

ANÁLISE DEMATEL AOS DETERMINANTES DE *SMART CITY*

Irina Fernanda Bacalhau Braga

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Gestão

Orientador:  
Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira  
ISCTE Business School  
Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Junho 2020

ANÁLISE DEMATEL AOS DETERMINANTES DE *SMART  
CITY*

Irina Fernanda Bacalhau Braga

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Gestão

Orientador:  
Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira  
ISCTE Business School  
Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Junho 2020

## AGRADECIMENTOS

“ *I*t always seems impossible until it's done” (Nelson Mandela). Esta caminhada avizinhava-se desafiante. No meio da turbulência, tive ao meu lado pessoas que me mostraram que até o impossível pode ser conquistado. É a elas a quem quero expressar a minha gratidão.

Pai, a minha segurança, espero um dia conseguir ser tão extraordinária como tu. Obrigada por me ensinares a ser empenhada e a não me contentar com aquilo que já conheço. Mãe, serás sempre o meu amparo e o meu exemplo. Obrigada por me ensinares a lutar pelos meus objetivos e sonhos. Aquilo que sou e conquistei até hoje só foi possível porque vos tenho, a meu lado, em todos os passos. Avó, já não me viste tornar doutora como tanto gostavas de apregoar. Avô, ficou muito por partilhar. Esta ausência física impediu-nos de viver muita coisa, mas cabe-me a mim ser aquilo que vocês sempre quiseram que eu fosse: feliz. Filinto e Úrsula, onde quer que estejam, espero que tenham orgulho em mim. Restante família, tenho a maior sorte do mundo por vos ter.

Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, o meu orientador, obrigada por ter confiado em mim quando eu própria duvidei. É tamanha a gratidão que tenho por todo o apoio que me deu, por todas as orientações, pela disponibilidade e pela dedicação com que me acompanhou durante este percurso. Não faria este caminho sem si.

Helena Espanhol, a irmã de coração e companheira de todos os momentos, obrigada por seres a de sempre. Ana Filipa Salgado, a minha parceira desde o primeiro dia, obrigada por acreditares sempre em mim e por estares presente em todas as horas. Carolina Neves, aquela que está sempre pronta a dar uma mão, obrigada pelo teu apoio incondicional. Alexandra, Gonçalo, Luísa e Simão, os meus colegas de mestrado, obrigada por trilharem este caminho comigo. Restantes amigos, obrigada por tudo.

André Martins, Carla Pedro, Eduardo Silva, Helena Martins, Hélia Duarte, Paula Miranda e Sérgio Pinheiro, membros do painel de decisores, agradeço a vossa disponibilidade, dedicação e partilha de conhecimentos e experiências no desenvolvimento da componente empírica deste estudo. Dr. Alexandre Varela, deixo-lhe um agradecimento especial a si e ao Município de Évora, por se terem disponibilizado, prontamente, para a realização da sessão de validação.

A todos,  
O meu sincero Obrigada!

# ANÁLISE DEMATEL AOS DETERMINANTES DE *SMART CITY*

## RESUMO

O crescimento substancial da população, a crescente urbanização, a sobrecarga no consumo de infraestruturas e energias, os impactos ambientais e o investimento no desenvolvimento tecnológico acarretam grandes desafios para a gestão e para o desenvolvimento das cidades que pretendem melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos seus cidadãos. A preocupação de encontrar o equilíbrio entre estes fatores dificulta o processo de tomada de decisão, pelo que se torna essencial analisar os determinantes de *smart cities* (i.e., cidades que pretendem ser socialmente envolvidas e habitáveis, economicamente e ambientalmente sustentáveis, tendo a tecnologia e a inovação um papel fundamental para esse fim). Tendo em conta os princípios da abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), o presente estudo pretende aliar as técnicas de mapeamento cognitivo com a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), de forma a desenvolver um modelo multicritério que auxilie os decisores no processo de tomada de decisão e na análise dos determinantes de *smart cities*. Para este fim, a pesquisa identificou os critérios determinantes para uma *smart city* e as suas respetivas relações de causa-efeito, utilizando um painel de especialistas com experiência e conhecimento sobre a temática em análise. Os resultados foram validados tanto pelo painel de especialistas como pelo vereador dos pelouros da mobilidade e das obras municipais da Câmara Municipal de Évora, que certificou que o sistema de avaliação desenvolvido é uma ferramenta que auxilia o processo de tomada de decisão sobre *smart cities*. As vantagens e limitações resultantes deste estudo são, também, objeto de análise e discussão.

**Palavras-Chave:** DEMATEL; Desenvolvimento Sustentável; Gestão das Cidades; Mapas Cognitivos; MCDA; Planeamento Urbano; *Smart Cities*; Tomada de Decisão; Urbanização.

# A DEMATEL ANALYSIS TO DETERMINANTS OF SMART CITY

## ABSTRACT

The substantial growth in population, increasing urbanization, overload in the consumption of infrastructures and energy, environmental impacts, and investments made in technological development constitute major challenges in what concerns the management and development of cities that aim to improve the citizens' well-being and quality of life. The concern to find a balance between these factors makes the decision-making process more difficult and, therefore, it is essential to analyze the determinants of smart cities (*i.e.*, cities that intend to be socially involved and habitable, economically and environmentally sustainable, with technology and innovation playing a fundamental role in this regard). Considering the principles of the *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) approach, the present study aims to combine cognitive mapping techniques and the *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) method, in order to develop a multicriteria model that helps managers in the decision-making process, as well as in the analysis of determinants of smart cities. The research carried out allowed for the identification of these determinants and respective cause-effect relationships, using a panel of experts with experience and knowledge on the subject under analysis. The results were validated by both the panel of experts and by the councillor responsible for mobility and municipal assignments of the Évora City Council, who certified that the developed evaluation system is a tool that supports the decision-making process in what concerns smart cities. The main advantages and limitations of the present study are also subject of analysis and discussion.

**Keywords:** City Management; Cognitive Maps; Decision Making; DEMATEL; MCDA; Smart Cities; Sustainable Development; Urban Planning; Urbanization.

## SUMÁRIO EXECUTIVO

**A**o longo dos anos, o crescimento natural da população urbana e, sobretudo, a migração da população para centros citadinos contribuiu para o aumento da urbanização. Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) revelam que 55% da população mundial reside nos grandes centros urbanos e a expectativa é que esta percentagem aumente para 70% até 2050. Neste sentido, as áreas urbanas enfrentam grandes desafios ao nível da sustentabilidade, do crescimento, da competitividade e da *performance*. No longo prazo, o aumento desproporcional da população, a constante e crescente urbanização, a falta de alternativas para a mobilidade, a industrialização desregulada, as alterações climáticas, os altos níveis de consumo de recursos, o aumento de emissões de gases para a atmosfera e o efeito de estufa, a perda de terrenos *green*, o desgaste das infraestruturas e as desigualdades sociais representam um preço demasiado elevado para o futuro das gerações e para o bem-estar da sociedade. Esta realidade é preocupante para a gestão das cidades e para o planeta, pelo que é fulcral encontrar e desenvolver soluções estratégicas e sustentáveis que sejam capazes de ajudar a sua recuperação e manutenção. Isto significa que a gestão da complexidade da vida cidadina necessita de novos métodos e formas inovadoras para lidar com a urbanização. Para solucionar estes problemas, surge o conceito de *smart city*, de forma a desenvolver estratégias urbanas destinadas a recuperar a qualidade de vida da população cidadina com o auxílio de tecnologias de ponta e de inovação. *Smart city* é uma cidade de alta tecnologia que conecta elementos da cidade, informação e pessoas através de novas tecnologias, tornando a cidade sustentável e *green*, dotada de comércio competitivo e inovador e com altos padrões de vida. De facto, uma *smart city* dá resposta às necessidades das pessoas, do ambiente e da economia, tornando as cidades mais eficientes, sustentáveis e habitáveis. Assim, verifica-se que as *smart cities* trazem benefícios socioeconómicos para as cidades. Na vertente social, existe preocupação com a inclusão das pessoas na sociedade, tornando a população mais consciente, informada e educada. Na vertente económica, as políticas *smart* pretendem alcançar a eficiência com a redução de custos. Com efeito, vários são os autores que estudam esta temática – *i.e.* análise dos determinantes de *smart cities* –, apesar das suas pesquisas não estarem isentas de limitações. De facto, as limitações dos estudos analisados assentam na falta de universalidade, por se focarem em cidades específicas e não poderem ser aplicados a qualquer contexto, na falta de desenvolvimento de

metodologias que realizem análises dinâmicas das relações de causalidade e/ou de impacto entre os critérios em avaliação e na falta de visão holística na abordagem do tema. Nesta perspectiva, de modo a colmatar algumas destas limitações metodológicas presentes na literatura, a presente dissertação tem como principal objetivo a construção de um modelo de apoio à tomada de decisão que auxilie a análise dos determinantes de *smart cities*. Para tal, recorre-se à abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), que tem uma base epistemológica construtivista e que associa elementos objetivos e subjetivos na resolução de problemas complexos. Com o auxílio de um painel de especialistas das diferentes áreas que constituem uma *smart city* (*i.e.*, energia e ambiente; tecnologia; mobilidade e transportes; arquitetura; urbanismo; economia e engenharia ambiental), serão aplicados métodos de estruturação e avaliação multicritério, nomeadamente mapas cognitivos e a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Numa primeira fase – *fase de estruturação* – aplicar-se-ão técnicas de mapeamento cognitivo para que o problema em análise seja estruturado. Numa segunda fase – *fase de avaliação* – será aplicada a técnica DEMATEL, uma ferramenta que efetua a análise das relações de causalidade e de impacto entre critérios e subcritérios de avaliação, garantindo a interdependência entre fatores e auxiliando a construção de um diagrama que reflète essas relações. Para o efeito, foram realizadas duas sessões de grupo, com duração de oito horas no total, com um painel de especialistas familiarizado com a temática em estudo. Na primeira sessão, foi colocada uma *trigger question* (*i.e.*, “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores e características sustenta a melhor smart city?*”), para definir o problema e, através da técnica de *post-its*, foram identificados e hierarquizados os critérios mais importantes para a análise dos determinantes de *smart cities*. Na segunda sessão, o painel de especialistas procedeu ao preenchimento da matriz de base (*i.e.*, matriz *Z*) para a aplicação da técnica DEMATEL, de forma a analisar as relações de causalidade entre os critérios de avaliação e perceber quais os impactos que esses critérios têm na *performance* da *smart city*. Finalizada esta fase, realizou-se uma sessão de validação com um elemento neutro e externo ao processo. Através da aplicação desta metodologia multicritério de apoio à tomada de decisão, foi possível cumprir com o objetivo principal deste estudo (*i.e.*, criar um modelo de avaliação multicritério robusto, coerente, transparente e com aplicabilidade prática no âmbito das *smart cities*).

# ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas .....	X
<b>Capítulo 1 – Introdução Inicial .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos Principais e de Suporte .....	2
1.3. Metodologia e Base Epistemológica .....	3
1.4. Estrutura .....	4
1.5. Resultados Esperados .....	4
<b>Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....</b>	<b>6</b>
2.1. Urbanização, Planeamento e <i>Smart City</i> .....	6
2.2. Impactos Socioeconómicos das <i>Smart Cities</i> .....	14
2.3. Fundamentos para a Análise dos Determinantes de <i>Smart Cities</i> .....	15
2.4. Estudos Relacionados .....	17
2.5. Limitações Metodológicas Gerais .....	22
<i>Sinopse do Capítulo 2</i> .....	24
<b>Capítulo 3 – Metodologia .....</b>	<b>25</b>
3.1. O Apoio à Tomada de Decisão Multicritério .....	25
3.1.1. A Abordagem MCDA .....	28
3.1.2. Paradigmas e Convicções Fundamentais .....	32
3.1.3. Contributos para a Análise dos Determinantes de <i>Smart Cities</i> .....	33
3.2. Estruturação de Problemas de Decisão .....	35
3.2.1. <i>Problem Structuring Methods</i> e Mapeamento Cognitivo .....	36
3.2.2. Estruturação por Pontos de Vista .....	40
3.3. A Avaliação Multicritério .....	41
3.3.1. Avaliação Multicritério .....	42
3.3.2. A Técnica DEMATEL .....	43
3.3.3. Vantagens e Limitações da Técnica DEMATEL .....	48
<i>Sinopse do Capítulo 3</i> .....	50

Capítulo 4 – Resultados e Análise .....	51
4.1. Mapa Cognitivo Coletivo .....	51
4.2. Árvore de Critérios .....	56
4.3. Aplicação da Técnica DEMATEL .....	58
4.4. Análise de Resultados .....	67
4.5. Validação e Recomendações .....	71
<i>Sinopse do Capítulo 4</i> .....	75
Capítulo 5 – Conclusão .....	76
5.1. Principais Resultados e Limitações do Estudo .....	76
5.2. Reflexões e Implicações .....	78
5.3. Linhas para Futura Investigação .....	79
Referências Bibliográficas .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

### FIGURAS

Figura 1: Exemplo de um Mapa Cognitivo .....	39
Figura 2: Quadrantes do Diagrama de Causa-Efeito (IRM) .....	46
Figura 3: Matriz PB-PR .....	47
Figura 4: Momentos Registrados Durante a Primeira Sessão com o Painel de Especialistas .....	54
Figura 5: Mapa Cognitivo .....	55
Figura 6: Identificação dos Ramos Cognitivos e das Linhas de Argumentação das Áreas Fundamentais .....	57
Figura 7: Validação do Mapa Cognitivo Durante a Segunda Sessão com o Painel de Especialistas .....	59
Figura 8: Preenchimento da Matriz Z Durante a Segunda Sessão com o Painel de Especialistas .....	61
Figura 9: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL .....	66
Figura 10: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL e Relações de Impacto .....	67
Figura 11: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL nos Diversos Quadrantes .....	68
Figura 12: Momentos Registrados na Primeira Parte da Sessão .....	72
Figura 13: Momentos Registrados na Segunda Parte da Sessão .....	73

### TABELAS

Tabela 1: Análise aos Determinantes de Smart City – Contribuições e Limitações .....	20
Tabela 2: Comparação dos Paradigmas Hard e Soft .....	27
Tabela 3: Comparação de Abordagens MCDM e MCDA .....	27
Tabela 4: Caracterização dos Atores/Intervenientes no Processo de Tomada de Decisão .....	30
Tabela 5: Descrição dos Critérios que Suportam uma Smart City .....	58
Tabela 6: Matriz de Base para a Aplicação da Técnica DEMATEL .....	60
Tabela 7: Matriz Inicial de Relação Direta (Matriz Z) .....	62

Tabela 8: Cálculo de $1/s$ .....	62
Tabela 9: Matriz Normalizada de Relação Direta (Matriz $X$ ) .....	63
Tabela 10: Matriz Identidade $I$ .....	63
Tabela 11: Matriz $I-X$ .....	64
Tabela 12: Matriz Inversa (Matriz $I-X^{-1}$ ) .....	64
Tabela 13: Matriz de Relação Total (Matriz $T$ ) .....	65
Tabela 14: Cálculos Auxiliares para Construção do Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL .....	66

## PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

AHP	– <i>Analytic Hierarchy Process</i>
CRTs	– Critérios Principais
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
DRSA	– <i>Dominance-based Rough Set Approach</i>
ELECTRE	– <i>Elimination and Choice Expressing the Reality</i>
GHG	– <i>Greenhouse Gas</i>
IoT	– <i>Internet of Things</i>
IRM	– <i>Influential Relation Map</i>
ISO	– <i>International Organization for Standardization</i>
MAUT	– <i>Multiple Attribute Utility Theory</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
MCDM	– <i>Multiple Criteria Decision Making</i>
ONU	– Organização das Nações Unidas
OR	– <i>Operational Research</i>
PB	– <i>Perceived Benefits</i>
PR	– <i>Perceived Risks</i>
PROMETHEE	– <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations</i>
PSM	– <i>Problem Structuring Method</i>
PV	– Ponto de Vista
PVE	– Ponto de Vista Elementar
PVF	– Ponto de Vista Fundamental
SODA	– <i>Strategic Options Development and Analysis</i>
TIC	– Tecnologias de Informação e Comunicação

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO INICIAL

**E**ste primeiro capítulo pretende fazer a introdução da presente dissertação. Para tal, divide-se em cinco tópicos principais, nomeadamente: (1) breve enquadramento sobre a temática em estudo; (2) identificação dos objetivos principais e de suporte; (3) metodologia e base epistemológica adotada neste estudo; (4) estrutura da presente dissertação; e, por fim, (5) apresentação dos principais resultados esperados.

### 1.1. Enquadramento

De acordo com Albino *et al.* (2015) e Hajduk (2016), espera-se que cerca de 70% da população mundial venha a residir nos grandes centros urbanos em 2050. A crescente urbanização contribui para que as áreas urbanas enfrentem grandes desafios no que diz respeito ao seu crescimento, *performance* e competitividade. O aumento desproporcional da população, a urbanização, a dependência de veículos motorizados como meio de locomoção, a industrialização desregulada, as alterações climáticas, os altos níveis de consumo e produção de resíduos, o aumento da poluição e do consumo de energia e as desigualdades sociais constituem um preço demasiado elevado para o futuro da sociedade e do seu bem-estar, devido à má gestão e à falta de qualidade que o desenvolvimento urbano pode ter, pondo em causa os orçamentos públicos (Nam e Pardo, 2011; Cohen, 2015; Yigitcanlar e Kamruzzaman, 2015; Ochoa *et al.*, 2018). Neste sentido, parece fundamental encontrar soluções *smart* para tornar os meios urbanos mais eficientes, sustentáveis e habitáveis.

Surgindo nos anos 1990, o conceito de *smart city* foi encarado como sendo: (1) uma inovação no planeamento e gestão urbana; (2) uma cidade digital, através da utilização de tecnologias para o apoio ao desenvolvimento da vida urbana; (3) uma cidade do conhecimento e da aprendizagem, como forma de mostrar a importância que as pessoas têm no seu desenvolvimento; e (4) uma cidade sustentável e preocupada em fazer a ligação entre a vida urbana e o meio ambiente (Schuler, 2002; Ergazakis *et al.*, 2004;

Hollands, 2008; Batagan, 2011; Dameri *et al.*, 2019). Pode-se, portanto, considerar que uma *smart city* engloba as estratégias urbanas que têm como aliados aspectos tecnológicos e a envolvimento das pessoas para a construção de comunidades inteligentes, contribuindo para o seu melhoramento, para a garantia de sustentabilidade e para a oferta de melhores condições de vida aos cidadãos (Dameri *et al.*, 2019). Desta forma, a análise da *smartness* de uma cidade é fundamental para garantir a sua subsistência, pelo que a temática escolhida para a presente dissertação prende-se com a criação de um modelo multicritério que, através da combinação de técnicas de mapeamento cognitivo com a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), permita analisar os determinantes de *smart city* e auxilie no processo de tomada de decisão e na gestão de cidades inteligentes.

## 1.2. Objetivos Principais e de Suporte

Como exposto no ponto anterior, as áreas urbanas têm enfrentado grandes desafios no que concerne ao seu crescimento, *performance* e competitividade, devido, na sua maioria, à crescente urbanização, ao aumento da densidade populacional e ao consumo excessivo de recursos. Desta forma, é necessário que as cidades se tornem economicamente e ambientalmente sustentáveis, garantam o bem-estar dos cidadãos e criem soluções *smart* para que se solucionem os problemas das áreas urbanas.

Com o objetivo de entender quais são as áreas de uma cidade que necessitam de intervenção para se tornarem *smart*, é necessário realizar uma análise cuidada das componentes que contribuem para a criação das cidades inteligentes. Neste sentido, importa recorrer a novos métodos que permitam a análise e o desenvolvimento de *smart cities* de uma forma mais eficiente e eficaz. Assim, as cidades tornam-se capazes de acompanhar o desenvolvimento da sua componente *smart* e conseguem perceber qual a sua posição competitiva no mercado, através dos seus pontos fortes e fracos, de modo a criarem novas e melhores estratégias adaptadas às constantes mudanças do meio envolvente. Devido à complexidade desta temática, o principal objetivo da presente dissertação é o ***desenvolvimento de um modelo que auxilie a análise de determinantes de smart city, através da aplicação de técnicas multicritério que conjuguem o recurso ao mapeamento cognitivo e à técnica DEMATEL.*** Nesta lógica, é adotada uma abordagem orientada para o processo, de natureza epistemológica construtivista e que tem

por base a utilização de técnicas de mapeamento cognitivo. É de salientar que, para alcançar este objetivo, serão realizadas sessões presenciais com um grupo de especialistas das diversas áreas que compõem uma *smart city*. Estas sessões permitirão a discussão e a partilha de conhecimentos e experiências entre os elementos do painel, possibilitando a organização dos critérios em *clusters* e a aplicabilidade do modelo desenvolvido em contexto real.

### **1.3. Metodologia e Base Epistemológica**

Como referido no ponto anterior, a presente dissertação pretende desenvolver um modelo multicritério que sirva de apoio à tomada de decisão relativamente aos determinantes de *smart city*, tendo por base uma metodologia assente em princípios construtivistas. Para que tal seja possível, realizar-se-á, primeiramente, uma revisão de literatura da temática em estudo, como forma de compreender os conceitos de urbanização, planeamento do território e *smart city*. Também se pretende entender como é que a urbanização influencia o planeamento do território e de que forma é que estes, por um lado, influenciam uma *smart city* e, por outro, como é que esta responde a estes dois fenómenos. Posteriormente, serão levantados os impactos socioeconómicos das *smart cities* e a importância do estudo. Será também elaborada uma tabela resumo dos estudos já realizados nesta temática/área, que conterà as metodologias utilizadas pelos autores, as contribuições dos seus estudos e as suas limitações. Desta forma, será possível propor uma metodologia que colmate as falhas diagnosticadas.

Em termos metodológicos, incluídos na abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA), serão aplicados dois métodos, um qualitativo e outro quantitativo, que servirão de base para a componente empírica: (1) mapeamento cognitivo; e (2) técnica DEMATEL, respetivamente. Estes métodos assumem uma lógica de complementaridade. A aplicação integrada de um mapa cognitivo com a técnica DEMATEL auxiliará na construção do modelo de apoio à tomada de decisão, tornando-o adequado e com grande aplicabilidade para a análise das *smart cities*. A componente empírica irá traduzir a aplicação prática destas técnicas que, com a realização de duas sessões com um painel de especialistas, irão permitir estruturar o problema e analisar os determinantes de *smart city*.

## 1.4. Estrutura

Esta dissertação é composta pela presente introdução (*i.e.*, *Capítulo 1*), pela revisão de literatura (*i.e.*, *Capítulo 2*), pelo enquadramento da metodologia a ser aplicada (*i.e.*, *Capítulo 3*), pela análise dos resultados do estudo (*i.e.*, *Capítulo 4*), pelas conclusões (*i.e.*, *Capítulo 5*) e pelas referências bibliográficas.

Especificamente, o *Capítulo 1* consiste na presente introdução, na qual é enquadrado o tema em estudo, definidos os objetivos principais e de suporte, apresentada a metodologia e a base epistemológica e os resultados esperados desta investigação. O *Capítulo 2* apresenta a revisão de literatura sobre *smart cities* e os impactos que as mesmas geram. Neste capítulo, são apresentados também alguns dos estudos já realizados nesta área, contendo as metodologias utilizadas pelos autores, as contribuições dos seus estudos e as suas limitações. Desta forma, será possível identificar limitações gerais e apresentar uma metodologia que as ajude a colmatar. O *Capítulo 3* enquadra a metodológica utilizada, analisando a abordagem MCDA como forma de identificar os seus elementos caraterísticos, os seus paradigmas e convicções fundamentais e os possíveis contributos para a análise dos determinantes de *smart city*. Este capítulo apresenta também as metodologias aplicadas para a criação do modelo (*i.e.*, mapeamento cognitivo e técnica DEMATEL). O *Capítulo 4* materializa a componente empírica da presente dissertação, identificando os resultados obtidos e a sua análise. Assim, este capítulo compila as fases de estruturação e de avaliação do problema em estudo, aplicando as técnicas de mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL, através das sessões presenciais de grupo com um painel de especialistas. É ainda realizada uma sessão de validação com um elemento neutro e externo ao processo. O *Capítulo 5* apresenta as principais conclusões do estudo, incluindo uma análise dos resultados e das principais limitações do sistema implementado. Serão, igualmente, identificadas as principais reflexões e implicações práticas do modelo desenvolvido para a análise dos determinantes de *smart cities* e, por fim, sugeridas linhas para uma futura investigação.

## 1.5. Resultados Esperados

Tendo em conta que o objetivo principal desta dissertação assenta no desenvolvimento de um modelo que auxilie a análise dos determinantes de *smart city*, pretende-se que, no

final, se identifiquem quais os fatores que devem ser tidos em consideração quando se tomam decisões e se gerem *smart cities*. Para que este modelo seja o mais realista e objetivo possível, recorrer-se-á a um painel de especialistas com conhecimentos e experiência nas diversas áreas que constituem uma *smart city*, como forma de proporcionar a discussão e a partilha dos seus pontos de vista relativos à temática em estudo.

A combinação de técnicas de mapeamento cognitivo com a técnica DEMATEL, que assentam na abordagem MCDA e numa base construtivista, possibilita o desenvolvimento do processo de tomada de decisão com maior transparência e potencial de aplicabilidade. Só assim será possível elaborar um modelo adequado, transparente, realista e com aplicabilidade prática, capaz de auxiliar os decisores no processo de tomada de decisão sobre a gestão de cidades inteligentes. Para além destes resultados, também se espera que esta investigação seja publicada numa revista científicas da especialidade.

O segundo capítulo da presente dissertação pretende, através de revisão de literatura, aprofundar as abordagens e os fundamentos existentes sobre os determinantes de *smart cities*. Assim, os tópicos abordados serão os seguintes: (1) compreender os conceitos de urbanização, planeamento e *smart city*, assim como a forma como estão relacionados; (2) identificar quais são os impactos socioeconómicos das *smart cities*; (3) entender os fundamentos para a análise dos determinantes de *smart city*; (4) identificar os estudos já elaborados por outros autores; e, por último, (5) determinar as limitações metodológicas gerais. Este capítulo servirá de base para o enquadramento do presente estudo.

#### 2.1. Urbanização, Planeamento e *Smart City*

O crescimento substancial da população mundial tem sido um dos grandes desafios planetários desde o início do século XXI, uma vez que as economias mais desenvolvidas assistem ao aumento da urbanização (Miguel *et al.*, 2019). De acordo com Albino *et al.* (2015) e Hajduk (2016), espera-se que, em 2050, cerca de 70% da população mundial irá residir nos grandes centros urbanos. Segundo Ochoa *et al.* (2018), a urbanização é definida como o crescimento físico das áreas urbanas, devido à concentração de população e ao aumento da atividade económica nessas áreas, provando ser fundamental para o crescimento económico. “*It represents the most important social transformation in the history of civilization*” (UNHabitat in Ochoa *et al.*, 2018: 83).

