

UMA ABORDAGEM HOLÍSTICA AO CONCEITO DE “*SMART CITY*” COM RECURSO A MAPAS COGNITIVOS *FUZZY*

Bárbara Pires Miguel

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

Maio 2018

UMA ABORDAGEM HOLÍSTICA AO CONCEITO DE “*SMART CITY*” COM RECURSO A MAPAS COGNITIVOS *FUZZY*

Bárbara Pires Miguel

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

Maio 2018

AGRADECIMENTOS



gradecer é reconhecer que todo este trabalho não é só nosso; é de todos os que, de alguma forma, estiveram connosco. A concretização da presente dissertação assinala a conclusão de mais uma etapa marcante da minha vida. Esta só foi possível devido à ajuda e participação de diversas pessoas que, como já referi, de alguma forma, passaram por ela.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais e à minha irmã. Sem eles, esta concretização não teria sido possível, pois foram eles que me proporcionaram a possibilidade de estudar e de chegar até aqui, acompanhando-me incondicionalmente e transmitindo-me sempre a força e a coragem que eu precisava para continuar. Quero também agradecer de forma especial ao Bruno Fonseca, pelo apoio incondicional, encorajamento e capacidade enorme de compreensão ao longo destes anos.

Em segundo lugar, quero agradecer a todos os meus amigos, em particular à Mariana Castanho e à Rita Teixeira, que me acompanharam desde o início na realização desta dissertação. Ambas estiveram sempre disponíveis para me ouvir e deram-me ânimo para nunca desistir. Obrigada, do fundo do coração, por tudo!

Um agradecimento especial é também dirigido ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, pela sua capacidade de orientação, inteira disponibilidade, dedicação, paciência e confiança que depositou em mim. Foi um privilégio ter a oportunidade de poder trabalhar e aprender consigo.

Quero ainda agradecer aos membros do painel de decisores: Ana Cardoso, Bernardo Paiva, Francisco Manso, Francisco Pombas, Luís Carvalho e Lea Lima, pela sua disponibilidade, flexibilidade, dedicação e partilha de experiências nas sessões de grupo. Só assim foi possível a realização da componente empírica da presente dissertação. Agradeço também ao Professor Guillermo Pérez-Bustamante e à Professora Blanca Pérez-Gladish, ambos da Universidade de Oviedo, Espanha, pelas sugestões e pelos comentários feitos sobre os resultados alcançados.

A todos,
O meu Muito Obrigada!

UMA ABORDAGEM HOLÍSTICA AO CONCEITO DE “*SMART CITY*” COM RECURSO A MAPAS COGNITIVOS *FUZZY*

RESUMO

O crescimento da população mundial é uma questão preocupante. As suas consequências podem ser dramáticas se as devidas medidas não forem tomadas. Esta preocupação levou à criação de *smart cities*, que visam promover a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos por meio da junção das novas tecnologias com a preservação do meio ambiente. Mas, para que essas cidades sejam realmente “*smart*”, é necessário avaliá-las – ou seja, é necessário compreender quais as áreas em que se deve intervir para tornar as cidades economicamente estáveis e ambientalmente sustentáveis. Nesse sentido, este estudo propõe o uso de mapas cognitivos *fuzzy* (FCMs) para analisar a dinâmica por detrás dos determinantes de uma *smart city*. Baseado em sessões intensivas de trabalho em grupo com um painel de especialistas em diferentes dimensões de uma *smart city*, o resultado é uma abordagem orientada para o processo, bem informada e que contém as características/componentes-chave que devem ser avaliadas neste tipo de cidade, nomeadamente: *pessoas; planeamento e ambiente; tecnologia; infraestruturas e materiais; serviços; e transportes e mobilidade*. A identificação destas componentes permitiu, assim, uma melhor compreensão das relações de causa-efeito existentes entre si e, conseqüentemente, estabelecer as bases para um melhor planeamento urbano por parte dos administradores municipais. Algumas das implicações práticas do estudo, assim como as vantagens e as limitações da abordagem proposta, são também apresentadas.

Palavras-Chave: Apoio à Tomada de Decisão; Dinâmicas Causa-Efeito; Mapas Cognitivos *Fuzzy*; *Smart City*; *Smart Economy*; *Smart Governance*; *Smart Mobility*; *Smart Environment*; *Smart People*; *Smart Living*.

AN EXPANDED CONCEPTION OF “SMART CITY”: ADDING VALUE WITH FUZZY COGNITIVE MAPS

ABSTRACT

The world’s rapidly growing population is an issue to be taken seriously. Its consequences could be dramatic if the required steps are not taken. Concerns about this problem have led to the creation of “smart” cities, which promote improvements in citizens’ quality of life through a combination of new technologies and environmentally sustainable practices. For these cities to be truly “smart”, they need to be evaluated in order to understand the areas in which interventions are necessary to make these cities economically stable and environmentally sustainable. Thus, this study proposed the use of fuzzy cognitive maps to analyze the dynamics behind smart cities’ components. Grounded in intensive group meetings with a panel of experts in different dimensions of these cities, the method applied produced a well-informed, process-oriented framework that contains the characteristics and/or components that should be assessed in this type of city. This result facilitates an improved understanding of smart cities’ cause-and-effect relationships and better strategic planning by urban planners and city administrators. The implications, advantages, and limitations of the proposed framework are also presented.

Keywords: Cause-and-Effect Dynamics; Decision Aid; Fuzzy Cognitive Mapping; Smart City; Smart Economy; Smart Governance; Smart Mobility; Smart Environment; Smart People; Smart Living.

SUMÁRIO EXECUTIVO

A população mundial continua a aumentar. Estima-se que, nos próximos trinta anos, mais de metade da população resida nos grandes centros urbanos (Faria *et al.*, 2018). Tal facto pode conduzir a vários problemas, como o aumento do tráfego a nível de pessoas e transportes, assim como o aumento da poluição, algo que origina alterações climáticas. Assim, para combater essas situações, surgiu o conceito de *Smart City*, definido como um ecossistema que visa melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, reunindo tecnologia, sustentabilidade e infraestruturas físicas (Estrada *et al.*, 2018). Nessas cidades, a existência de novas tecnologias, desde a *Internet-of-Things* (IoT) (que permite a conexão de todas as coisas) até à domótica (ou seja, a facilidade dos cidadãos em gerir o seu dia-a-dia através das suas casas) é crucial. A nível económico, estas cidades promovem o crescimento económico, desenvolvendo soluções inteligentes que tornam os negócios mais prósperos e eficientes. Numa perspetiva social, estas cidades também desempenham um papel importante, uma vez que o seu principal objetivo é melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. No entanto, é necessário que os cidadãos estejam dispostos a aceitar essas inovações (ou seja, serem *smart citizens*). Além disso, estas cidades são também essenciais na preservação do meio ambiente, pois visam enfrentar a escassez dos recursos naturais por meio de alternativas. Assim, ao combinar os aspetos sociais e económicos com o meio ambiente, estas cidades visam ser capazes de atingir o seu objetivo e, para isso, têm de tomar decisões. Para que essas decisões sejam mais informadas e eficientes, é necessário avaliar as *smart cities* e, para tal, têm vindo a ser desenvolvidos vários estudos para compreender quais os indicadores que devem ser considerados no processo de avaliação de *smart cities*. No entanto, a existência de indicadores “soltos”, que medem apenas algumas das áreas destas cidades, não é suficiente, como sugerem os estudos realizados até ao momento. Portanto, a presente investigação propõe o desenvolvimento de uma abordagem inovadora e integrada, que permite analisar as *smart cities* nas mais variadas dimensões. Mais concretamente, este estudo sugere o uso das técnicas de mapeamento cognitivo para fornecer uma perspetiva holística do conceito *smart city*, por forma a combater as limitações identificadas nos estudos já existentes. Ao recorrer ao mapeamento cognitivo – mais especificamente, aos

fuzzy cognitive maps (FCMs) – pretende-se que estes modelos de avaliação possibilitem que os gestores consigam pensar de forma mais crítica, ampla e profunda. Na prática, estes modelos de análise e avaliação seguem uma lógica epistemológica construtivista, orientada concretamente para o processo de apoio à tomada de decisão. Os FCMs são apresentados como uma extensão dos mapas cognitivos tradicionais e permitem a mensuração das relações de causa-efeito entre os critérios. Para além disso, apresentam várias vantagens, como: (1) capacidade de simplificar ambientes de decisão complexos, integrando as perspetivas dos diversos intervenientes; (2) possibilidade de adicionar novos conceitos quando se verificar que o mapa esteja incompleto ou incorreto; e (3) maior transparência na forma como a informação é integrada e estruturada, algo que origina uma tomada de decisão tendencialmente mais informada e abrangente. Todavia, apesar de apresentar inúmeras vantagens, esta abordagem não está isenta de limitações como, por exemplo, a elevada dependência contextual. Operacionalmente, a aplicação desta metodologia, no âmbito da presente dissertação, passou pela realização de duas sessões presenciais com um painel de decisores, constituído por seis especialistas. A primeira sessão de trabalho começou com uma breve explicação da metodologia a utilizar. Foi ainda apresentada a seguinte *trigger question*: “Com base nos seus valores e experiência pessoal, quais devem ser as características da melhor ‘smart city’?”, à qual se seguiu a aplicação da “técnica dos *post-its*”. Esta partilha de conhecimentos entre os participantes possibilitou a construção de um mapa cognitivo de grupo. Já na segunda sessão de trabalho, foi dada a oportunidade de os especialistas analisarem detalhadamente o mapa e, sempre que necessário, alterar e/ou eliminar conceitos. Também na segunda sessão, foi pedido aos decisores que mensurassem as relações de causalidade dos critérios identificados, num intervalo entre -1 e 1, conforme indicado na literatura. Após concluídas as duas sessões de trabalho, e tendo por base as análises feitas aos dados recolhidos, concluiu-se que as componentes-chaves no desenvolvimento de uma *smart city* são: as *peçoas*; o *planeamento e ambiente*; a *tecnologia*; as *infraestruturas e materiais*; os *serviços*; e os *transportes e mobilidade*. Foram realizadas ainda diversas análises estáticas e dinâmicas, no sentido de compreender melhor as relações de causalidade entre os determinantes identificados. Posto isto, apesar das limitações identificadas, esta abordagem metodológica ostenta um grande potencial, apresentando inúmeras vantagens no âmbito das *smart cities*.

