorizada e o acesso ao miolo do núcleo histórico, potenciando a deslocação pedonal (Figura 5.7).



Figura 5.7 - Ligação estreita entre a Rua Coutinhos e o Largo da Sé Velha
(Dezembro de 2015)

Na Alta podem ser identificadas duas redes distintas. A primeira rede, que engloba o percurso que une a Rua Padre António Vieira à Calçada Martim de Freitas, pode ser interpretada como uma rede de aproximação que permite a ligação entre a rede exterior e a rede interna do Centro Histórico, facilitando o acesso ao Polo I da Universidade. Por outro lado, a rede interna é formada por um conjunto de vias condicionadas que tem como pontos de acesso a Rua José Falcão e a Rua Couraça dos Apóstolos, e como pontos de saída a Rua do Cabido e a Rua de Joaquim de Aguiar.

Apesar das acessibilidades principais estarem identificadas por alguma sinalização vertical (e por pilares retráteis na Rua dos Coutinhos) que permitem apenas o acesso a veículos de residentes, de emergência ou de carga/descarga, o fraco controlo e manutenção destes equipamentos permite que os espaços intersticiais do Centro Histórico sejam muitas vezes invadidos por automóveis que os utilizam inadvertidamente para estacionamento (casos do Largo da Sé Velha e do Largo de São Salvador).

▪ Estacionamento

Relativamente ao estacionamento, a Zona da Alta apresenta muitos problemas no que diz respeito à relação da oferta e da procura de lugares para estacionar. Numa visita realizada à Alta Universitária em Outubro de 2015 (em pleno período escolar) estimou-se um total de 878 lugares de estacionamento, incluindo os lugares sujeitos ao pagamento de tarifas, os lugares reservados para pessoas com mobilidade reduzida, reservados a veículos elétricos, reservados a cargas ou descargas, reservados aos residentes da Alta e a outras entidades. É de salientar, que o valor do volume de estacionamentos estimado foi obtido através da contabilização dos lugares que estão previstos e assinalados nos pavimentos, bem como dos lugares que não são considerados abusivos nem proibidos pelas autoridades municipais (por exemplo, os lugares em torno da Praça D. Dinis). De referir ainda que nesta estimativa não foram contempladas as capacidades dos parques de estacionamento privado da Alta Universitária e que no total foram analisadas 26 das 29 ruas que constituem a Zona de Estudo. Para aprimorar este valor, realizou-se também uma contabilização do total de lugares de estacionamento com recurso ao serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da *Google®*, o *Google Maps*, cuja atualização mais recente data de Março de 2015. Desta análise, obteve-se um volume de lugares de estacionamento próximo da primeira estimativa (cerca de 872 lugares) registando-se uma diferença inferior a 1%.

Um dos principais problemas ligados ao estacionamento na Zona de Estudo está associado à presença da Universidade. O facto da grande maioria dos estudantes utilizar o veículo individual como modo de transporte para se deslocarem até ao Polo I da Universidade, sendo este um ponto de referência não só para a população estudantil mas também de atração turística, aumenta substancialmente o défice que existe entre a procura e a oferta de estacionamento (Figura 5.8).



Figura 5.8 – Excesso de procura na Praça D. Dinis (Dezembro de 2015)

Outro dos problemas identificados, está também relacionado com a invasão por parte dos automóveis nos espaços restritos a residentes devido á falta de controlo por parte das autoridades competentes (Figura 5.9). Segundo o estudo da ParquEXPO, a maioria dos veículos estacionados não possui o cartão de residente necessário para ter acesso à área condicionada, sendo que durante o dia apenas 7% do número total de veículos possui cartão de residente ou requerimento (CMC@, 2015).



Figura 5.9 – Estacionamento abusivo no Largo da Sé Velha (Dezembro de 2015)

Por fim, existem ainda as dificuldades impostas pelas características morfológicas do terreno que condicionam o acesso ao Centro Histórico das pessoas que optam por deixar os seus veículos nos parques de estacionamento exteriores à Alta e que se localizam na Avenida Emídio Navarro junto ao Parque Verde do Mondego e perto do Mercado Municipal.

▪ **Mobilidade Suave**

Como foi referido anteriormente, as ruas estreitas e acidentadas são alguns dos principais obstáculos que inibem a presença dos automóveis no interior do Centro Histórico, sendo a mobilidade pedonal a principal forma de circulação. Como tal, é fundamental garantir as condições necessárias para uma circulação mais confortável e segura para os diferentes tipos de utentes, desde pessoas jovens a pessoas com mobilidade reduzida.

No interior do Centro Histórico de Coimbra verificou-se que existem escadas em algumas ruas cujo declive é acentuado, mas ao mesmo tempo não existem alternativas confortáveis para as pessoas com mobilidade reduzida. Outro dos problemas detetados é o estado de degradação do pavimento, sobretudo das ruas que constituem a rede interna do núcleo histórico. A existência de buracos e de desníveis nos pavimentos afeta imenso a mobilidade de pessoas idosas ou com dificuldades de locomoção (Figura 5.10).



Figura 5.10 – Pavimento da Rua Ilha (Dezembro de 2015)

Também o convívio com o automóvel constitui muitas vezes um obstáculo para a rede pedonal da Alta, uma vez que existem muitas ruas cujos passeios estão mal dimensionados ou simplesmente não existem. A presença de elementos de acalmia de tráfego como passagens sobrelevadas (Rua Larga) é uma boa solução para promover a redução da velocidade dos veículos automóveis e assim aumentar a segurança dos peões (Figura 5.11).



Figura 5.11 – Passagem sobrelevada na Rua Larga (Dezembro de 2015)

Por fim, a utilização de outras alternativas de mobilidade suave, como o uso da bicicleta, são pouco exploradas pelos visitantes e residentes do Centro Histórico. Além dos pavimentos em pedra não serem muito favoráveis à utilização deste meio de transporte, não existem zonas de estacionamento adequadas.

5.3. Índice de Mobilidade Sustentável do Centro Histórico de Coimbra

5.3.1. Quantificação dos Indicadores

Depois de definidos os limites da Zona de Estudo e de uma primeira caracterização, seguiu-se a determinação dos valores dos indicadores propostos anteriormente e que constituem a base do Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos (IMSCH). Para tal, foi necessário primeiramente distinguir a área de espaço privado (i.e., área edificada e área de pátios e jardins interiores) da área destinada a uso público, que corresponde sensivelmente a 71% da área total da ZE (cerca de 22,36 hectares), e eleger os métodos e as ferramentas adequadas para o processo de recolha de informação e cálculo dos indicadores.

Assim, os valores dos indicadores que avaliam os aspetos mais ligados às características físicas e morfológicas do espaço da Alta Universitária (i.e., o Desenho Urbano) e de ocupação do solo foram obtidos sobretudo com recurso a *softwares* como o *AutoCAD*®, o *Depthmap*® ou o *Google Earth*. Contudo, alguns destes valores foram determinados a partir de uma análise em planta devido ao pouco preciosismo da carta de altimetria disponibilizada, assumindo-se, por isso, esta simplificação.

Por outro lado, os indicadores que envolvem a contabilização dos lugares de estacionamento foram obtidos através de contagens realizadas *in situ*, na Alta Universitária. Já para quantificar os indicadores que permitem avaliar o sistema de transporte coletivo urbano em funcionamento na ZE foi necessário recolher informações sobre as linhas urbanas dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra (SMTUC), nomeadamente horários, percursos e paragens das linhas. Por fim, importa também ressaltar o papel importante das várias visitas realizada à Zona de Estudo ao longo do trabalho de caracterização e quantificação dos indicadores. Estas visitas revelaram-se fundamentais, não só porque permitiram explorar e compreender de forma mais aprofundada diferentes aspetos da Alta, mas também porque contribuíram para o esboço de uma visão mais realista e próxima do verdadeiro estado e funcionamento do Centro Histórico.

Em seguida, são apresentados de forma mais pormenorizada os métodos utilizados para a obtenção dos valores dos 30 indicadores que constituem o IMSCH (Quadro 5.1) e que caracterizam a situação atual do sistema de mobilidade da Alta Universitária de Coimbra, Património Mundial da UNESCO.

Quadro 5.1 - Definição dos indicadores que constituem o IMSCH

N.º	INDICADOR	DEFINIÇÃO
1	Percentagem de espaço público	Representa a parcela da área total do Centro Histórico destinada ao uso público.
2	Área de espaços verdes acessíveis	Representa a área de espaços verdes acessíveis por habitante do Centro Histórico.
3	Percentagem de espaço destinado à circulação automóvel	Representa a percentagem da área de uso público do Centro Histórico destinada à circulação rodoviária.
4	Percentagem de espaço destinado ao estacionamento	Representa a percentagem da área de uso público do Centro Histórico destinada a parques e lugares de estacionamento.
5	Estado de conservação dos pavimentos rodoviários	Representa a percentagem de área de pavimentos rodoviários do Centro Histórico que apresentam patologias - peladas, covas, reparações, fendilhamento, rodeiras, buracos.
6	Estado de conservação dos espaços pedonais	Representa a percentagem de área de passeios e espaço pedonal do Centro Histórico que apresentam imperfeições - buracos e desníveis.
7	Índice de conectividade automóvel	Índice que mede a densidade de conexões existentes na rede de estradas definida no interior dos limites do Centro Histórico.
8	<i>Connectivity (Space Syntax)</i>	Índice que mede o número de linhas axiais que estão diretamente ligadas a outras linhas axiais. Estas linhas são assumidas como os trajetos ou percursos pedonais que um indivíduo pode realizar para se deslocar a qualquer parte da cidade tendo em conta as características físicas do espaço (edifícios, árvores, muros ou outros obstáculos).
9	<i>Control Value (Space Syntax)</i>	Índice que mede o potencial de atração de um espaço em relação aos seus vizinhos imediatos, tendo em conta o número de conexões alternativas que cada um desses vizinhos tem.
10	<i>Global Choice (Space Syntax)</i>	Índice que mede o potencial de escolha de um espaço em função da quantidade de caminhos mais curtos que passam por ele, conetando todos os espaços para todos os espaços de uma rede.
11	Índice de salubridade	Representa a percentagem de ruas do Centro Histórico cuja altura das edificações, H, é superior à distância entre os planos das fachadas das edificações, D.
12	Percentagem de passeios abaixo da largura mínima regulamentada	Representa a percentagem de passeios do Centro Histórico que não cumprem os requisitos legais relativos á largura mínima desejável de 1,20 m.
13	Percentagem de vias de sentido único com largura inferior a 5.65 / 8.15 / 10.65 metros	Representa a percentagem de vias de sentido único dos arruamentos do Centro Histórico que não respeitam a tipologia e a largura dos perfis padrão estipulados. Nomeadamente, 5,65, 8,15 e 10,65 metros.
14	Percentagem de lugares de estacionamento pago no CH	Representa a percentagem de lugares de estacionamento para veículos motorizados no Centro Histórico sujeitos ao pagamento de tarifas em função do tempo de ocupação.
15	Percentagem de lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida no CH	Representa a percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico que estão reservados a pessoas com mobilidade reduzida.
16	Número de lugares de estacionamento reservados a residentes no CH	Representa o número médio de lugares de estacionamentos reservados a residentes no Centro Histórico.
17	Percentagem de lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas no CH	Representa a percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico reservados a cargas e descargas.
18	Percentagem de lugares de estacionamento reservados a veículos elétricos no CH	Representa a percentagem de lugares de estacionamento do Centro Histórico reservados a veículos elétricos.
19	Parques de estacionamento na zona envolvente ao CH	Indica o número de parques de estacionamento localizados nas zonas envolventes ao Centro Histórico num raio de 600 metros.

Quadro 5.1 - Definição dos indicadores que constituem o IMSCH (continuação)

N.º	INDICADOR	DEFINIÇÃO
20	Hierarquização viária	Descreve se a estrutura viária adotada para o Centro Histórico é a mais adequada a este tipo de zonas (Vias Distribuidoras Principais – Vias Distribuidoras Locais – Vias de Acesso Local).
21	Número médio de pontos de conflito	Número médio de pontos de conflito resultantes do entrecruzamento dos diferentes fluxos de tráfego nos vários cruzamentos existentes no Centro Histórico.
22	Percentagem de interseções viárias com travessias pedonais	Representa a percentagem de cruzamentos do Centro Histórico que possuem travessias para o atravessamento de peões.
23	Percentagem de área com soluções de acalmia de tráfego	Representa a percentagem da área de espaço destinado à circulação automóvel do Centro Histórico onde foram implementadas medidas de acalmia de tráfego.
24	Extensão de arruamentos propícios ao uso de bicicleta	Representa a extensão de arruamentos do Centro Histórico onde o declive é inferior a 4 % permitindo a fácil circulação em bicicleta.
25	Quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas	Representa o número de zonas de estacionamento para bicicletas em bom estado, que são seguras e que possuem no mínimo dois lugares de estacionamento.
26	Nível de Serviço	Classificação atribuída ao serviço prestado pelo Sistema de Transporte Urbano Coletivo em função do intervalo entre passagens dos autocarros que fazem a ligação ao Centro Histórico.
27	Taxa de cobertura espacial das paragens de autocarros	Representa a razão entre a área coberta pelas paragens de autocarros localizadas num raio de 400 metros e a área total do Centro Histórico.
28	Distância média entre paragens de autocarros	Representa a distância média em linha reta entre as paragens de autocarro existentes no Centro Histórico e na área envolvente num raio de 450 metros.
29	Planos de mobilidade sustentável para o CH	Indica a existência ou não de projetos e planos de mobilidade sustentável que estão previstos, em fase de execução ou que foram recentemente implementados no Centro Histórico.
30	Terminais de intermodalidade	Indica a existência ou não de terminais de intermodalidade no Centro Histórico e sua envolvente.

▪ **Indicadores 1, 2, 3, 4 e 23**

Para a determinação do valor de cada um destes indicadores recorreu-se às ferramentas de medição de um *software* de desenho apoiado por computador, o *AutoCAD*®. Para tal, foi necessário fazer um reconhecimento da ZE através de visitas ao local, da cartografia disponibilizada pela Câmara Municipal de Coimbra e da informação geográfica disponibilizada pelo programa *Google Earth*, para identificar os espaços, os edifícios e outros elementos que compõem a Alta Universitária e estão localizados dentro das fronteiras já definidas. Depois de realizado esse levantamento, foi possível determinar as áreas de espaço público, de espaços verdes, de espaço destinado à circulação automóvel, de espaço destinado a estacionamento e áreas com soluções de acalmia de tráfego.