De acordo com Peter e Yang (2019: 360), a urbanização “*is related to the expansion of urban areas and the growth of the proportion of total population leaving rural areas and moving to urban areas*”, implicando alterações sociais e económicas. Crankshaw e Borel-Saladin (2019), por seu turno, afirmam que a urbanização advém do crescimento natural da população urbana e, sobretudo, da migração da população para centros citadinos. “*Although natural urban population growth was roughly twice that of net migration, this had very little influence on urbanisation because it was matched by the natural growth of the rural*

*population*” (Crankshaw e Borel-Saladin, 2019: 2005). Os mesmos autores explicam ainda que, apesar da população que nasce nas cidades se manter fixa nelas, o crescimento da população nas áreas urbanas resulta da migração de habitantes para os centros citadinos, devido ao restabelecimento da economia.

Para Liang e Yang (2019), a urbanização está relacionada com a passagem do setor primário para o setor de serviços de uma determinada região. Ou seja, dotar uma determinada área com infraestruturas e equipamentos urbanos, de modo a transformar a região rural em urbana. A transferência da força de trabalho agrícola para as cidades origina a urbanização, assim como o crescimento dos centros urbanos através da aglomeração. O desenvolvimento das cidades incita ao crescimento económico e, reunidos os recursos e a riqueza nas cidades, a população passa a ter ao seu dispor serviços de saúde melhorados, condições dignas de saneamento básico e de habitação, acesso e oportunidades de emprego e de educação, redes de transportes e telecomunicações mais desenvolvidas, maior capital e rendimentos e melhores infraestruturas e vida social, que fazem com que o seu bem-estar melhore significativamente (Liang e Yang, 2019; Zheng e Walsh, 2019).

Os países mais desenvolvidos não são os únicos que beneficiam da urbanização. Segundo Zheng e Walsh (2019), as economias em desenvolvimento também tiram proveito da urbanização, uma vez que duplicar o tamanho das cidades é essencial para o aumento de cerca de 3.8% da produtividade e para a manutenção do seu crescimento. Apesar de proporcionar um maior desenvolvimento das cidades, a urbanização acarreta impactos negativos. Fan *et al.* (2019) defendem que, através da construção de um modelo ambiental, a urbanização e o desenvolvimento económico contribuem para a degradação ambiental, tendo em conta que o planeta assiste a alterações climáticas, ao aumento de emissões de gases para a atmosfera e do efeito de estufa (GHG), à perda de terrenos *green* e ao excesso de consumo de recursos naturais (Liang e Yang, 2019). Também a maior afluência de pessoas nos meios urbanos acaba por sobrecarregar o uso de energia de uma cidade, desgasta as infraestruturas da mesma, aumenta o congestionamento, os preços das habitações e dos produtos (Fan *et al.*, 2019; Zheng e Walsh, 2019). Para além disto, a urbanização também tem feito com que os espaços rurais assistam à desertificação e que exista uma grande discrepância entre o meio urbano e rural (Li *et al.*, 2018). O meio rural acaba, assim, por ficar fortemente dependente das cidades, no que diz respeito ao mercado, à tecnologia, ao investimento, aos serviços públicos e às oportunidades de emprego (Li *et al.*, 2018). Isto significa que a gestão da complexidade da vida citadina requer novos métodos e formas inovadoras para lidar com a urbanização.

As cidades são reconhecidas pelas diversas atividades humanas que desenvolvem e, por isso, são consideradas centros geradores de energia e matéria. Para tal, necessitam de recursos e serviços distintos para que seja garantida a sobrevivência dos cidadãos (Phillis *et al.*, 2017). No longo prazo, o aumento desproporcional da população, a constante e crescente urbanização, a dependência de veículos como meio de locomoção, a industrialização desregulada, as alterações climáticas, os altos níveis de consumo e as desigualdades sociais constituem um preço demasiado elevado para o futuro da sociedade e do seu bem-estar, devido à má gestão e má qualidade do desenvolvimento urbano (Yigitcanlar e Kamruzzaman, 2015; Ochoa *et al.*, 2018). *“It is considered that unless sustainable development principles are adopted in urbanization practices the projected urbanization growth will further compromise the sustainability of cities”* (Ochoa *et al.*, 2018: 83).

O desenvolvimento sustentável pressupõe que a satisfação das necessidades atuais da população não comprometem a satisfação das necessidades das gerações futuras (Brundtland Report, 1987). Neste sentido, torna-se essencial que exista desenvolvimento urbano sustentável e planeamento do território, uma vez que a sustentabilidade influencia vários aspetos do planeamento do território, como a utilização do meio ambiente, o consumo de energia, as paisagens, a cultura, as infraestruturas e configurações urbanas e os recursos locais naturais (Bonafoni *et al.*, 2017). Por outro lado, a sustentabilidade permite o alcance do equilíbrio entre as necessidades dos cidadãos, do meio ambiente, do desenvolvimento económico e das gerações futuras (Fernandes *et al.*, 2018).

A gestão e o desenvolvimento de políticas e de programas de forma consistente e sustentável permite a construção de uma urbanização sustentável, que é caracterizada por *“issues such as the proper use of resources to guarantee generational equity, protection of the natural environment, minimal use of non-renewable resources, economic vitality and diversity, community selfreliance, individual well-being, and satisfaction of basic human needs”* (Ochoa *et al.*, 2018: 83). Para Huang *et al.* (2015: 1179), este conceito é definido como *“an adaptive process of facilitating and maintaining a virtual cycle between ecosystem services and human wellbeing through concerted ecological, economic, and social actions in response to changes within and beyond landscape”*. Ou seja, a sustentabilidade urbana é um processo de integração de ecossistemas constituintes de uma cidade que permitem o desenvolvimento das áreas circundantes e a diminuição da emissão dos efeitos nocivos para a biosfera deste desenvolvimento. Com o foco no alcance da urbanização sustentável, os governos conseguem pôr em prática medidas orientadas para a conservação e gestão de recursos, assim como ações em prol do desenvolvimento social e económico, utilizando

abordagens inovadoras e criativas para: (1) maximizar a eficiência e o controlo da sustentabilidade ambiental e das mudanças climáticas; (2) garantir uma maior participação por parte da comunidade; e (3) partilhar *know-how* e tecnologia entre diferentes países (Ochoa *et al.*, 2018). De acordo com Xu *et al.* (2019: 499), a urbanização sustentável “*is an important part of sustainable development and it refers to the goal of achieving regional sustainable development through mutual coordination and promotion of regional economic, social and environmental systems [...]. Urban sustainability has become an inevitable target for environmental problems in the context of rapid urban expansion [...]*”.

Tendo um papel fulcral no controlo dos *timings* de desenvolvimento, da disposição do espaço territorial e da escala de crescimento das cidades, o planeamento do território urbano permite coordenar o desenvolvimento sustentável e racional das cidades (Deng *et al.*, 2018). No entanto, o planeamento do território nem sempre foi bem percecionado. Segundo Bakır *et al.* (2018), a abordagem clássica do planeamento foi fortemente criticada porque existia a dificuldade em conjugar o desenvolvimento do espaço territorial, económico, social e ambiental com as diferentes escalas de planeamento (*i.e.*, locais, regionais e urbanos) e os diferentes projetos (*i.e.*, de curto, médio e longo prazo). Cabanillas *et al.* (2013) acrescentam que o planeamento do território não é aplicado da mesma forma em todos os países e que essas diferenças estão relacionadas com “*the main purpose of planning system, the importance of regional and national planning, the authority shared between local and central administrations, the relative roles of public and private parties, the level of maturity, and the difference between objectives and results of planning*” (Bakır *et al.*, 2018: 311). Neste sentido, torna-se essencial incluir as partes interessadas no processo de planeamento do território, garantindo que as mesmas participem de forma ativa e criativa em todas as etapas de implementação do planeamento, garantindo dessa forma: (1) a preservação da sustentabilidade social, ecológica e económica; (2) a igualdade de oportunidade no acesso à habitação; e (3) a inovação e adaptação à mudança e partilha de informação (Axelsson e Granath, 2018).

Ainda assim, a crescente urbanização dificulta a implementação eficiente e eficaz do planeamento do território. Os governos têm trabalhado no sentido de combater os efeitos menos desejados da urbanização, uma vez que a mesma impulsiona o crescimento económico (e vice-versa) (Liang e Yang, 2019). De facto, há a preocupação com a reflorestação nos centros urbanos para melhorar a qualidade do ar (Fan *et al.*, 2019). Com efeito, as políticas de planeamento urbano podem contribuir para a redução do aumento do solo urbano, para a proteção das áreas florestais e das terras cultivadas e para a otimização

da estrutura do uso do solo (Xu *et al.*, 2019). Neste sentido, as dimensões ambientais, sociais e económicas devem ser repensadas pelos urbanistas e decisores, visto que o aumento da densidade urbana e dos padrões de consumo afeta exponencialmente a realização do planeamento urbano, tornando-se necessário avaliar a trajetória do desenvolvimento sustentável e as necessidades das áreas urbanas (Fernandes *et al.*, 2018).

Posto isto, define-se o planeamento urbano como “[the] *technical and political process concerned with the welfare of people, control of the use of land, design of the urban environment including transportation and communication networks, and protection and enhancement of the natural environment*” (McGill University in Fernandes *et al.*, 2018: 217). Ou seja, o equilíbrio entre o desenvolvimento económico, social e ambiental é conseguido através de um conjunto de políticas, medidas e ações que visam promover a gestão do espaço territorial e o desenvolvimento sustentável. Desta forma, o planeamento e a valorização do espaço urbano é essencial para a construção de sistemas urbanos eficientes e eficazes, de modo a que a população consiga aproveitar as melhores condições económicas e sociais para o seu bem-estar (Prestamburgo *et al.*, 2019). O planeamento urbano deve ser flexível e inovador, bem como capaz de dar resposta às diferentes exigências cidadinas no que concerne ao *design* das terras (Deng *et al.*, 2018). A inovação e o planeamento urbano, aliados aos fatores supramencionados, possibilitam o desenvolvimento urbano sustentável, uma vez que os administradores, arquitetos e decisores das cidades conseguem dar melhor resposta às novas exigências da população, da economia e do ambiente.

O planeamento urbano, hoje em dia, começa a ter em conta outras dimensões. A introdução de tecnologia, a digitalização, a qualidade de vida, as necessidades dos cidadãos e a igualdade são aspetos a ter em conta na gestão das cidades e na sua transformação para *smart cities* (Axelsson e Granath, 2018). Os planos e os projetos urbanísticos focam-se no desenvolvimento de serviços inovadores e de soluções futuristas, a fim de planearem e construir *smart cities* com a incorporação das tecnológicas de informação e comunicação (TIC) como meio de controlo e gestão da cidade (Axelsson e Granath, 2018). Na prática, “*technology, and especially ICT, can play the role of combining social and environmental aspects in new ways and, thus, realize the ideas of the smart city, and ICT can also be the carrier of such ideas in the smart city planning*” (Axelsson e Granath, 2018: 694). De facto, quando Garcia *et al.* (2015) identificam os dez componentes de *smart cities* (*i.e.*, (1) serviços públicos; (2) gestão e administração da cidade; (3) políticas e outros regulamentos institucionais; (4) governança, empoderamento e colaboração; (5) capital humano e criatividade; (6) conhecimento económicos e ambiente pró-negócio; (7) ambiente construído

e infraestruturas cidadinas; (8) ambiente natural e sustentabilidade ecológica; (9) tecnologias de informação e comunicação (TIC) e outras tecnologias; e (10) informação e dados), é perceptível que alguns destes componentes estão relacionados com o planeamento urbano e que outros estão relacionados com a governança e com a *performance* das *smart cities*. Esta mudança de paradigma é motivada por fatores como a globalização, o rápido crescimento da população, o aumento da industrialização, a crescente urbanização, o aumento do consumo de energia e de recursos naturais, a maior necessidade de gestão de recursos e a proteção ambiental, a mobilidade, a intensificação da agricultura e os estilos de vida direcionados para o consumo, que estão na base da exigência das cidades se tornarem “*smart*” (Eremia *et al.*, 2017; Yigitcanlar *et al.*, 2019).

Surgindo na década de 1990, vários foram os autores que se debruçaram sobre o conceito de *smart city* (*cf.* Myeong *et al.*, 2018). Uma *smart city* é considerada um conjunto de estratégias urbanas, destinadas a recuperar a qualidade de vida da população que habita em centros citadinos com o auxílio de tecnologias de ponta e inovação, de modo a solucionar os problemas advindos da alta densidade populacional (Hajduk, 2016). De acordo com Miguel *et al.* (2019), *smart city* é definida como uma cidade de alta tecnologia que conecta elementos da cidade, informação e pessoas através de novas tecnologias que tornam a cidade sustentável e *green*, dotada de comércio competitivo e inovador e com altos padrões de vida. Ainda segundo Miguel *et al.* (2019), as *smart cities* são ecossistemas sinérgicos que procuram tornar as cidades socialmente envolvidas e habitáveis, economicamente e ambientalmente sustentáveis, tendo a tecnologia um papel essencial para esse fim. Segundo Myeong *et al.* (2018: 1), “*the smart city is a conceptual urban development model, which means city construction based on information and communication technology (ICT). The specific definition of a smart city differs according to the economic level and the city policy of the country, but it can be seen as a city that uses ICT to improve city competitiveness and quality of life, and pursue urban sustainability*”. Numa perspetiva de desenvolvimento urbano, urbanização e os seus desafios, Estrada *et al.* (2018) consideram que o conceito de *smart city* surgiu como uma forma de lidar com essas problemáticas, sendo que essas cidades são definidas como um ecossistema que procura melhorar a qualidade de vida dos cidadãos através da combinação de tecnologia, sustentabilidade e infraestruturas físicas. As *smart cities* devem usar novas tecnologias, desde a *Internet of Things* (IoT), que facilita as conexões entre os sistemas, até à automação residencial, que se expressa através da facilidade com que os cidadãos conseguem gerir as suas rotinas diárias.

Apesar de não existir um consenso no que diz respeito à definição de *smart city*, vários autores consideram que a organização, a gestão e a tecnologia são componentes essenciais para o desenvolvimento de *smart city* (cf. Axelsson e Granath, 2018). Para Hajduk (2016), o conceito de *smart city* resulta de três tendências, nomeadamente: (1) *digital city*; (2) *green city*; e (3) *knowledge city*, sendo que as TIC, o ambiente e o conhecimento estão intrinsecamente ligados às cidades inovadoras. De facto, para que uma cidade seja considerada *smart*, a tecnologia e as TIC são fatores fundamentais para esta transformação, na medida em que permitem às cidades ser centros de inovação tecnológica e que adicionem valor às necessidades das pessoas que nelas habitam (Axelsson e Granath, 2018). Ou seja, é essencial fornecer serviços eficientes às populações, monitorizar e otimizar as infraestruturas das cidades e apoiar novos modelos de negócio inovadores, tanto nos setores públicos como nos privados, com o auxílio das TIC como forma de melhorar os serviços ou a gestão das cidades (Albino *et al.*, 2015; Axelsson e Granath, 2018). Desta forma, segundo Albino *et al.* (2015) e Myeong *et al.* (2018), é possível entender e caracterizar as *smart cities* segundo seis dimensões, nomeadamente: (1) *smart economy*, relacionada com a competitividade económica de uma cidade (*i.e.*, inovação, produtividade, empreendedorismo e mercado adaptável); (2) *smart governance*, que diz respeito a aspetos políticos e administrativos; (3) *smart mobility*, que abrange sistemas de transporte sustentáveis e inovadores, aliados às TIC; (4) *smart environment*, relacionada com a gestão de recursos, proteção ambiental, redução da poluição e condições naturais urbanas atrativas; (5) *smart people*, caracterizadas pelas interações sociais que estabelecem com os outros e pela educação/qualificação; e (6) *smart lifestyles*, que diz respeito ao estilo de vida que praticam e à qualidade de vida que têm (Miguel *et al.*, 2019). Estas cidades oferecem: (1) maior proteção e segurança; (2) maior preocupação com redes de transporte público para diminuir a poluição cidadina; (3) melhor gestão da energia consumida; (4) maior investimento em instalações de ensino e oferta de oportunidades de educação; (5) maior foco no turismo e na conservação dos recursos naturais; (6) maior preocupação com a saúde pública; e (7) maior investimento em tecnologia para oferecer serviços mais sofisticados (Miguel *et al.*, 2019).

Para Sujata *et al.* (2016), o desenvolvimento de *smart cities* está dependente de seis pilares críticos, que pretendem dar uma visão mais holística das mesmas, nomeadamente: (1) *social*, que diz respeito à comunicação e à partilha de informação entre os cidadãos, sendo possível que estes tenham um papel ativo no planeamento e na conceção de *smart city*; (2) *gestão*, que consiste num dos maiores desafios, visto que os gestores lidam com “*limited transparency, fragmented accountability, unequal city divisions and leakage of resources*”

(Sujata *et al.*, 2016: 904) e, por isso, devem implementar mecanismos digitais e de *e-governance* para alcançarem uma gestão eficaz e eficiente; (3) *economia*, que está relacionada com a capacidade que uma *smart city* tem de inovar e de se capitalizar economicamente; (4) *legal*, que engloba, também, a vertente política, na medida em que qualquer decisão tomada tem de estar conforme com as leis; (5) *tecnologia*, que, juntamente com a sustentabilidade e com a qualidade de vida da população, pode transformar a perspectiva de vida urbana e incitar o bom funcionamento e gestão das *smart cities*; e (6) *sustentabilidade*, que “*can be defined as the way of economic and social development without disrupting the environment*” (Sujata *et al.*, 2016: 906).

Posto isto, o conceito de *smart city* refere-se à capacidade que uma cidade tem para gerar soluções *smart* e sustentáveis para resolver problemas das áreas urbanas. Neste sentido, e ainda que não seja fácil educar a população para a utilização das TIC (Sujata *et al.*, 2016), as mesmas elevam padrões de vida, facilitam a criação de um ambiente de comunicação mais amplo e integrado, melhoraram o desempenho e reduzem os custos e consumo de recursos (Albino *et al.*, 2015). Contudo, há autores que defendem que a tecnologia das *smart cities* pode ser utilizada para capacitar os cidadãos, adaptando essas tecnologias às suas necessidades, em vez de adaptar as suas vidas às exigências tecnológicas (Albino *et al.*, 2015). Reforçando esta ideia, Lu *et al.* (2019) consideram que o aparecimento de novas tecnologias relacionadas com a *Internet of Things* (IoT), sensores ambientais, telefones inteligentes, sensores portáteis e computação em nuvem melhoraram o padrão de vida dos residentes. As TIC são essenciais para as *smart cities* e ganham cada vez mais importância porque racionalizam o uso de infraestruturas, apoiam o desenvolvimento sustentável, impulsionam o envolvimento dos cidadãos e dos gestores através de um sistema de *e-participation* e estimulam a aprendizagem através da experiência, adaptação e inovação, fazendo com que exista maior adaptação às mudanças do meio envolvente (Eremia *et al.*, 2017). A implementação de tecnologias avançadas permite “*reductions in urban energy use, along with urban GHG and air pollution emissions are important aims in what are variously described as green cities, eco-cities and smart cities (smart cities are also called intelligent cities)*” (Wang e Moriarty, 2019: 3272). Permite também uma melhor conceção da rede de transportes públicos e na mitigação do aquecimento global. De facto, uma *smart city* está atenta às necessidades económicas, sociais e ambientais dos seus cidadãos e, fazendo uma correta gestão da mesma, é possível garantir o desenvolvimento urbano sustentável no que toca à urbanização. O ponto seguinte pretende demonstrar os impactos socioeconómicos das *smart cities*.

## 2.2. Impactos Socioeconómicos das *Smart Cities*

De acordo com Caragliu *et al.* (2011), uma cidade é considerada *smart* quando investe em capital social e humano e em infraestruturas de comunicação tradicional (*i.e.*, transportes) e moderna (*i.e.*, TIC), que alimentam o crescimento económico sustentável e a alta qualidade de vida dos cidadãos, praticando uma governança participativa e uma gestão inteligente dos recursos naturais. De facto, a realidade *smart* de uma cidade tem vindo a expandir-se, principalmente como forma de dar resposta ao aumento da densidade populacional, da urbanização e da gestão dos recursos escassos e limitados que o planeta possui. Desta forma, as *smart cities* são vistas como impulsionadoras do desenvolvimento e do crescimento socioeconómico.

Na vertente social, para além de conhecimento, os cidadãos devem ter ao seu dispor soluções sustentáveis no que diz respeito à satisfação das suas necessidades, por parte das cidades, de modo a garantir o seu bem-estar (Zhu *et al.*, 2019). Isto é, a construção de uma *smart city* só será possível através da inovação, educação, aprendizagem e conhecimento da população e, para tal, a população deve aceitar as inovações *smart* como forma de melhorar a sua qualidade de vida (Miguel *et al.*, 2019). De facto, sendo as pessoas elementos essenciais para as *smart cities*, a necessidade de conhecimento tornou-se indispensável para que os governos e decisores a nível local, nacional e internacional consigam praticar uma gestão mais objetiva e sustentável (Zhu *et al.*, 2019). Para além disto, o investimento no capital intelectual da população permite que se crie um clima de aceitação do uso das novas tecnologias para automatizar as funções da sua vida diária. De igual modo, o investimento em capital social possibilita a criação de relações entre a população, melhorando e simplificando a vida urbana (Albino *et al.*, 2015; Beretta, 2018; Miguel *et al.*, 2019).

As *smart cities* ajudam, também, a solucionar problemas relacionados com o envelhecimento da estrutura social (Grossi e Pianezzi, 2017). Neste sentido, é possível perceber que as cidades inteligentes promovem a inclusão social, na medida em que se esforçam para que a população seja mais educada, informada e consciente e que tenha um papel mais ativo na sociedade. Marsal-Llacuna (2016) afirma que, com a inclusão social, as cidades conseguem beneficiar de: (1) empreendedorismo e novas oportunidades de negócio; (2) governação social mais transparente e comparável com outros municípios; e (3) cidadãos que contribuem para a criação de cidades socialmente mais sustentáveis. Recorrendo a Sujata *et al.* (2016), uma *smart city* deve, assim, ter a capacidade de inovar e se capitalizar economicamente, uma vez que tal é fundamental para o desenvolvimento económico e para

a maximização de lucros. Com efeito, “*a smart economy includes factors all around economic competitiveness as entrepreneurship, trademarks, innovation, productivity and flexibility of the labor market and the integration in the national and global market*” (Sujata *et al.*, 2016: 905) e, introduzindo tecnologias adequadas, a gestão destas cidades será feita com maior eficiência e eficácia.

Implementar uma estratégia *smart* levanta alguns desafios que os municípios tendem a evitar, como é o caso do grande investimento inicial que é necessário despender para tornar a cidade “mais inteligente”. No entanto, o impacto positivo no desenvolvimento económico é substancial porque as empresas conseguem prosperar, melhoram a sua capacidade de gestão e eficiência, aumentam o uso de plataformas logísticas, tornam mais eficientes as cadeias de abastecimento, ampliam a publicidade de forma mais precisa e expandem as redes de clientes e parceiros estratégicos, facilitando o empreendedorismo, o lançamento de novos investimentos e a promoção da inovação (Chuan-Tao *et al.*, 2015; Miguel *et al.*, 2019). Para além disto, há maior criação de emprego, maior aposta na força de trabalho no que concerne à sua formação e desenvolvimento, levando a que tenham maior produtividade e desempenho no seu local de trabalho (Albino *et al.*, 2015; Sujata *et al.*, 2016). Na prática, a curto prazo, o investimento é avultado mas, a longo prazo, a cidade beneficiará do investimento, visto que as tecnologias e a inovação permitem que as cidades tenham capacidade de adaptação às mutações do planeta, bem como permitem o desenvolvimento urbano sustentável.

As *smart cities* são essenciais para a preservação do meio ambiente por se focarem na forma como lidam com a escassez de recursos naturais e como encontram alternativas mais sustentáveis. Logo, através da combinação de práticas sociais e económicas, estas cidades serão capazes de cumprir a sua missão (Miguel *et al.*, 2019). No ponto seguinte, serão levantados alguns fundamentos para a análise dos determinantes de *smart cities*.

### **2.3. Fundamentos para a Análise dos Determinantes de *Smart City***

“*On a similar note, ‘smart city’ is a futuristic approach to alleviate obstacles triggered by ever-increasing population and fast urbanization which is going to benefit the governments as well as the masses*” (Sujata *et al.*, 2016: 902). Neste sentido, torna-se crucial entender qual a importância das *smart cities* para tornar os meios urbanos mais eficientes, sustentáveis e habitáveis.

Como abordado no ponto anterior, o investimento em *smart cities* é bastante dispendioso, mas as vantagens que as mesmas trazem são motivo de consideração. Por um lado, estas cidades são capazes de monitorizar e integrar a funcionalidade de todas as infraestruturas críticas para o controlo, manutenção e otimização de recursos (Sujata *et al.*, 2016). Os resultados económicos de *smart initiatives* culminam na criação de empresas, de emprego, no desenvolvimento da força de trabalho e na melhoria da produtividade (Sujata *et al.*, 2016). Isto significa que a gestão eficiente de *smart cities* proporciona o crescimento económico. Por outro lado, envolver a população nas tendências *smart* de uma cidade permite a crescente motivação e participação ativa da mesma, tornando-a mais aberta à mudança, mais criativa e inovadora, sendo, por isso, capaz de desenvolver, de forma sustentável, as suas rotinas e as suas relações com os outros e com o meio. Para além disso, a envolvência destes agentes inteligentes e de políticas e tecnologias *smart* no processo de desenvolvimento de *smart cities* permite o alcance de desenvolvimento económico, social e ambiental sustentável (Yigitcanlar *et al.*, 2019).

Relativamente à aplicação de novas tecnologias, principalmente em atividades diárias, esta está, segundo Šiurytė e Davidavičienė (2016), dependente dos cidadãos. Ainda que existam preocupações relativas à manutenção da privacidade por causa de ataques informáticos, a implementação de tecnologias permite: (1) fornecimento de dados coerentes, consistentes e atualizados; (2) facilidade no acesso à informação; (3) redução de erros relacionados com a segurança e transmissão de informação; (4) melhores serviços de transporte, abastecimento de água e eliminação de resíduos; e (5) melhores cuidados de saúde e educação (Sujata *et al.*, 2016; Axelsson e Granath, 2018; Beretta, 2018; Yigitcanlar *et al.*, 2019).