ÍNDICE GERAL

Principais Abreviaturas Utilizadas	XI
--	----

Capítulo 1 – Introdução Geral	1
-------------------------------------	---

1.1. Enquadramento Inicial	1
1.2. Objetivos de Investigação	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura	3
1.5. Resultados Esperados	4

Capítulo 2 – Revisão da Literatura	5
--	---

2.1. <i>Smart City</i> : Enquadramento e Conceitos de Base	5
2.2. Importância das <i>Smart Cities</i> para o Desenvolvimento Socioeconómico ..	10
2.3. Avaliação de <i>Smart Cities</i> : Fundamentos e Abordagens	13
2.4. Limitações Metodológicas Gerais	22
<i>Sinopse do Capítulo 2</i>	24

Capítulo 3 – Enquadramento Metodológico	25
---	----

3.1. Cognição Humana e Mapeamento Cognitivo	25
3.2. Mapas Cognitivos <i>Fuzzy</i>	31
3.3. Vantagens e Limitações dos Mapas Cognitivos <i>Fuzzy</i>	37
<i>Sinopse do Capítulo 3</i>	40

Capítulo 4 – Aplicação e Resultados	41
---	----

4.1. Definição do Problema de Decisão	41
4.2. Elaboração da Estrutura Cognitiva de Base	42
4.3. Definição e Análise das Dinâmicas Causais	46
4.4. Análise da Centralidade dos Determinantes de <i>Smart City</i>	49
4.5. Análise Dinâmica dos Determinantes de <i>Smart City</i>	50
4.5.1. Análise Dinâmica de <i>Clusters</i>	51
4.5.2. Análise Dinâmica <i>Inter-Cluster</i>	57

4.5.3. Análise Dinâmica <i>Intra-Cluster</i>	64
4.6. Validação, Limitações e Recomendações	68
<i>Sinopse do Capítulo 4</i>	70
Capítulo 5 – Conclusões, Recomendações e Investigação Futura	71
5.1. Principais Resultados e Limitações do Estudo	71
5.2. Síntese dos Principais Contributos da Investigação	72
5.3. Linhas para Futura Investigação	73
Referências Bibliográficas	75
Apêndice	84

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de uma <i>Smart City</i> na Visão da IoT	6
Figura 2 – <i>Smart City Framework</i>	8
Figura 3 – <i>The Smart Process – Oriented Methodology</i>	16
Figura 4 – Exemplo Parcial de um Mapa Cognitivo	29
Figura 5 – Exemplo de um Mapa Cognitivo <i>Fuzzy</i>	32
Figura 6 – Instantâneos da Primeira Sessão de Grupo	44
Figura 7 – Mapa Cognitivo de Grupo	45
Figura 8 – Instantâneos da Segunda Sessão de Grupo	47
Figura 9 – Estrutura de Base do FCM	48
Figura 10 – Análise dos Graus de Intensidade	49
Figura 11 – Análise Dinâmica de <i>Clusters: Pessoas e Planejamento e Ambiente</i>	52
Figura 12 – Análise Dinâmica de <i>Clusters: Tecnologia e Infraestruturas e Materiais</i> ..	53
Figura 13 – Análise Dinâmica de <i>Clusters: Serviços e Transportes e Mobilidade</i>	54
Figura 14 – Análise Dinâmica <i>Inter-Cluster</i>	58
Figura 15 – Análise Dinâmica <i>Inter-Cluster</i>	59
Figura 16 – Análise Dinâmica <i>Inter-Cluster</i>	60
Figura 17 – Análise Dinâmica <i>Inter-Cluster</i>	61

TABELAS

Tabela 1 – Métodos de Avaliação de <i>Smart Cities</i> : Contribuições e Limitações	20
Tabela 2 – Exemplo de uma Matriz Adjacente	34
Tabela 3 – Grau de Centralidade dos Critérios	50
Tabela 4 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Pessoas</i>	64
Tabela 5 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Planejamento e Ambiente</i>	65
Tabela 6 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Tecnologia</i>	65
Tabela 7 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Infraestruturas e Materiais</i>	66
Tabela 8 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Serviços</i>	67
Tabela 9 – Análise Dinâmica no <i>Cluster Transportes e Mobilidade</i>	68

PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS

CPS	– <i>Cyber Physical Systems</i>
EUA	– Estados Unidos da América
EPRI	– <i>Electric Power Research Institute</i>
FCM	– <i>Fuzzy Cognitive Map</i>
IBM	– <i>Internacional Business Machines</i>
IoT	– <i>Internet-of-Things</i>
KPI	– <i>Key Performance Indicator</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
SMART	– <i>Specify, Monitor, Analyse, Resolve and Transform</i>
SODA	– <i>Strategic Options Development and Analysis</i>
SUMO	– <i>Simulation of Urban Mobility</i>
TIC	– Tecnologias de Informação e Comunicação

1.1. Enquadramento Inicial

A preocupação com o meio ambiente tem sido uma constante para a comunidade mundial, pois a população continua a aumentar e os recursos naturais não conseguem acompanhar esse crescimento. Com o aumento da população a residir nas grandes cidades, também a qualidade de vida dos cidadãos tem sido uma preocupação, pois as cidades, como consumidores constantes de recursos, dependem de muitos recursos externos e esses são cada vez mais escassos (Albino *et al.*, 2015). Desta forma, torna-se pertinente apostar no desenvolvimento de *smart cities*, ou seja, cidades que permitam uma melhor qualidade de vida aos cidadãos e que, em simultâneo, promovam a sustentabilidade através de soluções tecnológicas eficientes. A existência destas cidades não influencia só o ambiente, mas também o desenvolvimento socioeconómico. De facto, como referem Lv *et al.* (2018: 443), “*the territory plays a decisive role in the allocation of the financial, technological, and human resources. With this, the optimization of the infrastructure planning and health resources and the combination knowledge is important*”. Todavia, para que as soluções implementadas sejam verdadeiramente “*smart*” (*i.e.*, inteligentes), é necessário tomar decisões. Essas decisões podem ser facilitadas e melhoradas através da existência de um modelo de avaliação integrado, que consiga identificar e avaliar as principais componentes a ter em atenção. Esta ideia é reforçada por Khatoun e Zeadally (2016: 53), que referem que “*cities need performance-evaluation indicators to measure how much they might possibly improve quality of life and sustainability. Performance evaluation indicators often lack standardization, consistency, or comparability from city to city*”.

Face ao exposto, apesar de ser um campo de análise ainda pouco explorado, dado o reduzido número de estudos científicos relacionados e às limitações encontradas, parece visível a pertinência dada à avaliação de *smart cities*. É neste sentido que esta temática é abordada na presente dissertação, recorrendo, para tal, a mapas cognitivos

fuzzy (FCM) para auxiliar a compreensão de como as componentes e os determinantes de uma *smart city* se relacionam entre si.

1.2. Objetivos de Investigação

Tendo em conta que a população mundial continua a aumentar e que se estima que, em 2050, cerca de 70% dessa mesma população vá habitar nos grandes centros urbanos (Albino *et al.*, 2015; Hajduk, 2016), é necessário que as cidades sejam economicamente e ambientalmente sustentáveis. Com isso, surgiu o conceito de *Smart City*, que pretende conjugar a qualidade de vida dos cidadãos com um meio ambiente sustentável, através, fundamentalmente, da tecnologia. Naturalmente, com o intuito de perceber qual(ais) a(s) área(s) de determinada cidade que carecem de maiores transformações para se tornarem “*smart*”, é necessário uma análise detalhada e criteriosa de determinadas variáveis, fatores e/ou componentes que constituem estas cidades. Neste sentido, torna-se importante recorrer a novos métodos, que permitam a análise e o desenvolvimento deste tipo de cidades de forma eficaz e eficiente.

Tratando-se de um problema que irá atingir grande parte das cidades desenvolvidas a nível mundial, a avaliação das características/componentes que compõem uma *smart city* torna-se crucial aquando do processo de apoio à tomada de decisão. Por conseguinte, a presente dissertação tem como principal objetivo ***desenvolver um modelo que auxilie a identificação das características/componentes que tornam uma cidade verdadeiramente “smart”, por meio da aplicação de técnicas de mapeamento cognitivo difuso***. Para tal, é adotada uma abordagem orientada para o processo, cuja natureza é construtivista e que tem por base a utilização de técnicas de mapeamento cognitivo *fuzzy* (*i.e.*, difuso). Na prática, é importante mencionar que, para que este objetivo seja alcançado, serão realizadas sessões presenciais com um grupo de especialistas nas diversas áreas de uma *smart city*. Estas sessões permitirão a discussão e a partilha de conhecimentos/experiência entre os elementos do painel, por forma a elaborar um FCM de grupo, capaz de revelar as dinâmicas por detrás dos determinantes e das características de uma *smart city*.

1.3. Metodologia

Conforme mencionado anteriormente, o objetivo principal da presente dissertação passa pela construção de uma estrutura conceptual que permita a identificação das componentes-chaves que compõem uma *smart city*, por meio de técnicas de cartografia cognitiva difusa, junto de um painel de decisores.

Primeiramente, a estratégia metodológica deste estudo passa por uma revisão da literatura em torno do conceito de *Smart City* e das suas dimensões. Em seguida, no que respeita à componente empírica, e tendo em conta as limitações metodológicas encontradas nos métodos de avaliação existentes, serão aplicadas técnicas de mapeamento cognitivo difuso. De acordo com Carlucci *et al.* (2013: 208), “[FCM] is a well-established artificial intelligence technique, incorporating ideas from artificial neural networks and fuzzy logic, which can be effectively applied in the domain of management science”. Na prática, os FCMs têm características importantes para o apoio à tomada de decisão, como o facto de as relações de causa-efeito seguirem uma lógica *fuzzy*, permitindo mensurar as relações existentes entre os critérios (Ferreira, 2016). Neste sentido, esta abordagem metodológica auxilia os decisores na compreensão de situações de tomada de decisão complexas e permite a identificação das principais variáveis a ter em conta. Papageorgiou *et al.* (2017: 16) enfatizam esta ideia, retratando os FCMs como “an efficient, transparent and easy to use tool for modelling complex systems and decision support tasks”. É importante ainda realçar que estes mapas conseguem lidar com elevados graus de complexidade, revelando um alto nível de integração (Olazabal e Pascual, 2016).

1.4. Estrutura

No que diz respeito à estrutura, a presente dissertação está formalmente segmentada em cinco capítulos. Neste capítulo (*i.e.*, *Capítulo 1*), é realizada uma breve introdução aos principais objetivos a alcançar, à metodologia a ser aplicada e aos resultados que se esperam desta investigação. No *Capítulo 2* é realizado um enquadramento geral em torno do conceito de *Smart City*, bem como da importância destas cidades para o desenvolvimento socioeconómico dos países e regiões. Também no segundo capítulo, são apresentados alguns dos estudos realizados até ao momento no que toca à avaliação

de *smart cities*, assim como identificadas as suas principais limitações metodológicas. Já no *Capítulo 3*, é apresentada a abordagem metodológica utilizada (*i.e.*, mapeamento cognitivo *fuzzy*), realçando a importância que esta detém na estruturação de problemas complexos. Para tal, são abordados e explicados conceitos como a cognição humana, os mapas cognitivos (simples) e a sua extensão para FCMs. Ainda neste capítulo, são abordadas as principais características dos FCMs, bem como as vantagens e limitações que lhe estão adjacentes. O *Capítulo 4* materializa a componente empírica da presente dissertação e descreve os passos seguidos para a construção de um FCM no contexto das *smart cities*. São também expostas as várias fases da investigação conduzida, começando pela descrição das sessões presenciais com o painel de especialistas nas diversas áreas de uma *smart city*, seguindo-se a elaboração de análises estáticas e dinâmicas. A dissertação termina com o *Capítulo 5*, onde são apresentadas as principais conclusões do estudo, bem como as suas limitações e contribuições. São ainda apresentadas perspetivas para investigação futura.

1.5. Resultados Esperados

A presente dissertação assume uma lógica construtivista, visando a conceção de um modelo integrado difuso de apoio à tomada de decisão focado na análise das principais componentes/características que constituem uma *smart city*. Nesse sentido, torna-se evidente a importância do mapeamento cognitivo difuso para analisar as relações de causa-efeito entre os critérios identificados, esperando-se que seja possível a construção de um FCM, com o auxílio de um painel de especialistas na área.