Como foi referido anteriormente, o espaço público corresponde sensivelmente a 71% da área total da Zona de Estudo, sendo 15,2% desse espaço destinado à circulação automóvel e 10,6% destinado a estacionamento. Para a obtenção destes valores consideraram-se todas as ruas

onde é permitida a circulação de tráfego automóvel e as áreas dos lugares de estacionamento assinalados nos pavimentos, das bolsas de estacionamento não ilegal e dos parques de estacionamento.

Na Zona de Estudo o único espaço verde existente é o Jardim Botânico da Universidade de Coimbra. Admitindo que apenas um terço da sua área é que se encontra realmente acessível às pessoas (o restante espaço é ocupado pela mata), verificou-se que a proporção de espaço verde acessível pelo número de habitantes é de aproximadamente 40 m² por residente, um valor que fica abaixo dos 53 m² por habitante que apresenta a Cidade de Curitiba, no Brasil, premiada em 2011 com o prémio *Globe Award Sustainable City*. Para o cálculo deste indicador considerou-se a população residente de toda a Zona da Alta (985 residentes) e não apenas a que se encontra a residir no interior dos limites da Zona de Estudo (50 residentes), uma vez que o Jardim Botânico é o espaço verde que serve toda essa zona e que está mais próximo.

Por fim, para a determinação da área da ZE que apresenta soluções de acalmia de tráfego consideraram-se as ruas cujo acesso é permitido apenas a veículos de residentes, a ligeiros para carga e descarga e a viaturas autorizadas (i.e., as ruas que permitem aceder ao núcleo da Zona da Alta), espaços partilhados e elementos que produzem efeitos de acalmia como as passagens sobrelevadas (ver Peça Desenhada N.º1). No Quadro 5.2 são apresentados os valores das áreas e respetivas percentagens destes espaços.

Quadro 5.2 – Áreas e percentagens dos espaços que compõem a ZE

Espaços	Área [m ²]	Percentagem [%]		
Zona de Estudo	314 832,95	100	-	-
Edificado mais pátios e jardins interiores	91 171,40	28,96	-	-
Espaço Público	223 661,55	71,04	100	-
Espaços Verdes (total)	132 045,46	-	59,04	-
Espaços verdes acessíveis	39 638,00	-	17,72	-
Espaço destinado à circulação pedonal	39 668,00	-	17,74	-
Espaço destinado à circulação automóvel	33 921,58	-	15,17	100
Espaço destinado ao estacionamento de veículos	23 683,14	-	10,59	-
Área com soluções de acalmia de tráfego	4 907,36	-	-	14,47

O somatório das percentagens relativas aos espaços públicos corresponde a um total de 102,54%, existindo um erro de 2,54% que surge do facto de no cálculo da área destinada à circulação automóvel ter-se incluído a área correspondente aos lugares de estacionamento assinalados no pavimento rodoviário. Contudo, este erro é perfeitamente suportável pela análise que se pretende desenvolver em diante.

▪ **Indicadores 5 e 6**

Num levantamento realizado ao estado de conservação dos pavimentos da Zona de Estudo verificou-se que aproximadamente 44,8% da área de pavimentos rodoviários, nos quais estão incluídos os pavimentos betuminosos e os pavimentos em pedra, apresenta uma grande concentração de patologias ao nível das camadas superficiais como fendilhamento, pele de crocodilo, peladas, rodeiras e reparações (pavimentos betuminosos) ou buracos e assentamentos (pavimentos em pedra). Os casos mais assinaláveis localizam-se na Praça D. Dinis, na Rua São João, na Rua Padre António Vieira e nas ruas de acesso ao Largo da Sé Velha (Figuras 5.12.a e 5.12.b).



Figura 5.12 – a) Assentamentos no pavimento da Rua São João; b) Reparções no pavimento da Praça D. Dinis (Dezembro de 2015)

Relativamente ao espaço pedonal, observou-se a presença de algumas imperfeições nos pavimentos e passeios com calçada portuguesa tais como buracos e assentamentos sobretudo ao longo da Rua Inácio Duarte e na Calçada Martim de Freitas (Figuras 5.13.a e 5.13.b). Estas áreas de maior concentração de imperfeições correspondem aproximadamente a 0,94% do total da área de espaço público destinada à circulação pedonal.



Figura 5.13 – a) Buracos no passeio da Rua Inácio Duarte; b) Assentamentos no passeio da Calçada Martim de Freitas (Dezembro de 2015)

▪ **Indicador 7**

Existem vários métodos que permitem calcular o índice de conectividade automóvel. Uma das maneiras é calcular a relação entre o número cruzamentos da rede e o número de becos sem saída (Greenfield@, 2015). A relação resultante seria dada numa escala de 0 a 1, em que a razão superior a 0,75 seria indicativa de alta conectividade. Outra forma utilizada por alguns autores (Melo, B., 2004) seria contabilizar o número total de cruzamentos existentes no interior da área da Zona de Estudo, em que o maior número cruzamentos por unidade de área seria indicativo de maior conectividade. Por outro lado, o método escolhido para o cálculo do índice de conectividade automóvel exigiu a determinação da relação entre o número de segmentos de rua (31) que formam a rede de circulação automóvel e o número de nós (26) (Figura 5.14). O valor do índice de conectividade automóvel obtido para a Zona de Estudo foi 1,2, estando dentro da normalidade.

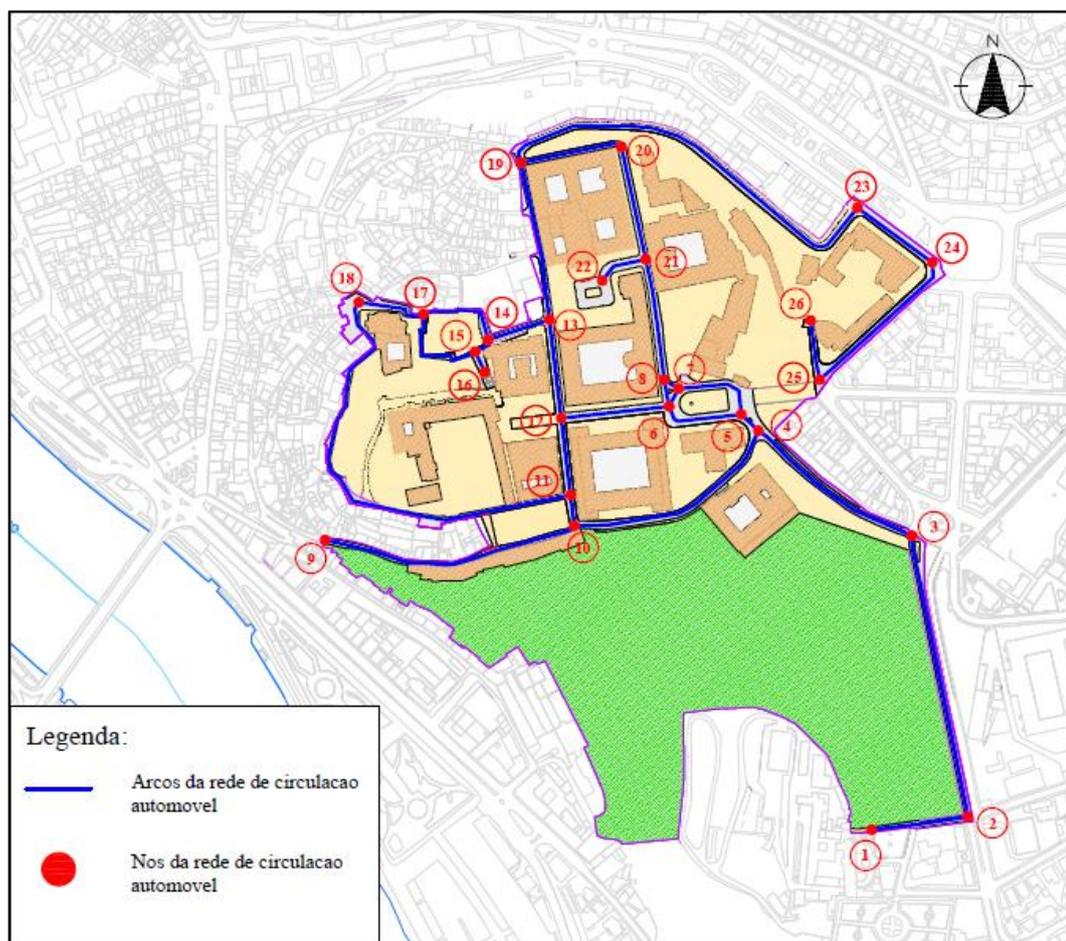


Figura 5.14 - Rede de circulação automóvel da Zona de Estudo (Alta Universitária)



Figura 5.16 - Mapa axial da rede pedonal da Zona de Estudo para o indicador *Connectivity*

No Quadro 5.3 são expostos os resultados obtidos para o conjunto de linhas axiais que definem a rede pedonal da ZE.

Quadro 5.3 – *Average* dos indicadores do modelo *Space Syntax* para a rede pedonal da Zona de Estudo

Indicadores	Average
<i>Connectivity</i>	0,2740
<i>Control Value</i>	0,3823
<i>Global Choice</i>	0,1293

De forma a compreender melhor os resultados, compararam-se os valores obtidos para a Zona de Estudo com os valores de um estudo realizado para a área urbana de Barnsbury, no interior norte de Londres (Hillier *et al.*, 1987). Da análise comparativa, verificou-se que os valores de *Connectivity*, *Control Value* e *Global Choice* para a área urbana de Barnsbury (0,6434, 0,7197, 0,7345, respetivamente) são claramente superiores aos valores obtidos para a Zona de Estudo. Uma das razões pode ter a ver com o facto de Barnsbury ser uma zona urbana de Londres relativamente recente, tendo sido predominantemente rural até ao início do século XIX.

▪ **Indicador 11**

O cálculo do índice de salubridade baseou-se fundamentalmente na identificação das ruas (incluindo travessas, largos e praças) cujas edificações não cumprem a Regra dos 45°, redigida no artigo 59º do DL n.º 38 382/51 de 7 de Agosto - Regulamento Geral das Edificações Urbanas (versão atualizada), para Portugal. Para tal, recorreu-se a ferramentas de medição de *softwares* como o *AutoCAD®* e o *Google Earth* para medir a distância entre os planos das fachadas dos edifícios (que corresponde à largura das ruas), D, e estimar as alturas médias dos edifícios ao longo das ruas, H. Neste processo foram analisadas as 29 ruas que constituem a Zona de Estudo (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – Verificação da Regra dos 45º (artigo 59º do RGEU) nas ruas da Zona de Estudo

Nome da rua	Altura média H [m]	Distância D [m]	Verificação [D ≥ H]
Alameda Júlio Henriques	-	-	Verifica
Calçada Martim de Freitas	11	43,84	Verifica
Praça Dom Dinis	16	54,58	Verifica
Rua Arco da Traição	23	17,48	Não Verifica
Rua da Couraça Lisboa	11	4,14	Não Verifica
Rua José Falcão	9	6,44	Não Verifica
Rua Doutor Guilherme Moreira	6	9,46	Verifica
Rua Ilha	6,5	3,04	Não Verifica
Largo da Sé Velha	9	11,48	Verifica
Rua do Norte	12	2,13	Não Verifica
Rua Borges Carneiro	9	2,18	Não Verifica
Travessa da Rua do Norte	16,5	12,03	Não Verifica
Largo Doutor José Rodrigues	16,5	15,11	Não Verifica
Rua São João	16,5	15,81	Não Verifica
Rua São Pedro	18	15,48	Não Verifica
Rua Larga	17	24,34	Verifica
Largo Feira dos Estudantes	13,5	26,13	Verifica
Rua dos Estudos	13,5	12,11	Não Verifica
Rua da Couraça Apóstolos	12	12,32	Verifica
Rua Padre António Vieira	12	18,9	Verifica
Rua Inácio Duarte	-	-	Verifica
Largo do Marquês de Pombal	13	12,32	Não Verifica
Avenida Sá da Bandeira	-	-	Verifica
Praça da República	-	-	Verifica
Rua Oliveira e Matos	10	16,02	Verifica
Rua Castro Matoso	11	14,87	Verifica
Travessa da Trindade	9	8,17	Não Verifica
Rua de São Pedro	17	4,61	Não Verifica
Largo da Porta Férrea	13	49,82	Verifica

Relativamente aos casos da Alameda Júlio Henriques, da Rua Inácio Duarte, da Avenida Sá da Bandeira e da Praça da República, não são apresentados valores para as variáveis H e D, visto que apenas existem edifícios numa das margens das ruas, verificando automaticamente a Regra dos 45°. Finalizada a análise, calculou-se o valor do índice de salubridade que corresponde à percentagem de ruas onde a condição anterior não é verificada (48,3%).

▪ **Indicador 12**

Para a quantificação deste indicador foi necessário medir a largura dos passeios das ruas da Zona de Estudo e verificar quais os que apresentavam larguras inferiores ao valor mínimo desejável estipulado no DL n.º 163/2006 de 8 de Agosto, ou seja, 1,20m. Nesta análise não foram consideradas as ruas onde não existe segregação da via de circulação rodoviária em relação aos passeios (espaços partilhados) e/ou que se destinam exclusivamente ao uso pedonal. Mais uma vez, foi necessária a utilização das ferramentas de medição do *software AutoCAD®* para obter o valor da largura, l, de um total de 35 passeios. A análise demonstrou que apenas 6 passeios da ZE não cumprem o requisito exigido, correspondendo a uma percentagem de 17,1% do total de passeios analisados.

▪ **Indicador 13**

Como já foi referido, o objetivo deste indicador passa por identificar as ruas de sentido único da ZE onde podem existir constrangimentos para a circulação pedonal e rodoviária, em simultâneo, provocados pelo mau dimensionamento dos próprios arruamentos, independentemente de existir ou não segregação da via. Para o cálculo deste indicador foram consideradas na análise somente as ruas de sentido único com uma via de circulação inseridas nas três tipologias admitidas e que foram definidas em função da presença ou não de estacionamento lateral na via pública, como indica o Quadro 5.5. De salientar ainda que em todas as tipologias a via de circulação rodoviária tem uma largura de 3,25m e que os passeios nas margens têm ambos a largura mínima desejável (1,20m).

Quadro 5.5 - Perfis Padrão para as vias de sentido único do CH

Tipologias de perfil	Estacionamento Lateral [2,5m]	Largura total do perfil [m]
Tipo 1	Sem estacionamento	5,65
Tipo 2	Apenas de um lado	8,15
Tipo 3	Dos dois lados	10,65

Num total de 17 ruas analisadas, verificou-se que apenas 7 podem gerar situações de impasse na circulação dos diferentes utentes devido ao não cumprimento das larguras mínimas estipuladas e representadas nos três perfis tipo considerados (Quadro 5.6). Este valor corresponde assim a uma percentagem de 41,2% relativa ao total de ruas analisadas.