As *smart cities* desenvolvem *smart people* e, sendo estes componentes principais destas cidades, tornam-se aptos a utilizar tecnologias que simplificam vários serviços, automatizam processos residenciais facilitadores da gestão de atividades e, por isso, promovem o seu bem-estar. Habitações com estas ferramentas de gestão são consideradas *smart houses* porque têm incorporado um sistema automático de controlo (Toschi *et al.*, 2017). Desta feita, a incorporação e desenvolvimento de tecnologias *smart* resulta da transformação das cidades em *smart cities*.

Outro aspeto de significativa importância das *smart cities* trava-se com a questão da sustentabilidade. “*Policies that encourage the replacement of non-renewable energy and other resources, the protection of open space (particularly in relation to biological and natural processes, assets and services), the use of ‘appropriate’ technologies, the reduction*

*and natural assimilation of waste, and local economic and functional self-reliance are required to be in place for a healthy smart and sustainable city transformation*” (Yigitcanlar *et al.*, 2019: 360). Neste sentido, a urbanização e as alterações climáticas são fatores que requerem especial atenção e resoluções inovadoras e inteligentes por parte das cidades. Tal só será possível se, aliados às *smart cities*, estiverem a tecnologia e o envolvimento e a consciencialização da população, para que se criem modelos de planeamento de crescimento inteligente, de nova urbanização e de planeamento urbano estratégico (Yigitcanlar *et al.*, 2019). “*Cities have a key role in fighting against climate change and the deployment of new intelligent technologies is seen as key factor in decreasing greenhouse gas emissions and improving energy efficiency of cities. These technologies need to be smart, lean, integrated, cost efficient and resource-efficient, and they should have an impact not only on environmental sustainability targets but also on citizens' wellbeing and financial sustainability*” (Ahvenniemi *et al.*, 2017: 234). *Smart city* é, assim, percebida como um sistema integrado e multidisciplinar e, através dela, é possível impulsionar o desenvolvimento urbano sustentável (*i.e.*, crescimento económico, bem-estar social e meio ambiente sustentável). No próximo ponto, serão analisados alguns estudos relacionados com as *smart cities*, que têm como objetivo identificar os seus principais contributos e limitações para o estudo desta temática, bem como encontrar lacunas que justifiquem a proposta de modelo que será desenvolvido nesta dissertação.

#### **2.4. Estudos Relacionados**

Com o passar do tempo, torna-se evidente que existe a necessidade de analisar mais detalhadamente as *smart cities* e os seus determinantes. Hajduk (2016) iniciou a sua pesquisa sobre a temática a fim de compreender quais os determinantes de uma *smart city* que levam a uma *performance* mais sustentável da mesma. Após reunir informação, Hajduk (2016) utiliza, como base, a norma ISO 37120, com objetivo de criar uma escala ordenada, atribuindo um nível de certificação a cada um dos indicadores de *performance* sustentável, de forma a enumerar as cidades de acordo com a sua *performance*.

Ahvenniemi *et al.* (2017) focaram a sua análise na clarificação da diferença entre os conceitos de *smart city* e de *sustainable city*, tendo por base diversos estudos que sistematizam os indicadores de *smart cities* e de sustentabilidade. Após terem reunido uma base de investigação sólida sobre os indicadores de sustentabilidade, os autores

compreenderam a relevância de os dividirem em dez sectores diferentes, de acordo com as três principais categorias (*i.e., environmental sustainability, economic sustainability e social sustainability*), onde estes apresentam maior impacto. No entanto, compreende-se que existiram alguns indicadores nos quais estes autores não se focaram, nomeadamente os indicadores ambientais e energéticos, que apresentam uma elevada relevância no tópico em estudo.

Eremia *et al.* (2017) debruçaram-se sobre as *smart cities* devido ao seu interesse em compreender a evolução que o conceito foi sofrendo ao longo do tempo. Estes autores propõem algumas ferramentas e *guidelines* que, na sua ótica, auxiliam o desenvolvimento das cidades até atingirem o nível *smart*. Eremia *et al.* (2017) concluem que existem certas ferramentas que apresentam um maior impacto no desenvolvimento das cidades, tais como as TIC, devido ao elevado grau de praticabilidade e utilidade que estas apresentam nos dias de hoje. Ao retirar o maior benefício possível destas ferramentas, os autores sugerem, por exemplo, a criação de grelhas inteligentes, cujo objetivo passa por fazer o controlo de determinados gastos dentro das *smart cities*, a fim de as tornar cada vez mais sustentáveis.

Kummitha e Crutzen (2017) baseiam a sua pesquisa em revisão de literatura, com a finalidade de estabelecerem uma estreita relação entre o modelo de quatro dimensões (*i.e., restritiva, reflexiva, racional e crítica*) e o conceito de *smart city*. Com base no modelo das quatro dimensões, esta relação levou à definição, por parte dos autores, de quais são os determinantes de uma *smart city* mais relevantes para o seu desenvolvimento.

Por seu turno, Myeong *et al.* (2018) elaboraram um estudo exploratório que analisa os determinantes de *smart cities* e as suas prioridades, através de uma “*analytic hierarchy process analysis*” (Myeong *et al.*, 2018: 1). Os autores identificaram dois fatores que estão na base do desenvolvimento das *smart cities*: (1) fatores internos, que se subdividem em envolvimento do cidadão, liderança e infraestrutura; e (2) fatores externos, que se dividem em vontade política, partes interessadas e quarta revolução industrial. Para além disto, este estudo mostra que a presença de “*communication channels, public hearings, and direct stakeholders*” (Myeong *et al.*, 2018: 1) é importante para analisar cada subfactor.

O reconhecimento da relevância que a tecnologia apresenta para a construção e desenvolvimento de uma *smart city* na atualidade está presente no estudo desenvolvido por Yigitcanlar *et al.* (2018). Os autores acrescentam, neste contexto, que é importante existir uma constante monitorização da *performance* de *smart city* para que a mesma não apresente elevadas oscilações ao longo do tempo. Esta monitorização deverá assentar primordialmente em três aspetos fulcrais: (1) *assets*; (2) *drivers*; e (3) resultados. O estudo produzido pelos

autores acima referidos apresenta algumas limitações, sendo a principal o facto de este assentar, exclusivamente, em artigos *online* e em conceitos teóricos, sem existir qualquer recurso a técnicas de origem analítica.

No estudo de Camboim *et al.* (2019), os autores assentam a sua pesquisa em análise qualitativa (*i.e.*, entrevistas), de forma a reunirem a informação necessária para conseguirem descrever quais são os elementos que permitem identificar uma *smart city*. Camboim *et al.* (2019) concluíram que existem quatro tipos de dimensões (*i.e.*, *city governance*, *environ-urban configuration*, *socio-institutional structure* e *techno-economic dynamics*), cada uma delas constituída por diferentes tipos de elementos urbanos. Foi, então, desenvolvida uma abordagem integrada pelos autores, cujo objetivo era compreender o que permite uma cidade tornar-se mais *smart*, através da avaliação das diferentes dimensões e da clarificação dos elementos urbanos que tornam as cidades cada vez mais inteligentes. Todavia, este estudo apresenta algumas limitações, uma vez que se conclui que a abordagem integrada desenvolvida não se encontra devidamente validada porque não foi aplicada em diferentes contextos. Compreende-se, deste modo, a necessidade de elaborar uma análise mais aprofundada desta abordagem em diferentes contextos de *smart cities*. A *Tabela 1* apresentada uma síntese dos estudos elaborados por estes autores, com o objetivo de fazer um levantamento dos seus contributos e limitações no âmbito da análise dos determinantes de *smart cities*.

Autor	Método	Contributos	Principais Limitações
Hajduk (2016)	Norma ISO 37120 e <i>Clustering</i> (com recurso ao método hierárquico <i>Ward</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clarifica o conceito de <i>smart city</i> e a sua evolução ao longo do tempo;</li> <li>▪ Sistematiza os determinantes de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Enumera os indicadores de <i>performance</i> sustentável com base na norma ISO 37120 com a finalidade de atribuir um nível de certificação a cada uma das cidades estudadas;</li> <li>▪ Verificação da praticabilidade e utilidade da norma ISO 37120 <i>Standard</i> na medição da <i>performance</i> das <i>smart cities</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diferentes unidades territoriais com fraca monitorização no planeamento da cobertura.</li> </ul>
Ahvenniemi <i>et al.</i> (2017)	<i>Clustering</i> e <i>test-t</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definição de <i>smart city</i> e distinção entre este conceito e o de <i>sustainable city</i>, através da comparação entre ferramentas de avaliação de <i>performance</i> em ambas;</li> <li>▪ Sistematização de alguns estudos onde são desenvolvidos indicadores de <i>smart cities</i> e de sustentabilidade;</li> <li>▪ Divisão dos indicadores de sustentabilidade em 10 setores e em 3 categorias de impactos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de transparência nos métodos utilizados, sendo os mesmos pouco perceptíveis;</li> <li>▪ Reconhecimento da falta de relevância dada a indicadores ambientais e energéticos no estudo dos determinantes de <i>smart cities</i>, quando estes são de máxima importância.</li> </ul>
Eremia <i>et al.</i> (2017)	Revisão de literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clarifica o conceito de <i>smart city</i> e explicita a evolução que o mesmo sofreu;</li> <li>▪ Reconhecimento do uso de diferentes nomenclaturas para “<i>smart city</i>”, dependendo da área geográfica onde esta se insere;</li> <li>▪ Explicita as diferentes características de uma <i>smart city</i> e quais as ferramentas que devem ser utilizadas para transformar uma cidade normal em <i>smart</i>;</li> <li>▪ Esclarece quais são as <i>guidelines</i> que permitem desenvolver uma cidade até ao nível de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Salienta a importância que as TIC têm no desenvolvimento de uma <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Sugere a utilização de uma grelha inteligente para fazer controlo de gastos, a fim de sustentar melhor as <i>smart cities</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Método utilizado para a realização do estudo apenas permite fazer uma análise descritiva da temática <i>smart city</i>.</li> </ul>
Kummitha e Crutzen (2017)	Revisão de literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Articulação do conceito de <i>smart city</i> à luz de um modelo de 4 dimensões (3RC <i>framework</i>), sendo elas <i>restritiva</i>, <i>reflexiva</i>, <i>racional</i> e <i>crítica</i>;</li> <li>▪ Salienta as principais determinantes de <i>smart city</i> à luz das 4 dimensões do modelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de contemplação se as cidades podem ser multifuncionais e se é possível a coexistência dos dois modelos;</li> <li>▪ Foco exclusivo na exploração de <i>smart city</i>.</li> </ul>

Myeong <i>et al.</i> (2018)	Painel de especialistas e <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definem o conceito de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Analisam os determinantes de <i>smart cities</i> tendo em conta a participação dos cidadãos com vários canais comunicação no processo de construção de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Importância de fatores internos e externos para os cidadãos no que diz respeito à construção de <i>smart cities</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamanho e <i>scope</i> da amostra limitados;</li> <li>▪ Falta de especialistas de <i>smart city</i> em vários campos, tais como investigadores de tecnologia, engenheiros e funcionários administrativos entendidos na matéria;</li> <li>▪ Falta de validação do estudo (em contexto real).</li> </ul>
Yigitcanlar <i>et al.</i> (2018)	Revisão de literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clarificação do conceito de <i>smart city</i> e distinção entre este e outros semelhantes;</li> <li>▪ Reconhecimento da importância do domínio tecnológico para a existência de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Desenvolvimento de um enquadramento multidimensional sobre o tema;</li> <li>▪ Realça a importância de existir um foco em 3 aspetos dominantes (<i>i.e.</i>, <i>assets</i>, <i>drivers</i> e resultados) para a realização de um melhor desenvolvimento e monitorização da <i>performance</i> de uma <i>smart city</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Foco exclusivo em artigos publicados <i>online</i>;</li> <li>▪ Limita-se à utilização de conceitos teóricos e numa extensiva revisão de literatura sem ter em conta técnicas mais analíticas;</li> <li>▪ Possível influência da opinião pessoal do autor no desenvolvimento de conceitos.</li> </ul>
Camboim <i>et al.</i> (2019)	Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clarifica o conceito de <i>smart city</i>, tendo em consideração o processo evolutivo da transformação urbana;</li> <li>▪ Reconhecimento da necessidade de clarificar o conceito de <i>smart city</i> devido à complexidade que o autor atribui ao mesmo;</li> <li>▪ Constata a ideia de que uma <i>smart city</i> é considerada um ambiente urbano inovador;</li> <li>▪ Reconhecimento da existência de 4 dimensões constituídas por diferentes tipos de elementos urbanos, que permitem identificar uma <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Salienta quais são os elementos urbanos que levam a que uma cidade se torne mais “<i>smart</i>”, desenvolvendo uma abordagem integrada que permite tornar as cidades cada vez mais inteligentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reconhecimento da complexidade do conceito de <i>smart city</i>;</li> <li>▪ Necessidade de validação em diferentes contextos da abordagem integrada criada pelos autores;</li> <li>▪ Reconhecimento da necessidade de fazer uma análise mais profunda dos diferentes projetos de <i>smart city</i>.</li> </ul>

**Tabela 1: Análise aos Determinantes de *Smart City* – Contribuições e Limitações**

Através da análise da *Tabela 1*, compreende-se que cada autor utiliza métodos diferentes para analisar os determinantes de *smart cities*. Enquanto uns se focam na *smart city* como cidade sustentável, outros destacam a tecnologia, a transformação urbana, o contexto e a *performance* como estando fortemente associados à criação de uma cidade inteligente. Ainda assim, é importante salientar que os estudos desenvolvidos têm o objetivo de clarificar quais são os principais determinantes de *smart city* e de que forma é que estes contribuem para o seu desenvolvimento, destacando a sustentabilidade (*i.e.*, urbana, económica, ambiental e social), a *performance* e a tecnologia. Contudo, é importante reforçar que nenhum dos estudos é perfeito e que os mesmos contêm limitações. Neste sentido, o ponto seguinte demonstra as limitações metodológicas gerais dos estudos acima apresentados, encontrando, assim, a oportunidade para a abordagem metodológica desenvolvida nesta dissertação.

## 2.5. Limitações Metodológicas Gerais

Embora o estudo das *smart cities* seja recente, há cada vez mais autores a estudar os determinantes das mesmas. Diferentes métodos de análise foram elaborados até ao momento, de acordo com as diferentes abordagens associadas ao conceito de *smart city*.

Dado que a tendência do mundo atual caminha para a crescente urbanização, para a Era digital e para alterações climáticas cada vez mais acentuadas, os gestores das cidades e os decisores políticos incorrem na necessidade de encontrar soluções para estes problemas, no sentido de garantir o desenvolvimento urbano sustentável e *smart*. De facto, como afirmam Martin *et al.* (2018: 276), “*smart cities are increasingly advocated by public and private sector stakeholders as the primary means to deliver urban sustainability. The idea of smart-sustainability is underpinned by the assumption that digital innovation can drive gains in operational efficiency and integration of urban infrastructure systems that will simultaneously benefit economic development, environmental protection, and social equity*”. Desta forma, os decisores políticos e os gestores das cidades têm cada vez mais interesse em que uma cidade seja *smart*, uma vez que lhes permite gerir recursos e tempo e, também, garantir um bom nível de *performance*, que fará com que a cidade seja atrativa para os cidadãos, turistas e *stakeholders* em geral.

Ainda assim, “*despite high-level popularity of smart cities concept and practice, there is no consensus on what a smart city is, what are the key smart city drivers and desired*

*outcomes are, and how the smart city paradigm can be conceptualised. Furthermore, scholars seem to have not reached to a conclusion on whether smart city is an urban model or a corporate business plan”* (Yigitcanlar *et al.*, 2018: 157). Para além disto, verifica-se que existem quatro categorias de limitações gerais: (1) falta de universalidade, na medida em que os estudos se focam em cidades específicas e, por isso, não podem ser aplicados a qualquer contexto; (2) metodologias meramente descritivas ou incapazes de reportarem análises dinâmicas das relações de causalidade entre os critérios em avaliação; (3) incapacidade de calcular os impactos desses mesmos critérios; e (4) falta de visão holística na abordagem do tema. Nesta perspetiva, ainda que as cidades tenham visões e prioridades diferentes para alcançarem os resultados desejados, torna-se crucial criar um mecanismo que consiga identificar os determinantes de *smart city*, que permita uma análise mais robusta e eficaz desses determinantes e que promova o desenvolvimento integrado de diversos aspetos das cidades. De modo a colmatar algumas destas limitações, a presente dissertação recorrerá a abordagens de apoio à decisão multicritério, utilizando mapas cognitivos e a técnica DEMATEL. Será esse o assunto a tratar no próximo capítulo.

## ***SINOPSE DO CAPÍTULO 2***

Este segundo capítulo da presente dissertação analisou a temática das *smart cities*, bem como a relevância do desenvolvimento e aplicação de metodologias que consigam satisfazer a necessidade de analisar os determinantes de *smart city*. Pretendeu-se, também, estudar as metodologias já existentes na literatura, de forma a entender quais são os seus contributos e limitações. Desta forma, foi possível fazer o levantamento de um conjunto de limitações comuns à maioria dos métodos analisados. Devido à crescente urbanização, as áreas urbanas enfrentam grandes desafios no que diz respeito ao seu crescimento, *performance* e competitividade, pelo que se torna fulcral mensurar os determinantes de *smart city* para que se perceba de que forma é que estes contribuem para a criação das cidades inteligentes. Assim, as cidades tornam-se capazes de acompanhar o desenvolvimento da sua componente *smart*, percebendo qual a sua posição competitiva no mercado, através dos seus pontos fortes e fracos, de modo a criarem novas e melhores estratégias adaptadas às constantes mudanças do meio envolvente. O aumento desproporcional da população, a crescente urbanização, a dependência de veículos como meio de locomoção, a industrialização desregulada, as alterações climáticas, os altos níveis de consumo e as desigualdades sociais constituem um preço demasiado elevado para o futuro da sociedade e do seu bem-estar. Desta forma, e tendo em conta que as cidades caminham no sentido de se tornarem mais sustentáveis, aliando um planeamento urbano mais minucioso e exigente, acredita-se que os determinantes de *smart city* são essenciais para uma gestão mais eficiente e eficaz das cidades, garantindo a qualidade do desenvolvimento urbano. Contudo, depois de analisados os estudos realizados sobre esta temática, foram levantadas algumas limitações gerais, como: (1) falta de universalidade, na medida em que os estudos se focam em cidades específicas e, por isso, não podem ser aplicados a qualquer contexto; (2) metodologias meramente descritivas ou incapazes de reportarem análises dinâmicas das relações de causalidade entre os critérios em avaliação; (3) incapacidade de calcular os pesos desses mesmos critérios; e (4) falta de visão holística na abordagem do tema. Assim, parece claro que devem ser desenvolvidas novas abordagens para o estudo das *smart cities*. Com este capítulo, fez-se um enquadramento base para a criação de um novo sistema de análise dos determinantes de *smart cities*. No próximo capítulo, serão apresentados os fundamentos da abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão, onde se identificam os contributos que o mapeamento cognitivo e a análise DEMATEL trarão para a análise dos determinantes de *smart cities*.

**E**fetuado o enquadramento no capítulo anterior, é perceptível que as metodologias utilizadas para a explicação dos determinantes de *smart cities* apresentam limitações gerais. Desta forma, torna-se pertinente que sejam exploradas novas abordagens que colmatem essas lacunas. Neste terceiro capítulo, efetua-se um enquadramento geral da abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão. Este enquadramento pretende dar a conhecer as bases metodológicas que estão por trás do mapeamento cognitivo e da análise DEMATEL. Os tópicos abordados são os seguintes: (1) apoio à tomada de decisão multicritério; (2) estruturação de problemas de decisão; e (3) avaliação multicritério.

### 3.1. O Apoio à Tomada de Decisão Multicritério

Segundo Ferreira (2011: 114), um problema “*varies from individual to individual, and may follow different cognitive routes. Thus, the complexity of each problem depends on how the problem is formulated, the circumstances in which it is made, and by whom it is made*”. Durante a II Guerra Mundial, num comité para investigação científica de defesa militar, surgiu o conceito de *Operational Research* (OR), advindo da necessidade de recorrer a processos de suporte à decisão na resolução de problemas de decisão (Bouyssou, 2005). De acordo com Ferreira *et al.* (2011b: 115), “*the traditional OR emerged with the objective of bringing a higher degree of rationality to the decision support process*”. Este conceito, entre o período de 1945 a 1951, teve real relevância não só na resolução de problemas relacionados com a atividade militar, como também no suporte a atividades não-militares (Ferreira, 2011; Ferreira *et al.*, 2011b).

O período até aos anos de 1960 foi assinalado pela análise monocritério, uma vez que foi adotado o paradigma do ótimo matemático e, conseqüentemente, pelo desenvolvimento de novos métodos e abordagens que descartassem todas as soluções vistas como não-ótimas (Ferreira *et al.*, 2011b). A objetividade na procura da solução ótima pretendia oferecer um maior grau de racionalidade ao processo de suporte à decisão

e, por conseguinte, a melhor solução para o problema (Ferreira, 2011; Ferreira *et al.*, 2011b). De facto, a abordagem tradicional da OR é caracterizada por três aspetos: (1) um conjunto certo de alternativas viáveis; (2) uma função de valor  $f$  capaz de descrever as preferências do decisor na tomada de decisão; e (3) um problema matemático bem formulado (Ferreira *et al.*, 2011b). Assim, os métodos associados a esta abordagem tradicional ficaram denominados de métodos *hard* da OR.

No entanto, a procura exaustiva de soluções ótimas levou à crença de que qualquer outra solução seria pior, resultando na eliminação de muitas outras soluções possivelmente boas (Checkland, 1985; Ferreira, 2011). Nesse contexto, devido ao aumento da complexidade das questões económicas, sociais e humanas e da incerteza por falta de dados, alguns investigadores começaram a questionar-se quanto às limitações que esta abordagem continha (Jackson, 2006; Ferreira, 2011). De facto, a resolução de problemas está relacionada com todos os aspetos da vida humana e, por isso, é geralmente necessário tomar um número elevado de decisões (Scheubrein e Zions, 2006). Na mesma ótica, Bana e Costa (1993b) afirma que surgiram críticas quanto à evolução natural da abordagem tradicional, uma vez que a procura pelo ótimo matemático é muito redutor. Segundo o autor, *“o crer que em qualquer problema de decisão existe pelo menos uma solução que, com meios e tempo suficientes, possa ser objetivamente demonstrada como sendo a decisão ótima, faz correr o risco [...] de construir modelos inadequados às situações problemáticas reais que os decisores enfrentam”* (Bana e Costa, 1993b: 4).

Turban (1995) também defende a ideia de que a otimização não deve ser utilizada de forma absoluta, visto que a realidade é muito complexa para ser copiada e que a otimização pode ser irrelevante para certos tipos de problema. Neste sentido, concluiu-se que a abordagem monocritério não seria a mais indicada quando se tratam, por exemplo, de problemas estratégicos e complexos (Jackson, 2006). Surge, então, um novo paradigma (*i.e.*, a *soft OR*), de modo a colmatar algumas das limitações apresentadas pela abordagem *hard* e onde *“every decision we ever take requires the balancing of multiple factors [...] sometimes explicit, sometimes without conscious thought”* (Belton e Stewart, 2002: 1). A *Tabela 2* ilustra algumas das características dos dois paradigmas.

<b>Caraterísticas dos Paradigmas</b>	
<i>Hard</i>	<i>Soft</i>
Otimização	Não otimização
Elevada necessidade de dados	Reduzida necessidade de dados
Consenso prévio	Simplicidade e transparência
Atitude passiva do decisor	Atitude ativa do decisor
Decisão única	Planeamento <i>bottom-up</i>
Abolição de incerteza	Aceitação de incerteza

**Tabela 2: Comparação dos Paradigmas *Hard* e *Soft***

Fonte: Ferreira et al. (2011b: 116, adap.).

Apesar da nova abordagem assumir um papel complementar, Ferreira et al. (2011b: 116) concluem que, “*despite the complementary logic (and not mutual exclusion), this new current of thought stressed the limited applicability of the most traditional methods*”. Deste processo evolutivo, esta abordagem subdivide-se em: (1) *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM); e (2) *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA). A Tabela 3 apresenta algumas das caraterísticas das duas abordagens.

<b>Caraterísticas das Abordagens</b>	
<b>MCDM</b>	<b>MCDA</b>
Considera múltiplos objetivos, mas está fortemente ligada à otimização.	Reconhece os limites da objetividade e foca-se na integração de aspetos objetivos e subjetivos.
Requer algo pré-existente para alcançar a melhor solução.	Tem como objetivo a construção de algo não pré-existente e que resulte do trabalho em equipa com os decisores.
Requer a análise de um axioma particular para validar uma solução através de processos padronizados pré-concebidos.	Compreende um axioma particular por forma a conhecer o seu significado e o seu papel no desenvolvimento de recomendações.
Revela poucas preocupações em garantir a compreensão, por parte do decisor, da solução final do problema.	Ajuda a compreender o comportamento dos decisores, fortalecendo ou enfraquecendo as suas próprias convicções.

**Tabela 3: Comparação de Abordagens MCDM e MCDA**

Fonte: Ferreira et al. (2011b: 118 e 119, adap.).

Através da *Tabela 2*, verifica-se que as duas abordagens apresentam as suas diferenças. Por um lado, a abordagem MCDM modela o problema de decisão tendo em conta várias dimensões ou critérios, mas assume ainda a lógica clássica de otimização. Por outro, “*MCDA does not dispel that subjectivity; it simply seeks to make the need for subjective judgments explicit and the process by which they are taken into account transparent (which is again of particular importance when multiple stakeholders are involved)*” (Belton e Stewart, 2002: 3). Esta abordagem (*i.e.*, MCDA) permite que o decisor tenha ferramentas para a resolução de problemas complexos e que os pontos de vista contraditórios sejam considerados, demonstrando o comportamento dos vários intervenientes no processo de tomada de decisão, através de um processo construtivo e interativo (Vincke, 1992; Ferreira, 2011). Neste sentido, Ferreira *et al.* (2011a) defendem que a abordagem MCDA segue uma lógica construtivista e a mesma reconhece os limites do ótimo matemático. No ponto seguinte será tratada a abordagem MCDA com maior detalhe.

### **3.1.1. A Abordagem MCDA**

Num contexto económico altamente competitivo e dinâmico, grande parte dos processos de decisão são caracterizados por multidimensionalidade e pela influência de diversas fontes de incerteza e risco, sendo que é importante conciliar objetivos contraditórios e tomar decisões tendo por base múltiplos critérios (Watróbski *et al.*, 2018). Desta forma, existe uma maior probabilidade de que a decisão final tenha por base informação mais completa e se possa traduzir numa maior vantagem para o decisor. Neste sentido, a abordagem MCDA emerge no âmbito da tomada de decisão baseada em múltiplos critérios, sendo uma das principais abordagens que permitem ter em consideração a multidimensionalidade dos problemas que se inserem na tomada de decisão. Desta forma, utiliza vários critérios, em vez de se cingir à utilização de um denominador comum. Com efeito, segundo Ensslin *et al.* (2000: 80), “*MCDA emphasizes the idea of problem construction, that is, it focuses on the modeling of the decisional context from the consideration of the beliefs and values of the actors involved in the decision making process*”. Por outras palavras, “*the MCDA methods’ task is to support a decision-maker in choosing the most preferable variant from many possible options, taking into account a multitude of criteria characterizing accept- ability of individual decision variants*” (Watróbski *et al.*, 2018: 108).