Com a estruturação e análise de um FCM, pretende-se que o ambiente de decisão no contexto da presente dissertação seja simplificado e que a informação contida no FCM seja transparente e concisa, auxiliando na análise das componentes-chave de uma *smart city*. Por último, mas não menos importante, aguarda-se a publicação de um artigo científico, numa revista internacional da especialidade, com a apresentação dos principais resultados alcançados, permitindo assim a divulgação da abordagem FCM na prossecução de uma perspetiva holística do conceito de *Smart City*.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo deste segundo capítulo passa por enquadrar o conceito de *Smart City* e o processo de avaliação deste tipo de meio urbano. Neste sentido, procurar-se-á: (1) analisar alguns conceitos de base; (2) abordar a importância das *smart cities* para o desenvolvimento socioeconómico; (3) encontrar fundamentos que justifiquem a avaliação de *smart cities*; e, por último, (4) apresentar algumas limitações metodológicas gerais com base na análise da bibliografia da especialidade. O desenvolvimento deste capítulo é importante, em termos de enquadramento, para justificar o recurso ao uso de mapas cognitivos *fuzzy* como método de análise dos determinantes de *smart cities*.

2.1. *Smart City*: Enquadramento e Conceitos de Base

Desde o início do século XXI que se tem verificado um crescimento substancial da população mundial, algo que tem levado à proliferação da urbanização nas economias mais avançadas. Segundo Albino *et al.* (2015) e Hajduk (2016), estima-se que, no ano de 2050, cerca de 70% da população mundial vá residir nos grandes centros urbanos.

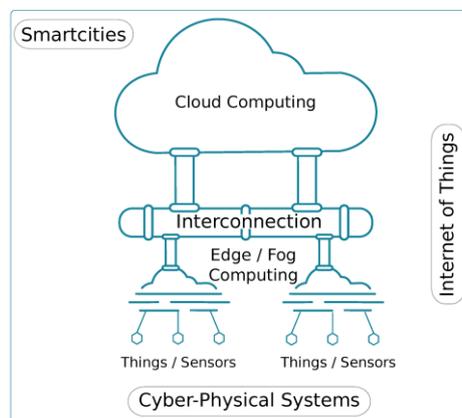
O aumento da população que reside nas cidades pode criar condições demográficas, sociais, económicas e ambientais menos favoráveis aos cidadãos, como por exemplo: o aumento da poluição (*i.e.*, mudanças climáticas) e o tráfego a nível de transporte e de pessoas (Shi *et al.*, 2017). A conjugação destas condições deu origem ao conceito de *Smart City*, pois os municípios começaram a não conseguir ter uma oferta eficiente e ajustada aos residentes e utilizadores dos meios citadinos.

O conceito de *Smart City* teve origem formal nos Estados Unidos da América (EUA), tendo sido aplicado embrionariamente por duas grandes instituições, nomeadamente: *International Business Machines* (IBM) e *CISCO Systems* (Rosati e Conti, 2016). Depois disso, diversos autores tentaram definir o conceito de *Smart City*, como por exemplo Bakici *et al.* (2013: 139), que definem “*smart city as a high-tech intensive and advanced city that connects people, information and city elements using*

new technologies in order to create a sustainable, greener city, competitive and innovative commerce, and a recuperating life quality”; ou Baccarne *et al.* (in Popescu, 2015: 78), que consideram que uma *smart city* é um ecossistema sinérgico que pretende melhorar a qualidade de vida e a economia da cidade, na qual a tecnologia possui uma função predominante. Na prática, esta definição é reforçada por Cauchon (2017), que afirma que este tipo de cidades utiliza as tecnologias para automatizar funções municipais, de forma a tornar as sociedades mais habitáveis, economicamente estáveis e ambientalmente sustentáveis.

Tratando-se de um conceito complexo e dinâmico, Mourshed *et al.* (2016) defendem que o uso do termo *smart* resulta da capacidade de uma cidade ter um sistema que integra preocupações com a qualidade de vida, inovação e interação em função das mudanças climáticas e do envelhecimento da população. Nesse sentido, para tornar uma cidade verdadeiramente *smart*, é necessário ter acesso a dados em tempo real sobre muitas situações existentes na cidade e isso, naturalmente, pode ser fornecido pela *Internet-of-Things* (IoT) (Leong *et al.*, 2017). Segundo Sofronijević *et al.* (2014: 12), esta tecnologia “*is a new vision of overarching communication paradigm involving purposeful communication and bidirectional transfer of data through the Internet connectivity among different objects or things in our environment*”.

Em termos práticos, a IoT está relacionada com a existência de sensores incorporados no meio ambiente, cuja informação é trocada e transformada tanto vertical como horizontalmente em plataformas específicas, a fim de desenvolver uma visão digital comum do meio ambiente (Sofronijević *et al.*, 2014). A *Figura 1* expõe a estrutura de uma *smart city* na vertente da IoT.



Fonte: Alvear *et al.* (2018: 2).

Figura 1 – Estrutura de uma Smart City na Visão da IoT

Desta forma, é possível verificar que, de acordo com Alvear *et al.* (2018), e numa perspetiva da comunicação, a IoT centra-se na conexão de todas as coisas, bem como na comunicação entre as coisas e os servidores de dados (*i.e.*, *Cloud* ou *Fog/Edge*). Por outro lado, do ponto de vista operacional, é o *Cyber Physical Systems* (CPS) que efetua a integração dessas coisas físicas com o processo computacional, por forma a melhorar a sua funcionalidade. Numa perspetiva de prestação de serviços, é através do *Cloud Computing* e do *Edge/Fog*, que há o processamento de dados desde a central aos servidores/dispositivos locais. Segundo Sofronijević *et al.* (2014), a IoT consegue, em simultâneo, aumentar a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos e trazer vantagem competitiva para a cidade, ao obter resultados económicos positivos através da redução dos custos operacionais. Não obstante, podem existir problemas associados a esta tecnologia como, por exemplo, quando os *hackers* (*i.e.*, pessoas que possuem uma grande facilidade de análise, assimilação e compreensão e revelam capacidades surpreendentes com um computador (*cf.* Oliveira, 2003)) aproveitam o facto de nenhum sistema ser completamente livre de falhas e, fazendo uso de técnicas variadas, conseguem invadir o sistema de uma *smart city* (*i.e.*, *cyberattacks* – atos criminosos realizados através de redes de comunicações eletrónicas e sistemas de informação (Lagazio *et al.*, 2014)), podendo haver manipulação de dados e colocar em causa a segurança e a privacidade dos cidadãos.

Mallapuram *et al.* (2017) referem que, atualmente, as *smart cities* estão maioritariamente localizadas na Europa e na América do Norte. Segundo Mallapuram *et al.* (2017) e Roman (2018), uma *smart city* pode ter várias dimensões, nomeadamente: (1) *smart economy*, que envolve estratégias para promover o crescimento económico; (2) *smart governance*, onde o objetivo principal é que haja uma administração transparente em que os cidadãos possam participar; (3) *smart mobility*, que envolve estratégias para melhoria do sistema de transportes; (4) *smart environment*, em que existem políticas de preservação do ecossistema relacionadas com energia, água e emissão de carbono, entre outros aspetos; (5) *smart people*, *i.e.*, existência de pessoas com mente aberta, flexíveis e participativas na sociedade; e, por fim, (6) *smart living*, onde estão incluídos serviços que podem proporcionar melhor qualidade de vida aos cidadãos, como serviços de saúde de qualidade, habitação, entre outros. Ainda assim, importa referir que, para que estas dimensões sejam coerentes, é necessário que haja colaboração entre os municípios e os cidadãos que residem e frequentam as cidades, sendo nesse sentido que Snow *et al.* (2016) definem o conceito de *collaboration* como o

processo de tomada de decisão partilhada em que todas as partes envolvidas no problema exploram construtivamente as suas ideias e desenvolvem uma estratégia conjunta de implementação. Isto, por sua vez, proporciona o desenvolvimento de melhores soluções para a cidade (ver *Figura 2*).



Fonte: Hamilton e Zhu (2017: 28).

Figura 2 – Smart City Framework

Através da *Figura 2*, podemos verificar que são diversas as dimensões/componentes de uma *smart city*, tais como: *smart economy*; *smart mobility*; *smart environment*; *smart living*; *smart security*; e *smart education*. Também podemos apurar que existe uma constante conexão com as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), tornando-se assim um ciclo que dá relevo aos cidadãos e às infraestruturas pertinentes para o desenvolvimento destas cidades.

Existem ainda algumas razões mais específicas que comprovam que a existência deste tipo de cidades tem um impacto positivo na realidade mundial. Segundo Khatoun e Zeadally (2016), importa destacar as seguintes vantagens: (1) existência de uma maior proteção e segurança, como por exemplo através da aplicação de câmaras de vigilância nas ruas e serviços de emergência de rápida reposta; (2) maior preocupação com o ambiente e com os transportes, tendo em atenção os níveis de poluição, a iluminação

das ruas e os transportes públicos como alternativa à utilização de viatura própria; (3) gestão cuidada da energia doméstica; (4) maior preocupação com as instalações de educação, através de novos investimentos e oportunidades para todos; (5) maior atenção ao Turismo, tendo em conta a preservação dos recursos naturais; e (6) uma elevada preocupação com a saúde dos cidadãos, usando as novas tecnologias para implementar sistemas mais eficientes no acesso a serviços de melhor qualidade.

Não obstante, existem alguns desafios a ter em conta no desenvolvimento de uma *smart city*, nomeadamente: (1) a necessidade de haver elevados investimentos iniciais, que podem levar os municípios a tomar decisões menos favoráveis; (2) os elevados consumos de energia, devido às tecnologias existentes; (3) o facto de os cidadãos não serem o suficientemente “*smart*” e não aceitarem a utilização de tecnologias para automatizar as funções do seu dia-a-dia; e (4) a privacidade dos cidadãos pode ser posta em causa devido aos *cyberattacks* que podem ocorrer (Khatoun e Zeadally, 2016). Almirall *et al.* (2016) destacam ainda outros problemas relacionados com *smart cities* como, por exemplo, a constituição da administração, quando os seus membros não compreendem especificamente qual é o seu papel perante a gestão destas cidades. Daí surgir o conceito de *e-governance*, que é essencial na construção de uma *smart city*, onde o modelo de administração deve ser “*citizen-centric and citizen-driven*” (Popescu, 2015: 78). A administração representa um papel fundamental do desenvolvimento destas soluções nas cidades, pois deve ser eficiente e permitir aos cidadãos e às outras organizações o acesso a documentos e a políticas oficiais, assegurar que os serviços públicos funcionem de forma eficiente, monitorizar e realizar a gestão da segurança pública e, ainda, responder de forma rápida e eficaz em situações de emergência (Chuan-Tao *et al.*, 2015). Um outro problema destacado por Almirall *et al.* (2016) é o facto de haver uma necessidade de crescimento por parte das empresas e das organizações devido à inovação existente. Nesse sentido, também para os cidadãos existem problemas, como a falta de participação, pois estes podem não lidar da melhor forma com o facto de puderem ficar excluídos na tomada de decisão. Há ainda outra questão, relativa ao facto de muitas das empresas de energia serem públicas, algo que faz com que, para recuperar os custos de investimento dos projetos, os municípios exijam taxas extra aos cidadãos, algo que, por sua vez, pode não ser bem aceite por parte dos mesmos.

Em suma, parece evidente que as atuais definições de *Smart City* convergem para conceitos relacionados com *sustentabilidade, tecnologia e qualidade de vida dos*

cidadãos, pois a visão destas cidades é relacionar as TIC com as infraestruturas físicas, no sentido de que haja uma gestão de recursos mais eficaz e orientada para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (Caird, 2017; Estrada *et al.*, 2018). No entanto, isso pode originar alguns problemas como os que foram apresentados anteriormente. Para além da descrição do conceito e das suas possíveis dimensões, da relevância da IoT e dos cidadãos, é também pertinente retratar a importância que estas cidades têm no desenvolvimento socioeconómico. Tal como afirma Feblowitz (2017: 25), “*technology is an enabler, but to solve problems smart city initiatives require collaboration of many stakeholders and an ecosystem of providers, including citizens, government, businesses, planners, community groups, educational institutions, utilities and providers of products and services*”. O tópico seguinte analisa precisamente essa importância.