Quadro 5.6 – Verificação da largura das ruas de sentido único com apenas uma via de circulação da Zona de Estudo

Nome da rua	Perfil transversal	Largura [m]	Verificação
Rua Arco da Traição	Tipo 2	11,94	Verifica
Rua da Couraça Lisboa	Tipo 2	6,88	Não Verifica
Rua José Falcão	Tipo 2	6,43	Não Verifica
Rua Doutor Guilherme Moreira	Tipo 2	6,38	Não Verifica
Rua Ilha	Tipo 2	3,83	Não Verifica
Rua do Norte	Tipo 1	2,13	Não Verifica
Rua Borges Carneiro	Tipo 1	2,01	Não Verifica
Largo Doutor José Rodrigues	Tipo 2	10,97	Verifica
Rua São Pedro	Tipo 3	15,44	Verifica
Rua São João	Tipo 3	15,73	Verifica
Rua Larga	Tipo 1	24,02	Verifica
Rua da Couraça Apóstolos	Tipo 2	8,88	Verifica
Rua Padre António Vieira	Tipo 3	11,52	Verifica
Largo do Marquês de Pombal	Tipo 3	23,08	Verifica
Rua Oliveira e Matos	Tipo 2	16,04	Verifica
Rua Castro Matoso	Tipo 2	10,84	Verifica
Rua Inácio Duarte	Tipo 3	8,25	Não Verifica

▪ **Indicadores 14, 15, 16, 17, 18 e 19**

No estudo realizado ao sistema de mobilidade da Zona de Estudo verificou-se que na globalidade a Alta Universitária encontra-se servida por uma oferta de estacionamento estimada em 878 lugares, excluindo os valores referentes à capacidade dos parques de estacionamento privado existentes nesta zona. Como foi anteriormente referido, esta estimativa engloba os lugares de estacionamento isentos do pagamento de qualquer taxa; os lugares de estacionamento pago; os lugares reservados a pessoas com mobilidade reduzida; os lugares reservados a residentes; os lugares reservados a serviços de carga e descarga e os lugares reservados aos veículos elétricos. Os indicadores 14, 15, 17 e 18 são percentagens calculadas em relação ao total de lugares de estacionamento estimado para a ZE (Quadro 5.7).

Quadro 5.7 – Distribuição dos lugares de estacionamento da Zona de Estudo

Designação	Quantidade	Percentagem [%]
Lugares não pagos	575	65,49
Lugares pagos	182	20,73
Lugares reservados a pessoas com mobilidade reduzida	7	0,80
Lugares reservados a residentes	45	5,13
Lugares reservados a cargas e descargas	5	0,57
Lugares reservados a veículos elétricos	4	0,46
Lugares reservados a entidades	60	6,83

Por outro lado, o Indicador 16 foi calculado relativamente ao número de pessoas a residir na Zona de Estudo (50 residentes), uma vez que a população residente difere de Centro Histórico para Centro Histórico. Segundo este indicador existe em média aproximadamente 1 lugar de estacionamento reservado a residentes por habitante na ZE. Já o Indicador 19 representa o número de parques de estacionamento localizados na envolvente da Alta Universitária num raio até 600 metros. No total foram contabilizados apenas 2, o Parque de estacionamento do Mercado Municipal D. Pedro V e o Parque de estacionamento do Parque Verde do Mondego, existindo ainda 2 áreas de estacionamento pago localizadas na Avenida Emídio Navarro e na Avenida Sá da Bandeira (Figura 5.17).

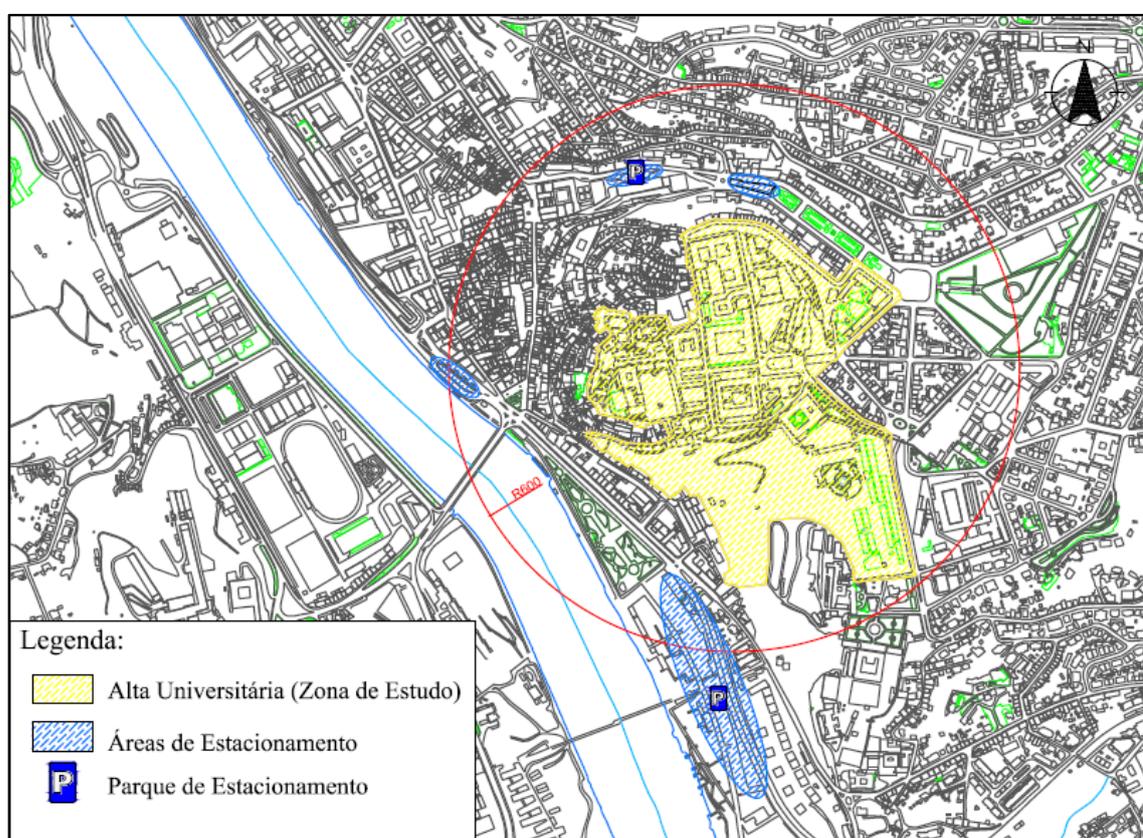


Figura 5.17 – Parques de estacionamento na envolvente da Zona de Estudo (Alta Universitária)

▪ **Indicador 20**

Depois de realizada uma análise às características físicas dos arruamentos e das velocidades praticadas nos diferentes troços que compõem a rede viária confinada aos limites da Zona de Estudo, verificou-se que esta é constituída por duas vias distribuidoras principais (Alameda Júlio Henriques e Avenida Sá da Bandeira) onde as velocidades praticadas são da ordem dos 50 km/h ou 60 km/h e as passadeiras são semaforizadas, existindo ainda trajetos pedonais formais adjacentes às vias (passeios) de largura razoavelmente aceitável. Estas duas vias

distribuidoras principais localizam-se junto às fronteiras do Centro Histórico estando ligadas ao interior da ZE através de ramais que reúnem as características físicas e a função de vias distribuidoras locais. Nestas vias já é possível identificar alguns aspetos representativos do aumento da segurança e do conforto para os movimentos pedonais, nomeadamente através da utilização de medidas de acalmia de tráfego como passagens para o atravessamento de peões sobrelevadas (Rua São Pedro, Rua São João e Praça Dom Dinis). Nestes arruamentos ainda é possível identificar que a circulação partilhada de tráfego motorizado e não motorizado é perfeitamente normal, sendo aceitável que o estacionamento quer “ao longo” ou “em espinha” seja feito próximo dos cruzamentos. Por fim, verificou-se a existência de pequenos canais ligados às vias distribuidoras locais que fazem a ligação aos espaços destinados aos residentes do Centro Histórico, as vias de acesso local. Estes arruamentos caracterizam-se por permitirem o convívio e a partilha de espaço entre peões e veículos motorizados, uma vez que as velocidades praticadas são da ordem dos 30 km/h. Em resultado desta análise, considerou-se que a Zona de Estudo é servida por uma rede viária bem estruturada. A Figura 5.18 ilustra a forma como a rede viária da Zona de Estudo se encontra estruturada e organizada.

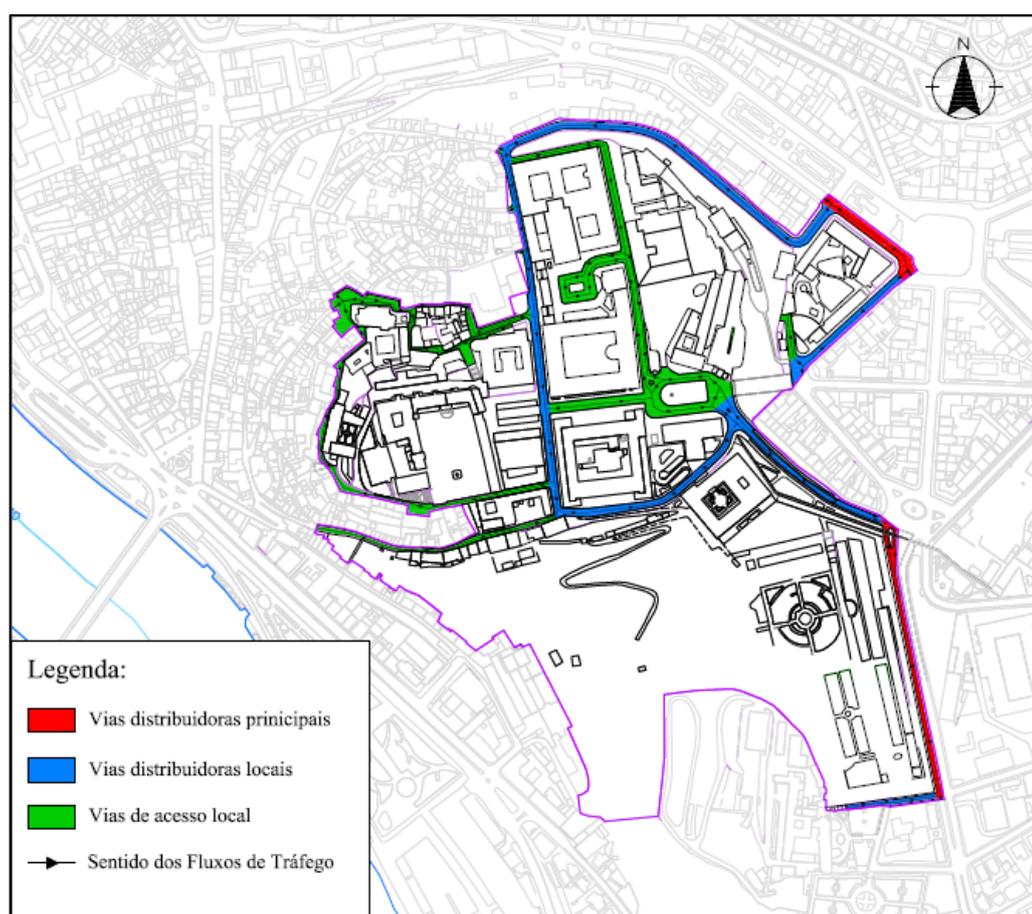


Figura 5.18 – Hierarquização viária da Zona de Estudo (Alta Universitária)

▪ **Indicadores 21 e 22**

Para o cálculo dos indicadores que se seguem foram analisados os 17 cruzamentos existentes no interior dos limites da Zona de Estudo. Contabilizando o número de pontos de conflito e de pontos de divergência e/ou convergência criados pelo entrecruzamento dos fluxos de tráfego (ver Peça Desenhada N.º2) verificou-se que, em média, cada cruzamento possui 3 pontos de conflito (Indicador 21). Neste estudo, verificou-se também que apenas 57% do número de cruzamentos analisados garantem soluções para o atravessamento de peões, ou seja, travessias pedonais (Indicador 22). Contudo, nesta última análise apenas foram considerados 14 cruzamentos, uma vez que as interseções no Largo da Sé Velha e a interseção entre as ruas Larga, São João e São Pedro foram tratadas como espaço partilhado, além da interseção entre a Rua do Norte e a Rua Borges Carneiro, que não foi considerada pelo mesmo motivo. Na Figura 5.19 são identificados os cruzamentos da Zona de Estudo onde existem travessias pedonais.

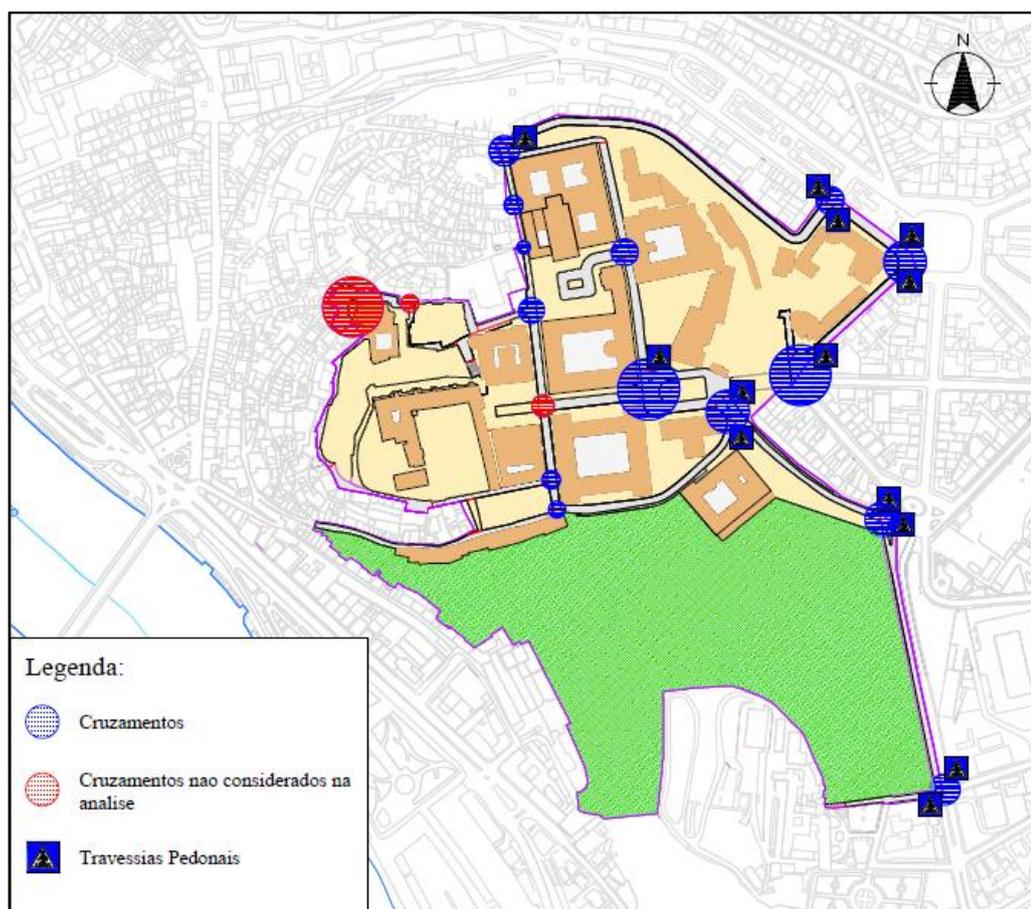


Figura 5.19 – Cruzamentos da Zona de Estudo que apresentam travessias pedonais

▪ **Indicadores 24 e 25**

Na perspetiva de averiguar se a Zona de Estudo reúne condições para a utilização de modos suaves, como a bicicleta, verificou-se quais as ruas que constituem a atual rede viária da ZE que têm declive igual ou inferior a 4%. Para a determinação dos declives das ruas foram utilizadas as cartas de altimetria disponibilizadas pela Câmara Municipal de Coimbra e as ferramentas de medição do *AutoCAD*®. Os resultados desta análise demonstraram que 15 das 29 ruas que compõem a ZE têm declives aceitáveis que garantem a comodidade necessária para a utilização da bicicleta como modo de transporte (Figura 5.20), o que corresponde a uma extensão de 2078,97m da rede viária (Indicador 24).