Este conceito surge associado a uma mudança de paradigma, em que existe um reconhecimento dos limites da objetividade no tratamento de problemas complexos, acabando por estabelecer que a subjetividade está inerente a qualquer processo de tomada de decisão. Desta forma, a abordagem a um problema varia de indivíduo para indivíduo e a complexidade que lhe é atribuída depende de como o mesmo é formulado, do contexto em que este se insere e por quem é realizado (Ferreira *et al.*, 2011b). Neste caso, a subjetividade é referente à importância de critérios individuais, sendo que, para cada decisor, certos fatores são mais significativos do que outros e a incerteza e a imprecisão dos dados descrevem alternativas que influenciam a subjetividade da avaliação (Watróbski *et al.*, 2018).

Na prática, isto significa que a incorporação de valores intrínsecos num processo de tomada de decisão pode levar a uma exclusão de variáveis fundamentais, sendo que essa exclusão contribui para a incapacidade de se chegar a uma solução consciente e apropriada para um determinado problema (Ferreira *et al.*, 2011b). A abordagem MCDA visa, tendo em conta esta problemática, auxiliar os decisores a estruturar e a sintetizar a informação disponível, sendo que a definição de critérios surge como um fator crucial no processo de organização e estruturação que auxilia o decisor a identificar os critérios mais pertinentes a considerar. Por conseguinte, o processo de decisão é uma atividade que interpreta a ação como uma escolha racional baseada nas *consequências das ações* e/ou nas *preferências dos atores* (Mackenzie *et al.*, 2006). Acaba por ser baseado nas *consequências das ações*, dado que as alternativas são interpretadas em termos de consequências esperadas e cada ação depende da antecipação dos efeitos futuros das ações correntes. Por outro lado, é baseado nas *preferências dos atores*, tendo em conta que as consequências são avaliadas de acordo com os interesses individuais do decisor.

Os vários intervenientes no processo são, frequentemente, denominados por atores ou por *stakeholders*. De acordo com Bana e Costa (1993b: 1), “*um processo de apoio à decisão é um sistema aberto de que são componentes os actores e os seus valores e objetivos, e as suas ações e características*”. Desta forma, um indivíduo ou um grupo de indivíduos é considerado um ator no processo de tomada de decisão sempre que interferir diretamente na decisão de acordo com o seu sistema de valores e crenças. É importante notar que, quanto mais complexa a situação, maior deverá ser o número de intervenientes implicados, direta ou indiretamente, visto que a responsabilidade associada às consequências da decisão não deverá recair sobre um único interveniente. Além disso, os atores podem recorrer a um participante externo (*i.e.*, o facilitador), que esclarece e auxilia

todo o processo de avaliação e/ou negociação perante a tomada de decisão (Bana e Costa, 1993b). Neste sentido, a seleção dos atores ou decisores intervenientes detém um papel fundamental no processo de tomada de decisão, principalmente na primeira fase deste processo. Desta forma, torna-se necessário proceder à diferenciação entre os vários atores, bem como do seu papel na tomada de decisão (Bana e Costa, 1993b). A *Tabela 4* revela a identificação e caracterização dos tipos de atores que, normalmente, existem num processo de tomada de decisão, assim como o seu papel perante a tomada de decisão.

<b>Tipos de Ator</b>	<b>Posição Face ao Processo de Decisão</b>	<b>Relação com a Decisão</b>
<b>Agidos</b>	Caracterizam-se por não possuírem voz ativa no processo de apoio à decisão, apesar de poderem influenciá-la indiretamente.	São todos aqueles que sofrem as consequências da decisão de uma forma passiva.
<b>Intervenientes</b>	Tratam-se daqueles atores que, de facto, têm um lugar na mesa de negociações.	São todos os indivíduos, corpos constituídos ou coletividades que, pela sua intervenção direta e em função do seu sistema de valores, condicionam a decisão.
<b>Decisores</b>	Definem-se como sendo aqueles a quem o processo de decisão se destina. São, também, atores intervenientes.	Têm o poder e responsabilidade de validar a decisão, assumindo as consequências da mesma.
<b>Facilitador (L'homme d'étude)</b>	Trata-se de um especialista externo que intervém no processo. A sua atividade deverá ser clara, transparente e intelectualmente honesta.	É importante no processo de decisão, na medida em que contribui para melhorar a comunicação e a procura de uma solução de compromisso entre os atores.
<b>“Demandeur”</b>	Surge, pontualmente, como um intermediário no relacionamento direto entre o decisor e o facilitador.	Este ator existe quando o decisor é de difícil acesso, servindo como intermediário no processo de apoio à decisão.

**Tabela 4: Caraterização dos Atores/Intervenientes no Processo de Tomada de Decisão**

*Fonte: Bana e Costa (1993b) e Ferreira et al. (2011b, adap.).*

De acordo com Santos (2002), os atores deverão desenvolver modelos mentais explícitos, de modo a definir as prioridades e os valores que influenciam as suas contribuições para a decisão, algo que irá proporcionar um meio facilitador de consenso, apropriação e compromisso entre os intervenientes sobre o assunto debatido. Tendo em conta estes dados, pode ser afirmado que a abordagem MCDA beneficia os atores ao fornecer um *background* consistente para a tomada de decisão, que suporta a inclusão dos vários *stakeholders* com capacidade para a adição de diferentes perspetivas, apresentando a informação de uma forma clara e concisa e acabando por permitir a comparação e o cálculo de vantagens e desvantagens entre alternativas.

Segundo Watróbski *et al.* (2018), existem quatro etapas no processo de tomada de decisão: (1) definição de um objeto de decisão e o conjunto de potenciais variantes de decisão, bem como a determinação das problemáticas de referência em relação ao mesmo; (2) analisar as consequências e desenvolver um conjunto consistente de critérios; (3) modelar preferências abrangentes e agregar operacionalmente os desempenhos; (4) investigar e desenvolver a recomendação, com base nos resultados da etapa 3 e o problema definido na etapa 1. O mesmo autor argumenta que as diferentes etapas não são sequenciais, sendo que o desenvolvimento de alguns elementos da primeira fase pode exigir a execução de elementos da segunda fase. Da mesma forma, o processo de tomada de decisão não pode ser simplificado com a eliminação de etapas. Com efeito, na etapa 1, Watróbski *et al.* (2018) distinguem quatro problemas de decisão: (1) seleção; (2) triagem; (3) classificação; e (4) descrição com representação formal apresentada em material suplementar, que acaba por corresponder à etapa 2. Na etapa 3, a abordagem operacional para um determinado problema de decisão deve ser selecionada. Por fim, a etapa 4 exige a seleção do procedimento computacional a utilizar (*i.e.*, um método MCDA), dependendo da questão da decisão e da abordagem operacional do decisor. Este modelo indica que a seleção de um método MCDA é um elemento fundamental para resolver um problema de decisão.

Para Bana e Costa (1993b), a primeira fase do processo de decisão é a *estruturação*, que se caracteriza por fornecer, aos atores envolvidos num problema, uma discussão baseada em informações claras relativamente aos potenciais impactos das suas ações. A fase de estruturação, segundo Bana e Costa (1993a) engloba quatro etapas: (1) caracterização do problema em estudo; (2) identificação e produção de diferentes elementos de avaliação, através do estabelecimento de relações estruturais entre eles; (3) distinção das funções no processo de avaliação; e (4) descrição completa e rigorosa de todo o processo. Desta forma, esta fase visa a construção de um modelo que possa servir de base à aprendizagem, comunicação e discussão participativa entre os intervenientes no processo. No entanto, esta fase é passível de ajustamentos, que surgem no âmbito de uma progressiva aquisição de informação e por um melhor conhecimento do problema em análise (Bana e Costa, 1993b). A fase seguinte – *avaliação* – contém três etapas: (1) construção de um modelo que permita analisar as preferências associadas aos critérios, possibilitando uma avaliação parcial das alternativas existentes; (2) classificação dos critérios de acordo com a atratividade global, de forma a obter os benefícios e as limitações de cada critério; e (3) determinação dos impactos das ações de acordo com

cada critério (Ferreira, 2011; Ferreira *et al.*, 2011a). Por último, a fase de *recomendações*, onde o objetivo não é apenas o de fornecer propostas sobre o problema, permite também refletir sobre o processo, o modelo e os resultados alcançados (Ferreira *et al.*, 2011a). O sucesso associado aos resultados desta fase depende tanto do facilitador como dos atores envolvidos e do problema a ser investigado. O próximo ponto irá abordar os paradigmas e as convicções fundamentais associadas à análise multicritério de apoio à decisão.

### 3.1.2 *Paradigmas e Convicções Fundamentais*

Como mencionado, um dos principais contributos da abordagem MCDA é a mudança do paradigma *hard*, que se caracteriza pela lógica monocritério no processo de tomada de decisão, para o paradigma *soft*, que representa a utilização de múltiplos critérios no processo da tomada de decisão e reconhece a importância da subjetividade na resolução de problemas complexos. Como afirmam Ensslin *et al.* (2000: 80), “*the strength of MCDA is made evident in complex situations, [...] situations which involve not only a single criterion, but also multiple and conflicting ones. [...] In such complex situations, MCDA emerges as an evolution in OR, being informed by a new spirit: the recognition of the limits of objectivity*”. Desta forma, foi possível complementar os métodos tradicionais, dada a perceção de que a abordagem tradicional baseada nos métodos OR falhava na resolução de problemas de decisão mal estruturados (Marttunen *et al.*, 2017). De facto, Keeney (1992: 154) refere que “*values are subjective, but they undeniably are part of decision situations. Not modeling them does not make them go away*”, reforçando a importância da subjetividade.

Tal como abordado nos pontos anteriores, as principais características do paradigma *soft* prendem-se com: (1) não-otimização; (2) necessidade reduzida de dados; (3) simplicidade e transparência; (4) inclusão do fator humano; (5) planeamento *bottom-up*; e (6) aceitação de incertezas. Em conformidade com Ferreira *et al.* (2011b: 116), “*this new approach adopts a type of “alternative paradigm”, characterized by non-optimal situations, reduced need for data, simplicity and transparency, people as active elements of the decision process, and, conditions that provide bottom-up planning, and acceptance of uncertainty*”. Neste sentido, Belton e Stewart (2002) consideram que a abordagem *soft* possibilita: (1) a consideração de múltiplos critérios possivelmente divergentes, de modo a facilitar a tomada de decisão; (2) a estruturação do problema; e (3) a discussão de ideias com um foco e linguagem adequada.

Após uma análise das características deste novo paradigma, importa compreender as convicções epistemológicas da abordagem MCDA. Bana e Costa (1993a e 1993b), Ensslin *et al.* (2000), Belton e Stewart (2002), Roy (2005) e Ferreira (2011) defendem que existem três convicções fundamentais, sendo elas: (1) o *construtivismo*; (2) a *aprendizagem pela participação*; e (3) a *integração entre aspetos objetivos e aspetos subjetivos*. Relativamente à primeira convicção (*i.e.*, construtivismo), a mesma indica que o objetivo do apoio à tomada de decisão deve assentar na construção de modelos que permitam aos decisores seguir as suas convicções, objetivos e sistema de valores. Esta perspetiva construtivista coloca em questão a ideologia da utilização de processos formais e únicos para alcançar o ótimo matemático. Isto é, a abordagem construtiva permite a criação de um modelo de juízos de valor, com base em hipóteses, para futuras recomendações (Bana e Costa, 1993a). Quanto à segunda convicção (*i.e.*, aprendizagem pela participação), esta engloba todo o processo de discussão, diálogo e participação, potenciando a aprendizagem e retenção de conhecimento sobre a problemática em análise. Como reforça Bana e Costa (1993a: 12), “*a simplicidade e a interatividade devem ser linhas de força da actividade de apoio à decisão, para abrir as portas à participação e à aprendizagem*”. Na prática, o diálogo e a participação entre os intervenientes proporcionam a criação de um ambiente de aprendizagem ao longo do processo de decisão. Por fim, a integração entre aspetos objetivos e aspetos subjetivos está relacionada com a sua inseparabilidade num determinado processo de apoio à tomada de decisão, uma vez que a tomada de decisão é uma atividade humana, influenciada pelos valores dos seus intervenientes, estando carregada de subjetividade em todo o processo (Bana e Costa, 1993a). Seguidamente, no próximo ponto, analisar-se-ão os contributos que a análise multicritério proporciona aos determinantes de *smart cities*.

### **3.1.3. Contributos para a Análise dos Determinantes de Smart Cities**

Como foi possível verificar no capítulo anterior, ainda não está estabelecido um limite para o tamanho de uma cidade e da sua urbanização. Sabemos, contudo, que uma *smart city* deve ser: (1) *regenerative*, dando importância a aspetos globais de *smart city*, como é o caso da sustentabilidade ambiental, do surgimento de tecnologias inovadoras e do relacionamento restaurado entre cidades; (2) *enabling*, englobando estratégias locais de desenvolvimento de cidades e envolvendo os cidadãos; (3) *creative*, sendo que a cidade deve investir em cultura e em fatores que potenciem a criatividade urbana, favoreça novas

economias e estimule o crescimento urbano; e (4) *sensible*, tornando a tecnologia orientada para as pessoas, visando a melhoria da qualidade de vida das mesmas, através do investimento na saúde, nas relações sociais e na independência dos cidadãos, e transformando-as em sensores móveis e flexíveis, requerendo o seu envolvimento, participação e *feedback* no crescimento urbano (Kourtit e Nijkamp, 2012; Mattoni *et al.*, 2015; Macke *et al.*, 2018; Dameri *et al.*, 2019).

Segundo Caragliu e Bo (2012), as cidades que procuram desenvolver componentes *smart* tendem a ter um melhor desempenho do que as que não desenvolvem essas componentes. Assim, quanto maior for o seu desenvolvimento, maior será o seu retorno económico e a sua *smartness* urbana. Desta forma, a criação de instrumentos que mensurem os esforços feitos pelas cidades no sentido de se tornarem mais desenvolvidas e *smart* ganha real expressão (Kourtit *et al.*, 2012; Carli *et al.*, 2013; Mattoni *et al.*, 2015). Com efeito, “*a model able to identify the boundaries of every single action, to match and overlap the variety of approaches in an integrated and holistic view, would represent an appropriate and powerful tool*” (Mattoni *et al.*, 2015: 106). Neste sentido, a utilização de técnicas multicritério poderá proporcionar uma maior e melhor oferta de soluções na análise dos determinantes de *smart cities*, na medida em que faz o *match* entre inúmeros critérios, quer estes sejam objetivos ou subjetivos, quantitativos ou qualitativos, explorados através de troca de perspetivas e experiência de um grupo de decisores especializados na área. Como referem Carli *et al.* (2013: 1288), “*clearly, a smart city requests a performance indicators dashboard to measure its smartness and eventually perform suitable actions in order to improve its smartness characteristics*”. Kourtit *et al.* (2012: 233) reforçam que “*such indicators should be measurable, comparable, transferable and consistent over all relevant cities*”.

Importa reforçar, contudo, que uma cidade não é a adição de fatores isolados, uma vez que esta resulta da interligação e da conexão de funções e estruturas urbanas (Mattoni *et al.*, 2015). Isto significa que uma cidade é composta por estruturas interligadas e complexas, sendo que a abordagem MCDA permite simplificar estes processos, promovendo a aprendizagem e a partilha de conhecimentos. Aplicando esta abordagem, os métodos utilizados serão mais realistas, interativos e racionais, visto que se trata de um processo evolutivo e propenso a novas oportunidades. Na prática, a análise multicritério proporciona a utilização de múltiplos critérios no processo da tomada de decisão de modo a solucionar um problema, integrando elementos objetivos e subjetivos sem que se tenha a ideia pré-concebida da procura do ótimo matemático. A vertente construtivista, tendo

em conta a complexidade dos problemas, permite a partilha e a discussão entre decisores. Esta abordagem torna-se pertinente na análise das distintas perspetivas de alternativas, propiciando a interação, a aprendizagem e a transparência de todo o processo que resulta em análises mais completas e pormenorizadas.

Sendo um processo evolutivo, esta abordagem tende a ser informada e estruturada. Assim, a utilização da abordagem MCDA pode auxiliar o estudo da temática das *smart cities* na medida em que torna possível: (1) realizar análises de múltiplas alternativas e múltiplos decisores; (2) absorver a opinião e a experiência profissional dos decisores no processo de análise dos determinantes de *smart cities*; (3) partilhar informação e solucionar os conflitos entre os intervenientes envolvidos; (4) substituir a procura pela *solução ótima* por uma *solução de compromisso* aceite por todos os envolvidos; e (5) construir um modelo adaptado à problemática em análise e que não pré-exista. O próximo ponto abordará a estruturação de problemas de decisão.

### **3.2. Estruturação de Problemas de Decisão**

Os problemas do quotidiano tendem a ser considerados como complexos, uma vez que são representados por componentes interrelacionadas e podem surgir de situações não-estruturadas. Para Mingers e Rosenhead (2004), cada problema de decisão é considerado único, sendo dinâmico por mutar com o passar do tempo. Para além disso, segundo os mesmos autores, problemas não-estruturados são caracterizados pela existência de 5 fatores: (1) múltiplos atores; (2) múltiplas perspetivas; (3) *incommensurable* e/ou conflito de interesses; (4) *important intangibles*; e (5) *key uncertainties* (Mingers e Rosenhead, 2004). Desta forma, parece necessário que esse problema de decisão seja compreendido e estruturado para que exista um processo de aprendizagem construtivo, onde os atores/intervenientes desenvolvam uma representação formal e integrada do contexto da decisão e da finalidade subjacente ao processo de apoio à tomada de decisão (Bana e Costa *et al.*, 1999; Mackenzie *et al.*, 2006).

No contexto da estruturação de problemas de decisão complexos, Eden (1994: 261) evidencia que a “*complexity of problem definition derives from the differences in interpretation each key factor in a situation gives to the events and to explanations of the influences between events*”. Belton e Stewart (2002) salientam que a estruturação de um problema de decisão consiste em dar-lhe significado no que diz respeito a dar suporte à

decisão que se pretende tomar numa determinada situação. Para Bana e Costa (1993b), a *fase de estruturação* não deve ser definitiva, ou seja, deve haver a possibilidade de realizar os ajustamentos necessários para a sua estruturação, dada a sua natureza recursiva (*i.e.*, reestruturação). Tal só é possível se os intervenientes adotarem uma postura construtivista e de aprendizagem, permitindo a troca de opiniões e valores e que sirva de base para a construção de um modelo que represente todo o processo em estudo e que seja globalmente aceite.

Reforçando esta ideia, a estruturação de problemas de decisão tem na sua génese a conceptualização e articulação de critérios e alternativas. Os valores dos decisores são refletidos nos critérios e estes são os meios onde as alternativas podem ser avaliadas. Segundo Corner *et al.* (2001), as alternativas são meios de ação que trarão resultados em termos dos critérios considerados. “*The decision problem is structured so as to separate the subjective components (criteria, values, preferences) from the objective components (alternatives and attributes), with a view to improving the decision process*” (Corner *et al.*, 2001: 131). O próximo ponto apresentará alguns métodos de estruturação dos problemas de decisão, designados como *Problem Structuring Methods* (PSMs).

### **3.2.1. *Problem Structuring Methods* e Mapeamento Cognitivo**

PSMs consistem em métodos de estruturação de problemas de decisão complexos. A necessidade de desenvolver métodos de estruturação de problemas complexos advém da sua capacidade de auxiliarem os investigadores a compreenderem a raiz dos problemas (Eden, 2004). Ackermann (2012: 652) afirma que os PSMs podem ser vistos como “*a key to producing agreements that would and could be implemented, particularly in situations where there was no clear agreement as to the exact problem or its solution*”, tendo como finalidade promover a aprendizagem e dar suporte em momentos de indecisão e risco, de forma sustentável e sistémica. Estes métodos surgem também como meio de compreender em profundidade a problemática a estudar, para que seja possível identificar das decisões possíveis a mais indicada (Cronin *et al.*, 2014). Neste contexto, Rosenhead (2006: 759) defende que “*these methods aimed to support were those problems that encompassed multiple actors, differing perspectives, partially conflicting interests, significant intangibles, and perplexing uncertainties*”.

Segundo Belton e Stewart (2002: 36), este processo pode ser descrito através de três fases: (1) fase de *brainstorming*, na qual as ideias são partilhadas de forma individual

ou coletiva; (2) fase de *representação dos conteúdos*, através do agrupamento das ideias defendidas na primeira fase e da criação de *clusters*; e (3) fase de *avaliação crítica da estrutura emergente*, onde será realizada uma reflexão sobre o modelo obtido e a sua posterior validação por parte do facilitador e dos decisores.

De acordo com Mingers e Rosenhead (2004), um PSM tem diversas finalidades, sendo as principais: (1) permitir que várias alternativas possam ser conjugadas umas com as outras; (2) ser cognitivamente acessível, para qualquer indivíduo que o utilize; (3) operar iterativamente, para que a representação do problema se ajuste para/entre os intervenientes; e (4) permitir melhorias parciais assim que identificadas e/ou comprometidas. Nesse sentido, a estruturação de problemas complexos é auxiliada por vários métodos (ver Mingers e Rosenhead, 2004; Ackermann, 2012; Marttunen *et al.*, 2017). Um dos métodos *soft* mais reconhecidos na estruturação de problemas de cariz mais complexo denomina-se *Strategic Options Development and Analysis (SODA)* (Ackermann e Eden, 2001). Este método não pretende encontrar uma solução ótima para o problema em análise, mas sim uma solução em que os intervenientes cheguem a um compromisso e concordem com essa solução. Orientado para um plano de ação, este compromisso, designado de compromisso cognitivo, alcança-se através do entendimento partilhado entre os intervenientes e do compromisso emocional adjacente à participação no processo.

Segundo Mackenzie *et al.* (2006), a metodologia SODA parte do pressuposto de que cada elemento envolvido no processo de decisão possui uma perceção subjetiva do problema, tendo esta por base o seu conhecimento e experiência pessoal, permitindo, através da linguagem e conversação, a partilha de valores e crenças de cada indivíduo. Seguindo esta linha de pensamento, o papel do facilitador torna-se crucial na mediação do processo, no caso de ocorrer algum problema, uma vez que emergem perceções distintas sobre a problemática (Ferreira, 2011). É crucial para a prática desta metodologia que o facilitador possua dois tipos de habilidades distintas na resolução de problemas complexos, nomeadamente: (1) ter o papel de mediador ao longo das discussões no processo de tomada de decisão; e (2) prestar auxílio na construção do modelo proveniente da partilha de conhecimentos entre os elementos do grupo, deixando de lado as suas considerações individuais sobre cada elemento (Ferreira, 2011).

Para Mingers e Rosenhead (2004), “*SODA is a general problem identification method that uses cognitive mapping as a modelling device for eliciting and recording individuals’ views of a problem situation*”. A abordagem SODA, desenvolvida por Colin

Eden, tem como finalidade permitir, a um indivíduo ou grupo, construir uma representação gráfica de uma situação problemática específica através de mapas cognitivos e, assim, explorar as opções e ramificações possíveis em relação a um sistema complexo de objetivos (*cf.* Ackermann, 2012). Assim, esta representação gráfica através de mapas cognitivos permite o diálogo entre os atores, clarifica a atuação do facilitador e promove a elaboração de um modelo para futura estruturação de problemas complexos. Mackenzie *et al.* (2006), considera que a abordagem SODA pode subdividir-se em: (1) SODA I, em que o processo pode ser realizado através de entrevistas individuais; e (2) SODA II, realizando o processo em grupo com todos os decisores reunidos. Assim, na ação final, irá surgir um mapa conjunto criado com base nas percepções de todos os envolvidos.

A cognição pode ser definida como o processo de transformações psicológicas através das quais um indivíduo adquire, codifica, armazena, recorda e descodifica informações sobre locais e atributos relativos ao seu dia-a-dia, sendo que deste processo advém o mapeamento cognitivo (Wong, 2010). Neste sentido, o termo “*cognitive map*” foi desenvolvido por Tolman (1948) para descrever as mudanças mentais dos indivíduos e a sua representatividade nas relações entre conceitos. Em conformidade, Swan (1997) define mapas cognitivos como a representação de esquemas mentais para a resolução de problemas que são aprendidos e codificados como o resultado da interação de um indivíduo com o meio envolvente.

De acordo com Kpoumié *et al.* (2012), os mapas cognitivos deverão ser percecionados como uma ferramenta de apoio que permite auxiliar a tomada de decisão. A praticabilidade deste instrumento advém do facto deste ser acessível a todos, uma vez que são informais e de fácil utilização, permitindo a visualização sistematizada e ampliada do problema. O mapeamento cognitivo tem como finalidades: (1) promover a discussão entre os indivíduos envolvidos no processo de decisão; (2) reduzir a taxa de omissão de critérios relevantes; e (3) promover uma aprendizagem tendo por base uma compreensão mais aprofunda acerca das relações de causalidade entre os critérios de avaliação (Ferreira *et al.*, 2012). Também Carlucci *et al.* (2013) abordam esta temática e afirmam que um mapa cognitivo contém duas funções principais, nomeadamente: (1) fornecer a representação visual que auxilia os indivíduos a estruturar o problema, a transformar o abstrato em concreto, a seleccionar o trabalho cognitivo necessário e, eventualmente, a criar possíveis soluções; e (2) funcionar como um instrumento de pensamento, que sustenta o processo de criação e elaboração de ideias.

Com o objetivo de construir um mapa cognitivo, é necessário percorrer alguns passos, começando pela recolha dos dados, passando pela seleção dos mesmos e terminando com a sua organização, de modo a que a informação permaneça armazenada e, caso seja necessário, se efetuem as alterações necessárias. No que diz respeito à última fase da construção de um mapa cognitivo, os dados são organizados e ligados entre si através de setas, cuja direção representa uma relação de causalidade (Eden, 2004; Mackenzie *et al.*, 2006). As setas poderão ter sinais positivos (+) ou negativos (-), de acordo com o tipo de relação causal definida pelos decisores.