2.2. Importância das *Smart Cities* para o Desenvolvimento Socioeconómico

As *smart cities* requerem elevados investimentos iniciais. No entanto, o facto de serem inovadoras e apresentarem soluções amigas do ambiente, entre outras coisas, faz com que sejam atrativas a novos investidores que, por sua vez, poderão cobrir o custo dos investimentos iniciais. Por outro lado, existem outras formas através das quais os municípios têm oportunidade de recuperar os custos como, por exemplo, através de *financing*, em que se consegue diferir os custos incorridos no projeto até um tempo futuro (*e.g.*, à data de maturidade de um empréstimo); ou através de *funding*, que se refere aos meios pelos quais a cidade repõe os seus custos tendo em conta o contributo dos cidadãos (*e.g.*, impostos) (Hamilton e Zhu, 2017).

Apesar dos investimentos iniciais necessários, a ideia de tornar uma cidade cada vez mais “*smart*” tem impacto positivo no desenvolvimento económico. Na verdade, como refere Popescu (2015), uma das principais consequências da existência destas cidades é o facto de ser positiva para a economia local, contribuindo para que esta cresça continuamente. Ainda segundo o mesmo autor, outras possíveis consequências destas cidades para a economia são a criação de emprego, atualização dos modelos de produção, desenvolvimento pessoal e, conseqüentemente, melhoria da produtividade.

Tanto a ciência como as novas tecnologias podem ser soluções eficazes em tempos de austeridade, pois apoiar a inovação pode ser um elemento que atrai cidadãos com elevado *know-how* para viver e trabalhar em *smart cities*. Isto pode ocorrer, por

exemplo, através de *startups* (*i.e.*, novas empresas que se baseiam essencialmente na inovação e no conhecimento e que fazem com haja uma promoção das novas tecnologias e mais emprego (Rosati e Conti, 2016)). No fundo, a criatividade estimulada pela tecnologia pode proporcionar uma economia em que as empresas sejam bem-sucedidas e as indústrias fortes (Sofronijević *et al.*, 2014). Neste domínio, também as empresas de energia e de segurança têm um papel importante no desenvolvimento destas soluções, visto que as tecnologias são à base de energia e, para que tudo corra bem, é necessário que essas soluções sejam seguras (Thibodeaux, 2017; Cauchon, 2017). Segundo Chuan-Tao *et al.* (2015), o desenvolvimento de soluções “*smart*” permite que os negócios sejam mais prósperos, que haja uma melhoria na eficiência e na qualidade da gestão, maior utilização de plataformas de logística e uma cadeia de abastecimento mais eficiente. Permite ainda que a publicidade seja mais ampla e precisa, possibilitando o alargamento da rede de parceiros e clientes, facilitando o empreendedorismo e o lançamento de novos investimentos e promovendo a inovação.

Para além das questões económicas, também as questões sociais são muito importantes na existência destas cidades. Segundo Šiurytė e Davidavičienė (2016), ser um *smart citizen* é ter a capacidade de aceitar a aplicação das novas tecnologias nas atividades do seu dia-a-dia, a fim de simplificar o uso dos diversos serviços. No fundo, estes cidadãos são agentes de mudança que causam não só o progresso económico, mas também o progresso sociocultural, pois com o uso de meios como a Internet, tornam-se mais informados e, por conseguinte, tomam melhores decisões com base na informação (Estrada *et al.*, 2018). Visto que os cidadãos são considerados um dos elementos principais de uma *smart city*, é necessário promover o bem-estar dos mesmos, potenciando a *domótica*. Ou seja, a facilidade que os cidadãos têm em gerir as atividades do seu dia-a-dia através de casa. Casas com este tipo de gestão diária são denominadas *smart homes* e destacam-se por conter um sistema automático que permite o controlo de diferentes objetos através de comandos ou, até mesmo, de *smartphones* (Toschi *et al.*, 2016). Na prática, segundo os autores, podemos controlar portas ou janelas, assim como criar um sistema automático (*i.e.*, *smart/inteligente*) de luzes e de aquecimento, entre muitas outras coisas. Também aqui, a existência da IoT é crucial, visto que permite aos cidadãos o acesso a dados que antecipam as suas necessidades, pois ao conterem sensores integrados e tecnologias de conectividade à Internet sem fios, enviam e recebem dados dos seus dispositivos, tendo a sua vida muito mais facilitada (Garcia *et al.*, 2017). De acordo com Chuan-Tao *et al.* (2015), a criação de soluções

“*smart*” permite aos cidadãos: (1) viajar e mobilizar-se de forma mais eficiente; (2) ter acesso a informações contextualizadas, precisas e em tempo real no quotidiano; (3) aceder a serviços públicos essenciais de alta qualidade, como a educação, saúde e desporto; e (4) considerar a hipótese de realização de atividades de tempo livre enriquecedoras que potenciem a comunicação e a partilha entre os cidadãos.

Tanto a economia como os cidadãos são importantes no desenvolvimento destas cidades, mas sem a conciliação com um meio ambiente sustentável, estas não conseguirão atingir o objetivo que pretendem (*i.e.*, serem *smart cities*). Segundo a Global Commission on the Economy and Climate (*in* Hayat, 2016), as cidades consomem cerca de 75% da energia global e são as principais responsáveis por cerca de 70% da emissão de gases de efeito estufa. A população mundial continua a crescer, mas os recursos naturais não conseguem acompanhar esse crescimento. De acordo com Hayat (2016), a utilização da água tem aumentado duas vezes mais do que a taxa de crescimento populacional; e isso continuará a acontecer com a industrialização, se não se tomarem medidas para gerir a água como recurso esgotável. Também a utilização de veículos nas cidades continua a crescer, aumentando cada vez mais a poluição, embora a utilização de veículos elétricos tenha igualmente crescido. Similarmente, os resíduos nas cidades crescem com o aumento da poluição, algo que faz com que a gestão de resíduos precise de ser mais eficiente (*i.e.*, recolha, transporte e processamento ou eliminação) (Hayat, 2016). Ainda segundo o mesmo autor, uma *smart city* consegue ter essa capacidade de gestão através de vários sistemas como: (1) *smart water management system*; (2) *smart traffic and transportation system*; e (3) *smart waste management system*.

As cidades dependem de muitos recursos externos, são consumidores constantes de recursos e estes são cada vez mais escassos. Por isso, é necessário que haja uma promoção da sustentabilidade, interpretada como resposta às necessidades das pessoas, através de soluções amigas do ambiente, tanto nos aspetos sociais como económicos (Albino *et al.*, 2015).

A evolução do conceito de *Smart City* tem sido acompanhada pela crescente preocupação com o meio ambiente, através, essencialmente, da criação de fontes de energia renováveis e do aumento da qualidade das paisagens urbanas. De facto, um dos principais objetivos para o desenvolvimento destas cidades é conseguir ter a capacidade de combinar adequadamente a economia e a ecologia (Ferrara, 2015). As novas tecnologias incorporadas nestas cidades permitem conciliar isso mesmo, através da

redução dos gases de efeito de estufa e dos desperdícios, algo que, conseqüentemente, leva a menos poluição e aumenta a sustentabilidade (Ahvenniemi *et al.*, 2017). Podemos assim verificar que a diferença entre *smart cities* e cidades sustentáveis verifica-se no facto de as *smart cities* utilizarem métodos inovadores – tecnológicos ou colaborativos – para alcançar a sustentabilidade (Huovila *et al.*, 2017). Como referido, existe uma necessidade urgente de desenvolver soluções “*smart*” para superar os desafios da urbanização; e as cidades desempenham um papel fundamental na luta contra as alterações climáticas e na implementação de novas tecnologias (Ahvenniemi *et al.*, 2017). Na prática, essas tecnologias devem ser “*smart*”, integradas, económicas e eficientes na utilização de recursos, assim como ter impacto não apenas nos objetivos relacionados com a sustentabilidade ambiental, mas também no bem-estar dos cidadãos e na sustentabilidade financeira. A existência de soluções que sejam “*smart*” possibilita que o meio ambiente seja mais sustentável, ou seja, a distribuição de energia seja realizada de forma mais sustentável, económica e segura, o abastecimento de água tenha em conta o comportamento dos cidadãos, a energia utilizada seja considerada “verde” ou renovável, a reciclagem e o tratamento de resíduos sejam efetuados de um modo mais eficiente e seguro, existindo uma redução e/ou prevenção da poluição na cidade e, ainda, exista a oferta de uma maior mobilidade e telecomunicações e informações mais eficazes em diferentes espaços da cidade (Chuan-Tao *et al.*, 2015).

Em suma, para se conseguir conciliar o desenvolvimento económico, o bem-estar dos cidadãos e o meio ambiente sustentável, é necessário tomar decisões. Essas decisões podem ser facilitadas através de diversas formas de avaliar as *smart cities*, como se verificará no tópico seguinte.

2.3. Avaliação de *Smart Cities*: Fundamentos e Abordagens

A necessidade de medir o quão “*smart*” são as cidades, deu origem a vários estudos e a diferentes procedimentos de avaliação por meio de indicadores (Dall’O *et al.*, 2017). Com efeito, o objetivo desses estudos é comparar diferentes cidades com base em diversas áreas, como por exemplo: *smart economy*; *smart governance*; *smart mobility*; e *smart environment*.

Segundo Khatoun e Zeadally (2016), as cidades precisam de indicadores de avaliação de desempenho que consigam medir o quanto elas precisam de progredir para

melhorar a qualidade de vida e alcançar a sustentabilidade. Tanto no planeamento como na implementação de soluções “*smart*” numa cidade, a mensuração do desempenho é considerada uma componente-chave (Huovila *et al.*, 2017). No entanto, é preciso estar ciente de que uma *smart city* ainda abrange questões bastante difíceis de medir. Por isso, é fundamental ter uma plataforma de avaliação de desempenho em que os indicadores consigam medir a implementação de soluções em determinadas dimensões e haja progresso em direção às metas gerais estabelecidas (*e.g.*, redução de emissão de gases de efeito estufa). Através de indicadores, tanto quantitativos como qualitativos, é necessário avaliar uma *smart city* em toda a sua extensão (*i.e.*, avaliar praticamente todas as suas dimensões) (Huovila *et al.*, 2017), podendo as ferramentas de avaliação de uma cidade ser usadas como suporte para a tomada de decisão no desenvolvimento urbano, pois fornecem informação que demonstra o progresso das mesmas em direção às metas definidas (Ahvenniemi *et al.*, 2017).