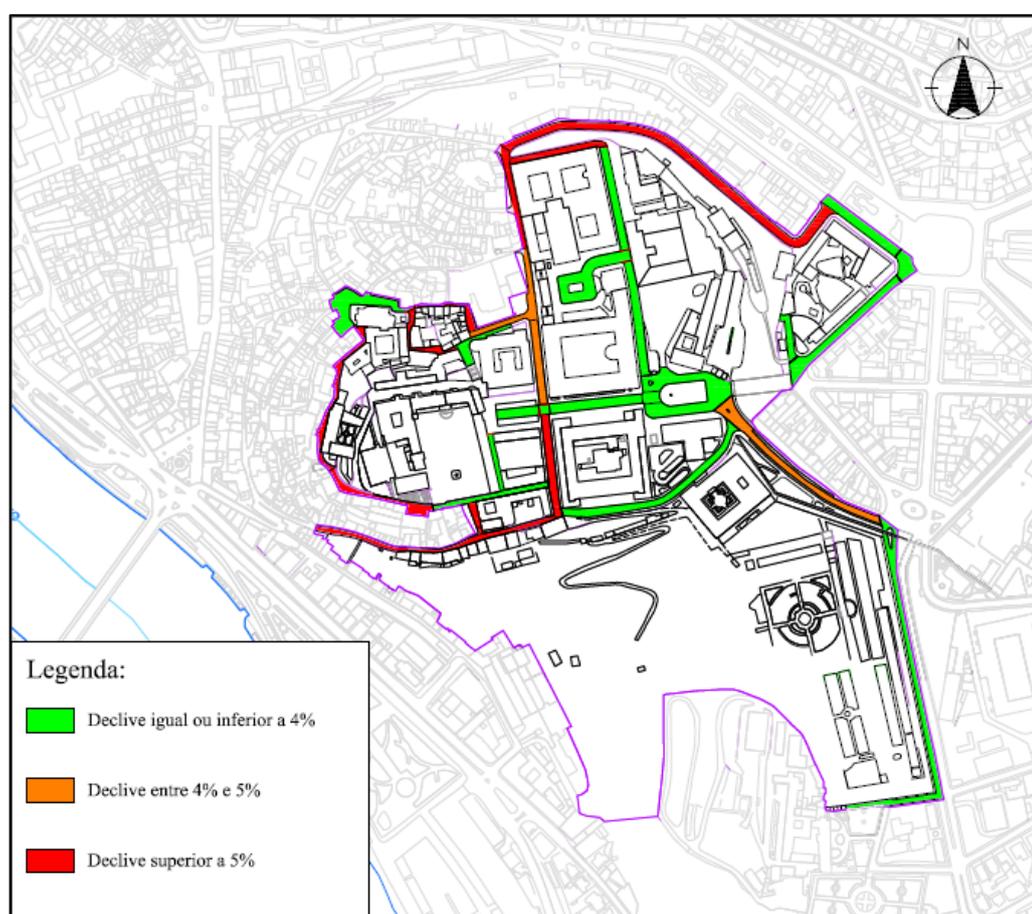


Figura 5.20 – Declive dos arruamentos que constituem a Zona de Estudo (Alta Universitária)

No entanto, existem outros aspetos que podem condicionar ou travar a utilização da bicicleta por parte dos utentes, como a falta de locais de estacionamento. De facto, nas visitas organizadas à Zona de Estudo, verificou-se que não existem zonas próprias para o estacionamento de bicicletas (Indicador 25).

▪ **Indicador 26, 27 e 28**

Para a determinação do Nível de Serviço do Sistema de Transporte Urbano Coletivo foi necessário determinar o Intervalo entre Passagens médio das linhas urbanas dos SMTUC que têm como ponto de paragem a Zona de Estudo. Como tal, o primeiro passo da análise consistiu em averiguar quais as linhas urbanas que permitem a ligação entre as diferentes zonas da cidade e a ZE. De forma a simplificar esta ação, optou-se por dividir a cidade pelas freguesias que são servidas pelos SMTUC e que englobam as zonas de maior importância, como mostra a Figura 5.21.

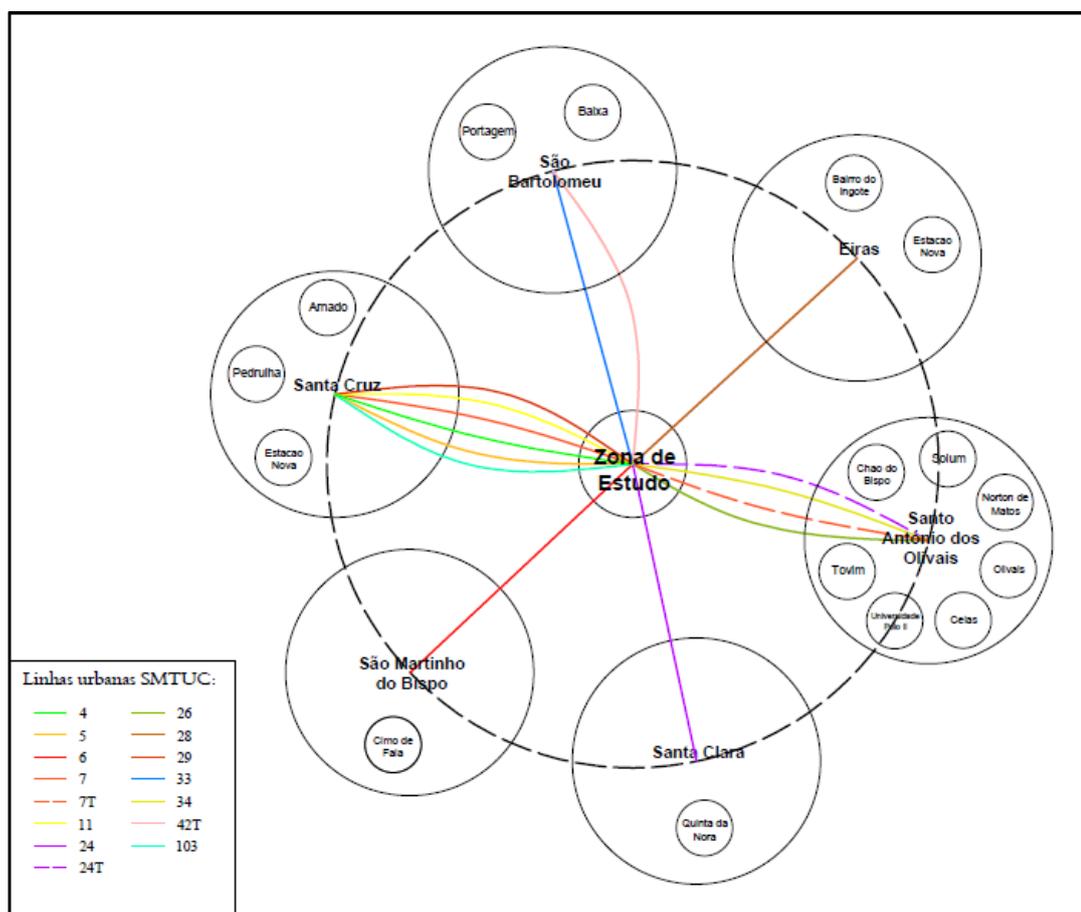


Figura 5.21 – Linhas urbanas dos SMTUC que fazem a ligação entre as freguesias da Cidade de Coimbra e a Zona de Estudo (Alta Universitária)

O passo seguinte consistiu em determinar os intervalos de passagens dos autocarros com base nos horários de funcionamento na época escolar fornecidos pelos SMTUC (SMTUC@, 2015). No Quadro 5.8 são indicados os Intervalos de Passagens das linhas urbanas consideradas durante o período entre as 10h00 e as 16h00. Este período foi escolhido pelo facto de coincidir com a altura do dia onde a procura é teoricamente menor, permitindo perceber do ponto de vista da competitividade com os outros modos de transporte (veículo individual, por

exemplo) se o serviço oferece garantias que satisfaçam a procura neste período de menor afluência.

A análise desenvolvida permitiu assim determinar qual o tempo de espera médio que um utente que vive numa das freguesias da cidade tem de suportar, entre a passagem de dois autocarros da mesma linha urbana, para poder deslocar-se até à Zona de Estudo usufruindo do Serviço Municipal de Transporte Urbano de Coimbra. Contudo, é de referir que os dados referentes à linha urbana 42T não foram contabilizados, uma vez que durante todo o período de análise apenas há registo da passagem de um autocarro, mais precisamente às 12 horas. O valor médio obtido foi de 22 minutos o que corresponde a um serviço de classe D, ou seja, “pouco atrativo para utentes que dispõem de alternativa modal” (HCM, 2000).

Quadro 5.8 – Intervalos de passagens durante o período entre as 10h00 e as 16h00

Linhas urbanas	Intervalos de Passagens [min]					
	Entre as 10h00-11h00	Entre as 11h00-12h00	Entre as 12h00-13h00	Entre as 13h00-14h00	Entre as 14h00-15h00	Entre as 15h00-16h00
4	15	15	15	15	15	15
5	20	20	20	20	20	20
6	24	24	24	24	24	24
7	17	17	17	17	17	16
7T	17	17	17	17	17	16
11	-	40	40	40	40	-
24	40	40	40	40	40	40
24T	12	12	12	12	12	12
26	-	45	25	40	40	-
28	25	25	30	14	30	30
29	15	15	15	15	15	15
33	30	35	25	25	25	30
34	20	20	20	20	20	20
103	15	15	15	15	15	15

Relativamente aos restantes indicadores, verificou-se com recurso ao *AutoCAD*® que a distribuição espacial das 13 paragens de autocarros SMTUC (Figura 5.22) contabilizadas permitem cobrir quase na totalidade a área da Zona de Estudo, cerca de 93,1% (Indicador 27) e que a distância média entre as paragens (Indicador 28) é cerca de 322m, que é próximo do valor desejável (300m).

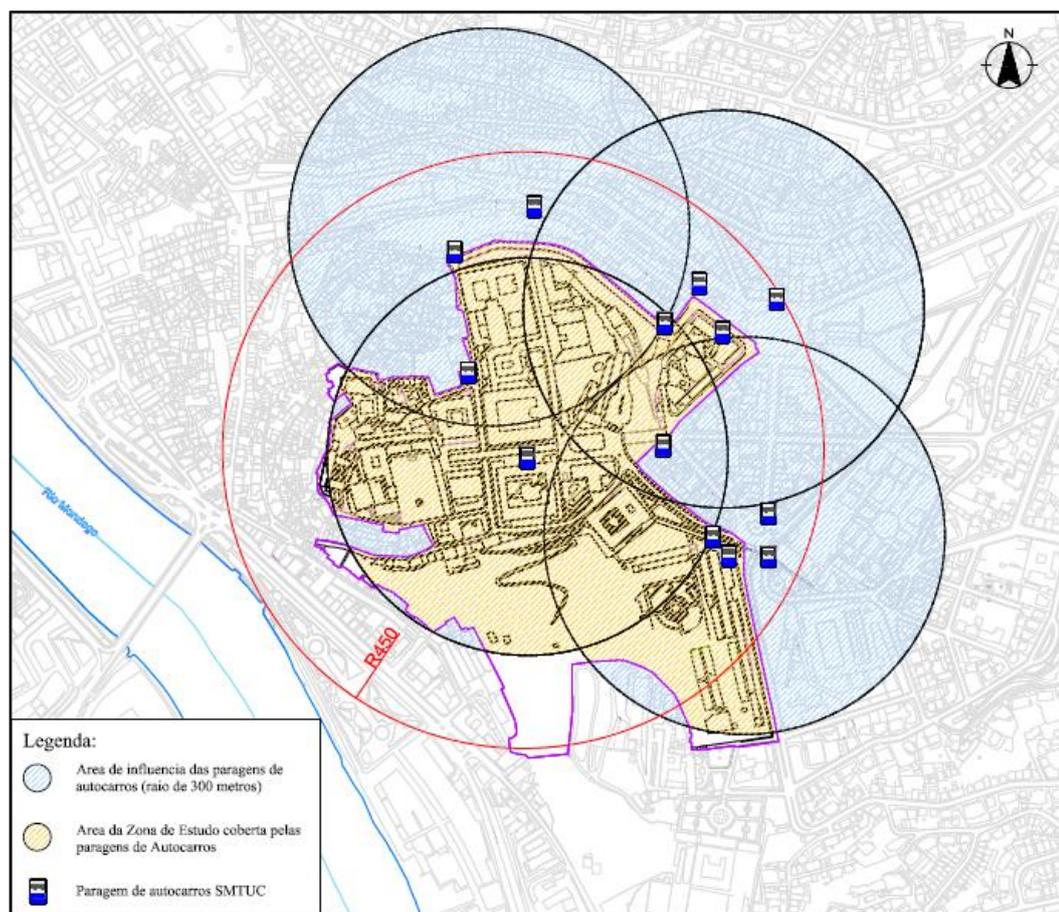


Figura 5.22 – Paragens de autocarros SMTUC

▪ Indicadores 29 e 30

Segundo o estudo desenvolvido pela ParquEXPO, o Plano de Mobilidade de Coimbra visa, em conformidade com o Plano Estratégico de Coimbra, a constituição de uma rede alargada de parques de estacionamento; a definição de um Programa Geral de Condicionamento do tráfego Rodoviário no tecido urbano; a implementação de uma rede de circuitos pedonais e ciclovias e a substituição gradual da rede de autocarros por unidades elétricas/híbridas (CMC@, 2015).