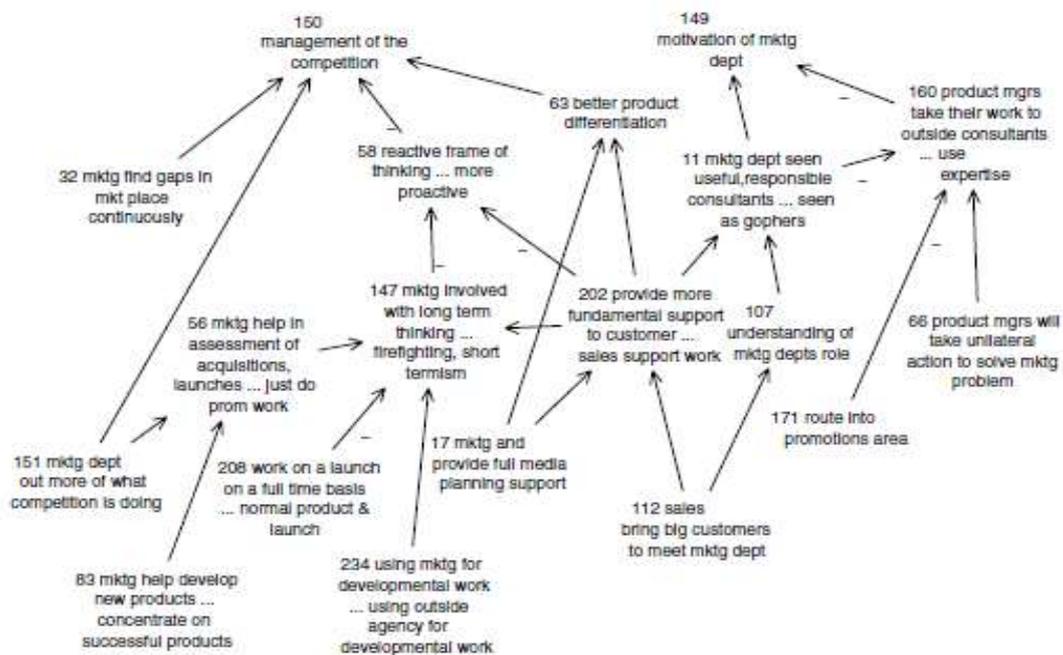


Figura 1: Exemplo de um Mapa Cognitivo

Fonte: Eden (2004: 675).

Existem diferentes abordagens na elaboração de mapas cognitivos, sendo a *top-down* e a *bottom-up* as duas principais (Belton e Stewart, 2002). A abordagem *top-down* tende a ser orientada para os objetivos, através de uma visão mais abrangente dos mesmos. Por sua vez, a abordagem *bottom-up* é orientada para as alternativas, iniciando-se com a análise de situações mais detalhadamente, de forma a alcançar-se, gradualmente, os objetivos. Neste sentido, verifica-se a associação existente entre a lógica construtivista, os métodos de estruturação de problemas de decisão e a elaboração de mapas cognitivos. O ponto seguinte irá tratar a *Estruturação por Pontos de Vista*.

### 3.2.2. Estruturação por Pontos de Vista

Os métodos de estruturação facilitam o entendimento de problemas de decisão complexos que envolvem múltiplos decisores. De acordo com Bana e Costa (1993b), a condução do processo de estruturação pode assumir duas perspectivas distintas, nomeadamente: (1) perspectiva centrada nos objetivos dos atores; ou (2) perspectiva centrada nas características das ações, sendo que ambas têm um impacto significativo na formação de preferências por parte dos decisores (Bana e Costa, 1994; Bana e Costa e Nunes da Silva, 1994). Com efeito, “na sua função de elementos primários de avaliação, objetivos e características activas ligam-se no que chamamos de pontos de vista” (Bana e Costa, 1993b: 24). Desta forma, os *Pontos de Vista* (PVs), ou critérios de avaliação, surgem através da combinação dos objetivos dos atores com as características das ações que, assumindo um papel de complementaridade, são fundamentais para o processo de avaliação.

Reforçando esta ideia, Bana e Costa (1993b: 24) afirmam que um PV “*representa todo o aspecto da decisão real apercebido como importante para a construção de um modelo de avaliação de acções existentes ou a criar [...] um tal aspecto, que decorre do sistema de valores e ou da estratégia de intervenção de um actor no processo de decisão, agrupa elementos primários que interferem de forma indissociável na formação das preferências desse actor*”. Ainda nesta lógica, Bana e Costa *et al.* (1999: 317) acrescentam que um PV “*is any aspect within a specific decision context that at least one actor considered relevant to the evaluation*”. Ou seja, os PVs surgem da discussão entre os intervenientes e são considerados como relevantes sempre que, em conformidade e evitando ambiguidade e mal-entendidos, sejam pertinentes para um determinado contexto (Bana e Costa e Beinat, 2011). Assim, a estruturação por pontos de vista deve ser encarada como uma etapa que facilita a representação e reflexo dos valores dos vários atores envolvidos no processo de tomada de decisão (Bana e Costa, 1993b).

De forma a avaliar as diversas ações, é necessário identificar os PVs de forma progressiva e interativa, para que seja possível identificar as várias incompatibilidades e interligações e para que se tornem operacionais (Ferreira, 2011). Isto porque os PVs refletem as perspectivas dos intervenientes que, em problemas de decisão complexos, tendem a divergir entre si. Neste sentido, Bana e Costa *et al.* (1999) e Ensslin *et al.* (2000) afirmam que os PVs podem ser de dois tipos: (1) *Pontos de Vista Fundamentais* (PVFs); e (2) *Pontos de Vista Elementares* (PVEs). Os PVFs são definidos pelos autores como sendo “*ends*”, enquanto os PVEs são considerados como “*means to achieve ends*” (Bana

e Costa *et al.*, 1999: 317). Ou seja, os PVFs representam uma finalidade ou meta que se pretende alcançar e os PVEs representam meios para atingir os objetivos estipulados, devendo, desta forma, estar sempre relacionados a um dado PVF (Bana e Costa *et al.*, 1999).

A utilização de mapas cognitivos pode considerar-se um ponto intermédio no processo de identificação de PVs, servindo de base para a construção de um conjunto de PVFs assente em características fundamentais, nomeadamente: consensualidade, operacionalidade, não-redundância e exaustividade (Bana e Costa *et al.*, 1999). Na elaboração de um modelo de avaliação multicritério, baseado na estruturação por pontos de vista, estando os PVs identificados, os mesmos devem ser organizados numa estrutura denominada de árvore de pontos de vista, com o objetivo de promover uma visão global dos PVs de acordo com os vários níveis de especificação. Ferreira (2011) afirma que as árvores de pontos de vista apresentam uma visão detalhada, através da apresentação dos critérios em qualquer um dos níveis de análise. Ou seja, a estruturação de uma árvore de pontos de vista permite: (1) alcançar um modelo multicritério que permite avaliar várias ações; (2) melhorar a comunicação entre atores; (3) elucidar convicções e fundamentos; e (4) obter um compromisso por parte dos vários decisores envolvidos no processo, considerando os seus interesses e ambições e tornando os PVFs operacionais (Ferreira, 2011). No próximo ponto será abordada a avaliação multicritério com especial destaque para a técnica DEMATEL.

### **3.3. A Avaliação Multicritério**

A abordagem multicritério de apoio à tomada de decisão caracteriza-se por ser flexível e por facilitar o diálogo entre as partes envolvidas no processo de decisão, uma vez que engloba um conjunto de métodos válidos e adequados para a realização de avaliações de sustentabilidade (Cinelli *et al.*, 2014). Através do recurso a diversas ferramentas, esta abordagem apoia os decisores na resolução de problemas de decisão.

A abordagem MCDA é demarcada por três fases no processo de apoio à tomada de decisão: (1) *estruturação*; (2) *avaliação*, e (3) *recomendações*. A fase de estruturação pretende perceber e estruturar o problema em análise. Após esta estar concluída, passa-se à fase de avaliação, onde se procura materializar as preferências dos decisores. O sucesso da fase de avaliação está intimamente relacionada com a forma como se desenvolve a

fase de estruturação, uma vez que estas são complementares e não isoladas uma da outra. A avaliação multicritério será explorada no ponto seguinte.

### **3.3.1 Avaliação Multicritério**

Como visto, a avaliação multicritério é um processo complexo. Porém, é essencial na tomada de decisão, uma vez que possibilita a preservação e a continuidade do processo e permite avaliar as ações inerentes ao problema através de uma multiplicidade de critérios ou PVFs.

Na avaliação multicritério, após serem definidas as alternativas e os critérios sobre os quais serão avaliados e comparados, torna-se essencial construir um modelo que represente as preferências dos decisores (Belton e Stewart, 2002). As preferências dos decisores podem subdividir-se em duas etapas, nomeadamente: (1) *“the construction of a criterion-model for each fundamental point of view, i.e. an evaluation model that formally represents the partial preferences of some evaluator(s) according to a single point of view”*; e (2) *“the application and exploration of a multicriteria aggregation procedure that brings together the various criteria into an overall evaluation model, taking into consideration the available information on the nature of preferences between viewpoints”* (Bana e Costa *et al.*, 1997: 32). As preferências exigem, de forma independente para cada PV, julgamentos de valor por parte dos intervenientes no processo de decisão. Desta forma, é possível construir um modelo de avaliação parcial para cada PV (*i.e.*, critério-a-critério).

Roy (*in* Ferreira, 2011: 94) esclarece que a agregação de preferências é obtida através de três métodos: (1) *método de subordinação*; (2) *método iterativo*; e (3) *método de agregação a um critério único*. Para que seja possível aplicar este terceiro método, é necessário: (1) definir PVs que sejam fundamentais; (2) determinar o valor das ações segundo cada PVF; e (3) identificar as taxas de substituição entre os PVs (Ferreira, 2011). De acordo com Belton e Stewart (2002: 79), um modelo que seja capaz de realizar uma avaliação satisfatória de várias alternativas deve incluir a ponderação do grau de preferência respetivo a cada um dos critérios identificados, bem como um modelo de agregação dessas preferências, *“allowing inter-criteria comparisons (such as trade-offs), in order to combine preferences across criteria”*.

Relativamente aos métodos de avaliação baseados na abordagem MCDA, segundo Cinelli *et al.* (2014), podemos encontrar os seguintes: (1) *Multiple Attribute*

*Utility Theory* (MAUT), que se baseia na agregação de desempenho e na identificação de funções de utilidade e de pesos para cada critério, materializando-se num único critério; (2) *Analytical Hierarchy Process* (AHP), que se considera, também, uma abordagem de agregação que avalia critérios tangíveis e intangíveis; (3) *Elimination and Choice Expressing the Reality* (ELECTRE), que agrega preferências, através de comparações pareadas (*i.e.*, *pair-wise comparisons*); (4) *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations* (PROMETHEE), que é aplicado em problemas com um número finito de alternativas; e (5) *Dominance-based Rough Set Approach* (DRSA), que consiste numa tabela de informações que representa uma avaliação geral da alternativa.

Segundo Kijewska *et al.* (2018), importa ter presente, contudo, que o aspeto mais importante na eficiência da abordagem MCDA é a escolha apropriada do método, tendo em conta a problemática. Neste sentido, e porque a temática em estudo na presente dissertação incide nas *smart cities*, é necessário escolher um método que consiga efetuar uma análise mais robusta e eficaz dos seus determinantes e que promova o desenvolvimento integrado e a visão holística do tema em análise. Sendo que uma *smart city* depende da conexão e interação de um conjunto complexo de variáveis, torna-se pertinente analisar as relações de causalidade entre os critérios de avaliação e perceber quais os impactos que esses critérios têm no todo (*i.e.*, na *smart city*). Para este fim, o método escolhido e sobre o qual recai a sua análise no ponto seguinte será a técnica DEMATEL, na medida em que é um método adequado para a realização da análise dos determinantes de *smart cities*.

### **3.3.2. A Técnica DEMATEL**

A técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (*i.e.*, DEMATEL) foi desenvolvida por Fontela e Gabus com o intuito de resolver problemas globais e complexos, através da identificação de relações de causa e efeito entre fatores (Gabus e Fontela, 1972; Fontela e Gabus, 1974). Pela primeira vez, entre os anos de 1972 e 1976, o Instituto Battelle Memorial de Génova aplicou esta técnica para “*solve real-world complex problems by considering and analyzing several dimensions and several factors involving many stakeholders*” (Dalvi-Esfahani *et al.*, 2019: 5). Nos últimos anos, esta técnica tem recebido bastante importância no que diz respeito à resolução de problemas com elevada complexidade, sendo aplicada em várias áreas como: gestão do conhecimento; estratégias de marketing; controlo de sistemas; problemas de segurança;

turismo; e gestão de emergências (Wu e Lee, 2007; Zhou *et al.*, 2011; Chen, 2012). Visto ser multifacetado, este método foi adaptado para o uso na tomada de decisão multicritério.

Lidando com problemas de decisão complexos, Shieh *et al.* (2010) considera que o método, que é uma técnica baseada em matrizes, tem sido aplicado para reunir o conhecimento de especialistas, ilustrando as relações de causa e efeito entre fatores através de um diagrama. *“Through analysis of visual relationship among entities and their groups, DEMATEL approach can help to prioritize factors based on type of relationship as well as identify severity of their effect on other factors”* (Atthirawong *et al.*, 2018: 2). Esta técnica analisa as relações de causa e efeito entre critérios e subcritérios num modelo estrutural inteligível, garantindo a interdependência entre fatores e auxiliando na construção de um mapa que reflita essas relações (Falatoonitoosi *et al.*, 2013; Si *et al.*, 2018). Para além disso, a influência entre cada critério é demonstrada como numérica e, dessa forma, é possível perceber quais os critérios que são causa e quais os que são efeito (Falatoonitoosi *et al.*, 2013).

Esta metodologia, para além de estabelecer relações de causa e efeito entre matrizes, também encontra fatores de um sistema de estrutura complexo com a ajuda de um diagrama de relação de impacto (Si *et al.*, 2018). Desta forma, é possível identificar quais os critérios que têm mais e menos impacto dentro do modelo construído. Ou seja, a DEMATEL *“is an applicable and useful tool to analyze the interdependent relationships among factors in a complex system and rank them for long-term strategic decision making and indicating improvement scopes”* (Si *et al.*, 2018: 2). Na prática, o método DEMATEL é aplicado para analisar as variáveis que têm impacto num sistema específico, utilizando os conhecimentos dos especialistas para entender melhor as inter-relações e interdependências entre os fatores. *“The method not only converts the interdependencies of factors into cause-and-effect relationships but also determines the critical components of a system aided by impact relation diagrams”* (Dalvi-Esfahani *et al.*, 2019: 5).

Para a sua aplicação prática, a formulação desta técnica prevê que devem ser seguidos cinco passos: (1) definir a escala de avaliação; (2) estabelecer a matriz inicial de relação direta do grupo (matriz  $Z$ ), de modo a avaliar a influência que os fatores têm uns nos outros; (3) calcular a matriz normalizada de relação direta (matriz  $X$ ), que está dependente da matriz  $Z$ ; (4) derivar a matriz de relação total (matriz  $T$ ), que, estando a matriz  $X$  estabelecida, soma todos os efeitos diretos e indiretos e identifica a matriz identidade; e (5) produzir o diagrama de causa-efeito/mapa de influência de relação (IRM) que, através de esquemas matemáticos, fornece informações valiosas para a

tomada de decisão (Gabus e Fontela, 1972; Huang *et al.*, 2007, Tzeng *et al.*, 2007; Wu e Lee, 2007; Li e Tzeng, 2009; Wu *et al.*, 2011).

Na primeira etapa (*i.e.*, definir a escala de avaliação), para avaliar as relações entre  $n$  fatores ( $F$ ), supondo que  $l$  é o grupo ( $E$ ) de decisores, é possível indicar a influência que o fator  $F_i$  tem no fator  $F_j$ , usando uma escala que varia entre 0 (*i.e.*, não influencia), 1 (*i.e.*, baixa influência), 2 (*i.e.*, influência média), 3 (*i.e.*, alta influência) a 4 (*i.e.*, influência muito elevada).

Na segunda etapa (*i.e.*, estabelecer a matriz  $Z$ ), cada especialista vai produzir uma matriz direta de  $n \times n$ . Cada valor na matriz representa o tamanho de influência interativa entre os fatores. Quando  $i = j$ , os valores diagonais na matriz são definidos como 0. Supondo que  $l$  é o número de especialistas que participaram do estudo, a matriz  $Z$  ( $Z = [z_{ij}] n \times n$ ) é derivada pela média dos mesmos fatores nas diferentes matrizes diretas dos especialistas, segundo a seguinte equação (1):

$$z_{ij} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l z_{ij}^k, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Na terceira etapa, quando a matriz  $Z$  é estabelecida, a matriz  $X$  ( $X = [x_{ij}] n \times n$ ), onde todos os elementos variam entre 0 e 1, pode ser alcançada através das fórmulas (2) e (3):

$$X = \frac{Z}{s}, \quad (2)$$

$$s = \max \left( \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right) \quad (3)$$

Na quarta etapa, utilizando a matriz  $X$ , a matriz  $T$  ( $T = [t_{ij}] n \times n$ ) é, então, calculada somando o valor dos efeitos diretos e dos efeitos indiretos, sendo que  $I$  é denotado como uma matriz de identidade, conforme a equação (4):

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1}, \text{ when } h \rightarrow \infty \quad (4)$$

Ainda nesta etapa, os vetores  $R$  e  $C$  representam a soma das linhas e das colunas da matriz  $T$ , que são definidas pelas fórmulas (5) e (6), sendo que  $r_i$  é o  $i^{th}$  soma de linhas na matriz  $T$  e mostra a soma dos efeitos diretos e indiretos enviados pelo fator  $F_i$  para os

outros fatores. Da mesma forma,  $c_j$  é a  $j^{th}$  soma da coluna na matriz  $T$  e descreve a soma dos efeitos diretos e indiretos do fator  $F_j$  que recebe dos outros fatores.

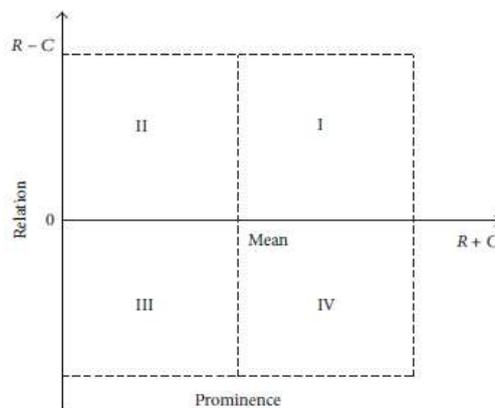
$$R = [r_i]_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad (5)$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{1 \times n}^T \quad (6)$$

Na quinta e última etapa, antes da construção do diagrama, deve ser definido um valor de limite ( $\alpha$ ) com o objetivo de eliminar alguns elementos de efeitos com pouca importância na matriz  $T$  (Yang *et al.*, 2008). O valor de limite ( $\alpha$ ) é calculado através da média dos elementos da matriz  $T$ , conforme a seguinte equação e onde  $N$  corresponde ao número total de elementos na matriz  $T$ :

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (7)$$

A construção de um diagrama de causa-efeito ou IRM, exemplificado na *Figura 2*, é possível através do mapeamento do conjunto de dados ( $R + C$  e  $R - C$ ), sendo que o eixo horizontal ( $R + C$ ) é denominado de “Proeminência” e o eixo vertical ( $R - C$ ) é denominado de “Relação”. Para além disto, quando  $R_i + C_i$  fornece um índice de intensidade das influências, percebe-se qual o papel que  $i$  desempenha no problema em estudo. Se  $R_i - C_i$  for positivo,  $i$  influencia os outros fatores; se  $R_i - C_i$  for negativo,  $i$  é influenciado pelos outros fatores (Tzeng *et al.*, 2007).

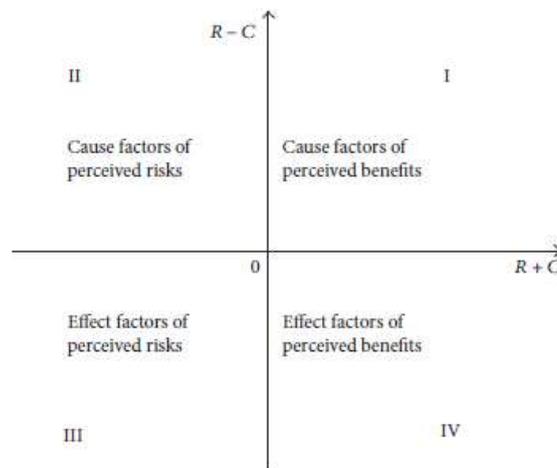


**Figura 2: Quadrantes do Diagrama de Causa-Efeito (IRM)**

*Fonte: Si et al. (2018: 11).*

O diagrama de causa-efeito ou IRM divide-se em quatro quadrantes (Si *et al.*, 2018). No *quadrante I* encontram-se os fatores nucleares, uma vez que têm alta proeminência e relação. No *quadrante II* estão os fatores de condução autónoma, isto porque têm baixa proeminência mas alta relação. No *quadrante III*, encontram-se os fatores independentes, visto que têm baixa proeminência e relação. Por fim, no *quadrante IV* estão os fatores de impacto, porque têm alta proeminência mas baixa relação. Através deste quadro, “*decision makers can visually detect the complex causal relationships among factors and further spotlight valuable insights for decision making*” (Si *et al.*, 2018: 11).

Wu *et al.* (2011) desenvolveram um *duo-theme* DEMATEL, presente na *Figura 3*, para entender quais os fatores decisivos que afetam a adoção de um *software* como serviço de uma organização (SaaS). Os autores levantaram os benefícios percebidos (PB) e riscos percebidos (PR) da adoção de soluções SaaS, desenvolvendo um mapa casual com quatro quadrantes, intitulado de PB-PR, para uma tomada de decisão mais facilitada.



**Figura 3: Matriz PB-PR**

Fonte: Si *et al.* (2018: 11).

A principal diferença entre o *duo-theme* DEMATEL e a técnica DEMATEL tradicional é que o primeiro combina IRMs numa única matriz PB-PR, transformando os valores *positivos* de cada fator PR em *negativos* (Wu *et al.*, 2013). De acordo com Si *et al.* (2018), o método DEMATEL pode ser utilizado para avaliar problemas adjacentes à tomada de decisão. Para além disto, os mesmos autores consideram que esta metodologia também pode ser aplicada nas seguintes situações, em conjunto ou não com outros métodos: (1) na identificação da interdependência entre as dimensões ou perspetivas; (2)

no cálculo de pesos dos critérios de avaliação; e (3) na definição dos fatores críticos ou critérios através de análise das relações de interdependência. O ponto seguinte irá expor as vantagens e limitações inerentes ao método DEMATEL.

### **3.3.3. *Vantagens e Limitações da Técnica DEMATEL***

Sabendo que nenhuma abordagem está isenta de pontos fracos, neste ponto serão analisadas as vantagens e limitações da técnica DEMATEL.

No que concerne às vantagens deste método, o mesmo é aplicado na resolução de problemas de decisão com elevada complexidade, identificando as relações de causa e efeito entre critérios e subcritérios num modelo, garantindo a interdependência entre fatores e auxiliando na construção de um mapa que reflita, inequivocamente, que fatores têm influências mútuas uns nos outros (Gabus e Fontela, 1972; Fontela e Gabus, 1974; Falatoonitoosi *et al.*, 2013; Si *et al.*, 2018). Para além de compreender as complexas relações de causa e efeito num problema de tomada de decisão, a técnica DEMATEL consegue analisar as influências mútuas que ocorrem entre os fatores, sejam elas de carácter direto ou indireto (Si *et al.*, 2018). Para além disto, a DEMATEL também permite que se estabeleçam relações de impacto através da construção de um diagrama (Si *et al.*, 2018). Assim, é possível identificar quais os critérios que têm maior e menor impacto dentro do modelo. Outra vantagem deste método consiste na sua elevada aplicabilidade, ou seja, o mesmo pode ser aplicado em qualquer área para resolver os problemas inerentes (Wu e Lee, 2007; Zhou *et al.*, 2011; Chen, 2012). Segundo Kijewska *et al.* (2018), a técnica auxilia os decisores a priorizarem os seus processos de melhoria. Yazdi *et al.* (2020) considera que a DEMATEL pode, efetivamente, resolver a aleatoriedade e a incerteza dos especialistas no processo de tomada de decisão. Por fim, o método DEMATEL pode ser utilizado, por um lado, para determinar o *ranking* de alternativas e, por outro, para “*find out critical evaluation criteria and measure the weights of evaluation criteria*” (Si *et al.*, 2018: 12).

Relativamente às limitações da técnica DEMATEL, a primeira é levantada por Si *et al.* (2018), uma vez que os autores consideram que a metodologia classifica as alternativas com base em relações de interdependência entre si mas não contempla os outros critérios do problema de decisão. A segunda prende-se com o facto de que alguns autores defendem o uso da técnica para determinar a significância dos critérios (Shieh *et al.*, 2010; Wu e Tsai, 2011; Hsu *et al.*, 2013) e outros para o processo de ponderação

(Dalalah *et al.*, 2011; Baykasoglu *et al.*, 2013; Patil e Kant, 2014), levando a algumas incongruências no que diz respeito à determinação de pesos utilizados pelo método. De facto, *“the relative weights of experts are not considered in aggregating personal judgments of experts into group assessments”* (Si *et al.*, 2018: 12). Por outro lado, a técnica DEMATEL não tem em conta o nível de aspiração de alternativas nem consegue obter ordens de classificação parciais de alternativas como outros métodos conseguem obter. De facto, *“using only the DEMATEL method can lead to a passive attitude. It focuses more on interdependencies. It is not always clear which coefficients are the most important. Without this kind of prioritization, this kind of analysis is useless for stakeholders”* (Kijewska *et al.*, 2018: 2).

Na prática, uma má escolha da metodologia pode fazer com que os recursos sejam alocados de forma incorreta, pelo que o método deve ser escolhido e aplicado tendo em conta o estudo que se pretende realizar e o contexto em que se insere. Desta forma, e porque as vantagens da técnica DEMATEL parecem superar as suas limitações, a presente dissertação utilizará esta metodologia aliada às técnicas de mapeamento cognitivo, a fim de se realizar uma análise aprofundada aos determinantes de *smart city*. Será este o assunto a tratar no próximo capítulo.