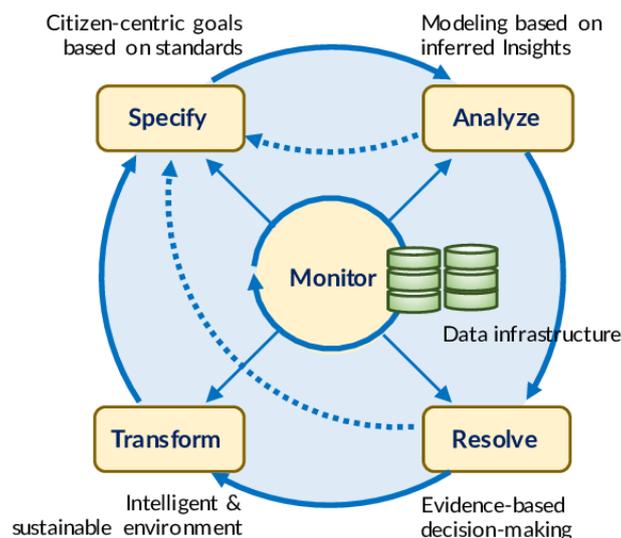
Carli *et al.* (2013) propuseram uma abordagem conceptual para a classificação de indicadores que pretendem avaliar as *smart city*, tendo em conta duas categorias principais: (1) objetiva; e (2) subjetiva. A primeira categoria refere-se a indicadores que visam avaliar infraestruturas físicas (*e.g.*, rede de transportes públicos e espaços verdes), enquanto a segunda categoria inclui indicadores que pretendem medir a satisfação e o bem-estar dos cidadãos (*e.g.*, satisfação com a qualidade das escolas ou a satisfação com as políticas da administração). Segundo os mesmos autores, a estimativa dos diversos indicadores poderá ser realizada com base num dos seguintes métodos: (1) *traditional tools*, em que os indicadores são analisados e tratados através de variáveis e dados observados numa base de dados; (2) *innovative tools based on data sensing and mining of physical infrastructure*, em que a recolha e a análise de indicadores são realizadas através do registo de dados em sensores (*e.g.*, *smart grid*, em que o consumo de energia é registado através de um aparelho que mede a energia); e (3) *innovative tools based on data sensing and mining of social infrastructure*, em que a recolha de dados necessária para estabelecer os indicadores é realizada através de *digital footprints* (*e.g.*, nível de satisfação dos serviços através de redes sociais). Ainda de acordo com os mesmos autores, é importante avaliar indicadores objetivos mas também os subjetivos, pois uns completam os outros e, muitas vezes, os indicadores subjetivos permitem alcançar uma visão mais completa e articulada da realidade do que apenas os indicadores objetivos.

A International Organization of Standardization (*in Dall’O et al.*, 2017) elaborou um estudo que pretende enumerar um conjunto de indicadores que avaliam os serviços e

a qualidade de vida nas cidades, tendo em conta as seguintes sete dimensões: (1) *smart economy*; (2) *smart mobility*; (3) *smart people*; (4) *smart energy*; (5) *smart environment*; (6) *smart living*; e (7) *smart governance*. Estas áreas devem ser operacionalizadas através de indicadores consistentes com o tamanho das cidades, normalizados (*i.e.*, *standard*) e de fácil cálculo através de bases de dados acessíveis, adequados e capazes de representar as características específicas das cidades, devendo ser comparáveis ao longo do tempo e entre cidades (Dall’O *et al.*, 2017; Marsal-Llacuna, 2015).

Também a Internacional Telecommunications Union (*in* Khatoun e Zeadally, 2016) definiu vários possíveis indicadores de desempenho para as *smart cities*, nomeadamente indicadores relacionados com: (1) saúde; (2) educação; (3) segurança; (4) transporte; (5) energia (*e.g.*, percentagem da população com serviço de energia); (6) água (*e.g.*, percentagem da população com serviço de abastecimento de água potável); (7) equidade social; e (8) tecnologia e inovação (*e.g.*, número de conexões à Internet por 100.000 pessoas, níveis de CO2 e estratégias de redução do mesmo).

Para além dos possíveis indicadores apresentados, existem ainda outras metodologias que pretendem avaliar as *smart cities*. Assim, podemos mencionar a metodologia *Specify, Monitor, Analyze, Resolve and Transform* (SMART) (Mourshed *et al.*, 2016), que se baseia em dados que são monitorizados e compreende os seguintes elementos: (1) *especificar* metas e objetivos centrados no cidadão, considerando a natureza multi- e interdisciplinar das interações entre os setores de aplicações; (2) *monitorizar*, sendo este um processo cíclico, no sentido em que é atualizado constantemente e aplica-se a infraestruturas de dados existentes e futuros; (3) *analisar*, *i.e.*, ter capacidade de obter informações a partir de um conjunto de dados subjacentes, baseando-se em modelos automáticos, estatísticos e empíricos por forma a eliminar ou a reduzir a obsolescência; (4) *resolver*, ou seja, conseguir ter espaço para soluções rápidas e eficientes, através de pesquisas multidimensionais, para tornar a tomada de decisão mais fácil; e (5) *transformar*, que se relaciona com a implementação de decisões consideradas ótimas tendo em conta as infraestruturas físicas da cidade (Mourshed *et al.*, 2016). A agregação destas dimensões permite ajustes conforme a especificidade das circunstâncias ou dos processos. A *Figura 3* esquematiza o processo da metodologia SMART.



Fonte: Mourshed et al. (2016: 3).

Figura 3 – *The Smart Process-Oriented Methodology*

Caragliu e Del Bo (2016) referem ainda que é importante verificar se existe ou não correlação entre o projeto e políticas de implementação e as características “*smart*” de uma *smart city*, o que implica a necessidade de uma avaliação descritiva das iniciativas e das políticas urbanas. Ou seja, é necessário um indicador que consiga medir o quão “*smart*” é um determinado ambiente urbano. Os autores propuseram um modelo conceptual simples para medir e interligar os dois aspetos, através de uma equação que relaciona a intensidade das políticas de implementação com as características “*smart*” de uma cidade, tendo em conta seis dimensões: (1) capital humano; (2) capital social; (3) infraestruturas de transporte; (4) TIC; (5) recursos naturais; e (6) *e-governance*. Na prática, ao existir uma correlação positiva entre as características “*smart*” e as políticas urbanas “*smart*”, este estudo sugere que os índices utilizados numa *smart city* não devem ser vistos como meros *rankings* que apontam para um vencedor, mas sim como uma indicação da posição de cada cidade ao longo do desenvolvimento do seu projeto. Estes índices podem ser usados para compreender os pontos fortes e os pontos fracos das cidades e, conseqüentemente, sugerir possíveis áreas de intervenção política com o objetivo principal de melhorar o bem-estar urbano.

De acordo com Mallapuram *et al.* (2017), existem algumas ferramentas de simulação de avaliação de carácter informático que transformam os dados em resultados que o gestor deve avaliar, tais como: (1) *Smart Grid*, que inclui uma série de plataformas de *open-source* (*i.e.*, um *software* que pode ser livremente usado, alterado e partilhado por qualquer um. O código *open-source* é realizado por várias pessoas e é

partilhado através de licenças (cf. Jaloudi (2016)), que se podem aplicar a diversos fins (e.g., *Gridlab-D*, que cria simulações de distribuição de energia; *GridMat*, que é uma plataforma de simulação que integra os recursos do *GridLab-D* e as capacidades do *Matlab*, funcionando como ferramenta de controlo para modelar e simular o sistema de energia; e *OpenDSS*, que é uma ferramenta de simulação de energia elétrica, especialmente concebida para utilizadores do sistema de distribuição de energia do *Electric Power Research Institute* (EPRI)); (2) *Smart Transportation*, que incorpora: (2.1) o *Quadstone PARAMICS* (i.e., um *software* de simulação para peões que oferece a avaliação de atuais e futuras condições de tráfego, com relatórios detalhados dos principais movimentos); (2.2) o *Vissim*, que é usado para simular os padrões do tráfego, mostrando os utilizadores rodoviários como motoristas, ciclistas e peões; (2.3) o *MATSim*, que é baseado num simulador de transporte, que implementa uma estrutura de *open-source*; (2.4) o *Simulation of Urban Mobility* (SUMO), que é uma aplicação *open-source* desenvolvida para simulação de tráfego e que consegue colaborar com redes rodoviárias; e (2.5) o *MAINSIM*, que é um sistema de simulação de trânsito para o transporte urbano multimodal, tendo capacidade para simular o transporte de cidades inteiras; (3) *Smart City*, que envolve a ideia de criar uma plataforma única de avaliação, dando o exemplo de soluções possíveis como: (3.1) o projeto *Kaa* (i.e., plataforma de *open-source* que pretende gerir as soluções da IoT); (3.2) o *B-Scada's CitiWorx*, que inclui a combinação de tecnologia e o *expertise* dos seus parceiros, baseando-se na monitorização de dispositivos e sensores conectados para apresentar dados que tornem mais fácil a tomada de decisão; e (3.3) o *ThingWorx*, que é uma plataforma de criação e implementação de soluções rápidas com capacidades de conexão, monitorização, gestão e otimização de entidades IoT (e.g., sensores, dispositivos, infraestruturas e pessoas).

Não sendo propriamente uma metodologia de avaliação, a abordagem *Emergent Property* (Šarić *et al.*, 2017) tem a capacidade de complementar a avaliação de *smart cities*. Com efeito, o conceito de *Emergent Property* pode ocorrer em diversas áreas, sendo as mais predominantes a filosofia e a biologia, podendo ser facilmente adaptado no desenvolvimento e na implementação de *software* (i.e., *design* e arquitetura de *software*). A ideia de base consiste em adotar esta metodologia através de subsistemas já existentes e integrá-la num novo sistema de avaliação global de determinadas *smart cities*. Na prática, ao permitir desenvolver um novo *software* de aplicação nas *smart cities*, esta abordagem faz com que haja uma atualização constante da informação, algo que torna mais fácil todo o processo de avaliação destas cidades. No futuro, esta

metodologia poderá ser bastante útil ao focar-se na forma como as novas tecnologias influenciam as já implementadas, assim como em possíveis melhorias nas áreas de segurança e fiabilidade dos subsistemas das *smart cities*.

Huovila *et al.* (2017) apresentam uma abordagem de avaliação de desempenho denominada por *CITYkeys*. Esta proposta é realizada através da análise das necessidades das cidades, de possíveis indicadores e falhas existentes, permitindo monitorizar e comparar a implementação de soluções em *smart cities*. De acordo com os mesmos autores, estes indicadores devem apresentar relevância, integridade, disponibilidade, mensurabilidade, familiaridade, não-redundância e independência. A viabilidade e a utilidade dos indicadores *CITYkeys* foram testadas em cinco cidades, por forma a avaliar o nível “*smart*” de cada uma, começando por identificar os principais *Key Performance Indicator* (KPIs). Segundo o estudo, as áreas em que as cidades precisam maioritariamente de avaliação são: (1) energia; (2) emissão de gases de efeito estufa; (3) transportes; (4) infraestruturas digitais e serviços eletrónicos; (5) gestão de recursos; (6) participação dos cidadãos; (7) competitividade; (8) economia; (9) meio ambiente; (10) qualidade de vida; e (11) procura e criação de *know-how*. Ainda segundo os autores, o estudo contém indicadores que permitem medir o progresso da implementação de soluções a curto prazo, bem como indicadores que podem ser estimados ao longo do desenvolvimento do projeto ou mesmo após a implementação do mesmo (*e.g.*, redução do consumo de energia). Em suma, o estudo apresentado desenvolveu e validou uma possível plataforma de avaliação de desempenho de *smart cities*, que inclui a definição de KPIs, diretrizes para a recolha de dados, um protótipo de um sistema de avaliação e testes (*i.e.*, estudos de casos) em diferentes cidades europeias.

No fundo, os contributos verificados até à data têm bastante importância na avaliação de uma *smart city*. No entanto, embora existam várias plataformas de avaliação por meio de indicadores, estes existem apenas para medir parâmetros específicos de uma cidade, como a sustentabilidade, eficiência energética ou a poluição. De acordo com Ahvenniemi *et al.* (2017), existem indicadores que pretendem avaliar a sustentabilidade, mas são também necessários indicadores que avaliem as aspetos sociais e económicos. Segundos os mesmos autores, a avaliação do desempenho de uma *smart city* não deve ser feita apenas através de indicadores que medem a eficiência da implementação de soluções “*smart*”, mas juntamente com indicadores que medem o contributo para os objetivos finais, como a sustentabilidade ambiental, económica ou social. Ou seja, os indicadores identificados anteriormente estão “soltos”, não existindo

um método de avaliação integrado, sólido e coerente que permita uma avaliação holística das *smart cities* (cf. Huovila *et al.*, 2017).