Relativamente aos terminais intermodais, a Cidade de Coimbra proporciona uma variedade de percursos e escolhas modais que permitem às pessoas acederem à Alta Universitária. Realizando uma breve análise ao nível das infraestruturas viárias e serviços de transporte coletivo existentes na cidade foi possível identificar diferentes alternativas que possibilitam a prática da intermodalidade em detrimento do uso excessivo do veículo individual (Indicador 30).

5.3.2. Cenários de Análise

Com o objetivo de melhorar as condições de mobilidade no interior da Alta Universitária e de garantir maior qualidade urbana, criaram-se dois cenários alternativos à situação atual verificada na Zona de Estudo. Através da aplicação da técnica multicritério TOPSIS pretendeu-se demonstrar que as duas soluções apresentadas – Cenário 1 e Cenário 2 - são claramente melhores que a atual situação da Zona de Estudo, que foi denominada Cenário 0.

Para a elaboração dos cenários propostos foram tidas em linha de conta as orientações e os objetivos traçados pelas autoridades camarárias e que estão presentes nos diferentes instrumentos de planeamento e gestão urbana, como o Plano Diretor Municipal de Coimbra, Planos Pormenor (PP da Encosta Poente da Alta de Coimbra e o PP da Alta Universitária – Polo I) e no Plano Estratégico de Coimbra. Segundo estes elementos, os objetivos passam por revitalizar o Centro Histórico através de intervenções ao nível da requalificação do espaço público; por reforçar as ligações da Alta no contexto do Centro Histórico e assegurar a sua articulação com a envolvente; por garantir melhores condições de mobilidade através da integração e promoção de novos modelos de circulação (desincentivando o uso do automóvel) e transporte (definição das paragens de Transportes Públicos). Em seguida, são apresentados os cenários alternativos e as mudanças que foram efetuadas e que provocaram alterações ao nível dos indicadores relativamente à situação inicial.

▪ Cenário 1 – Alternativa 1 – A1

Com a criação deste primeiro cenário pretendeu-se apresentar uma solução para a Alta Universitária que pudesse ser implementada a curto prazo, uma vez que as alterações propostas resultam sobretudo da implementação de medidas simples ao nível da gestão e dimensionamento do estacionamento, da introdução de novas soluções de acalmia de tráfego e do aumento da área de espaços verdes acessíveis.

Neste primeiro cenário optou-se por aumentar a área de espaços verdes para 21710,5 m² através da construção de um jardim no Passo das Escolas com uma área de 1651 m², o que corresponde a uma proporção de 42 m² de espaço verde acessível por residente na Alta Universitária. Outra das medidas aplicadas foi a implementação de soluções de acalmia de tráfego como a sobrelevação das duas passadeiras para peões existentes na Calçada Martim de Freitas, o que proporcionou um aumento de aproximadamente 1,9% da área com soluções de acalmia de tráfego relativamente à situação atual.

Como foi referido anteriormente, procederam-se também a algumas alterações ao nível da gestão do estacionamento, embora sem considerar o aumento ou redução da oferta de estacionamento registada para a situação atual (878 lugares). As alterações foram realizadas

ao nível da Rua São João, convertendo 37 lugares não pagos em 34 lugares de estacionamento sujeitos ao pagamento de tarifas e em 3 lugares reservados para pessoas com mobilidade reduzida, e no Largo da Sé Velha, onde 3 lugares não pagos foram reconvertidos em lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas. Por fim, foi também proposta a construção de um parque de estacionamento subterrâneo na área envolvente à Zona de estudo num raio até 600m e a implantação de 3 zonas de parqueamento de bicicletas junto das instalações universitárias. No Quadro 5.9 é apresentado um resumo com o resultado das alterações que foram propostas no Cenário 1.

Quadro 5.9 – Alterações propostas no Cenário 1

Indicador	Alteração
Área de espaços verdes acessíveis	+ 1651m ²
Área com soluções de acalmia de tráfego	+ 92m ²
Lugares de estacionamento não pago	- 40
Lugares de estacionamento pago	+ 34
Lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida	+ 3
Lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas	+ 3
Parques de estacionamento na zona envolvente	+ 1
Zonas de parqueamento de bicicletas	+ 3

▪ **Cenário 2 – Alternativa 2 – A2**

Por outro lado, o segundo cenário é uma solução para a Alta Universitária mais arrojada e que acresce um maior número de alterações nos valores dos indicadores. Esta solução caracteriza-se sobretudo por modificações ao nível da estrutura e infraestruturas viárias, do traçado do espaço urbano e também por intervenções ao nível da gestão do estacionamento.

Uma das medidas propostas neste cenário foi a destruição do parque de estacionamento privado localizado junto à Faculdade de Arquitetura, reconvertendo-o numa zona pedonal de convívio com pequenas áreas verdes, e a construção de um jardim no Passo das Escolas (cerca de 1651 m²), à semelhança do que já havia sido apresentado para o primeiro cenário. Relativamente à rede viária, as Ruas Inácio Duarte e Largo do Marquês de Pombal foram cortadas ao trânsito tornando-se exclusivas para o acesso pedonal. Já a Calçada Martim de Freitas passou a ter apenas um sentido, o descendente em direção à rotunda João Paulo II, tendo sido eliminadas as restantes vias de circulação, bem como as áreas destinadas ao estacionamento de veículos motorizados para dar lugar à construção de uma ciclovía de dois sentidos. Estas mudanças somadas a alterações implementadas na Praça Dom Dinis (deixou de ser possível contorná-la) provocaram uma diminuição de cerca de 16% da área destinada à circulação automóvel.

Quanto às áreas de estacionamento, a eliminação dos lugares de estacionamento na Calçada Martim de Freitas, Praça D. Dinis, Rua dos Estudos, Largo do Marquês de Pombal, Rua Inácio Duarte e do parque privado da Universidade de Coimbra junto à Faculdade de Arquitetura levou a uma diminuição de quase 50% da área de estacionamento da Alta Universitária. Por outro lado, a requalificação de algumas destas zonas e da Rua Couraça de Lisboa em espaços que possibilitam a partilha e a livre circulação de peões e de veículos motorizados devidamente autorizados, como os autocarros de transporte urbano coletivo, os veículos com o distintivo de residente e algumas outras exceções, bem como a construção de travessias pedonais sobrelevadas na Calçada Martim de Freitas, permitiu aumentar a percentagem de área com soluções de acalmia de tráfego de 14,7% para quase 35%.

A transformação de algumas zonas anteriormente destinadas à circulação automóvel em espaços pedonais, como a Praça D. Dinis, a Rua Inácio Duarte e o Largo do Marquês de Pombal, conduziu também à remoção dos pavimentos betuminosos, levando à eliminação de algumas das áreas que apresentavam maior concentração de patologias.

A reestruturação da rede viária e a consequente eliminação de alguns fluxos de tráfego e cruzamentos permitiu reduzir o número médio de pontos de conflito para 2 neste novo cenário, bem como o índice de conectividade automóvel para 1,14 e aumentar a percentagem de interseções viárias com passagens para peões para aproximadamente 62%. Além das alterações já mencionadas ao nível do Desenho Urbano, houve ainda a preocupação de redimensionar alguns aspetos das vias da Zona de Estudo, verificando-se uma diminuição na percentagem de passeios com larguras inferiores a 1,20m (passou de 17% para 15% aproximadamente) e uma diminuição da percentagem de vias de sentido único com larguras inferiores aos valores padrão admitidos (passou de 41% para 38%, aproximadamente).

Ao nível da gestão dos lugares de estacionamento também foram propostas algumas alterações no sentido de condicionar a escolha do modo individual por parte dos utentes como meio de transporte para se deslocarem à Zona de Estudo. Com a eliminação das áreas de estacionamento anteriormente enunciadas, o número total de lugares de estacionamento (excluindo as capacidades dos parques privados reservados à Universidade Coimbra) sofreu uma redução de 28,4% (passou de 878 lugares para 629 lugares).

Além desta redução, procedeu-se também a uma redistribuição do número de lugares de estacionamento nas diferentes tipologias identificadas. Aumentou-se para 10 o número de lugares de estacionamento para pessoas com mobilidade reduzida através da reconversão de alguns lugares localizados no Largo Feira dos Estudantes, e para 6 o número de lugares de estacionamento destinado a cargas e descargas através da criação de novos lugares de

estacionamento no Largo da Sé Velha ou na Rua Doutor Guilherme Moreira. Para este cenário propôs-se também uma realocização dos 4 lugares reservados a veículos elétricos que já existiam, implantando-os na Rua Padre António Vieira. Este processo de redistribuição obrigou a uma redução do número de lugares de estacionamento não pago, passando de 332 lugares (resultado da eliminação das áreas de estacionamento anteriormente mencionadas) para 326 lugares, e de igual forma a uma redução do número de lugares de estacionamento pago, passando de 182 para 178 lugares devido à reconversão de 4 lugares pagos na rua Padre António Vieira para a construção dos lugares para recarregamento dos veículos elétricos. No entanto, para não reduzir tanto a oferta de estacionamento e de forma a satisfazer a procura, sugeriu-se a construção de 2 parques subterrâneos localizados na área envolvente num raio até 600m.

Neste cenário é apresentada também uma proposta para a criação de uma ciclovia ao longo da Calçada Martim de Freitas (Figura 5.23). Embora o declive deste arruamento (4,93 %) seja superior ao valor limite de 4 % que foi estipulado, numa consulta ao RMUE de Coimbra, ponto 4 do Anexo I referente às Regras de Dimensionamento do Espaço Público, verificou-se que são admitidos percursos cicláveis com declives até 5 %. Foi ainda sugerida a construção de 6 zonas de parqueamento de bicicletas localizadas junto às instalações universitárias. No entanto, é importante salientar que a construção do troço de ciclovia na Calçada Martim de Freitas deve ser integrada numa proposta à escala macro para a construção de uma rede ciclável no interior da cidade.



Figura 5.23 – Proposta de um troço de ciclovia – Calçada Martim de Freitas (Cenário 2)

No Quadro 5.10 é apresentado um resumo com o resultado das alterações que foram propostas no Cenário 2 (ver também Peça Desenhada N.º3).

Quadro 5.10 - Alterações propostas no Cenário 2

Indicador	Alteração
Área de espaços verdes acessíveis	+ 1651m ²
Área de espaço destinado à circulação automóvel	- 5441m ²
Área de espaço destinado ao estacionamento	- 12151m ²
Área com soluções de acalmia de tráfego	+ 5040m ²
Estado de conservação dos pavimentos rodoviários	- 4205m ²
Estado de conservação dos espaços pedonais	- 374m ²
Índice de conectividade automóvel	1.1
Percentagem de passeios abaixo da largura mínima regulamentada	14.8%
Percentagem de vias de sentido único com largura inferior a 5.65 / 8.15 / 10.65 metros	37.5%
Lugares de estacionamento não pago	- 457
Lugares de estacionamento pago	+174
Lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida	+ 3
Lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas	+ 2
Parques de estacionamento na zona envolvente	+ 2
Número médio de pontos de conflito	2
Percentagem de interseções viárias com travessias pedonais	62%
Extensão de arruamentos propícios ao uso de bicicleta	+ 224m
Zonas de parqueamento de bicicletas	+ 6

▪ Cenário i – Alternativa i – Ai

Além dos dois cenários propostos, considerou-se uma terceira alternativa – Cenário i – na análise multicritério. Este cenário foi criado a partir da maximização dos valores dos indicadores considerados como “Benefício” e da minimização dos valores dos indicadores considerados como “Custo” e representa uma situação hipotética (i. e., que poderá ou não existir) que corresponde à solução ideal na análise multicritério TOPSIS. Alguns valores dos indicadores para esta alternativa correspondem no fundo a valores ideais de referência, como o caso do Indicador 2, no qual o valor ideal atribuído foram os 53 m² de espaço verde acessível por residente de espaços verificados na Cidade de Curitiba premiada com o título de Cidade mais Sustentável do Mundo.

Porém, para os casos dos indicadores associados ao dimensionamento e gestão das áreas e lugares de estacionamento e às medidas de apoio à promoção da utilização de modos suaves, os valores admitidos foram determinados tendo em conta os objetivos previstos anteriormente enumerados que visam a melhoria da qualidade e da sustentabilidade do espaço urbano na Alta Universitária.

No Quadro 5.11 são apresentados os valores dos indicadores para cada cenário proposto e para a situação atual – Cenário 0. Neste quadro estão também assinalados os resultados dos indicadores que sofreram alterações devido às soluções propostas nos cenários (alternativas) apresentados.