### ***SINOPSE DO CAPÍTULO 3***

Este terceiro capítulo explana as diferentes abordagens do apoio à tomada de decisão, dando realce à abordagem MCDA como corrente *soft* da OR. Desde início, existiu uma necessidade de solucionar problemas de grande complexidade e, na abordagem tradicional, existia a procura pelo ótimo matemático, características do paradigma *hard*. Mais tarde, aparece a abordagem *soft*, que se diferencia da corrente *hard* por aceitar a subjetividade na tomada de decisão. Isto é, a MCDA integra elementos objetivos e subjetivos, sendo que o seu principal objetivo é construir algo que não pré-exista. Assim sendo, foram abordadas as distintas etapas do processo de apoio à tomada de decisão, nomeadamente: *estruturação*; *avaliação*; e *recomendações*. Foram ainda apresentados os paradigmas e as convicções fundamentais inerentes a esta abordagem: (1) *construtivismo*; (2) *aprendizagem pela participação*; e (3) *integração de elementos objetivos e subjetivos e respetiva inseparabilidade*. Visto que o âmbito em que estão inseridas as *smart cities* é complexo e manifesta várias situações de dúvida, a utilização desta abordagem revela-se pertinente. Posteriormente, foi abordada a estruturação de problemas de decisão e apresentados alguns dos métodos existentes para o efeito. Nessa situação, anunciaram-se os mapas cognitivos como instrumento associado à metodologia SODA, destacando-se o facto de se destinarem a representar reflexões, preferências, objetivos e/ou valores do decisor. Ou seja, os mapas cognitivos estão associados a uma representação gráfica do discurso dos decisores relativamente a uma determinada questão em análise. É pela execução do mapa cognitivo que se passa da etapa de *estruturação* para a etapa de *avaliação*. A *estruturação por pontos de vista* estabelece outra noção abordada, considerando-se importante para a melhor compreensão do conceito de PVF, visto que surge da interação entre os objetivos dos atores e as características das ações. No final deste capítulo, foi explicada a razão pela qual se usará a técnica DEMATEL para a análise dos determinantes de *smart cities*. Está metodologia, inserida na abordagem MCDA, permite realizar análises dinâmicas das relações de causalidade entre os critérios em avaliação, bem como realizar análises de impacto sobre esses mesmos critérios. Por fim, identificaram-se as vantagens e as limitações do método DEMATEL. No próximo capítulo será apresentada a componente empírica desta dissertação, onde se irá utilizar o mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL para analisar os determinantes de *smart cities*.

**F**indado o enquadramento teórico da temática *smart city* e a explicação da metodologia a ser aplicada na presente dissertação, o quarto capítulo irá focar-se na componente empírica. Dado que as *smart cities* são sistemas complexos e requerem a interação de variados fatores, o modelo desenvolvido neste capítulo irá combinar técnicas de mapeamento cognitivo com a técnica DEMATEL, de forma a que seja possível apoiar o processo de tomada de decisões no âmbito da análise dos determinantes de *smart cities*. Assim, numa primeira fase, será estruturado o problema em estudo, apresentando os processos utilizados para a elaboração de um mapa cognitivo coletivo e respetiva árvore de critérios. De seguida, será aplicada a técnica DEMATEL, de modo a realizar-se uma análise das relações de causa e efeito entre as componentes de *smart city*. Com base nos resultados alcançados, será feita a validação do modelo construído.

#### 4.1. Mapa Cognitivo Coletivo

Como referido anteriormente, o processo de tomada de decisão requer a passagem por várias etapas, sendo elas: (1) *fase de estruturação*, em que, com recurso a especialistas, se pretende desenvolver uma estrutura partilhada de decisão, numa lógica construtivista, de partilha e de aprendizagem; (2) *fase de avaliação*, que pretende materializar as preferências dos decisores através da construção de um modelo de avaliação; e (3) *fase de recomendação*, que afere acerca da aplicabilidade do modelo construído, bem como a formulação de recomendações.

A fase de estruturação é vista como uma das mais importantes, uma vez que é através desta que se compreende o problema em análise e é, também, o ponto de partida para a operacionalização de todo o processo e para o desenvolvimento das fases de avaliação e de recomendações (Bana e Costa, 1993a; Scheubrein e Zionts, 2006; Ferreira, 2011). Assim, com o intuito de criar um modelo que apoie a análise dos determinantes de *smart cities*, a estruturação do problema da presente dissertação recorreu à abordagem

SODA (Ackermann e Eden, 2001) e à utilização de técnicas de mapeamento cognitivo. De acordo com Ferreira *et al.* (2016a: 4954), “*the literature on problem structuring methods proposes that the outputs obtained from the direct involvement of a decision-maker or panel of experts should be the key source of data, from which, with the assistance of a facilitator (i.e., scientist or researcher), a knowledge representation of the issue at hand can be obtained*”, uma vez que “*is an importante step in the structuring process of a complex problem because it will allow the facilitator to define a panel of experts capable of assisting in the design and implementation of the performance evaluation system*” (Ferreira *et al.*, 2012: 261).

Neste sentido, para a elaboração do mapa cognitivo e posterior aplicação da técnica DEMATEL, foi necessário reunir presencialmente, em duas sessões, um conjunto de especialistas com *know-how* e experiência na área das *smart cities*, de forma a que fosse possível realizar uma análise pormenorizada e meticulosa do problema de decisão em estudo. Segundo Belton e Stewart (2002) e Ferreira (2011), o número de pessoas a incluir no painel de decisores deve estar entre 5 e 12 elementos. De modo a cumprir as orientações presentes na literatura, o presente estudo contou com um painel constituído por sete decisores de diferentes áreas (*i.e.*, energia e ambiente; tecnologia; mobilidade e transportes; arquitetura; urbanismo; economia; e engenharia ambiental). As duas sessões tiveram a duração total de, aproximadamente, oito horas (*i.e.*, 4+4). Para além dos especialistas, estiveram presentes nas sessões dois facilitadores (*i.e.*, investigadores), com a missão de conduzir o processo e registar os resultados alcançados.

A primeira sessão iniciou-se com uma apresentação dos facilitadores e dos elementos do painel, de forma a que se criasse um ambiente de confiança e conforto entre todos os presentes e que se estimulasse a interação e o diálogo entre os mesmos. Foi feita, também, numa fase inicial, uma breve apresentação sobre o objetivo do estudo e sobre a metodologia a ser utilizada, para que os especialistas conhecessem e se adaptassem ao processo. De seguida, foi-lhes colocada a seguinte *trigger question*: “*Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores e características sustenta a melhor smart city?*”. Esta questão de base deu início ao debate e à partilha de conhecimentos e experiências entre o grupo de decisores através da aplicação da “*técnica dos post-its*” (Ackermann e Eden, 2001). Esta técnica pretende que os especialistas, de acordo com a sua perspetiva, escrevam em *post-its* os critérios mais relevantes para dar resposta à *trigger question* apresentada. Nesta lógica, foi esclarecido que cada *post-it* deveria conter apenas um (e só um) critério e que, cada vez que um critério apresentasse uma relação de

causalidade negativa, deveria ser colocado um sinal menos (–) no campo superior direito do *post-it* (cf. Ferreira, 2011). À medida que o painel ia escrevendo os *post-its*, os mesmos iam sendo afixados num quadro e discutidos e clarificados entre todos os presentes.

Passada uma hora desde a apresentação da *trigger question* e obtido um número considerável de critérios, deu-se por concluída a primeira fase da sessão, uma vez que o painel se mostrou satisfeito com o número e com o conteúdo dos critérios identificados (cf. Ferreira e Jalali, 2015; Ferreira *et al.*, 2016c). Na segunda fase da sessão, os decisores foram convidados a agrupar os *post-its* por *clusters* (também designados por “áreas de interesse”), identificando os vários grupos de critérios relacionados entre si. Após um longo processo de debate, apuraram-se seis *clusters*, nomeadamente: (1) *Tecnologia*; (2) *Mobilidade*; (3) *Pessoas*; (4) *Energia e Ambiente*; (5) *Governance*; e (6) *Economia*. Para além destes, o painel considerou pertinente criar um *sub-cluster* dentro do *cluster* de *Energia e Ambiente*, designando-o por *Espaços Urbanos*.

Por fim, solicitou-se aos especialistas que hierarquizassem os critérios dentro de cada *cluster* por ordem de importância, seguindo uma lógica meios-fins (Ferreira, 2011). Desta forma, os critérios mais importantes foram colocados na parte superior do *cluster*, os critérios menos importantes foram colocados na parte inferior do *cluster* e, por fim, os critérios com importância intermédia ficaram na zona intermédia do *cluster*. É importante salientar que, no decurso deste processo, o painel teve sempre a possibilidade de introduzir novos critérios, de alterar os já existentes ou de eliminar aqueles que se repetiam, bem como de reestruturar os *clusters* ou de recomeçar o processo, caso os resultados obtidos não refletissem o seu raciocínio. A *Figura 4* ilustra a dinâmica de grupo vivenciada durante a primeira sessão.



**Figura 4: Momentos Registrados Durante a Primeira Sessão com o Painel de Especialistas**

A informação obtida na primeira sessão foi introduzida no *software Decision Explorer* ([www.banxia.com](http://www.banxia.com)), de modo a ser construído o um mapa cognitivo de grupo. A *Figura 5* apresenta a versão final do mapa cognitivo, que contém 220 critérios relacionados com *smart cities*.

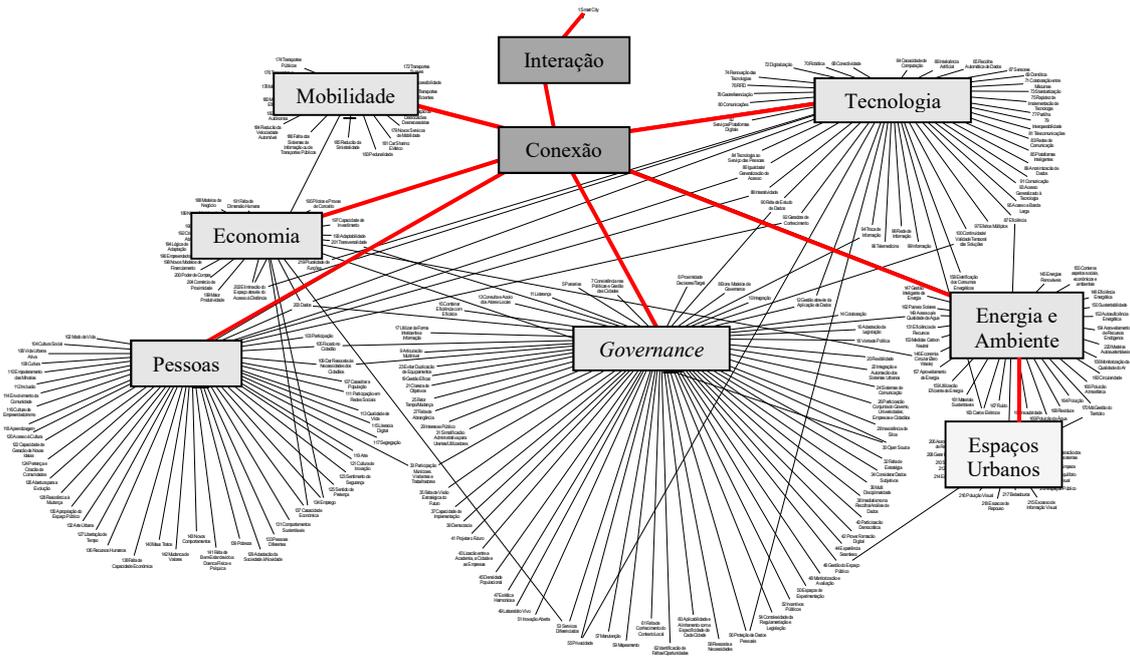


A *Figura 5* representa o mapa cognitivo desenvolvido pelos especialistas, refletindo e estruturando o conhecimento, os valores e a experiência dos mesmos no que concerne à análise da “melhor” *smart city*. Importa referir que, apesar dos resultados serem influenciados pela constituição do painel de decisores e pela capacidade dos facilitadores de conduzirem as sessões, o grande volume de informações obtidas e projetadas no mapa compensa a natureza subjetiva do processo (Ferreira *et al.*, 2015). Isto porque o verdadeiro valor acrescentado reside no processo em si e na aprendizagem que o mesmo proporciona. Como referem Ferreira *et al.* (2016b: 1474), “*the size of the map, the number of variables identified, and the number of inter-relationships between them, are all important indicators of the capability of this type of tool to tap into often overlooked determinants, as well as the relationships between them*”. No ponto seguinte, será elaborada uma árvore de critérios (CRTs ou PVFs), identificando as áreas de interesse do modelo de decisão.

#### **4.2. Árvore de Critérios**

Num modelo de avaliação multicritério, estando os PVs identificados, os mesmos devem ser organizados numa estrutura arborescente – *i.e.*, *árvore de critérios* – com o objetivo de promover uma visão global e detalhada dos critérios em qualquer um dos níveis de análise. Neste sentido, o mapa cognitivo foi resumido numa árvore de critérios.

Foi possível reconhecer os critérios fundamentais que estão na base da análise dos determinantes de *smart city*, nomeadamente: *Tecnologia; Mobilidade; Pessoas; Energia e Ambiente; Governance; e Economia*. Para além disto, a *conexão* e a *interação* destes critérios revelaram-se determinantes para o funcionamento de uma *smart city*. É ainda importante referir que, por opção dos decisores, o PVF *Energia e Ambiente* foi subdividido num PVE denominado por *Espaços Urbanos*. A *Figura 6* ilustra este processo de identificação.



**Figura 6: Identificação dos Ramos Cognitivos e das Linhas de Argumentação das Áreas Fundamentais**

Observando a *Figura 6*, que resulta da estrutura cognitiva desenvolvida pelo painel de especialistas, e em conformidade com a opinião dos especialistas, o PVF4 – *Energia e Ambiente* inclui o PVE *Espaços Urbanos*. Esta subdivisão permite analisar a área de *Energia e Ambiente* como um todo e de uma forma mais detalhada. Para uma melhor compreensão, a *Tabela 5* algumas destas ideias.

<b>Descrição dos Critérios que Suportam uma <i>Smart City</i></b>		
<b>Critérios Críticos</b>	Interação	Garante a interação entre todos as variáveis que compõem uma <i>smart city</i> . Para além de conectadas, é fundamental que todas as áreas interajam.
	Conexão	Permite conectar todas as áreas entre si, mostrando que uma <i>smart city</i> só existe como um todo.
<b>Critérios Fundamentais</b>	PVF1 – Tecnologia	Inclui as variáveis de cariz tecnológico, captando a informação em tempo real e permitindo, assim, a comunicação constante ( <i>e.g.</i> , redes de comunicação, interatividade e geradora de conhecimento).
	PVF2 – Mobilidade	Incorpora as características que englobam os transportes e uma melhor mobilidade dos cidadãos dentro de uma <i>smart city</i> ( <i>e.g.</i> , mobilidade eficiente, transportes públicos e novos serviços de mobilidade).
	PVF3 – Pessoas	Enfatiza a importância das pessoas como fator fundamental na conceção de uma <i>smart city</i> ( <i>e.g.</i> , participação, envolvimento da comunidade e aprendizagem).
	PVF4 – Energia e Ambiente	Compreende fatores energéticos e sustentáveis, tendo por base a preocupação ambiental e eficiência energética ( <i>e.g.</i> , energias renováveis, medidas de <i>carbon neutral</i> e modelos autossustentáveis).
	PVF5 – <i>Governance</i>	Incorpora variáveis de governança que se mostram fundamentais para uma boa gestão de uma <i>smart city</i> ( <i>e.g.</i> , consistência nas políticas e gestão das cidades, integração e proximidade decisores/ <i>target</i> ).
	PVF6 – Economia	Engloba componentes de índole económica que sustentam a atividade económica de uma <i>smart city</i> ( <i>e.g.</i> , modelos de negócio, resiliência e lógica de adaptação).
<b>Critérios Elementares</b>	PVE1 – Espaços Urbanos	Agrega aspetos da gestão dos espaços urbanos, tendo por base os princípios da <i>Energia e Ambiente</i> ( <i>e.g.</i> , modelação dos ecossistemas, segurança e aproveitamento de recursos).

**Tabela 5: Descrição dos Critérios que Suportam uma *Smart City***

Finalizada a fase de estruturação do problema, no ponto seguinte será aplicada a técnica DEMATEL.

#### **4.3. Aplicação da Técnica DEMATEL**

Concluída a *fase de estruturação*, prosseguiu-se com a *fase de avaliação*, que tem um papel preponderante para a construção do modelo de avaliação, permitindo, por isso, fazer uma análise mais detalhada dos determinantes de *smart city*. Esta fase foi iniciada na segunda sessão com o painel, onde estiveram presentes, novamente, os 7 decisores. Deste modo, foram garantidas as condições essenciais para a continuidade do estudo (*i.e.*, ter

um painel construído entre 5 a 12 elementos), não comprometendo assim a validade dos resultados obtidos.

No início da sessão, antes da *fase de avaliação* propriamente dita, foi facultado o mapa cognitivo ao painel de decisores, com o intuito de promover a discussão e a revisão do mesmo e de validar a sua forma e/ou conteúdo (Ferreira *et al.*, 2015). Esta revisão possibilitou que os especialistas recordassem os critérios que constituem cada um dos *clusters*, servindo de ponto de partida para as etapas seguintes. Após a sua análise, conforme se verifica na *Figura 7*, o painel mostrou-se satisfeito com o mapa cognitivo.



**Figura 7: Validação do Mapa Cognitivo Durante a Segunda Sessão com o Painel de Especialistas**

De seguida, foi explicado aos especialistas que a técnica a ser aplicada seria a técnica DEMATEL. Esta revela-se fundamental para a resolução do problema de decisão porque permite efetuar uma análise mais robusta e eficaz dos seus determinantes, promovendo o desenvolvimento integrado e a visão holística do tema em análise. Dado que uma *smart city* depende da conexão e da interação de um conjunto complexo de variáveis, tornou-se pertinente analisar as relações de causalidade entre os critérios de

avaliação e perceber quais os impactos que esses critérios têm no todo (*i.e.*, na *smart city*). Posteriormente, foi-lhes apresentada a matriz de base para a aplicação da técnica DEMATEL (*i.e.*, a matriz *Z*) que continha o nome dos *clusters* em linha e em coluna (ver *Tabela 6*).

	Tecnologia	Mobilidade	Pessoas	Energia e Ambiente	Governance	Economia
Tecnologia						
Mobilidade						
Pessoas						
Energia e Ambiente						
Governance						
Economia						

**Tabela 6: Matriz de Base para a Aplicação da Técnica DEMATEL**

De forma a realizar o preenchimento da matriz *Z*, foi solicitado ao painel que quantificasse a intensidade de influência que um *cluster* teria no outro. Na prática foi colocada a seguinte questão: “Quando relaciona o cluster *X* com o cluster *Y*, qual é o grau de intensidade que considera que o *X* influencia o *Y*?”. Em conjunto, os decisores teriam de pontuar as intensidades tendo em conta uma escala que varia entre 0 e 4, sendo que o valor 0 corresponde a uma “influência nula” e o valor 4 a “muita influência”. Foi também explicado aos decisores que a pontuação atribuída à influência que um *cluster* tem no outro poderia ser igual ou diferente quando acontecesse a situação inversa (*e.g.*, se os especialistas considerassem que o *cluster Tecnologia* influencia o *cluster Pessoas* com uma pontuação de 3, o *cluster Pessoas* poderia influenciar o *cluster Tecnologia* com uma pontuação igual ou diferente de 3). Para o preenchimento da matriz *Z*, o painel recorreu, sempre que necessário, ao mapa cognitivo como forma de recordar as variáveis que constituem cada *cluster*. A *Figura 8* ilustra esta etapa de negociação e debate no preenchimento da matriz *Z*.



**Figura 8: Preenchimento da Matriz Z Durante a Segunda Sessão com o Painel de Especialistas**

Finalizada esta etapa, a matriz *Z* foi totalmente pontuada pelos decisores. A *Tabela 7* reflete os resultados alcançados, onde os nomes dos *clusters* foram substituídos por *c1 (Tecnologia)*, *c2 (Mobilidade)*, *c3 (Pessoas)*, *c4 (Energia e Ambiente)*, *c5 (Governance)* e *c6 (Economia)*.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	Sum
c1	0.0	3.2	4.0	4.0	2.8	3.2	17.2
c2	2.8	0.0	3.8	3.9	3.0	4.0	17.5
c3	3.2	3.0	0.0	4.0	3.6	3.2	17.0
c4	3.6	3.6	3.8	0.0	3.0	2.8	16.8
c5	2.8	4.0	3.6	3.2	0.0	3.4	17.0
c6	3.6	3.6	4.0	3.2	3.6	0.0	18.0
Sum	16.0	17.4	19.2	18.3	16.0	16.6	

**Tabela 7: Matriz Inicial de Relação Direta (Matriz Z)**

Usando a matriz  $Z$  como ponto de partida para a aplicação da técnica DEMATEL, procedeu-se à soma em coluna e em linha das ponderações presentes na matriz para ser possível calcular e obter a matriz seguinte (*i.e.*, a matriz  $X$ ). Para o cálculo da matriz  $X$ , é necessário aplicar as equações (2) e (3) apresentadas no *Capítulo 3*.

O valor  $s$  é obtido, inicialmente, através dos valores máximos das somas das colunas (19.2) e das linhas (18.0) da *Tabela 8*. Levantados os máximos, efetua-se a divisão de  $1/19.2$  e de  $1/18$ , obtendo-se os valores 0.052083 e 0.055556, respetivamente. Dos valores obtidos, extrai-se o valor mínimo, neste caso será 0.052083, para a construção da matriz normalizada  $X$  de relação direta que resulta da multiplicação entre os valores da matriz  $Z$  (excluindo as colunas das somas) e  $1/s$ , como indica a equação (2) (ver *Tabela 9*).

Max	19.2	18.0
1/Max	0.052083	0.055556
1/s	0.052083	

**Tabela 8: Cálculo de 1/s**

	c1	c2	c3	c4	c5	c6
c1	0.0000	0.1667	0.2083	0.2083	0.1458	0.1667
c2	0.1458	0.0000	0.1979	0.2031	0.1563	0.2083
c3	0.1667	0.1563	0.0000	0.2083	0.1875	0.1667
c4	0.1875	0.1875	0.1979	0.0000	0.1563	0.1458
c5	0.1458	0.2083	0.1875	0.1667	0.0000	0.1771
c6	0.1875	0.1875	0.2083	0.1667	0.1875	0.0000

**Tabela 9: Matriz Normalizada de Relação Direta (Matriz  $X$ )**

Estando a matriz  $X$  calculada, o passo seguinte passa pela construção da matriz  $T$  através da equação (4) (ver *Capítulo 3*). Contudo, para chegar à matriz final, ou seja à matriz  $T$ , a equação (3) vai ser aplicada de forma faseada. Primeiramente, importa construir a matriz de identidade (matriz  $I$ ). Esta matriz consiste na atribuição dos valores 0 e 1, sendo que o “0” aplica-se às interações entre *clusters* e o “1” às interações entre o mesmo *cluster*, conforme se pode ver na *Tabela 10*.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6
c1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
c2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
c3	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
c4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
c5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
c6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

**Tabela 10: Matriz Identidade  $I$**

Identificada a matriz  $I$ , segue-se a subtração da matriz  $X$  para a obtenção da matriz  $I-X$ , conforme se verifica na *Tabela 11*.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6
c1	1.0000	-0.1667	-0.2083	-0.2083	-0.1458	-0.1667
c2	-0.1458	1.0000	-0.1979	-0.2031	-0.1563	-0.2083
c3	-0.1667	-0.1563	1.0000	-0.2083	-0.1875	-0.1667
c4	-0.1875	-0.1875	-0.1979	1.0000	-0.1563	-0.1458
c5	-0.1458	-0.2083	-0.1875	-0.1667	1.0000	-0.1771
c6	-0.1875	-0.1875	-0.2083	-0.1667	-0.1875	1.0000

**Tabela 11: Matriz  $I-X$**

Obtida a matriz  $I-X$ , o próximo passo consiste no cálculo da matriz inversa desta (matriz  $I-X^{-1}$ ). A *Tabela 12* ilustra os valores alcançados através desta operação.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6
c1	2.2566	1.4855	1.6356	1.5823	1.3840	1.4340
c2	1.4052	2.3655	1.6522	1.6006	1.4130	1.4860
c3	1.3864	1.4658	2.4480	1.5670	1.4015	1.4212
c4	1.3890	1.4742	1.5994	2.3822	1.3665	1.3946
c5	1.3726	1.5054	1.6084	1.5400	2.2462	1.4328
c6	1.4643	1.5554	1.6946	1.6090	1.4654	2.3447

**Tabela 12: Matriz Inversa (Matriz  $I-X^{-1}$ )**

Para a construção da matriz  $T$  basta efetuar a multiplicação entre a matriz inversa (matriz  $I-X^{-1}$ ) e a matriz  $X$ , conforme se observa na *Tabela 13*.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	R
c1	1.2566	1.4855	1.6356	1.5823	1.3840	1.4340	8.7780
c2	1.4052	1.3655	1.6522	1.6006	1.4130	1.4860	8.9226
c3	1.3864	1.4658	1.4480	1.5670	1.4015	1.4212	8.6900
c4	1.3890	1.4742	1.5994	1.3822	1.3665	1.3946	8.6059
c5	1.3726	1.5054	1.6084	1.5400	1.2462	1.4328	8.7055
c6	1.4643	1.5554	1.6946	1.6090	1.4654	1.3447	9.1334
C	8.2741	8.8520	9.6381	9.2812	8.2767	8.5133	

**Tabela 13: Matriz de Relação Total (Matriz  $T$ )**

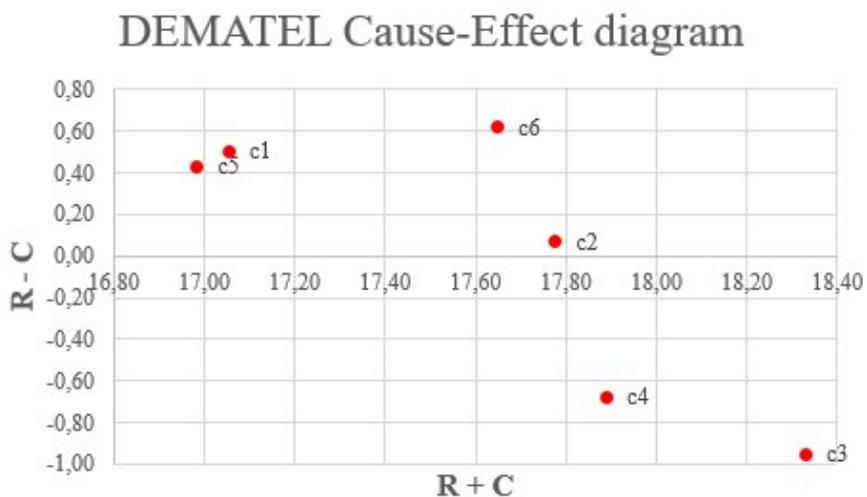
Calculada a matriz  $T$ , foi definido um valor de limite ( $\alpha$ ) com o objetivo de perceber quais são as relações de impacto que têm relevância na matriz. Este valor de limite ( $\alpha$ ), presente na equação (7), é calculado através da média dos elementos da matriz  $T$ , sendo que o valor alcançado foi  $\alpha = 1.4676$ . Ou seja, todos os valores acima do  $\alpha$  estão sombreados a verde na *Tabela 13*, revelando serem os valores com maior importância na matriz  $T$ . Para além da definição do valor de limite, também foi necessário calcular os vetores  $R$  e  $C$ , presentes nas equações (5) e (6), que representam a soma das linhas e das colunas da matriz  $T$ . Através do cálculo destes vetores, é possível aferir que o  $R$  significa a influência que um fator exerce sobre os outros, enquanto que o  $C$  significa que os restantes fatores exercem influência sobre esse fator. Para a construção de um diagrama de causa-efeito, foi necessário calcular  $R + C$  e  $R - C$  (ver *Tabela 14*).