Face ao exposto, parece evidente a necessidade do desenvolvimento de sistemas que consigam incorporar todos estes indicadores e que permitam, simultaneamente, uma avaliação fiável do que é verdadeiramente “*smart*” numa cidade. A *Tabela 1* sintetiza alguns dos estudos realizados na área, realçando os seus contributos e as suas principais limitações.

Autor	Método	Contributos	Principais Limitações
Carli <i>et al.</i> (2013)	Utilização de três métodos diferentes: (1) <i>traditional tools</i> ; (2) <i>innovative tools based on data sensing and mining of physical infrastructure</i> ; e (3) <i>innovative tools based on data sensing and mining of social infrastructure</i> .	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade de apoio na identificação de indicadores, tendo em conta o peso dos indicadores objetivos e subjetivos e a identificação das tecnologias que podem ser utilizadas; ▪ Reconhecimento da importância de avaliar não só indicadores objetivos, mas também subjetivos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresenta somente capacidade de apoio, pois restringe-se apenas a duas categorias gerais (objetiva e subjetiva); ▪ Não menciona uma possível avaliação nas diversas áreas de uma <i>smart city</i>.
International Organization of Standardization (2014)	Utilização de três métodos diferentes: (1) método do valor do indicador calculado a partir de bases de dados existentes; (2) método do “ <i>spread</i> ”; e (3) método do “ <i>Sim/Não</i> ”.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicação de diversas características que os indicadores de avaliação destas cidades devem incorporar, como por exemplo: devem ser consistentes com o tamanho da cidade e normalizados (<i>standard</i>); ▪ Elevada flexibilidade na escolha de indicadores e na definição de pesos a aplicar ao indicador e às áreas de avaliação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicadores meramente “<i>soltos</i>”; não estão integrados num único sistema; ▪ Características apresentadas são gerais e não específicas a cada cidade.
Caragliu e Del Bo (2016)	Modelo empírico onde consta uma equação que relaciona a intensidade das políticas de implementação com as características “ <i>smart</i> ” de uma cidade.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Existência de alinhamento entre os objetivos políticos da cidade e os objetivos da UE2020; ▪ Serve como base para novas pesquisas sobre os efeitos reais das atuais políticas implementadas em <i>smart cities</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meramente relacionado com a avaliação das fases de implementação das políticas e características “<i>smart</i>”.
Internacional Telecommunications Union (2016)	Identificação de vários indicadores de desempenho através da ISO/TR 37150.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentação de indicadores qualitativos e quantitativos, como por exemplo: percentagem de população com serviços de energia; ▪ Indicação de possíveis características para os indicadores, como serem: <i>standard</i>; consistentes; e comparáveis de cidade para cidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicadores meramente “<i>soltos</i>”; não estão integrados num único sistema; ▪ Áreas de aplicação muito diversificadas.

Mourshed <i>et al.</i> (2016)	Metodologia SMART.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Especificação e análise detalhada dos dados que permitem tomar decisões mais corretas; ▪ Elevado controlo – monitorização cíclica que permite atualização constante. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodologia recente, sem estudos empíricos que comprovem a utilidade das suas funções.
Huovila <i>et al.</i> (2017)	Definição de KPIs, diretrizes para a recolha de dados, utilização de um protótipo de um sistema de avaliação e realização de testes (estudos de casos) em diferentes cidades europeias.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificação das áreas que as cidades precisam, maioritariamente, de avaliar; ▪ Cerca de cinquenta usuários finais (<i>e.g.</i>, cidades, consórcios de projetos de <i>smart cities</i> ou partes interessadas industriais) começaram o processo de implementação da plataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizado apenas em cidades europeias; ▪ Metodologia recente, sem estudos empíricos suficientes que comprovem a sua utilidade.
Mallapuram <i>et al.</i> (2017)	Ferramentas de simulação e de avaliação, onde é possível a transformação de dados em resultados que o gestor pretende avaliar.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Criação de uma série de plataformas de <i>open-source</i>; ▪ <i>Software</i> de simulação para peões que oferece a avaliação de atuais e futuras condições de tráfego; ▪ Ideia de criar uma plataforma única de avaliação, apresentando vários exemplos de projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plataformas de <i>open-source</i> podem não ser as mais adequadas e seguras; ▪ Existência apenas de possíveis projetos de criação de um sistema único.
Šarić <i>et al.</i> (2017)	Metodologia <i>Emergent Property</i> .	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integra diversos subsistemas num novo sistema global de diferente <i>smart cities</i>; ▪ Criação de novos <i>softwares</i> que permitem a atualização constante da informação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodologia recente, sem estudos empíricos que comprovem a utilidade das suas funções.

Tabela 1 – Métodos de Avaliação de *Smart Cities*: Contribuições e Limitações

Através da *Tabela 1*, conseguimos perceber que são variados os contributos que os estudos e as metodologias realizados na área têm vindo a apresentar ao longo dos anos. No entanto, também são várias as limitações apresentadas por estes mesmos estudos. Assim, no próximo tópico, serão discutidas essas mesmas limitações gerais.

2.4. Limitações Metodológicas Gerais

Os estudos e as metodologias relacionadas com a avaliação de *smart cities* são ainda recentes em termos de investigação científica. De facto, como referido no ponto anterior, existem apenas meros indicadores ou metodologias que ainda não foram suficientemente testadas para que possam ser efetivamente úteis no processo de avaliação de *smart cities*.

Tendo em conta os aspetos mencionados na *Tabela 1*, tanto a nível dos contributos como das limitações, é possível identificar duas grandes categorias de limitações, nomeadamente: (1) forma pouco científica como são definidos/selecionados os indicadores de avaliação; e (2) modo pouco claro como são calculados os ponderadores desses mesmos indicadores, quando os há. Ou seja, é preciso ter em conta o facto de os estudos realizados na área serem muito recentes e, por isso, não existirem bases empíricas que consigam comprovar a sua utilidade. Além disso, importa ter presente o facto de, até agora, existirem apenas meros indicadores que pretendem avaliar o quão “*smart*” pode ser uma cidade, mas não haver um sistema holístico que consiga integrar todos esses indicadores e que seja coerente com o contexto de avaliação (*cf.* Huovila *et al.*, 2017; Dall’O *et al.*, 2017).

O estudo de Carli *et al.* (2013) reforça a ideia de que é importante avaliar os indicadores subjetivos. Todavia, este mesmo estudo restringe-se a analisar duas categorias principais e não menciona a importância de ter em conta as diversas áreas de uma *smart city*. Nesse sentido, Caragliu e Del Bo (2016) referem que é importante estruturar um indicador que consiga medir o quão “*smart*” é um determinado ambiente urbano. No entanto, não exploram o assunto para além da avaliação nas fases de implementação do projeto. Relativamente às ferramentas de simulação de avaliação indicadas por Mallapuram *et al.* (2017), estas também são ainda meramente expositivas, não tendo sido ainda possível chegar a um consenso que permita criar uma plataforma única de avaliação. As metodologias SMART e *Emergent Property* apresentam também

muitos aspetos ainda por melhorar e que requerem desenvolvimento, pois o facto de serem bastante recentes faz com que não existam estudos suficientes que comprovem se a sua aplicação é ou não eficaz. Também Huovila *et al.* (2017), na sua abordagem *CITYkeys*, em que analisam possíveis indicadores e falhas existentes nas soluções em *smart cities*, afirmam que os indicadores devem apresentar relevância, integridade, disponibilidade, mensurabilidade, familiaridade, não-redundância e independência. Todavia, o seu contributo é baseado num protótipo com estudos/testes efetuados apenas em cidades europeias.

Face ao exposto, a integração, num único sistema, de indicadores das áreas da saúde, educação, segurança, transporte e energia, entre outras, é difícil e, por isso, parece clara a necessidade de explorar novas abordagens e métodos integrados que permitam, mais facilmente, avaliar *smart cities*. Isto permite abrir espaço para a proposta metodológica a seguir na presente dissertação e que faz uso de técnicas de mapeamento cognitivo para analisar os determinantes de avaliação de uma *smart city*.

Na verdade, o uso de *fuzzy cognitive maps* (FCMs) possibilita a simplificação do ambiente de decisão complexo apresentado (avaliar as diferentes componentes de uma *smart city*), integrando diversas perspetivas, assim como uma maior flexibilidade em incorporar novas informações e transparência na forma como a informação é introduzida e estruturada. Posto isto, o próximo capítulo visa apresentar esta abordagem metodológica, assim como discutir as suas vantagens e limitações no âmbito do problema identificado.

SINOPSE DO CAPÍTULO 2

Este segundo capítulo da presente dissertação visou analisar o conceito de *smart cities*, definidas genericamente como cidades que apostam em soluções inovadoras, tendo em conta os cidadãos e o meio ambiente. Ou seja, o seu principal objetivo passa por melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, através, essencialmente, de novas tecnologias, como por exemplo a IoT, que assume um papel crucial na interação entre os agentes económicos e que lhes permite ter uma vida economicamente estável e ambientalmente sustentável. No entanto, é necessário ter em conta que existem alguns problemas associados às novas tecnologias, como os elevados investimentos iniciais e os *cyberattacks*. Ainda assim, procurou-se realçar a importância destas cidades para o desenvolvimento socioeconómico, pois a criação deste tipo de soluções origina, no médio-longo prazo, a diminuição dos custos operacionais para os municípios e permite atrair pessoas com *know-how* especializado e inovador que, por seu turno, leva estas cidades a ter vantagem competitiva face às outras. Além disso, permite que haja uma maior sensibilização na escassez dos recursos naturais, tentando diminuir a emissão de gases de efeito de estufa e tornando, assim, o meio ambiente mais sustentável. Também o conceito de *domótica* é importante no desenvolvimento destas cidades, pois visa dar aos cidadãos formas de gerirem tarefas essenciais do seu dia-a-dia através, por exemplo, dos seus *smartphones*. De seguida, procedeu-se à discussão sobre a importância da necessidade de avaliar *smart cities*, tendo sido analisados vários estudos e metodologias, desenvolvidos por diversos autores, que pretendem avaliar ou, pelo menos, servir de auxílio ao processo de avaliação dessas mesmas *smart cities*. Posto isto, verificou-se que, apesar dos estudos e metodologias analisados apresentarem alguns contributos para uma avaliação coerente deste tipo de cidades, existem ainda muitas limitações que têm de ser ultrapassadas, como o facto de existirem apenas indicadores de base dispersos e não um sistema holístico em que esses indicadores estejam todos integrados. Além disso, a maioria dos estudos analisados são consideravelmente recentes, não tendo uma base empírica. Parece evidente, deste modo, a necessidade de desenvolver métodos inovadores e integrados que consigam avaliar as *smart cities* com maior facilidade, transparência e coerência. O próximo capítulo apresenta o enquadramento metodológico e as técnicas de mapeamento cognitivo *fuzzy*, que irão servir de base para a criação do modelo de avaliação a propor no âmbito da presente dissertação.

De acordo com a análise realizada no capítulo anterior, averiguou-se a existência de um conjunto de estudos e metodologias que pretendem avaliar as *smart cities*. No entanto, apresentam ainda algumas limitações metodológicas gerais e, como tal, o desenvolvimento de novas abordagens que procurem contornar estas lacunas parece pertinente. Neste terceiro capítulo, será efetuado um enquadramento geral dos mapas cognitivos *fuzzy*, como forma de apoio à tomada de decisão. Esse enquadramento tem como objetivo dar a conhecer as bases epistemológicas e processuais que sustentam a criação do sistema de avaliação desenvolvido na presente dissertação. Os tópicos abordados são: (1) cognição humana e mapeamento cognitivo; (2) mapas cognitivos *fuzzy*; e (3) vantagens e limitações dos mapas cognitivos *fuzzy*.