Quadro 5.11 – Valores dos indicadores para cada cenário

INDICADOR	UNIDADE	ALTERNATIVAS			
		A0	A1	A2	Ai
Percentagem de espaço público	%	71,04	71,04	71,04	71,04
Área de espaços verdes acessíveis	m ² /Residente	40,24	41,92	41,92	53,00
Percentagem de espaço destinado à circulação automóvel	%	15,17	15,17	12,73	12,36
Percentagem de espaço destinado ao estacionamento	%	10,59	10,59	5,43	3,93
Estado de conservação dos pavimentos rodoviários	%	44,80	44,80	38,60	0
Estado de conservação dos passeios	%	0,94	0	0	0
Índice de conectividade automóvel	-	1,2	1,2	1,1	1,1
<i>Connectivity (Space Syntax)</i>	-	0,2740	0,2740	0,2740	0,2740
<i>Control Value (Space Syntax)</i>	-	0,3823	0,3823	0,3823	0,3823
<i>Global Choice (Space Syntax)</i>	-	0,1293	0,1293	0,1293	0,1293
Índice de salubridade	%	48,28	48,28	48,28	0
Percentagem de passeios abaixo da largura mínima regulamentada	%	17,14	17,14	15,38	0
Percentagem de vias de sentido único com largura inferior a 5.65 / 8.15 / 10.65 metros	%	41,18	41,18	37,50	0
Percentagem de lugares de estacionamento pago no CH	%	20,73	24,60	28,76	32,54
Percentagem de lugares de estacionamento reservados a pessoas com mobilidade reduzida	%	0,80	1,14	1,62	1,83
Número de lugares de estacionamento reservados a residentes no CH	Lugares/Residente	1	1	1	1
Percentagem de lugares de estacionamento reservados a cargas e descargas no CH	%	0,57	0,91	0,97	1,10
Percentagem de lugares de estacionamento reservados a veículos elétricos no CH	%	0,46	0,46	0,65	0,73
Parques de estacionamento na zona envolvente ao CH	Parques	2	3	3	6
Hierarquização viária	Má/Razoável/Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
Número médio de pontos de conflito	Pontos/Cruzamento	3	3	2	1
Percentagem de interseções viárias com travessias pedonais	%	57,14	57,14	61,54	69,23
Percentagem de área com soluções de acalmia de tráfego	%	14,47	14,74	34,93	35,97
Extensão de arruamentos propícios ao uso de bicicleta	m	2079	2079	2303	41556
Quantidade de zonas de estacionamento de bicicletas	Zonas	0	3	6	6
Nível de Serviço	Classe	D	D	D	A
Taxa de cobertura espacial das paragens de autocarros	%	93,06	93,06	93,06	100
Distância média entre paragens de autocarros	m	321,7	321,7	321,7	300
Planos de mobilidade sustentável para o CH	Sim/Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Terminais de intermodalidade	Sim/Não	Sim	Sim	Sim	Sim

5.3.3. Cálculo do Índice de Mobilidade Sustentável

Finalizado o processo de quantificação dos indicadores para cada um dos cenários apresentados, seguiu-se a aplicação da técnica de análise multicritério TOPSIS. Tal como foi referido anteriormente, foi necessário converter os valores dos critérios qualitativos (X20, X26, X29 e X30) em valores quantitativos através da utilização de escalas ordinais numéricas para assim obter-se a matriz de decisão do problema multicritério (Quadro 5.12).

Quadro 5.12 – Matriz decisão da análise multicritério

CRITÉRIOS	ALTERNATIVAS				PESOS	BENEFÍCIO/ CUSTO
	A0	A1	A2	Ai		
X1	71,04	71,04	71,04	71,04	0,05578	B
X2	40,24	41,92	41,92	53,00	0,05578	B
X3	15,17	15,17	12,73	12,36	0,05578	C
X4	10,59	10,59	5,43	3,93	0,05578	C
X5	44,80	44,80	38,60	0	0,05578	C
X6	0,94	0	0	0	0,05578	C
X7	1,2	1,2	1,1	1,1	0,05578	C
X8	0,2740	0,2740	0,2740	0,2740	0,05578	B
X9	0,3823	0,3823	0,3823	0,3823	0,05578	B
X10	0,1293	0,1293	0,1293	0,1293	0,05578	B
X11	48,28	48,28	48,28	0	0,05578	C
X12	17,14	17,14	15,38	0	0,05578	C
X13	41,18	41,18	37,50	0	0,05578	C
X14	20,73	24,60	28,76	32,54	0,02158	B
X15	0,80	1,14	1,62	1,83	0,02158	B
X16	1	1	1	1	0,02158	B
X17	0,57	0,91	0,97	1,10	0,02158	B
X18	0,46	0,46	0,65	0,73	0,02158	B
X19	2	3	3	6	0,02158	B
X20	3	3	3	3	0,02158	B
X21	3	3	2	1	0,02158	C
X22	57,14	57,14	61,54	69,23	0,02158	B
X23	14,47	14,74	34,93	35,97	0,02158	B
X24	2079	2079	2303	41556	0,00965	B
X25	0	3	6	6	0,00965	B
X26	3	3	3	6	0,00965	B
X27	93,06	93,06	93,06	100	0,00965	B
X28	321,7	321,7	321,7	300	0,00965	C
X29	1	1	1	1	0,00544	B
X30	1	1	1	1	0,00544	B

Para o critério X20 foi utilizada uma escala ordinal de [1-3] cujos números por ordem crescente representam os três níveis de qualidade da hierarquização viária (Má, Razoável e Boa, respetivamente). Já no critério X26, os níveis de serviço do sistema de transporte urbano coletivo são representados por uma escala ordinal de [1-6], sendo o menor valor associado ao nível mais baixo e o maior ao nível mais elevado. Por fim, para os critérios X29 e X30 utilizou-se uma escala binária [0;1] onde o 0 representa a posição negativa e o 1 a posição afirmativa.

Uma vez construída a matriz de decisão do problema de análise multicritério seguiu-se a normalização da matriz através da expressão (6). Como já foi referido, este processo tornou todos os coeficientes da matriz decisão desprovidos de qualquer unidade física que os defina (valores adimensionais) permitindo relacioná-los entre si.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad \underline{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \quad (6)$$

No entanto, os valores da matriz decisão normalizada podem ter importâncias relativas distintas na análise multicritério, sendo necessário multiplicar a matriz \underline{R} pela matriz dos pesos \underline{W} como indica a expressão (7).

$$\underline{V} = \underline{R} \times \underline{W}, \quad \underline{W} = \begin{bmatrix} w_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Depois de calculada a matriz de decisão pesada e normalizada \underline{V} , o próximo passo do método consistiu na determinação das soluções ideal e anti-ideal. Estas soluções foram obtidas a partir dos valores máximos dos critérios Benefício e dos valores mínimos dos critérios Custo (para a solução ideal, A^+) e a partir dos valores mínimos dos critérios Benefício e dos valores máximos dos critérios Custo (para a solução anti-ideal, A^-) como indicam as expressões (8.a) e (8.b).

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \quad (8.a)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \quad (8.b)$$

Finalizadas estas etapas, seguiu-se o cálculo das proximidades relativas, T_i , de cada alternativa à solução ideal através das expressões (9.a), (9.b) e (10) e que representam o valores do IMSCH.

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9.a)$$

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9.b)$$

$$T_i = \frac{S^-}{S^+ + S^-} \quad 0 < T_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Os resultados da análise multicritério TOPSIS demonstram que a Alternativa 2 (Cenário 2) está mais próxima da solução ideal ($T_2 = 0,55$), sendo que a Alternativa 0 (Cenário 0), relativa à situação atual, assume o papel de solução anti-ideal ($T_0 = 0$) visto ser o cenário que apresenta piores valores para os indicadores. Esta situação deve-se sobretudo à relação de dependência que existe entre a Alternativa 0 e as restantes alternativas (1 e 2). Como os Cenários 1 e 2 foram criados com base em medidas de intervenção ao nível da gestão e dimensionamento do espaço urbano, do estacionamento, do tráfego, do sistema de transportes e da mobilidade que melhoram as características atuais da Zona da Alta Universitária, pode afirmar-se que a Alternativa 1 e a Alternativa 2 serão sempre melhores que a Alternativa 0, logo, esta última será sempre dependente das anteriores. Na Figura 5.24 é apresentado um esquema que resume os resultados da análise multicritério TOPSIS.

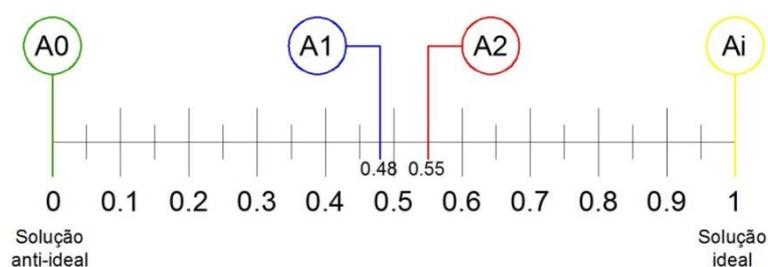


Figura 5.24 – Resultados da análise multicritério TOPSIS

Através desta análise ficou demonstrado que os cenários propostos são claramente melhores do ponto de vista da mobilidade sustentável que a situação atual, uma vez que as respetivas proximidades relativas à solução ideal ($T_1 = 0,48$ e $T_2 = 0,55$), calculadas através do método de análise multicritério adotado, são superiores. Isto acontece porque os Cenários 1 e 2 foram concebidos a partir da situação atual do caso de estudo, nomeadamente, através do aumento

dos valores dos indicadores do IMSCH definidos na análise multicritério como atributos de Benefício e da redução dos valores dos indicadores do IMSCH definidos como atributos de Custo. Por este motivo, é facilmente perceptível que estas soluções apresentam melhores padrões de qualidade urbana e de mobilidade que a situação atual da Alta Universitária. Por outro lado, concluiu-se também que o Cenário 2 é melhor que o Cenário 1 ($T_2 > T_1$). Esta situação é facilmente explicada pela quantidade de indicadores que foram melhorados e pelo peso que eles representam na análise multicritério. De facto, a Alternativa 2 foi concebida a partir do melhoramento de um total de 18 indicadores, sendo que 8 deles correspondem ao conjunto de critérios que tem maior peso na avaliação ($w_i = 5,58\%$). Pelo contrário, a Alternativa 1 foi concebida melhorando as características de um total de 8 indicadores, sendo que apenas 2 dizem respeito a critérios de maior peso. No Quadro 5.13 são apresentados os valores do IMSCH para cada cenário e que correspondem aos valores das proximidades relativas das alternativas propostas à solução ideal.

Quadro 5.13 – Valores do IMSCH para cada alternativa

Alternativas	A0	A1	A2	Ai
IMSCH	0	0,48	0,55	1

Na Figura 5.25 é apresentado o resultado das alterações propostas para a Zona da Alta Universitária respetivas ao Cenário 2, que é a melhor alternativa.

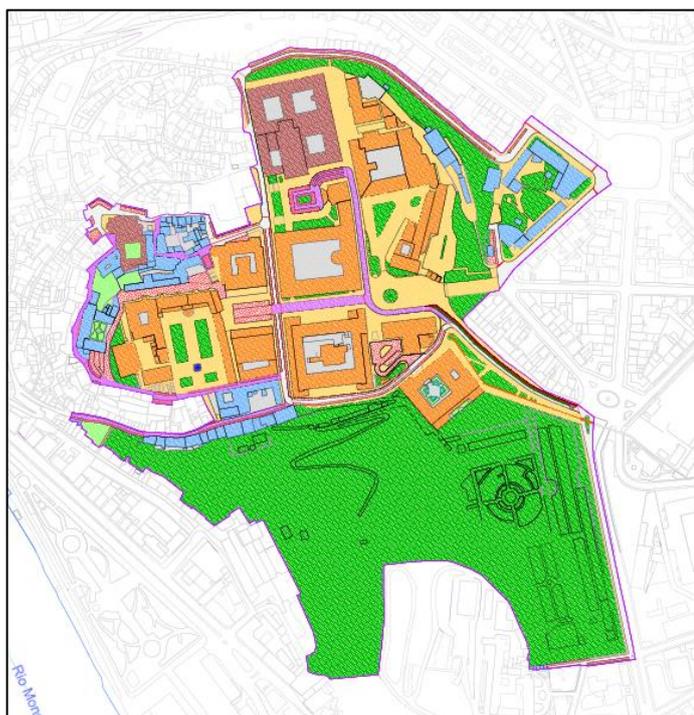


Figura 5.25 – Cenário 2 proposto para a Zona da Alta Universitária

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1. Conclusões

O estudo da mobilidade (pedonal ou rodoviária) nos Centros Históricos deve ser tratado multidisciplinarmente de forma a integrar os diferentes desafios das áreas do Planeamento e Desenho Urbano, da Gestão de Tráfego e do Estacionamento, do Planeamento e Coordenação dos Sistemas de Transporte.

A qualidade do espaço público dos Centros Históricos deve ser sustentada por uma boa rede de acessibilidades, quer viárias quer pedonais, devendo ser tomadas decisões no sentido de melhorar os critérios de manutenção do estado de conservação dos pavimentos através de uma boa gestão que regule a circulação automóvel de forma a privilegiar uma mobilidade pedonal eficaz e de qualidade. Por outro lado, a escolha de políticas ao nível da gestão de tráfego deve contemplar também a promoção e o incentivo do uso de modos suaves ou da utilização dos Transportes Coletivos Urbanos ao invés do transporte individual, procurando restringir a sua utilização no interior das zonas históricas.

No que diz respeito às condições do estacionamento em áreas urbanas com significado histórico, este deve ser alvo de um dimensionamento e gestão que beneficiem os núcleos históricos das cidades. Soluções como o aumento da capacidade de estacionamento de superfície e subterrâneo localizado em zonas periféricas com ligações acessíveis aos Centros Históricos e a garantia de lugares de estacionamento para os seus residentes fazem parte de um conjunto de princípios de apoio à mobilidade sustentável que contribuem para o aumento da atratividade destas áreas. A implementação de estacionamento pago para a população não residente, deve ser encarada como uma medida aplicada em prol da sustentabilidade económica, como forma de auto financiamento destes espaços, nomeadamente em ações de manutenção física e funcional, sendo necessário incutir nos cidadãos de forma progressiva a ideia de que o uso do espaço público da zona central das cidades é um bem raro e que por isso deve ser cobrado aos automobilistas.

As medidas ao nível da mobilidade são fundamentais para restabelecer e devolver a importância, o estatuto, o valor e a qualidade destes espaços que transportam o simbolismo, a identidade e a história de diferentes comunidades ao longo dos tempos, garantindo níveis de sustentabilidade económica, social e ambiental satisfatórios.

Em suma, a análise efetuada ao caso de estudo do Centro Histórico de Coimbra – Alta Universitária, confirmou que o conjunto de indicadores proposto na presente Dissertação sob a forma do Índice de Mobilidade Sustentável para Centros Históricos, pode ser utilizado como ferramenta de apoio no processo de caracterização e avaliação do sistema de mobilidade nas zonas históricas das cidades. Não obstante, pode também ser utilizado como argumento em ações de tomada de decisão por parte das instituições camarárias, que são responsáveis pela gestão destes espaços, relativamente à apresentação de propostas ou novos cenários que visem o melhoramento da qualidade destes espaços urbanos ou em projetos de candidatura a Património Mundial pela UNESCO.