	R	C	R+C	R-C
c1	8.7780	8.2741	17.0521	0.5039
c2	8.9226	8.8520	17.7746	0.0706
c3	8.6900	9.6381	18.3281	-0.9481
c4	8.6059	9.2812	17.8872	-0.6753
c5	8.7055	8.2767	16.9822	0.4288
c6	9.1334	8.5133	17.6467	0.6201

**Tabela 14: Cálculos Auxiliares para Construção do Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL**

O cálculo do  $R + C$  permite aferir a combinação entre a influência que um fator tem nos outros. O cálculo do  $R - C$  permite perceber duas coisas: (1) se o valor for positivo, o fator tem mais influência nos outros fatores do que os outros têm em si; e (2) se o valor for negativo, a influência que os outros fatores exercem sobre ele é maior do que a que ele exerce sobre os demais.

A construção do diagrama de causa-efeito DEMATEL (ver *Figura 9*) ilustra a distribuição dos *clusters* nos quatro quadrantes da *Figura 2*, sendo que no eixo do  $x$  se encontra o  $R + C$  e no eixo do  $y$  se encontra o  $R - C$ . Através destes eixos, os *clusters* distribuem-se pelo diagrama tendo em conta a sua proeminência e relação.

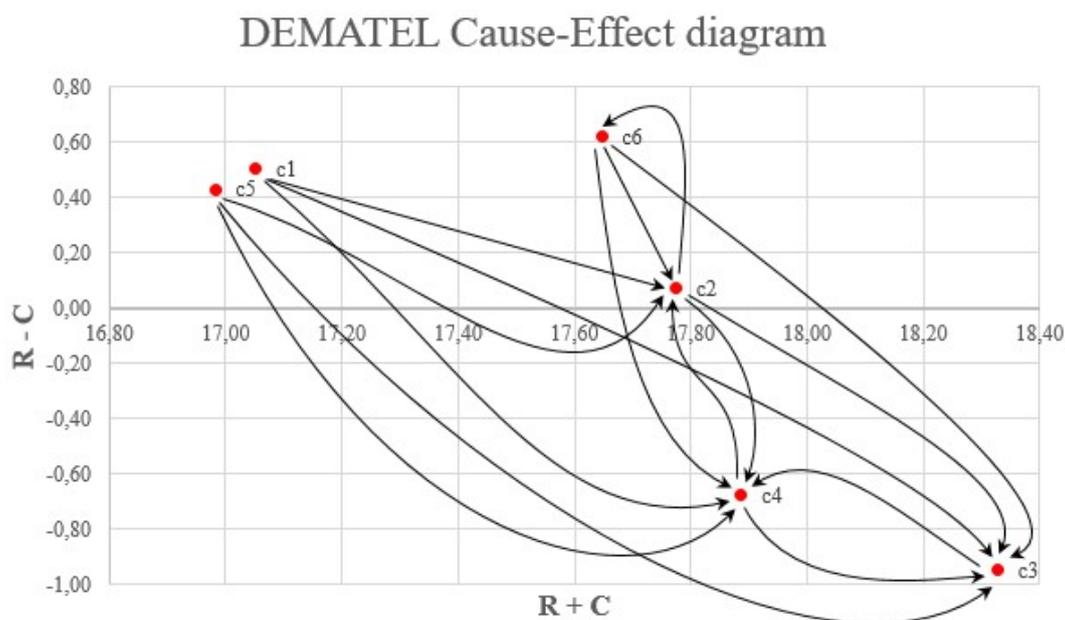


**Figura 9: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL**

Na *Figura 9*, segundo o eixo do  $y$ , é possível aferir que há dois *clusters* ( $c3$  e  $c4$ ) que se encontram abaixo de 0 e quatro ( $c1$ ,  $c2$ ,  $c5$  e  $c6$ ) acima de 0. Também se conclui que, segundo o eixo do  $x$ , há dois *clusters* ( $c1$  e  $c5$ ) que se encontram mais à esquerda e quatro que se encontram mais à direita ( $c2$ ,  $c3$ ,  $c4$  e  $c6$ ). No próximo ponto será feita a análise mais detalhada dos resultados advindos da aplicação da técnica DEMATEL.

#### 4.4. Análise de Resultados

Após ser aplicada a técnica DEMATEL, como forma de analisar a temática das *smart cities*, é importante analisar os resultados alcançados com a sua aplicação. A *Figura 10* ilustra as relações de causa e efeito e as relações de impacto entre os *clusters*, sobre as quais será feita a análise dos determinantes de *smart city*.



**Figura 10: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL e Relações de Impacto**

Segundo a *Figura 10*, é possível verificar-se que os *clusters Tecnologia* ( $c1$ ), *Mobilidade* ( $c2$ ), *Governance* ( $c5$ ) e *Economia* ( $c6$ ) são *clusters* com mais influência sobre os restantes *clusters* em análise, uma vez que apresentam valores de  $R - C$  acima de 0. Já os *clusters Pessoas* ( $c3$ ) e *Energia e Ambiente* ( $c4$ ) são *clusters* influenciados

dentro do modelo, visto que apresentam valores de  $R - C$  abaixo de 0. Ou seja, os *clusters* que influenciam são *clusters* causas e os que são influenciados são *clusters* efeitos.

Para além disto, o *cluster* que detém o valor de  $R + C$  mais elevado (*i.e.*, c3) é o *cluster* mais importante dentro do modelo, seguindo-se c4, c2 e c6. Na situação inversa, encontra-se c5 como sendo o *cluster* menos importante do modelo, juntamente com o *cluster* c1. Ou seja, no contexto de *smart city*, o *cluster* mais importante é *Pessoas*, seguido de *Energia e Ambiente*, *Mobilidade e Economia*, enquanto os menos importantes são *Tecnologia* e *Governance*, sendo este último o menos importante de todos. Assim, é possível perceber que os *clusters* com mais importância têm maior peso dentro da *performance* e desenvolvimento de uma *smart city*.

Relativamente às relações de impacto, representadas pelas setas e pelo eixo  $R - C$ , verifica-se que os *clusters* c1 (*Tecnologia*), c2 (*Mobilidade*), c5 (*Governance*) e c6 (*Economia*) são *clusters* considerados causas, uma vez que têm impacto direto sobre os restantes *clusters* e detêm valores superiores a 0 no eixo de  $R - C$ . Destas causas resultam os *clusters* considerados efeitos, nomeadamente c3 (*Pessoas*) e c4 (*Energia e Ambiente*), sendo estes impactados por todos os *clusters*.

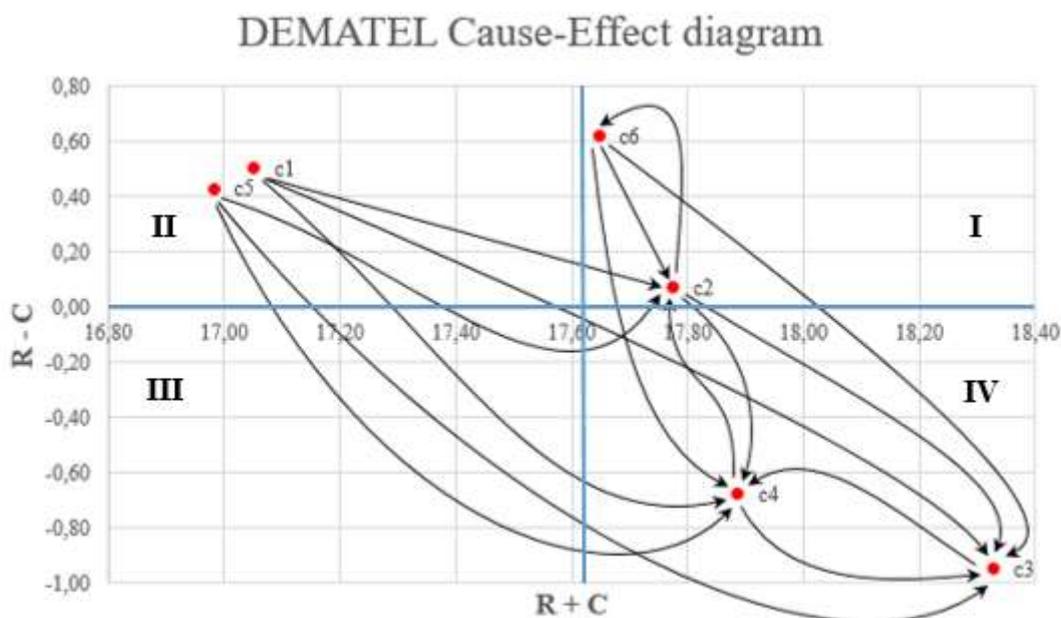


Figura 11: Diagrama de Causa-Efeito DEMATEL nos Diversos Quadrantes

Em relação à *Figura 11*, a mesma ilustra a colocação dos *clusters* em quadrantes, permitindo a análise das relações entre os mesmos. No quadrante I encontram-se os

*clusters* c2 (*Mobilidade*) e c6 (*Economia*), mostrando que são fatores centrais para o modelo porque têm alta proeminência e relação entre si. No quadrante II estão os *clusters* c1 (*Tecnologia*) e c5 (*Governance*), sendo considerados fatores determinantes para o modelo devido à sua baixa proeminência e alta relação entre si. No quadrante IV situam-se os *clusters* c3 (*Pessoas*) e c4 (*Energia e Ambiente*), denominados de fatores de impacto para o modelo, uma vez que têm alta proeminência e baixa relação.

Estes resultados são uma mais-valia para uma gestão mais eficiente, estratégica e sustentável das *smart cities* quando se pretende dar resposta às necessidades das pessoas, do ambiente e da economia. De facto, como verificado na literatura, a tecnologia desempenha um papel fundamental na criação de *smart cities* e no desenvolvimento da vida urbana, sendo por isso um fator influenciador (causa) e determinante (quadrante II) sem o qual não se consegue alcançar a tão desejada *smartness* urbana. Para além das questões tecnológicas, a governança, considerada como outro fator influenciador (causa) e determinante (quadrante II) no modelo, tem exigido um maior rigor na elaboração de novas políticas urbanas que englobem processos participativos de tomada de decisão e de implementação de políticas, envolvendo as partes interessadas. Isto porque a *smart city* é vista como um sistema integrado e holístico que depende da conexão e interação de um conjunto complexo de fatores. Reforçando esta ideia, uma *smart city* engloba vários aspetos da estratégia urbana, tendo por base uma lógica tecnológica e tendo as pessoas um papel fundamental na construção de comunidades inteligentes, com objetivo do crescimento económico sustentável, da preservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida nas cidades.

A economia é considerada o motor de desenvolvimento e crescimento de uma cidade, sem a qual a mesma não subsiste. Sendo um fator central (quadrante I) e influenciador (causa) do modelo, o impacto positivo no desenvolvimento económico é substancial para a manutenção da produtividade e competitividade económica de uma cidade, para a aplicação de soluções de gestão inovadoras e para a adaptabilidade do mercado às constantes alterações das leis da oferta e da procura. Para além disto, também a mobilidade desempenha um papel central (quadrante I) e influenciador (causa) na gestão da uma *smart city*, uma vez que a melhoria dos transportes públicos e a promoção da intermodalidade são algumas das formas de melhorar a experiência dos utilizadores dos transportes coletivos. O investimento económico por parte da governança, aliado a tecnologias de ponta, em sistemas de transporte sustentáveis e inovadores, para além de

melhorarem a acessibilidade e qualidade de vida das pessoas, impactam positivamente os consumos de energia de uma cidade e promovem a preservação do meio ambiente.

A preocupação com o meio ambiente e com o consumo de energias tem sido um dos principais focos no desenvolvimento sustentável das cidades. De facto, a gestão de recursos dos espaços urbanos, a proteção ambiental e de espaços *green*, a redução da poluição e da emissão de gases para a atmosfera possibilitam o alcance de condições naturais urbanas atrativas e que garantem uma melhor habitabilidade das cidades. Sendo a energia e ambiente um dos fatores de impacto (quadrante IV) mais importantes para o modelo e, ainda, um fator influenciado (efeito), a aposta na sua preservação e manutenção é essencial para a garantia do desenvolvimento sustentável das cidades e para a conservação do meio ambiente à escala global. Para além disto, as cidades do futuro dependem da capacidade de colaboração entre as pessoas. Sendo este o fator de impacto (quadrante IV) mais importante do modelo e, ao mesmo tempo um fator influenciado (efeito), a sua atenção na gestão de *smart cities* deve ser redobrada. *Smart people* são essenciais na medida em que um sistema urbano *smart* só pode ser implementado se as pessoas tiverem a educação e a qualificação para o aceitar e utilizar. Desta forma, a gestão de uma *smart city*, para cumprir com o objetivo de proporcionar melhor qualidade de vida aos cidadãos, deve ter em consideração que o que se pretende implementar numa cidade deve contar com a participação das pessoas e deve ser feito para as pessoas.

Conclui-se com este modelo que a gestão e *performance* de uma *smart city* depende, principalmente, (1) do envolvimento das *Pessoas* para a construção de uma sociedade inteligente, informada e educada; (2) da preocupação com a preservação do meio *Ambiente* e com a gestão da *Energia*, garantido a sua sustentabilidade; (3) do desenvolvimento de transportes e de redes de *Mobilidade*, que permitam um maior conforto a quem os utiliza e que cumpram tanto com a sua função principal como com a proteção do meio ambiente; e (4) da aposta na *Economia* e no desenvolvimento económico sustentável, garantindo o crescimento e o desenvolvimento das cidades. Ainda que sejam menos importantes, como referido anteriormente, a influência da *Tecnologia* e da *Governance* são notórias para a gestão e *performance* de uma *smart city*, pelo que não se deve descorar o acompanhamento destes dois fatores. O ponto seguinte reporta a realização da sessão de validação da metodologia aplicada, dos resultados alcançados e do modelo desenvolvido.

#### 4.5. Validação e Recomendações

Finalizada a fase de avaliação, conclui-se o processo de tomada de decisão com a fase das recomendações (Bana e Costa, 1993b). Nesta fase, realizou-se uma sessão de validação com o intuito de apurar a veracidade dos resultados alcançados com este estudo e de verificar a aplicabilidade e o impacto que o sistema de avaliação desenvolvido tem na prática. Para tal, foi contactada a Câmara Municipal de Évora, sendo que, prontamente, se disponibilizaram para a realização desta reunião.

Esta sessão contou com a colaboração do Dr. Alexandre Varela, vereador com os pelouros da mobilidade e obras municipais da Câmara Municipal de Évora, responsável pelo desenvolvimento de projetos no âmbito das *smart cities* a nível municipal, detendo conhecimento sobre a temática em estudo e sendo um elemento neutro no processo, uma vez que não participou em nenhuma das sessões anteriormente realizadas.

A sessão decorreu no edifício dos Paços do Concelho da Câmara Municipal, em Évora, e teve a duração de, aproximadamente, uma hora.

Na primeira parte da sessão de consolidação, foi feita uma breve apresentação da temática em estudo e do problema de decisão. De seguida, fez-se a contextualização da metodologia, das técnicas aplicadas e dos respetivos benefícios para a análise dos determinantes de *smart city*. Foi, também, feita a análise do mapa cognitivo de grupo, da matriz *Z*, do diagrama de causa-efeito DEMATEL e, por fim, dos resultados alcançados com a aplicação das técnicas. A *Figura 12* ilustra alguns momentos registados durante a primeira parte desta sessão.



**Figura 12: Momentos Registados na Primeira Parte da Sessão**

Finalizada a apresentação do modelo, procedeu-se à análise e à discussão do mesmo, sendo colocadas questões relativas à metodologia utilizada, às vantagens e desvantagens das técnicas aplicadas no processo de modelização, aos resultados obtidos, às melhorias e recomendações para o modelo criado e à aplicabilidade prática do modelo numa eventual implementação futura. A *Figura 13* ilustra os momentos relativos à análise e discussão do modelo.



**Figura 13: Momentos Registrados na Segunda Parte da Sessão**

No que diz respeito à metodologia utilizada, esta foi considerada pertinente, na medida em que *“junta as análises quantitativas e as análises qualitativas para determinar algo que, muitas vezes, é difícil de determinar, porque há muitos fatores que influenciam o processo de tomada de decisão”* (nas palavras do vereador). No entanto, este modelo poderá ter de sofrer alterações quando aplicado em diferentes contextos, uma vez que as realidades e os especialistas que se debruçam sobre a problemática serão diferentes. Ainda assim, o entrevistado considerou que muitos dos problemas complexos no processo de tomada de decisão resultam da falha ou falta de comunicação e, por isso, esta metodologia revela-se fundamental para o incentivo à comunicação e à aprendizagem pela participação. Neste sentido, é possível tomar decisões mais fundamentadas e observar o impacto que estas decisões têm para as partes interessadas, ainda que o processo englobe tanto a objetividade como a subjetividade.

Em relação às técnicas, evidenciou-se a dependência dos resultados consoante o contexto e o painel de especialistas que é constituído, uma vez que o modelo é construtivista e baseia-se no conhecimento e na experiência dos participantes. Contudo,

apesar da necessidade de construção de novos mapas sempre que se pretender adaptá-lo ao contexto, o mapa cognitivo *“parece-me bem construído”*, uma vez que consegue *“cobrir de uma forma bastante alargada um conjunto de variáveis importantes, refletindo a importância que têm as variáveis subjetivas e a forma como elas se influenciam umas às outras”* (nas palavras do vereador).

Relativamente à técnica DEMATEL, o entrevistado considerou que é uma técnica vantajosa, na medida em que permite fazer análises das relações de causalidade e de impacto entre as variáveis. Contudo, os resultados advindos da DEMATEL *“são muito analíticos, pelo que seria importante ter outra técnica que efetuasse simulações para perceber se, ao tomar certa decisão, os indicadores irão subir, baixar ou manter-se”* (nas suas palavras). Ainda assim, os resultados obtidos através desta técnica revelaram-se surpreendentes, uma vez que o vereador esperava que a tecnologia fosse um dos *clusters* mais importantes dentro do modelo. De facto, a tecnologia, a inteligência artificial e as investigações tecnológicas, se forem eficientes, marcam substancialmente a vida das pessoas e alteram o nosso entendimento sobre as componentes das *smart cities*. Mesmo assim, o vereador considerou que as variáveis que são impactadas *“são óbvias porque as pessoas são impactadas nos seus modos de vida por tudo aquilo que as rodeia e pelo meio ambiente. Tendo em conta as tecnologias que estão a ser desenvolvidas, poderão advir mais benefícios”* (também nas suas palavras).

Quanto às recomendações, o vereador realçou a necessidade de reforçar este modelo com a aplicação de uma técnica que efetue simulações, de forma a *“dar ao decisor a capacidade de prever quais vão ser os impactos efetivos da sua decisão. É algo que os decisores estão sempre à procura”* (nas suas palavras). Para além disto, também considerou pertinente a inclusão de cidadãos comuns no painel de especialistas, de modo a ver representada a vertente dos utilizadores.

Quando questionado sobre a possível implementação prática do modelo, o vereador considerou *“interessante aplicar em diferentes contextos, para se ter uma visão mais abrangente do mundo das smart cities, e, numa fase final, controlar os impactos efetivos que o modelo tem na vida das pessoas”*. Desta forma, o modelo precisa de ser aplicado e, ao mesmo tempo, precisam de ser controladas as suas implicações práticas. Concluída a sessão de validação, foi possível afirmar que os resultados são muito satisfatórios.

## **SINOPSE DO CAPÍTULO 4**

Este quarto capítulo materializou a componente empírica da presente dissertação. Inicialmente, abordou-se a *fase de estruturação*, revelando-se esta fundamental para todo o processo de apoio à tomada de decisão, uma vez que tanto serve de ponto de partida para a construção do modelo proposto como de base à partilha de conhecimentos e experiências, à aprendizagem e à comunicação e discussão interativa entre todos os envolvidos. Como forma de definir o problema em estudo, foi colocada, na primeira sessão de grupo, a seguinte *trigger question*: “Com base nos seus valores e experiência profissional, que fatores e características sustenta a melhor smart city?”. Uma vez lançada a questão de base para o desenvolvimento dos trabalhos, deu-se início à discussão entre o painel de especialistas, através da aplicação da “técnica dos *post-its*”. Os decisores escreveram em *post-its* os critérios que consideraram ser os mais importantes para dar resposta à *trigger question*. Assim, foi possível identificar e hierarquizar os critérios mais importantes da problemática em estudo e, ainda, construir um mapa cognitivo, espelhando as diversas relações de causalidade entre os diferentes *clusters*. A fase seguinte foi a *fase de avaliação*, onde foi aplicada a técnica DEMATEL. Nesta fase, realizou-se a segunda sessão com o painel, onde foi, inicialmente, revisto o mapa cognitivo e explicado aos decisores os procedimentos para o correto preenchimento da matriz *Z* da técnica DEMATEL. Para tal, o painel teve em conta os graus de influência entre *clusters*, numa escala que variava entre 0 e 4. Este procedimento possibilitou os cálculos das matrizes seguintes e respetiva representação gráfica do diagrama de causa-efeito DEMATEL. Posto isto, foi possível verificar que os *clusters* c1, c2, c5 e c6 são considerados causas, enquanto que os *clusters* c3 e c4 são considerados efeitos. Por ordem de importância no modelo, o *ranking* dos *clusters* é composto por c3, c4, c2, c6, c1 e c5, sendo possível perceber que os *clusters* com mais importância têm maior peso dentro do modelo e, por sua vez, na *performance* e desenvolvimento de uma *smart city*. Para finalizar este capítulo, foi realizada uma última sessão de validação, com o objetivo de validar os resultados alcançados com um elemento externo e neutro ao processo. Nesta sessão, foram analisados os resultados obtidos através da aplicação das técnicas de mapeamento cognitivo e da técnica DEMATEL. Foram ainda consideradas algumas recomendações de melhoria e avaliada a aplicabilidade prática do modelo desenvolvido. Com base nesta metodologia, foi possível construir um modelo multicritério capaz de auxiliar os decisores no processo de tomada de decisão sobre *smart cities*.

**E**stando a componente empírica da presente dissertação concluída, este último capítulo pretende evidenciar as principais conclusões do estudo desenvolvido. Desta forma, são expostos os principais resultados e as limitações do estudo, seguindo-se uma breve apresentação das reflexões e implicações do modelo desenvolvido para a gestão de *smart cities*. Para finalizar, serão levantadas algumas recomendações para uma futura investigação.

#### 5.1. Principais Resultados e Limitações do Estudo

As *smart cities* são sistemas complexos que resultam da interação e conexão de um conjunto de estratégias urbanas, com o intuito de recuperar a qualidade de vida da população que habita em centros citadinos com o auxílio de tecnologias de ponta e inovação. Pretendendo solucionar os problemas advindos da alta densidade populacional e da urbanização, devemos ter em consideração um conjunto elevado de fatores para que se consigam pôr em prática políticas que tenham em consideração a vertente económica, ambiental e social das cidades. Face à elevada complexidade da temática em estudo, algo que dificulta o processo de tomada de decisão, parece pertinente o recurso a metodologias que analisem as *smart cities* e que auxiliem os decisores a tomar decisões conscientes e sustentadas a seu respeito. Neste sentido, a presente dissertação cumpriu com o seu principal objetivo de ***desenvolver um modelo multicritério que auxilie a análise dos determinantes de smart city, através da aplicação de técnicas de mapeamento cognitivo e da técnica DEMATEL***. Este modelo de avaliação revela ser um método inovador, uma vez que, até ao momento, não existem estudos que combinem técnicas de mapeamento cognitivo com a DEMATEL para a temática apresentada. Para tal, realizaram-se duas sessões com um painel de especialistas com experiência e conhecimento em *smart cities*, tendo sido partilhados pontos de vista e visões acerca do tema e que serviram de base para a aplicação das metodologias mencionadas.

Desta forma, a presente dissertação foi formalmente estruturada em cinco capítulos. O *Capítulo 1* consiste na introdução do estudo efetuado, na qual é enquadrado o tema *smart*

*city*. Para além disto, foram definidos os objetivos principais e de suporte da investigação, foi apresentada a metodologia a ser aplicada, foi definida a estrutura da dissertação e, por fim, foi enunciada a base epistemológica e os resultados esperados com esta investigação. No *Capítulo 2* foi apresentada a revisão de literatura sobre *smart cities* e os impactos socioeconómicos que as mesmas geram. Neste capítulo, foram também analisados alguns dos estudos já realizados nesta área, sendo possível identificar as limitações gerais e apresentar uma metodologia que as colmate. O *Capítulo 3* faz o enquadramento metodológico, analisando a abordagem MCDA e os contributos que esta tem para a análise dos determinantes de *smart city*. Para a estruturação de problemas complexos foi utilizada a abordagem SODA e técnicas de mapeamento cognitivo. Por fim, foi apresentada a técnica DEMATEL, tendo sido analisados os seus princípios, vantagens, limitações e possíveis contributos para a elaboração do modelo. O *Capítulo 4* materializa a componente empírica. Numa fase inicial, é definido e estruturado o problema de decisão. De seguida, foram aplicadas as técnicas de mapeamento cognitivo e a técnica DEMATEL, através de duas sessões presenciais com um painel de especialistas. Depois das sessões, foram obtidos e analisados os resultados e, por fim, elaboradas recomendações relativas ao modelo desenvolvido. O *Capítulo 5* apresenta as conclusões principais do estudo, incluindo uma análise dos resultados e das principais limitações do sistema implementado. Também são identificadas as principais reflexões e implicações práticas do modelo desenvolvido para a análise dos determinantes de *smart cities* e, por fim, sugeridas linhas para uma futura investigação.

Relativamente aos principais resultados advindos da presente dissertação, pode concluir-se que os *clusters* identificados vão ao encontro do que está presente na literatura (*i.e.*, tecnologia, mobilidade, pessoas, energia e ambiente, *governance* e economia). Para além disto, o modelo desenvolvido conseguiu colmatar algumas limitações existentes na literatura, utilizando uma metodologia que comporta aspetos objetivos e subjetivos. Foi possível alcançar um número mais vasto de determinantes de *smart city* e analisar as relações de causalidade e impacto entre os fatores em estudo. Para o efeito, este modelo será uma ferramenta bastante útil ao nível do processo de tomada de decisão na área das *smart cities*.