3.1. Cognição Humana e Mapeamento Cognitivo

Por cognição humana podemos entender o conjunto de “*mechanisms of memory, attention and vision that allow acquiring knowledge and understanding through reasoning and judgement*” (Olazabal e Pascual, 2016: 19). Este processo é específico a cada contexto e influencia profundamente os processos de tomada de decisão.

Patterson *et al.* (2014) referem que a última fase do processo cognitivo é a tomada de decisão. Esta, segundo os autores, representa o método de seleção de uma opção dentro de um conjunto de alternativas disponíveis, para uma determinada tarefa. A tomada de decisão apresenta também uma conexão bidirecional com a denominada *working memory* (*i.e.*, capacidade de codificar, recuperar e armazenar a informação necessária aos processos de tomada de decisão (Nelson e Redden, 2017)). O processo de tomada de decisão pode, ainda, orientar as atividades de *working memory*, através da influência do processo *top-down*, atualizando metas ou eliminando algumas alternativas consideradas (Patterson *et al.*, 2014).

Patterson *et al.* (2014) reforça ainda que a cognição humana decorre da interação dinâmica entre o processo *top-down* e *bottom-up*. Segundo Grether *et al.* (2017), estes processos permitem o processamento de informação e a ordenação do conhecimento, em que, na perspectiva *top-down*, presume-se que os indivíduos têm uma predisposição para perceber situações específicas de forma positiva ou negativa, enquanto na perspectiva *bottom-up* as experiências de satisfação e felicidade em áreas separadas da vida (*e.g.*, trabalho e família) geram um senso geral de bem-estar subjetivo. Ou seja, de acordo com Smith *et al.* (2011), a principal diferença entre estes dois processos é que o processo *top-down* é essencialmente dedutivo, enquanto o processo *bottom-up* é principalmente indutivo.

Segundo Bentzen-Bilkvist *et al.* (2017), é importante existir singularidade na cognição humana, que é, muitas vezes, definida através de competências cognitivas como a introspeção, imitação e cooperação. Ainda segundo os autores, é difícil saber se os diversos domínios do cognitivismo humano, ou até a cognição humana como um todo, conseguem exibir propriedades semelhantes. Nesse sentido, segundo Olazabal e Pascual (2016), existem múltiplas abordagens que permitem captar a forma como a cognição de determinado “ator” (*i.e.*, participante na tomada de decisão) afeta a tomada de decisão. Entre essas abordagens, é possível realçar, por exemplo, a *Discourse Analysis* (*e.g.*, metodologia Q e técnica Delphi), a avaliação multicritério (*e.g.*, social ou participativa) e os modelos mentais (*e.g.*, mapeamento cognitivo).

O mapeamento cognitivo é definido por Wong (2010: 288) como “[the] *process of a series of psychological transformations by which an individual acquires, codes, stores, recalls, and decodes information about the relative locations and attributes of phenomena in their everyday spatial environment*”. De acordo com o mesmo autor, o mapeamento é um processo neuro-psicológico, com aspetos conscientes e inconscientes, que, embora cognitivo, pode ser gerado com ou sem consciência/intenção. Segundo Jetter e Kok (2014), o mapeamento cognitivo raramente alcança teorias comprovadas, mas ajuda os participantes a compartilhar as suas ideias tomadas como subjetivas, visto que essas mesmas ideias são de carácter pessoal e não podem ser facilmente validadas face à realidade. Neste sentido, o mapeamento cognitivo tem sido reconhecido como uma abordagem metodológica importante no domínio do apoio à tomada de decisão, pois permite estruturar e esclarecer problemas de decisão complexos, com base na cognição humana (Ferreira e Jalali, 2015). De facto, como defendem Ribeiro *et al.* (2017), o apoio à tomada de decisão baseado na cognição humana pode ser visto como

uma oportunidade para a estruturação do problema, pois os decisores, usualmente, pensam em situações de decisão como problemas a serem resolvidos, e não como oportunidades a ser exploradas.

As técnicas de mapeamento cognitivo são geralmente utilizadas para identificar convicções subjetivas e retratar essas mesmas convicções externamente (Wong, 2010). A abordagem geral consiste em extrair declarações subjetivas de indivíduos, dentro de um domínio específico do problema e, daí, descrever as relações existentes entre esses conceitos por meio de algum tipo de gráfico (Swan, 1997). O resultado de uma técnica de mapeamento cognitivo é geralmente referido como “mapa cognitivo” e, como tal, o mapeamento cognitivo pode ser visto como o processo de estruturação mental que leva à criação de um mapa cognitivo (Wong, 2010). O termo “mapa cognitivo” foi desenvolvido por Tolman (1948), por forma a descrever as alterações mentais internas de um indivíduo e a representação das relações entre os conceitos. Swan (1997: 188) reforça esta ideia, definindo um mapa cognitivo como *“internally represented schemas or mental models for particular problem-solving domains that are learned and encoded as a result of an individual’s interaction with their environment”*.

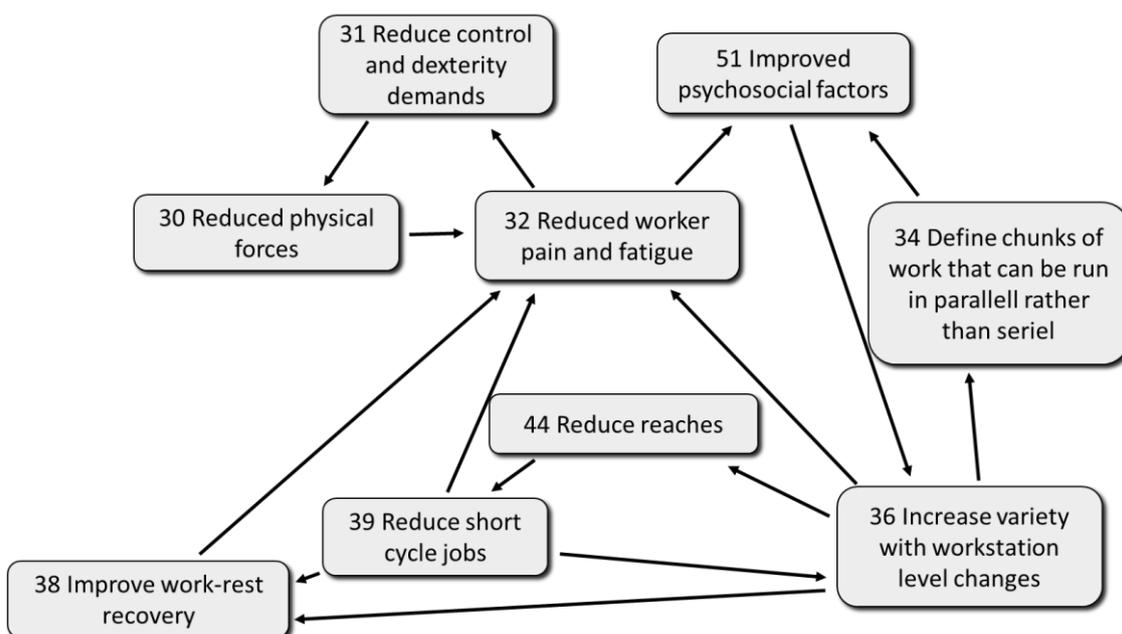
Segundo Village *et al.* (2013), o processo de mapeamento cognitivo está dividido em várias etapas, nomeadamente: (1) escolha do método de obtenção de informação, *i.e.*, as informações podem ser obtidas através de perguntas “abertas” ou através de perguntas “fechadas” pré-selecionadas (*i.e.*, perguntas em que os participantes vinculam ou classificam conforme a importância que lhe atribuírem); (2) consideração do papel do facilitador (*i.e.*, investigador – aquele que, segundo Bana e Costa (1993), tem o papel de esclarecer e modelar o processo de avaliação e/ou negociação conducente à tomada de decisões), pois este pode potenciar o resultado do mapeamento através da utilização de diversas técnicas (*e.g.*, nas técnicas em que o facilitador desempenha um papel muito ativo, os participantes conseguem criar o mapa, adicionar conceitos e temas emergentes); (3) escolha do método de mapeamento, *i.e.*, existem diversas formas de codificar os aspetos tratados nas sessões de grupo, como por exemplo, através do tradicional “papel e caneta” ou através de diferentes tipos de *software* (*e.g.*, sistema de mapeamento cognitivo coletivo (COCOMAP), *Decision Explorer*, *VisionQuest* e *COPE*); (4) escolha de métodos para criar mapas realizados em grupo, ou seja, decidir se os mapas são feitos unicamente pelo facilitador, pelo facilitador em conjunto com os participantes ou apenas pelos participantes com pouca contribuição do facilitador; e, por último, (5) seleção do modo de análise e de

interpretação dos mapas cognitivos, *i.e.*, estes podem ser analisados através do número de conceitos e *links*, em função da forma e da estrutura e/ou através do conteúdo. Ainda segundo Village *et al.* (2013), a realização de mapas em grupo torna-se muito mais eficiente do que a concretização de mapas individuais, pois requer menos horas de contato entre o facilitador e os participantes. No entanto, isso leva a que haja um grande número de conceitos e conexões em análise e, por isso, o resultado cognitivo proveniente dos mapas pode ser confuso e difícil de entender por parte dos intervenientes. Além disso, quanto maior for o grupo, mais difícil se torna a elaboração dos mapas, razão pela qual Jetter e Kok (2014) sugerem limites ao número de participantes (ver também Ackermann e Eden, 2001a; Ferreira e Jalali, 2015).

Utilizar o mapeamento cognitivo, ao contrário de reuniões convencionais, ajuda os gestores a pensar de forma mais crítica, ampla e profunda (Village *et al.*, 2013). No entanto, tal como acontece com qualquer ferramenta, o mapeamento cognitivo apresenta limitações, que se prendem, essencialmente, com o facto de os mapas serem moldados consoante o método usado para os construir. Segundo Village *et al.* (2013), os mapas individuais, por um lado, proporcionam um entendimento mais rico acerca de um assunto e evitam a possibilidade de influência de personalidades fortes ou “pensamento de grupo”. Por outro lado, os mapas cognitivos individuais não estão necessariamente relacionados com as decisões tomadas a nível organizacional e, portanto, os mapas de grupo com convicções partilhadas podem ser mais fiáveis e eficientes na redução de informação a interpretar, por forma a orientar a tomada de decisão a esse nível (Sheetz *et al.*, 1994; Village *et al.*, 2013). Ou seja, de acordo com Hossain e Brooks (2008), a construção de mapas de grupo contém informação que é recolhida de múltiplas fontes e que, por isso, levam a uma melhor compreensão do sistema em questão, reduzem o grau de ignorância e, em geral, aumentam a confiabilidade (consistência) do próprio mapa. Por conseguinte, parece existir vantagens e desvantagens em desenvolver mapas individualmente ou em grupo. No entanto, a escolha deve estar alinhada com a finalidade do próprio mapa cognitivo.

O mapeamento cognitivo é utilizado para estruturar situações complexas, não só porque permite a modelagem de relações de causa-efeito entre variáveis existentes em fenómenos complexos, mas também porque, como ferramentas visuais, os mapas facilitam a representação e a comunicação do conhecimento, apoiam a identificação e interpretação da informação, facilitam a consulta e a codificação e estimulam, ainda, associações mentais (Gavrilova *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2018).