6.2. Trabalhos Futuros

Partindo deste ponto, estão reunidas as condições para o desenvolvimento de alguns projetos no âmbito da mobilidade sustentável em geral ou em particular nos Centros Históricos. Nomeadamente:

- Realizar estudos de avaliação dos sistemas de mobilidade dos núcleos históricos de diferentes cidades (nacionais ou internacionais) e efetuar análises comparativas entre os mesmos através da aplicação do IMSCH proposto.
- Selecionar novos indicadores de mobilidade sustentável para Centros Históricos que integrem outras variáveis, como a topografia do terreno, as emissões de gases poluentes, os custos das obras de requalificação ou as opiniões e escolhas das pessoas (obtidas por meio de inquéritos).
- Desenvolver metodologias de avaliação da eficiência ao nível das condições de mobilidade de subsistemas específicos do setor dos transportes, associados à utilização de modos suaves e à redução da utilização do veículo individual, como *Bike Sharing*, *Car Sharing*, *Kiss and Ride Zones* ou *Park and Ride Zones*.
- Desenvolver a componente do modelo de desenvolvimento turístico sustentável no conjunto de indicadores proposto, associada a estratégias de Planeamento e Ordenamento Territorial do Turismo (sobretudo no setor dos transportes).
- Adaptar e articular o conjunto de indicadores proposto com a identificação de novos indicadores que possam ser aplicados a outros casos de estudo de atração turística, como zonas costeiras (proximidade ao mar e à praia), zonas ribeirinhas (proximidade ao rio) ou zonas rurais (proximidade ao campo).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2001). “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- ANSR@. (2014). <http://www.ansr.pt/Pages/default.aspx>. Autoridade Nacional da Segurança Rodoviária website, Portugal.
- APA. (2000). “Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”. Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA. (2007). “Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”. Agência Portuguesa do Ambiente.
- Asher, F. (2012). “Novos Princípios do Urbanismo seguido de Novos Compromissos Urbanos”. 3ª Edição, Livros Horizonte, Lisboa.
- Baky, I. A. e Abo-Sinna, M. A. (2013). “TOPSIS for bi-level MODM problems”. *Applied Mathematical Modelling* 37 (2013), 1004–1015.
- Barbosa, O., Tratalos, J. A., Armsworth, P. R., Davies, R. G., Fuller, R. A., Johnson, P. e Gaston, K. J. (2007). “Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK”. *Landscape and Urban Planning* 83 (2007), 187–195.
- Button, K. (2002). City Management and Urban Environmental Indicators. *Ecological Economics*, 40(2), 217-233.
- Campos, V., Ramos, R., e Correia, D. (2009). “Multi-Criteria Analysis Procedure for Sustainable Mobility Evaluation in Urban Areas”. *Journal of Advanced Transportation*, 43(4), 371-390.
- Carmona, M., Heath, T., Oc, T. e Tiesdell, S. (2003). “Public places urban spaces: The dimensions of urban design”. Architectural Press, Oxford.
- Carr, S., Francis, M., Rivlin, L. e Stone, A. (1992). “Public space”. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cavém, Mara (2007). “Centros históricos contemporâneos: mudanças de perspectiva na gestão – caso de estudo de Lisboa e Bruxelas”. Tese de Mestrado em Geografia Humana, Planeamento Regional e Local, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.
- Censos@. (2011). https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE. Instituto Nacional de Estatística website, Portugal.
- Chung, E. S. e Lee K. S. (2009). “Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multicriteria decision making techniques”. *J Environ Manage*, 90, 1502–11.

- CMC@. (2015). <http://www.cm-coimbra.pt/>. Câmara Municipal de Coimbra website, Coimbra, Portugal. “Estudos de Caracterização – Área de Reabilitação Urbana: Alta de Coimbra”, ParquEXPO.
- Costa, A. (2008). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária – Transportes Públicos”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. Volume 13.
- CST@. (2005). <http://cst.uwinnipeg.ca/about.html>. Centre for Sustainable Transportation website, University of Winnipeg, Canada.
- D’Amico, Pietro, Di Martino, Ferdinando e Sessa, Salvatore (2011). “Indicatori per la mobilità sostenibile: la Provincia di Napoli”. Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio - Università degli Studi di Napoli Federico II. Vol 4, N.º 2, giugno 2011, 19-28.
- Delgado, M. C. e Botelho, I. S. (2005). “Dimensionamento de vias dedicadas ao transporte público rodoviário de passageiros”. Relatório Final, Direção-Geral de Transportes Terrestres e Fluviais, Lisboa.
- DGOTDU. (2011). “Acessibilidade, Mobilidade e Logística Urbana POLÍTICA DE CIDADES - 6: Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- English Nature@, (2005). <http://www.englishnature.gov.uk>. The English Nature Website, United Kingdom.
- EPOMM. (2013). “Mobility Management: The Smart Way to Sustainable Mobility in European Countries, Regions and Cities”. European Platform on Mobility Management.
- Eurostat. (2011). “Sustainable development in the European Union: 2011 monitoring report of the EU sustainable development strategy”. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Fitzgerald, B., O’Doherty, T., Moles, R., e O’Regan, B. (2012). “A Quantitative Method for the Evaluation of Policies to Enhance Urban Sustainability”. Ecological Indicators, 18(0), 371-378.
- Freire Chico, Francisco (2008). “Boas práticas em Gestão de centros urbanos”. Projeto Gestor do Centro Urbano, Promovido por Confederação do Comércio e Serviços de Portugal. 1ª Edição, Lisboa.
- Gilbert, Richard, Irwin, N., Hollingworth e Blais, Pamela (2003). “Sustainable Transportation Performance Indicators (STPI)”.
- Giplin, A. (1996). “Dictionary of Environmental and Sustainable Development”. Wiley, Michigan.
- Greenfield@. (2015). <http://greenfield.calgaryregion.ca/> The Greenfield Tool Box website. Calgary, Canada.

- Gudmundsson, H. (2004). “Sustainable Transport and Performance Indicators”. In: Hester R.E. & Harrison, R.M. (Eds). *Issues in Environmental Science and Technology*, N.º 20, 35-63.
- Häkkinen, T. (2007). “Assessment indicators for sustainable urban construction”. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 247-259.
- HCM. (2000). “Highway Capacity Manual”. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, DC.
- Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P. e Bedford, M. (1976). “Space Syntax”. *Environment and Planning B*. Volume 3, 17-185.
- Hillier, B., Burdett, R., Peponis, J. e Penn, A. (1987). “Creating Life: Or, Does Architecture Determine Anything?”. *Arch. & Comport./Arch. Behav.*, Vol. 3, N.º 3, 233-250.
- Holden, E., Linnerud, K., e Banister, D. (2014). “Sustainable Development: Our Common Future Revisited”. *Global Environmental Change*, 26(0), 130-139.
- Hwang, C.L. e Yoon, K., (1981). “Multiple attribute decision making: methods and applications”. In: *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 186. Springer-Verlag, Berlin.
- IMTT. (2011a). “Mobilidade em Cidades Médias”. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre, Portugal.
- IMTT. (2011b). “Rede pedonal – Princípios de planeamento e desenho”. Coleção de brochuras técnicas/temáticas – Pacote da Mobilidade. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre, Portugal.
- IMTT. (2011c). “Rede viária – Princípios de planeamento e desenho”. Coleção de brochuras técnicas/temáticas – Pacote da Mobilidade. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre, Portugal.
- IMTT. (2011d). “Políticas de estacionamento”. Coleção de brochuras técnicas/temáticas – Pacote da Mobilidade. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre, Portugal.
- IMTT. (2011e). “Rede ciclável – Princípios de planeamento e desenho”. Coleção de brochuras técnicas/temáticas – Pacote da Mobilidade. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestre, Portugal.
- IUCN, UNEP, WWF, FAO e UNESCO. (1980). “World conservation strategy: living resource conservation for sustainable development”. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- JAE. (1994). Norma de traçado JAE P3/94; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE Lisboa-Portugal.
- Klarqvist, B. (1993). “A Space Syntax Glossary”. Retirado em 04/06/2015 de: <http://www.urbanidades.arq.br/docs/posarq/sintaxe/space-syntax-glossary-bjorn-klarqvist-1993.pdf>.

- Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A., Domingo, R., e Gayda, S. (2004). “PROPOLIS: Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability” - Final Report: European Commission.
- Lin, M.-C., Wang, C.-C., Chen, M.-S. e Chang, C. (2008) “Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process”. *Computers in Industry* 59 (2008), 17–31.
- Litman, Todd (2008). “Sustainable Transportation Indicators”. A Recommended Research Program For Developing Sustainable Transportation Indicators and Data.
- Litman, Todd (2010). “Evaluating Public Transportation Health Benefits”. Victoria Transport Policy Institute. For The American Public Transportation Association.
- Litman, Todd (2015). “Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning”. Victoria Transport policy Institute.
- Lopes, M. N. e Camanho, A. S. (2012). “Public Green Space Use and Consequences on Urban Vitality: An Assessment of European Cities”. Springer Science+Business Media B.V. 2012.
- Lynch, K. (1964). “Good city form”. Cambridge University Press, Cambridge.
- Madanipour, A. (1996). “Design of urban space: An inquiry into a socio-spatial process”. Wiley, Chichester.
- Martinez, T. L. e Leiva, F. M. (2003). “Avaliação comparativa de indicadores urbanos”. Oficina Técnica de Planeamento Estratégico de Granada. Metropole 21, Granada.
- Melo, B. (2004). “Indicadores de Ocupação Urbana sob o Ponto de Vista da Infraestrutura Viária”. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- Midgley, P. (2009). “The Role of Smart Bike-sharing Systems”. In: *Urban Mobility Journeys*. May. 23 – 31.
- Miranda, H., e Silva, A. (2012). “Benchmarking Sustainable Urban Mobility: The Case of Curitiba, Brazil”. *Transport Policy*, 21(0), 141-151.
- Muñoz, M^a. Ángeles Díaz, Cantergiani, Carolina C., García, M^a. Jesús Salado, Quezada, C. e Martínez, S. Gutiérrez (2007). “Propuesta de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad para la Movilidad y el Transporte Urbanos”. Aplicación Mediante SIG a la Ciudad de Alcalá de Henares. *Cuadernos De Geografía*. 81-82, 031-050, València.
- Nicolas, J.-P., Pochet, P. e Poimboeuf, H. (2003). “Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation”. *Transport Policy* 10 (2003), 197–208.
- Opricovic, S. e Tzeng, G.-H. (2004). “Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS”. *European Journal of Operational Research* 156 (2004), 445–455.

- PLUME. (2003). “Synthesis Report: Urban Sustainability and its Appraisal”. The Planning and Urban Mobility in Europe Consortium.
- Puebla, J. Gutiérrez (1995). “Movilidad, medio ambiente y patrimonio histórico-artístico en las ciudades históricas”. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, N.º 15, 375-381. Servicio de Publicaciones, Universidade Complutense, Madrid.
- Robinson, J. (2004). “Squaring the Circle? Some Thoughts on the Idea of Sustainable Development”. *Ecological Economics*, 48(4), 369-384.
- Rodrigues, J. (2002). “Gestão de Empreendimentos - Avaliação e Gestão em Projectos de Engenharia”. 2ª Edição, Gráfica Ediliber, Coimbra.
- Saaty, T. (1980). “Multicriteria Decision Making - The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation”. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. e Vargas, L. G., (2000). “Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process”. Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Salgueiro, Teresa B. (1999). “A cidade em Portugal – Uma geografia urbana”. Coleção Cidade em Questão / 8; Edições Afrontamento, Porto, 3ª Edição.
- Santos, F. S., *et al.* (2011). “Plano de Gestão de Coimbra – Universidade, Alta e Sofia”. Universidade de Coimbra. Milideias, Lda, Coimbra.
- Sebastião, A. (2010). Planeamento Estratégico para o Centro Histórico de Torres Vedras, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.
- Seco, A., Macedo, J. e Costa, A. (2008a). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária - Peões”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. Volume 8.
- Seco, A., Macedo, J. e Costa, A. (2008b). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária - Estacionamento”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. Volume 9.
- SMTUC@. (2015). <http://www.smtuc.pt/horarios/index.php>. Serviços Municipalizado de Transportes Urbanos de Coimbra website, Coimbra, Portugal.
- Sorkin, M. (1992). “Variations on a theme park: The new American city and the end of public space”. Hill and Wang, New York.
- Swanwick, C., Dunnett, N. e Woolley, H. (2003). “Nature, Role and value of green space in towns and cities: An overview”. *Built Environment*, 29(2), 94–106.
- Teles, P. (2014). “A cidade das (i) mobilidades – Manual Técnico de Acessibilidade e Mobilidade para Todos”. Mobilidade e Planeamento do Território, Ida.
- Turner, A. (2004). “Depthmap 4 | A Researcher's Handbook”, Bartlett School of Graduate Studies, UCL, London.
- UCL@. (2015). <https://www.bartlett.ucl.ac.uk>. University College of London website, United Kingdom.

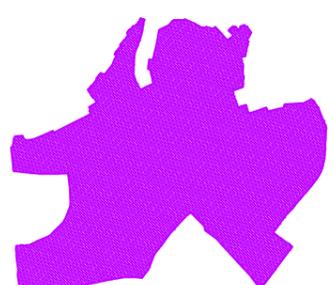
- UN. (1987). “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future”. United Nations Documents, New York.
- UN. (1992). “Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development”; United Nations Sustainable Development. United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro (Brasil). United Nations Department of Public Information, New York.
- UN. (1997). “Programme for the Further Implementation of Agenda 21”. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York.
- UN. (2002). “Report of the World Summit on Sustainable Development”. United Nations, New York.
- UN. (2007). “Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies”. 3rd Edition ed. United Nations, New York.
- UN. (2012). “Report of the United Nations: Conference on Sustainable Development”. United Nations, New York.
- UNESCO@. (2015). <https://www.unescoportugal.mne.pt/pt/>. Comissão Nacional da UNESCO Portugal website. Ministério dos Negócios Estrangeiros, Portugal.
- Vogel, P., Greiser, T. e Mattfeld, D. C. (2011). “Understanding Bike-Sharing Systems using Data Mining: Exploring Activity Patterns”. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 20 (2011), 514–523.
- Voogd, H. (1983). “Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning”. Pion Limited, London.
- WBCSD. (2009). “Mobility for Development: Dedicated to Making Difference”. World Business Council for Sustainable Development.
- Worpole, K. e Knox, K. (2007). “The social value of public spaces”. Joseph Rowntree Foundation, York.
- Yoon, K., (1987). “A reconciliation among discrete compromise solutions”. *Journal of Operational Research Society* 38 (3), 272–286.