No que concerne às limitações inerentes ao presente estudo, estas estão relacionadas com a obtenção de informação utilizada para a criação do mapa cognitivo e para a realização da análise DEMATEL dos determinantes. Esta informação advém do conhecimento de um conjunto de especialistas sobre a temática, não havendo uma base teórica sustentada, uma vez que existe um carácter contextual e subjetivo inerente ao processo. Seguindo uma

perspetiva construtivista, deve haver a precaução na extrapolação dos resultados. Quanto aos resultados alcançados com a técnica DEMATEL, os mesmos são absolutos e não possibilitam fazer simulações de cenários aquando o investimento num ou noutra campo. Num contexto prático, estas simulações seriam uma mais-valia. Contudo, estruturou-se um modelo que engloba um conjunto de variáveis abrangente e que pode ser adaptado, atualizado e corrigido sempre que necessário, o que possibilita a sua adaptação a diferentes contextos.

Em suma, importa realçar que o objetivo desta dissertação não passa pela obtenção de soluções ótimas, mas sim de soluções que se baseiem na partilha de experiências e de conhecimentos entre decisores e pela adoção de novas abordagens que possibilitem a análise mais detalhada das *smart cities*. Neste sentido, parece evidente que a utilização de técnicas multicritério foi uma mais-valia. No próximo ponto serão apresentadas as principais reflexões e implicações do modelo desenvolvido.

## **5.2. Reflexões e Implicações**

Durante a revisão de literatura, foi possível identificar que a temática em estudo (*i.e.*, as *smart cities*), para além de ser relativamente recente, tem um enorme potencial de investigação. Tal facto confirmou-se com a análise de alguns estudos realizados na área, verificando-se, também, que não existem metodologias isentas de limitações e, por isso, é possível aplicar novas abordagens.

A presente dissertação aplicou uma metodologia assente na abordagem MCDA, utilizando em simultâneo mapas cognitivos e a técnica DEMATEL. Esta última efetua análises dinâmicas das relações de causalidade e de impacto entre critérios e subcritérios de avaliação, garantindo a interdependência entre fatores e auxiliando na construção de um mapa que reflita essas relações. Nas sessões com o painel de especialistas, os mesmos demonstraram curiosidade e interesse pelas técnicas aplicadas, envolvendo-se em todo o processo e garantindo que os resultados obtidos espelhavam as suas convicções. A aplicação da técnica DEMATEL possibilitou a análise minuciosa e detalhada das diferentes relações de causalidade e de impacto entre os determinantes de *smart city*, algo que permitiu identificar quais são os *clusters* causas e efeitos, mais e menos importantes dentro do modelo desenvolvido e onde se deve investir para que a gestão de uma *smart city* seja mais eficiente e melhora, efetivamente, a sua *performance*. Vale a pena reforçar que um dos principais

contributos deste estudo assenta na aplicação da abordagem MCDA, com características construtivistas e com convicções de que a aprendizagem é adquirida através da participação.

Este estudo permitiu desenvolver um modelo que suporta a análise dos determinantes de *smart city*, com o recurso a técnicas multicritério que estruturaram o problema – através de mapas cognitivos – e que o avaliaram, através da técnica DEMATEL, permitindo, desta forma, que o processo de decisão seja mais robusto, claro, estruturado, transparente e que a análise destes determinantes proporcione o aumento da *smartness* urbana.

Este modelo torna-se uma mais-valia para a gestão das cidades e para a satisfação das necessidades das pessoas, do ambiente e de aspetos económicos, pretendendo dar resposta aos obstáculos advindos da rápida urbanização, do aumento desregulado da população e da escassez de recursos. Trata-se, por isso, de uma ferramenta relevante para ser aplicada no contexto atual das cidades, visto que é de fácil utilização e compreensão e permite a identificação dos critérios mais importantes para cada cidade, melhorando a sua eficiência, sustentabilidade e habitabilidade. Deve, ainda, ser realçado que existe a possibilidade de reajustar qualquer fase do processo, revelando a adaptabilidade e a transparência do modelo desenvolvido quando aplicado em diferentes contextos. No último ponto desta dissertação serão levantadas algumas linhas para futura investigação.

### **5.3. Linhas para Futura Investigação**

Com a análise dos resultados obtidos com o presente estudo, parecem inquestionáveis os benefícios da utilização integrada de mapas cognitivos com a técnica DEMATEL para a análise dos determinantes de *smart city*. Contudo, esta metodologia baseia-se no conhecimento e experiência de um conjunto de especialistas que partilharam opiniões nas duas sessões desenvolvidas. Desta forma, os resultados alcançados no presente estudo, apesar de poderem ser o ponto de partida para futuras investigações relacionadas com a temática, estão sujeitos à subjetividade e estão dependentes do contexto em que o painel se insere. Com base nesta premissa – e dado que não existem metodologias isentas de limitações – seria interessante, numa futura investigação, replicar este estudo com um painel de especialistas diferente e em contextos geográficos diferentes. Desta forma, poderia ser feita a comparação de resultados e de realidades, sendo possível conhecer as melhores práticas no que diz respeito à gestão de *smart cities*.

Para além disto, estas técnicas vão evoluindo ao longo do tempo e, por isso, admite-se a possibilidade de utilizar uma técnica mais recente numa futura investigação, desde que a sua aplicação seja adequada à temática em questão. Saliendo uma das desvantagens levantadas na sessão de validação, seria interessante utilizar, juntamente com as técnicas utilizadas neste estudo, uma técnica que permita simular cenários, sendo uma mais-valia no processo de tomada de decisão e num contexto mais prático.

Cumprido o objetivo da construção de um modelo multicritério que analise os determinantes de *smart city*, podemos concluir que os resultados alcançados são, de facto, importantes para os decisores interessados em *smart cities*, dada a robustez, a transparência e o carácter construtivista do modelo desenvolvido, sendo sempre possível efetuar ajustes e melhorias. Com efeito, qualquer contributo que torne esta investigação mais completa, será sempre bem acolhido no aprofundamento da temática.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackermann, F. & Eden, C. (2001), SODA – Journey making and mapping in practice, in Rosenhead, J. & Mingers, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, Chichester, John Wiley & Sons, 43-60.
- Ackermann, F. (2012), Problem structuring methods “in the dock”: Arguing the case for soft OR, *European Journal of Operational Research*, Vol. 219(3), 652-658.
- Ahvenniemi, H.; Huovila, A.; Pinto-Seppä, I. & Airaksinen, M. (2017), What are the differences between sustainable and smart cities?, *Cities*, Vol. 60, 234-245.
- Albino, V.; Berardi, U. & Dangelico, M. (2015), Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives, *Journal of Urban Technology*, Vol. 22(1), 3-21.
- Atthirawong, W.; Panprung, W. & Leerojanaprapa, K. (2018), Using DEMATEL to explore the relationship of factors affecting consumers’ behaviors in buying green products, *Proceedings 32<sup>nd</sup> European Conference on Modelling and Simulation*, Germany, 317-322.
- Axelsson, K. & Granath, M. (2018), Stakeholders’ stake and relation to smartness in smart city development: Insights from a Swedish city planning project, *Government Information Quarterly*, Vol. 35, 693-702.
- Bakır, N.; Doğan, U.; Güngör, M. & Bostancı, B. (2018), Planned development versus unplanned change: The effects on urban planning in Turkey, *Land Use Policy*, Vol. 77, 310-321.
- Bana e Costa, C. & Beinát, E. (2011), Métodos e técnicas de análise regional, in Costa, S.; Nijkamp, P. & Dentinho, T. (Eds.), *Compêndio da Economia Regional*, Lisboa, Principia, 611-645.
- Bana e Costa, C. & Nunes da Silva, F. (1994), Processo de apoio à decisão: Actores e acções; estruturação e avaliação, *Investigação Operacional*, Vol. 14(2), 115-131.
- Bana e Costa, C. (1993a), *Três Convicções Fundamentais na Prática de Apoio à Decisão*, Lisboa: CESUR/UTL.
- Bana e Costa, C. (1993b), *Processo de Apoio à Decisão: Actores e Acções, Avaliação de Projectos e Decisão Pública*, Fascículo II, AEIST/UTL.
- Bana e Costa, C. (1994), Concepção de uma ‘boa’ alternativa de ligação ferroviária ao porto de Lisboa: Uma aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão e à negociação e avaliação, *Investigação Operacional*, Vol. 14(2), 115-131.

- Bana e Costa, C.; Ensslin, L.; Corrêa, E. & Vansnick, J. (1999), Decision support systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process, *European Journal of Operational Research*, Vol. 113(2), 315-335.
- Bana e Costa, C.; Stewart, T. & Vansnick, J. (1997), Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings, *European Journal of Operational Research*, Vol. 99(1), 28-37.
- Batagan, L. (2011), Smart cities and sustainability models, *Revista de Informatica Economica*, Vol. 15(3), 80-87.
- Baykasoglu, A.; Kaplanoglu, V.; Durmusoglu, Z. & Sahin, C. (2013), Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, 899-907.
- Belton, V. & Stewart, T. (2002), *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Beretta, I. (2018), The social effects of eco-innovations in Italian smart cities, *Cities*, Vol. 72, 115-121.
- Bonafoni, S.; Baldinelli, G. & Verducci, P. (2017), Sustainable strategies for smart cities: Analysis of the town development effect on surface urban heat island through remote sensing methodologies, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 29, 211-218.
- Bouyssou, D. (2005), OR in war and peace: The British experience from 1930s to 1970, *European Journal of Operational Research*, Vol. 161, 292-294.
- Brundtland Report (1987), *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford: Oxford University.
- Cabanillas, F.; Aliseda, J.; Gallego, J. & Jeong, J. (2013), Comparison of regional planning strategies: Countywide general plans in USA and territorial plans in Spain, *Land Use Policy*, Vol. 30, 758-773.
- Camboim, G.; Zawislak, P. & Pufal, N. (2019), Driving elements to make cities smarter: Evidences from European projects, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 142, 154-167.
- Caragliu, A. & Bo, C. (2012), Smartness and European urban performance: Assessing the local impacts of smart urban attributes, *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, Vol. 25(2), 97-113.
- Caragliu, A.; Bo, C. & Nijkamp, P. (2011), Smart cities in Europe, *Journal of Urban Technology*, Vol. 18(2), 65-72.

- Carli, R.; Dotoli, M.; Pellegrino, R. & Ranieri, L. (2013), Measuring and managing the smartness of cities: A framework for classifying performance indicators, *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, October 13-16, Manchester, UK, 1288-1293.
- Carlucci, D.; Schiuma, G.; Gavrilova, T. & Linzalone, R. (2013), A fuzzy cognitive map based approach to disclose value creation dynamics of ABIs, *Proceedings of the 8th International Forum on Knowledge Asset Dynamics*, June 12-14, Zagreb, Croatia, 207-219.
- Checkland, P. (1985), From optimizing to learning: A development of systems thinking for the 1990s, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 36(9), 757-767.
- Chen, C. (2012), Using DEMATEL method for medical tourism development in Taiwan, *American Journal of Tourism Research*, Vol. 1(1), 26-32.
- Chuan-Tao, Y.; Zhang, X.; Hui, C.; Jing-Yuan, W.; Daven, C. & Bertrand, D. (2015), A literature survey on smart cities, *Science China – Information Sciences*, Vol. 58, 1-18.
- Cinelli, M.; Coles, S. & Kirwan, K. (2014), Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment, *Ecological Indicators*, Vol. 46, 138-148.
- Cohen, B. (2015), Urbanization, city growth, and the new United Nations development agenda, *Cornerstone*, Vol. 3(2), 4-7.
- Corner, J.; Buchanan, J. & Henig, M. (2001), Dynamic decision problem structuring, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, Vol. 10(3), 129-141.
- Crankshaw, O. & Borel-Saladin, J. (2019), Causes of urbanisation and counter-urbanisation in Zambia: Natural population increase or migration?, *Urban Studies*, Vol. 56(10), 2005-2020.
- Cronin, K.; Midgley, G. & Jackson, L. (2014), Issues mapping: A problem structuring method for addressing science and technology conflicts, *European Journal of Operational Research*, Vol. 233(1), 145-158.
- Dalalah, D.; Hajaneh, M. & Batieha, F. (2011), A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, 8384-8391.
- Dalvi-Esfahani, M.; Niknafs, A.; Kuss, D.; Nilashi, M. & Afrough, S. (2019), Social media addiction: Applying the DEMATEL approach, *Telematics and Informatics*, Vol. 43, 1-14.

- Dameri, R.; Benevolo, C.; Veglianti, E. & Li, Y. (2019), Understanding smart cities as a glocal strategy: A comparison between Italy and China, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 142, 26-41.
- Deng, Y.; Fu, B. & Sun, C. (2018), Effects of urban planning in guiding urban growth: Evidence from Shenzhen, China, *Cities*, Vol. 83, 118-128.
- Eden, C. (1994), Cognitive mapping and problem structuring for system dynamics model building, *System Dynamics Review*, Vol. 10(2/3), 257-276.
- Eden, C. (2004), Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 159(3), 673-686.
- Ensslin, L.; Dutra, A. & Ensslin, S. (2000), MCDA: A constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency, *International Transactions in Operational Research*, Vol. 7(1), 79-100.
- Eremia, M.; Toma, L. & Sanduleac, M. (2017), The smart city concept in the 21st century, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, Vol. 181, 12-19.
- Ergazakis, M.; Metaxiotis, M. & Psarras, J. (2004), Towards knowledge cities: Conceptual analysis and success stories, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 8(5), 5-15.
- Estrada, E.; Maciel, R.; Ortíz-Zezzatti, C.; Bernabe-Loranca, B.; Oliva, D. & Larios, V. (2018), Smart city visualization tool for the open data georeferenced analysis utilizing machine learning, *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, Vol. 9(2), 25-40.
- Falatoonitoosi, E.; Leman, Z.; Sorooshian, S. & Salimi, M. (2013), Decision-making trial and evaluation laboratory, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Vol. 5(13), 3476-3480.
- Fan, P.; Ouyang, Z.; Nguyen, D.; Nguyen, T.; Park, H. & Chen, J. (2019), Urbanization, economic development, environmental and social changes in transitional economies: Vietnam after Doimoi, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 187, 145-155.
- Fernandes, I.; Ferreira, F.; Bento, P.; Jalali, M. & António, N. (2018), Assessing sustainable development in urban areas using cognitive mapping and MCDA, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 25(3), 216-226.
- Ferreira, F. & Jalali, M. (2015), Identifying key determinants of housing sales and time-on-the-market (TOM) using fuzzy cognitive mapping, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 19(3), 235-244.

- Ferreira, F. (2011), *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Decisão*, Faro: Universidade do Algarve.
- Ferreira, F.; Jalali, M. & Ferreira, J. (2016a), Experience-focused thinking and cognitive mapping in ethical banking practices: From practical intuition to theory, *Journal of Business Research*, Vol. 69(11), 4953-4958.
- Ferreira, F.; Jalali, M. & Ferreira, J. (2016b), Integrating qualitative comparative analysis (QCA) and fuzzy cognitive maps (FCM) to enhance the selection of independent variables, *Journal of Business Research*, Vol. 69(4), 1471-1478.
- Ferreira, F.; Marques, C.; Bento, P.; Ferreira, J. & Jalali, M. (2015), Operationalizing and measuring individual entrepreneurial orientation using cognitive mapping and MCDA techniques, *Journal of Business Research*, Vol. 68(12), 2591-2702.
- Ferreira, F.; Santos, S. & Rodrigues, P. (2011a), Adding value to bank branch performance evaluation using cognitive maps and MCDA: A case study, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 62(7), 1320-1333.
- Ferreira, F.; Santos, S. & Rodrigues, P. (2011b), From traditional operational research to multiple criteria decision analysis: Basic ideas on an evolving field, *Problems and Perspectives in Management*, Vol. 9(3), 114-121.
- Ferreira, F.; Spahr, R. & Sunderman, M. (2016c), Using multiple criteria decision analysis (MCDA) to assist in estimating residential housing values, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 20(4), 354-370.
- Ferreira, F.; Spahr, R.; Santos, S. & Rodrigues, P. (2012), A multiple criteria framework to evaluate bank branch potential attractiveness, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 16(3), 254-276.
- Fontela, E. & Gabus, A. (1974), *DEMATEL, Innovative Methods: Structural Analysis of the World Problematique (Methods)*, Geneva, Switzerland: Battelle Institute Geneva Research Center.
- Gabus, A. & Fontela, E. (1972), *World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL*, Geneva, Switzerland: Battelle Institute Geneva Research Center.
- Garcia, J.; Pardo, T., & Nam, T. (2015), What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization, *Information Polity*, Vol. 20(1), 61-87.
- Grossi, G. & Pianezzi, D. (2017), Smart cities: Utopia or neoliberal ideology?, *Cities*, Vol. 69, 79-85.

- Hajduk, S. (2016), The concept of a smart city in urban management, *Business, Management and Education*, Vol. 14(1), 34-49.
- Hollands, R. (2008), Will the real smart city please stand up? City: analysis of urban trend, culture, theory, policy, *Action*, Vol. 12(3), 303-320.
- Hsu, C.; Kuo, T.; Chen, S. & Hu, A. (2013), Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 56, 164-172.
- Huang, C.; Shyu, Z. & Tzeng, H. (2007), Reconfiguring the innovation policy portfolios for Taiwan's SIP mall industry, *Technovation*, Vol. 27(12), 744-765.
- Huang, L.; Wu, J. & Yan, L. (2015), Defining and measuring urban sustainability: A review of indicators, *Landscape Ecology*, Vol. 30(7), 1175-1193.
- Jackson, M. (2006), Beyond problem structuring methods: Reinventing the future of OR/MS, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57(7), 868-878.
- Keeney, R. (1992), *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making*, Harvard: Harvard University Press.
- Kijewska, K.; Torbacki W. & Iwan, S. (2018), Application of AHP and DEMATEL methods in choosing and analyzing the measures for the distribution of goods in Szczecin region, *Sustainability*, Vol. 10(2365), 1-26.
- Kourtit, K. & Nijkamp, P. (2012), Smart cities in the innovation age, *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, Vol. 25(2), 93-95.
- Kourtit, K.; Nijkamp, P. & Arribas, D. (2012), Smart cities in perspective: A comparative European study by means of self-organizing maps, *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, Vol. 25(2), 229-246.
- Kpoumié, A.; Damart, S. & Tsoukiàs, A. (2012), *Integrating Cognitive Mapping Analysis into Multi-Criteria Decision Aiding*, France: Laboratoire d'Analyses et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision.
- Kummitha, R. & Crutzen, N. (2017), How do we understand smart cities? An evolutionary perspective, *Cities*, Vol. 67, 43-52.
- Li, C. & Tzeng, G. (2009), Identification of interrelationship of key customers' needs based on structural model for services/ capabilities provided by a semiconductor-intellectual – PropertyMall, *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 215(6), 2001-2010.

- Li, Y.; Jia, L.; Wu, W.; Yan, J. & Liu, Y. (2018), Urbanization for rural sustainability e rethinking China's urbanization strategy, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 178, 580-586.
- Liang, W. & Yang, M. (2019), Urbanization, economic growth and environmental pollution: Evidence from China, *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, Vol. 21, 1-9.
- Lu, H.; Chen, C. & Yu, H. (2019), Technology roadmap for building a smart city: An exploring study on methodology, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 97, 727-742.
- Macke, J.; Casagrande, R.; Sarate, J. & Silva, K. (2018), Smart city and quality of life: Citizens' perception in a Brazilian case study, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 182, 717-726.
- Mackenzie, A.; Pidd, M.; Rooksby, J.; Sommerville, I.; Warren, I. & Westcombe, M. (2006), Wisdom, decision support and paradigms of decision making, *European Journal of Operational Research*, Vol. 170(1), 156-171.
- Marsal-Llacuna, M. (2016), City indicators on social sustainability as standardization technologies for smarter (citizen-centered) governance of cities, *Social Indicators Research*, Vol. 128(3), 1193-1216.
- Martin, C.; Evans, J. & Karvonen, A. (2018), Smart and sustainable? Five tensions in the visions and practices of the smart-sustainable city in Europe and North America, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 133, 269-278.
- Marttunen, M.; Lienert, J. & Belton, V. (2017), Structuring problems for multi-criteria analysis in practice: A literature review of method combinations, *European Journal of Operational Research*, Vol. 263(1), 1-17.
- Mattoni, B.; Gugliermetti, F. & Bisegna, F. (2015), A multilevel method to assess and design the renovation and integration of smart cities, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 15, 105-119.
- Miguel, B.; Ferreira, F.; Banaitis, A.; Banaitienė, N.; Meidutė-Kavaliauskienė, I. & Falcão, P. (2019), An expanded conceptualization of "smart" cities: Adding value with fuzzy cognitive maps, *E+M Economics and Management*, Vol. 22(1), 4-21.
- Mingers, J. & Rosenhead, J. (2004), Problem structuring methods in action, *European Journal of Operational Research*, Vol. 152(3), 530-554.

- Myeong, S.; Jung, Y. & Lee, E. (2018), A study on determinant factors in smart city development: An analytic hierarchy process analysis, *Sustainability*, Vol. 10(8): 2606, 1-17.
- Nam, T. & Pardo, T. (2011), Smart city as urban innovation: focusing on management, policy, and context, *Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Tallinn, Estonia, 185-194.
- Ochoa, J.; Tan, Y.; Qian, Q.; Shen, L. & Moreno, E. (2018), Learning from best practices in sustainable urbanization, *Habitat International*, Vol. 78, 83-95.
- Patil, S. & Kant, R. (2014), A hybrid approach based on fuzzy DEMATEL and FMCDM to predict success of knowledge management adoption in supply chain, *Applied Soft Computing*, Vol. 18, 126-135.
- Peter, L. & Yang, Y. (2019), Urban planning historical review of master plans and the way towards a sustainable city: Dar es Salaam, Tanzania, *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 8(3), 359-377.
- Phillis, Y.; Kouikoglou, V. & Verdugo, C. (2017), Urban sustainability assessment and ranking cities, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 64, 254-265.
- Prestamburgo, S.; Sgroi, F. & Zanin, C. (2019), Anthropic space and design for all: New knowledge paths for urban planning strategies, *Science of the Total Environment*, Vol. 663, 944-949.
- Rosenhead, J. (2006), Past, present and future of problem structuring methods, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57(7), 759-765.
- Roy, B. (2005), Paradigms and challenges, in Figueira, J., Greco, S. & Ehrogott, M. (Eds.), *Multicriteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Santos, S. (2002), Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22(11), 1246-1272.
- Scheubrein, R. & Zionts, S. (2006), A problem structuring front end for a multiple criteria decision support system, *Computers & Operations Research*, Vol. 33(1), 18-31.
- Schuler, D. (2002), Digital cities and digital citizens, in Tanabe, M.; Van den Besselaar, P. & Ishida, T. (Eds.), *Digital Cities II: Computational and Sociological Approaches*, Vol. 2362, 71-85.
- Shieh, J.; Wub, H. & Huang, K. (2010), A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 23, 277-282.

- Si, S.; You, X; Liu, H. & Zhang, P. (2018), DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2018, 1-33.
- Šiurytė, A. & Davidavičienė, V. (2016), Na analysis of key factors in developing a smart city, *Science – Future of Lithuania*, Vol. 8(2), 254-262.
- Sujata, J.; Saksham, S.; Tanvi, G. & Shreya (2016), Developing smart cities: An integrated framework, *Procedia Computer Science*, Vol. 93, 902-909.
- Swan, J. (1997), Using cognitive mapping in management research: Decisions about technical innovation, *British Journal of Management*, Vol. 8(2), 183-198.
- Tolman, E. (1948), Cognitive maps in rats and men, *Psychological Review*, Vol. 55(4), 189-208.
- Toschi, G.; Campos, L. & Cugnasca, C. (2017), Home automation networks: A survey, *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 50, 42-54.
- Turban, E. (1995), *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, New Jersey: Prentice Hall.
- Tzeng, G.; Chiang, C. & Li, C. (2007), Evaluating intertwined effects in e-learning programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL, *Expert Systems with Applications*, Vol. 32(4), 1028-1044.
- Vincke, P. (1992), *Multicriteria Decision-Aid*, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Wang, S. & Moriarty, P. (2019), Energy savings from smart cities: A critical analysis, *Energy Procedia*, Vol. 158, 3271-3276.
- Watróbski, J.; Jankowski, J.; Ziemba, P.; Karczmarczyk, A. & Ziolo, M. (2018), Generalised framework for multi-criteria method selection, *Omega – The International Journal of Management Science*, Vol. 86, 107-124.
- Wong, C. (2010), Cognitive mapping on user interface design, *Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics*, 28-29 December, France, Paris, 288-293.
- Wu, H. & Tsai, Y. (2011), A DEMATEL method to evaluate the causal relations among the criteria in auto spare parts industry, *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 218, 2334-2342.
- Wu, W. & Lee, Y. (2007), Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method, *Expert Systems with Applications*, Vol. 32, 499-507.

- Wu, W.; Lan, L. & Lee, Y. (2011), Exploring decisive factors affecting an organization's SaaS adoption: a case study, *International Journal of Information Management*, Vol. 31(6), 556-563.
- Wu, W.; Lan, L. & Lee, Y. (2013), Factors hindering acceptance of using cloud services in university: a case study, *Electronic Library*, Vol. 31(1), 84-98.
- Xu, Q.; Zheng, X. & Zheng, M. (2019), Do urban planning policies meet sustainable urbanization goals? A scenario-based study in Beijing, China, *Science of the Total Environment*, Vol. 670, 498-507.
- Yang, Y.; Shieh, H.; Leu, J. & Tzeng, G. (2008), A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications, *International Journal Operational Research*, Vol. 5(3), 160-168.
- Yazdi, M.; Nedjati, A.; Zarei, E. & Abbassi, R. (2020), A novel extension of DEMATEL approach for probabilistic safety analysis in process systems, *Safety Science*, Vol. 121, 119-136.
- Yigitcanlar, T. & Kamruzzaman, M. (2015), Planning, development and management of sustainable cities: A commentary from the guest editors, *Sustainability*, Vol. 7(11), 14677-14688.
- Yigitcanlar, T.; Kamruzzaman, M.; Buys, L.; Ioppolo, G.; Sabatini-Marques, J.; Costa, E. & Yun, J. (2018), Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework, *Cities*, Vol. 81, 145-160.
- Yigitcanlar, T.; Kamruzzaman, M.; Foth, M.; Sabatini-Marques, J.; Costa, E. & Ioppolo, G. (2019), Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 45, 348-365.
- Zheng, W. & Walsh, P. (2019). Economic growth, urbanization and energy consumption: A provincial level analysis of China, *Energy Economics*, Vol. 80, 153-162.
- Zhou, Q.; Huang, W. & Zhang, Y. (2011), Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method, *Safety Science*, Vol. 49(2), 243-252.
- Zhu, Z.; Zhou, Y.; Seto, K.; Stokes, E.; Deng, C.; Pickett, S. & Taubenböck, H. (2019), Understanding an urbanizing planet: Strategic directions for remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 228, 164-182.