Quadro A.1 – Matriz de comparação obtida pela aplicação do Método AHP

W	X1	...	X13	X14	...	X23	X24	...	X28	X29	X30	Produto	$\sqrt[30]{\text{Produto}}$
X1	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	9041878125	2,1472
⋮	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	9041878125	2,1472
X13	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	9041878125	2,1472
X14	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	0,00381039475689681	0,8305
⋮	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	0,00381039475689681	0,8305
X23	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	0,00381039475689681	0,8305
X24	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,0000000000001248590154	0,3714
⋮	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,0000000000001248590154	0,3714
X28	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,0000000000001248590154	0,3714
X29	0,14	0,14	0,14	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,000000000000000000043	0,2095
X30	0,14	0,14	0,14	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,000000000000000000043	0,2095
$\sum =$												38,4955	

Quadro A.2 – Rácio de consistência (CR)

	w	$W \times w$	$I_{m\acute{a}x}$	$I_{m\acute{a}x\ m\acute{e}d\acute{i}o}$	CI	RI	CR
X1	0,05578	1,689799925	30,29495905	30,544754	0,018438	1,59	0,011596
⋮	0,05578	1,689799925	30,29495905				
X13	0,05578	1,689799925	30,29495905				
X14	0,02158	0,656622997	30,43412323				
⋮	0,02158	0,656622997	30,43412323				
X23	0,02158	0,656622997	30,43412323				
X24	0,00965	0,297844938	30,86881308				
⋮	0,00965	0,297844938	30,86881308				
X28	0,00965	0,297844938	30,86881308				
X29	0,00544	0,173706655	31,91142435				
X30	0,00544	0,173706655	31,91142435				



LOCAL

Centro Histórico da Cidade de Coimbra - Alta Universitária

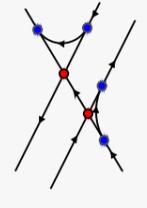
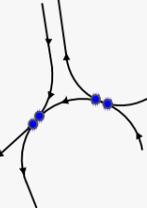
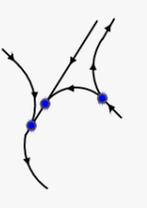
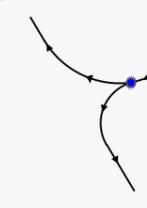
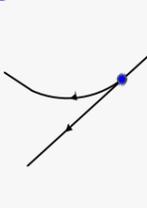
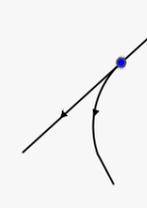
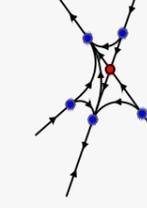
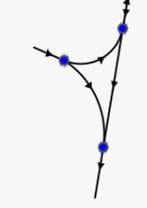
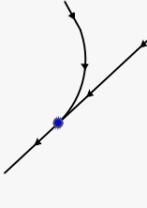
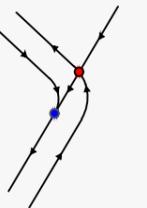
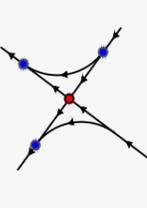
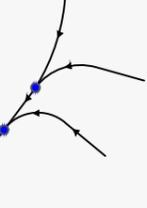
LEGENDA

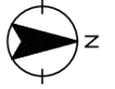
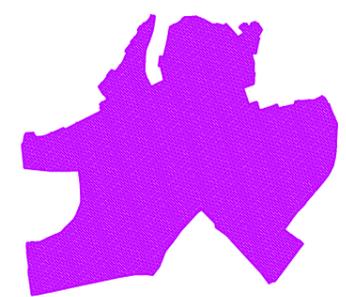
-  Limites das ruas da Zona de Estudo
-  Limites da Zona de Estudo
-  Edifícios de habitação, comércio, restauração e serviços
-  Edifícios religiosos
-  Edifícios da Universidade de Coimbra
-  Pátios interiores
-  Jardins interiores
-  Jardins e espaços verdes públicos
-  Espaço de circulação pedonal
-  Espaço de circulação de tráfego rodoviário
-  Espaço para estacionamento de veículos
-  Espaço com soluções de acalmia de tráfego

PROJETO
Cenários de Mobilidade Sustentável em Centros Históricos

PEÇA DESenhADA
Cenário 0 - Situação Atual da Zona de Estudo

ESCALA	DATA	DESENHO N.º
1 : 3500	08/02/2016	
AUTOR	DESENHADOR	
Nuno Caraveo	Nuno Caraveo	
ANEXO B		1

<p>4 pontos de conflito de convergência ou divergência 2 pontos de conflito</p>  <p>1</p>	<p>2 pontos de conflito de convergência 2 pontos de conflito de divergência</p>  <p>2</p>	<p>4 pontos de conflito de convergência ou divergência 1 pontos de conflito</p>  <p>3</p>
<p>2 pontos de conflito de convergência 1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>4</p>	<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>5</p>	<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>6</p>
<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>7</p>	<p>5 pontos de conflito de convergência ou divergência 1 ponto de conflito</p>  <p>8</p>	<p>2 pontos de conflito de divergência 1 ponto de conflito de convergência</p>  <p>9</p>
<p>1 ponto de conflito de convergência</p>  <p>10</p>	<p>1 ponto de conflito de convergência 1 ponto de conflito</p>  <p>11</p>	<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>12</p>
<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>13</p>	<p>1 ponto de conflito de convergência 1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>14</p>	<p>4 pontos de conflito de convergência ou divergência 1 ponto de conflito</p>  <p>15</p>
<p>1 ponto de conflito de divergência</p>  <p>16</p>	<p>2 pontos de conflito de convergência</p>  <p>17</p>	



LOCAL
Centro Histórico da Cidade de Coimbra - Alta Universitária

- LEGENDA
-  Limites das ruas da Zona de Estudo
 -  Limites da Zona de Estudo
 -  Cruzamentos/interseções da Zona de Estudo

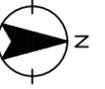
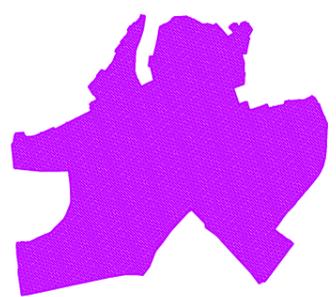
PROJETO
Cenários de Mobilidade Sustentável em Centros Históricos

PEÇA DESENHADA
Pontos de Conflito nos Cruzamentos

ESCALA	DATA	DESENHO N.º
1 : 5000	08/02/2016	2
AUTOR	DESENHADOR	
Nuno Carvão	Nuno Carvão	
ANEXO C		



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



LOCAL
Centro Histórico da Cidade de Coimbra - Alta Universitária

LEGENDA

-  Limites das ruas da Zona de Estudo
-  Limites da Zona de Estudo
-  Edifícios de habitação, comércio, restauração e serviços
-  Edifícios religiosos
-  Edifícios da Universidade de Coimbra
-  Pátios interiores
-  Jardins interiores
-  Jardins e espaços verdes públicos
-  Espaço de circulação pedonal
-  Espaço de circulação de tráfego
-  Espaço para estacionamento de veículos
-  Espaço com soluções de acalmia de tráfego
-  Percurso ciclável

PROJETO
Cenários de Mobilidade Sustentável em Centros Históricos

PEÇA DESenhADA
Cenário 2 - Situação Alterada da Zona de Estudo

ESCALA 1 : 3500	DATA 08/02/2016	DESENHO N.º
AUTOR Nuno Carazo	DESENHADOR Nuno Carazo	3
ANEXO D		

Quadro E.1 – Matriz de Decisão Normalizada, \underline{R}

\underline{R}	A0	A1	A2	Ai
X1	0,500	0,500	0,500	0,500
X2	0,452	0,470	0,470	0,595
X3	0,545	0,545	0,457	0,444
X4	0,645	0,645	0,331	0,239
X5	0,604	0,604	0,520	0,000
X6	1,000	0,000	0,000	0,000
X7	0,514	0,514	0,486	0,486
X8	0,500	0,500	0,500	0,500
X9	0,500	0,500	0,500	0,500
X10	0,500	0,500	0,500	0,500
X11	0,577	0,577	0,577	0,000
X12	0,603	0,603	0,521	0,000
X13	0,555	0,555	0,505	0,359
X14	0,344	0,409	0,470	0,702
X15	0,251	0,358	0,500	0,747
X16	0,500	0,500	0,500	0,500
X17	0,281	0,450	0,471	0,704
X18	0,347	0,347	0,485	0,724
X19	0,272	0,408	0,544	0,680
X20	0,500	0,500	0,500	0,500
X21	0,599	0,599	0,480	0,226
X22	0,401	0,401	0,432	0,702
X23	0,267	0,272	0,644	0,663
X24	0,372	0,372	0,412	0,744
X25	0,000	0,333	0,667	0,667
X26	0,378	0,378	0,378	0,756
X27	0,491	0,491	0,491	0,527
X28	0,508	0,508	0,508	0,474
X29	0,500	0,500	0,500	0,500
X30	0,500	0,500	0,500	0,500

Quadro E.2 – Matriz de Decisão Normalizada e Pesada, \underline{W}

\underline{W}	A0	A1	A2	Ai
X1	0,02789	0,02789	0,02789	0,02789
X2	0,02519	0,02624	0,02624	0,03317
X3	0,03039	0,03039	0,02551	0,02477
X4	0,03600	0,03600	0,01847	0,01335
X5	0,01303	0,01303	0,01122	0,00000
X6	0,05578	0,00000	0,00000	0,00000
X7	0,02866	0,02866	0,02710	0,02710
X8	0,02789	0,02789	0,02789	0,02789
X9	0,02789	0,02789	0,02789	0,02789
X10	0,02789	0,02789	0,02789	0,02789
X11	0,03220	0,03220	0,03220	0,00000
X12	0,03365	0,03365	0,02908	0,00000
X13	0,03095	0,03095	0,02818	0,02004
X14	0,01921	0,02280	0,02622	0,03918
X15	0,00541	0,00773	0,01079	0,01612
X16	0,01079	0,01079	0,01079	0,01079
X17	0,00607	0,00971	0,01017	0,01519
X18	0,00749	0,00749	0,01045	0,01562
X19	0,00587	0,00881	0,01174	0,01468
X20	0,01079	0,01079	0,01079	0,01079
X21	0,01293	0,01293	0,01035	0,00489
X22	0,00865	0,00865	0,00931	0,01514
X23	0,00576	0,00586	0,01390	0,01431
X24	0,00359	0,00359	0,00398	0,00718
X25	0,00000	0,00322	0,00643	0,00643
X26	0,00365	0,00365	0,00365	0,00729
X27	0,00473	0,00473	0,00473	0,00509
X28	0,00491	0,00491	0,00491	0,00457
X29	0,00272	0,00272	0,00272	0,00272
X30	0,00272	0,00272	0,00272	0,00272

Quadro E.3 – Resultados da operação $(v_{ij} - v_j^+)^2$

	A⁺	A0	A1	A2	Ai
X1	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X2	0,03317	0,00006373	0,00004809	0,00004809	0,00000000
X3	0,02477	0,00003154	0,00003154	0,00000055	0,00000000
X4	0,01335	0,00051315	0,00051315	0,00002624	0,00000000
X5	0,00000	0,00016975	0,00016975	0,00012599	0,00000000
X6	0,00000	0,00311121	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X7	0,02710	0,00000244	0,00000244	0,00000000	0,00000000
X8	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X9	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X10	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X11	0,00000	0,00103707	0,00103707	0,00103707	0,00000000
X12	0,00000	0,00113265	0,00113265	0,00084591	0,00000000
X13	0,02004	0,00011891	0,00011891	0,00006629	0,00000000
X14	0,03918	0,00039881	0,00026837	0,00016785	0,00000000
X15	0,01612	0,00011474	0,00007043	0,00002843	0,00000000
X16	0,01079	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X17	0,01519	0,00008322	0,00003003	0,00002524	0,00000000
X18	0,01562	0,00006610	0,00006610	0,00002668	0,00000000
X19	0,01468	0,00007758	0,00003448	0,00000862	0,00000000
X20	0,01079	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X21	0,00489	0,00006476	0,00006476	0,00002982	0,00000000
X22	0,01514	0,00004208	0,00004208	0,00003389	0,00000000
X23	0,01431	0,00007321	0,00007138	0,00000017	0,00000000
X24	0,00718	0,00001286	0,00001286	0,00001023	0,00000000
X25	0,00643	0,00004138	0,00001034	0,00000000	0,00000000
X26	0,00729	0,00001330	0,00001330	0,00001330	0,00000000
X27	0,00509	0,00000012	0,00000012	0,00000012	0,00000000
X28	0,00457	0,00000011	0,00000011	0,00000011	0,00000000
X29	0,00272	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X30	0,00272	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Quadro E.4 – Cálculo da solução ideal

	A0	A1	A2	Ai
S⁺	0,084668	0,061139	0,049946	0

Quadro E.5 - Resultados da operação $(v_{ij} - v_j^-)^2$

	A ⁻	A0	A1	A2	Ai
X1	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X2	0,03317	0,00006373	0,00004809	0,00004809	0,00000000
X3	0,02477	0,00003154	0,00003154	0,00000055	0,00000000
X4	0,01335	0,00051315	0,00051315	0,00002624	0,00000000
X5	0,00000	0,00016975	0,00016975	0,00012599	0,00000000
X6	0,00000	0,00311121	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X7	0,02710	0,00000244	0,00000244	0,00000000	0,00000000
X8	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X9	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X10	0,02789	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X11	0,00000	0,00103707	0,00103707	0,00103707	0,00000000
X12	0,00000	0,00113265	0,00113265	0,00084591	0,00000000
X13	0,02004	0,00011891	0,00011891	0,00006629	0,00000000
X14	0,03918	0,00039881	0,00026837	0,00016785	0,00000000
X15	0,01612	0,00011474	0,00007043	0,00002843	0,00000000
X16	0,01079	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X17	0,01519	0,00008322	0,00003003	0,00002524	0,00000000
X18	0,01562	0,00006610	0,00006610	0,00002668	0,00000000
X19	0,01468	0,00007758	0,00003448	0,00000862	0,00000000
X20	0,01079	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X21	0,00489	0,00006476	0,00006476	0,00002982	0,00000000
X22	0,01514	0,00004208	0,00004208	0,00003389	0,00000000
X23	0,01431	0,00007321	0,00007138	0,00000017	0,00000000
X24	0,00718	0,00001286	0,00001286	0,00001023	0,00000000
X25	0,00643	0,00004138	0,00001034	0,00000000	0,00000000
X26	0,00729	0,00001330	0,00001330	0,00001330	0,00000000
X27	0,00509	0,00000012	0,00000012	0,00000012	0,00000000
X28	0,00457	0,00000011	0,00000011	0,00000011	0,00000000
X29	0,00272	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
X30	0,00272	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

Quadro E.6 – Cálculo da solução anti-ideal

	A0	A1	A2	Ai
S ⁻	0	0,05623891	0,06107992	0,08466846