Os mapas cognitivos permitem analisar uma elevada quantidade de dados, tanto qualitativos como quantitativos (Village *et al.*, 2012), em que as ideias e os conceitos são conectados por setas, cuja direção transmite uma relação de causa-efeito (Mackenzie *et al.*, 2006). As setas podem apresentar sinais positivos (+) ou sinais negativos (-), dependendo do tipo de relação de causalidade que exista entre os conceitos (Ferreira *et al.*, 2012). A título de exemplo, a *Figura 3* representa parte de um mapa cognitivo.



Fonte: Village *et al.* (2012: 2776).

Figura 4 – Exemplo Parcial de um Mapa Cognitivo

Como visto, os mapas cognitivos tornam-se úteis nos processos de tomada de decisão, pois têm a capacidade de ajudar a identificar oportunidades de ação, reduzir erros e indagar boas soluções (Ferreira *et al.*, 2012). Ferreira e Jalali (2015) acrescentam ainda que, apesar dos resultados desses mapas dependerem do grau de envolvimento dos decisores, o seu uso é visto como simples, interativo e versátil. Essas características fazem com que o desenvolvimento de mapas cognitivos permita aumentar a discussão entre os participantes envolvidos num processo de tomada de decisão, levando a uma redução do número de critérios omitidos, aumentando a transparência da análise e melhorando significativamente a compreensão da situação de tomada de decisão (Ferreira *et al.*, 2015). No entanto, Wong (2010) afirma que os mapas cognitivos são invariavelmente incompletos e parcialmente distorcidos. Ainda assim, Ferreira *et al.*

(2016a) e Ribeiro *et al.* (2017), entre outros, defendem que os mapas cognitivos têm duas funções principais: (1) função descritiva, *i.e.*, fornecem representações visuais, ajudando os indivíduos a ter uma melhor percepção do problema em questão e facilitando assim a sua resolução; e (2) função de reflexão, na qual o mapa é visto como uma ferramenta para suportar o desenvolvimento de novas ideias.

Em resumo, os mapas cognitivos são apresentados como representações do meio ambiente, que providenciam retratos da realidade e que permitem a compreensão das relações de causa-efeito entre conceitos ou variáveis (Tegarden & Sheetz, 2003; Ribeiro *et al.*, 2017). Neste sentido, de acordo com Fernandes *et al.* (2018), o mapeamento cognitivo permite: (1) identificar e explicar pontos de vista individuais ou de grupo; (2) estruturar problemas e apresentar possíveis alternativas; (3) examinar as diferenças e as semelhanças entre os vários pontos de vista existentes; e (4) identificar relações de causa-efeito entre esses mesmos pontos de vista.

Diversas técnicas podem ser aplicadas no âmbito do desenvolvimento de um mapa cognitivo. A abordagem *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), por exemplo, surge com o objetivo de auxiliar os agentes de decisão na estruturação de problemas complexos, sendo definida por Mingers e Rosenhead (2004: 532) como: “*a general problem identification method that uses cognitive mapping as a modelling device for eliciting and recording individuals’ views of a problem situation*”. Esta metodologia, desenvolvida por Eden e Ackermann (2001a), compreende uma série de elementos interligados, em que o facilitador utiliza mapas cognitivos como ferramenta de estruturação de problemas complexos. Segundo Eden e Ackermann (2004), a metodologia SODA foi projetada para oferecer suporte a grupos de decisores ou equipas de gestão, fornecendo uma ferramenta eficiente e estruturada de identificação e avaliação de opções. Na prática, de acordo com os mesmos autores, esta metodologia centra-se na individualidade e na subjetividade como bases para a definição do problema, permitindo que os decisores tenham a capacidade de observar e estruturar diferentes ideias e perspetivas. Com base no desenvolvimento de mapas cognitivos, esta abordagem promove o diálogo e o intercâmbio de ideias entre os decisores, permitindo que situações de decisão possam ser melhor esclarecidas e estruturadas (Canas *et al.*, 2015). Este processo pode ser iniciado através de entrevistas individuais, realizadas a todos os participantes (*i.e.*, SODA I), ou pode ser prontamente iniciado com o grupo de decisores todo reunido (*i.e.*, SODA II), sendo que, em qualquer um dos casos, o resultado pretendido é a elaboração de um mapa cognitivo que pertença a todos

(Mackenzie *et al.*, 2006). Assim, conforme verificado anteriormente, a interpretação subjetiva dos problemas complexos é um dos pilares dos mapas cognitivos, sendo que estes são a exposição real da cognição humana.

Tanto o mapeamento cognitivo como a abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) são eficazes na estruturação de problemas complexos, pois têm a capacidade de incorporar, transparentemente, múltiplas considerações numa só decisão (Ferreira *et al.*, 2012). De acordo com Bana e Costa *et al.* (1997), a primeira fase da abordagem MCDA é a fase de *estruturação*, que diz respeito à organização da informação, no sentido de estruturar o problema de decisão em análise e identificar as principais áreas de atuação e indicadores a utilizar. Nesta fase, deve ser possível definir o painel de decisores, formular uma *trigger question*, assim como o *design* e a validação do mapa cognitivo coletivo (Fernandes *et al.*, 2018). Seguindo a fase de *estruturação* está a fase de *avaliação* (Bana e Costa *et al.*, 1997), que corresponde à elaboração de um modelo de avaliação de preferências e à qual se segue a fase de *recomendações*.

Face ao exposto, parece evidente que a postura epistemológica adotada na aplicação desta técnica é baseada numa lógica construtivista, que auxilia a tomada de decisão através da elaboração de mapas cognitivos e onde a essência não é encontrar soluções ótimas, mas sim aprender com o processo de apoio à decisão em si (Pereira *et al.*, 2017). No tópico seguinte, apresentam-se os mapas cognitivos *fuzzy*, como uma extensão dos convencionais mapas cognitivos.

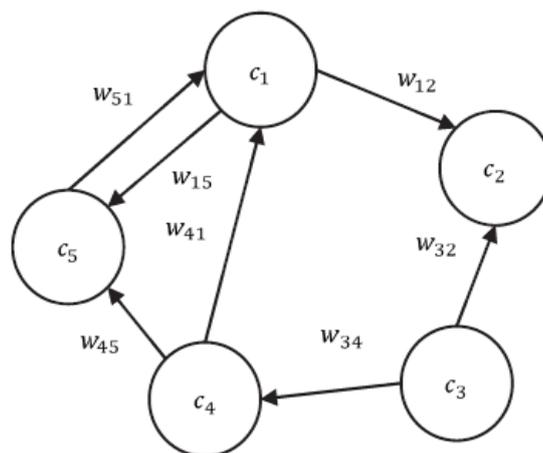
3.2. Mapas Cognitivos *Fuzzy*

Existem diversas técnicas de mapeamento cognitivo, sendo que, na presente dissertação, serão utilizados os mapas cognitivos *fuzzy* (ou *fuzzy cognitive maps* (FCMs), na literatura anglo-saxónica), que são mapas cognitivos que seguem uma lógica *fuzzy*. Segundo Zadeh (2008) e Keršulienė e Turskis (2011), a lógica *fuzzy* é importante para a tomada de decisão em ambientes complexos, em que os objetivos e/ou as restrições são de natureza *fuzzy* (*i.e.*, cujos limites não são concretamente definidos).

Os FCMs foram introduzidos por Kosko (1986), que os propôs como extensão dos tradicionais mapas cognitivos. Com efeito, ao contrário de outras abordagens de mapeamento cognitivo, os FCMs permitem a quantificação dos conceitos e das suas relações, assim como uma análise dinâmica das propriedades do sistema, identificando

possíveis estados futuros e instabilidades (Jetter e Kok, 2014). De acordo com Ferreira *et al.* (2012: 263), estes mapas “*should be interpreted as a tool to provide consolidated information on decision issues based on perceptions of a certain group of decision makers*”. Esta ideia parece ser reforçada por Carlucci *et al.* (2013: 208), que afirmam que os FCMs podem ser vistos como “*a well-established artificial intelligence technique, incorporating ideas from artificial neural networks and fuzzy logic, which can be effectively applied in the domain of management science*”. Com efeito, segundo Mazlack (2009), os FCMs são sistemas neuro-difusos, capazes de incorporar o conhecimento dos especialistas e permitem atingir resultados promissores como ferramenta matemática na análise e modelagem de sistemas.

Sendo uma ferramenta que conjuga os tradicionais mapas cognitivos com a lógica *fuzzy*, apresentam duas características principais: (1) as relações de causa-efeito entre conceitos/critérios seguem uma lógica *fuzzy* (ou seja, a relação entre dois critérios diferentes é simultaneamente representada por um sinal de causalidade positiva/negativa e por um número que, variando entre [-1, 1], representa o grau de intensidade/influência da relação); e (2) o sistema é dinâmico (*i.e.*, envolve ligações de *feedback* entre os critérios, permitindo que os aspetos temporais sejam considerados na estrutura de decisão) (Khan e Quaddus, 2004; Carvalho, 2013; Ferreira, 2016). A *Figura 4* apresenta um exemplo de um FCM, onde C_i representa o critério i e w_{ij} representa a intensidade da ligação entre dois critérios i e j .



Fonte: Chen e Chiu (2017: 699).

Figura 5 – Exemplo de um Mapa Cognitivo Fuzzy

Na prática, o mapeamento cognitivo *fuzzy* oferece várias formas de compreender os sistemas, modelando situações complexas e incertas e fornecendo, ainda, um

mecanismo mais flexível e natural para o processo de compreensão e apresentação da informação. Com efeito, um FCM descreve o comportamento de um sistema em termos de conceitos, onde cada conceito representa uma entidade, um estado, uma variável ou uma característica desse mesmo sistema (Glykas, 2012). Os conceitos são conjuntos *fuzzy* que descrevem o problema modelado, enquanto os arcos (setas) ponderados representam as dependências entre os conceitos. É precisamente nesse sentido que é utilizada uma função não-linear para transformar o impacto cumulativo de conceitos causais num conceito de efeito (Froelich, 2017). De facto, nestes mapas, todos os valores podem ser *fuzzy* e cada conceito pode assumir um valor *fuzzy* no intervalo estabelecido (Ferreira e Jalali, 2015).

Face ao exposto, existem três tipos possíveis de relações de causa-efeito entre os critérios/conceitos, nomeadamente: (1) causalidade positiva ($w_{ij} > 0$), que significa que um aumento/diminuição no valor de C_i leva a um aumento/diminuição no valor de C_j ; (2) causalidade negativa ($w_{ij} < 0$), significando que um aumento/diminuição no valor de C_i leva a uma diminuição/aumento no valor de C_j ; e (3) causalidade nula ($w_{ij} = 0$), que significa que não há relação entre C_i e C_j (Lee e Lee, 2015; Jorga *et al.*, 2018). A metodologia pressupõe que $[-1, 1]$ é um intervalo bipolar *fuzzy*, sendo a bipolaridade o meio de representação da relação positiva ou negativa entre dois conceitos (Glykas, 2012). Na prática, os conceitos *fuzzy* são funções não-lineares e, quando um conceito muda de estado, afeta todos os conceitos que lhe estão causalmente dependentes. Dependendo da direção e do tamanho desse efeito, assim como dos níveis limiares dos conceitos dependentes, os conceitos afetados podem posteriormente alterar o seu estado, formando assim novos conceitos dentro do sistema (Jetter e Kok, 2014).

Como os FCMs permitem a existência de laços/arcos de *feedback*, os novos conceitos formados podem influenciar os conceitos criados anteriormente, *i.e.*, um nó (conceito) pode afetar outros nós que, posteriormente e por sua vez, podem afetar o nó originalmente alterado (Hossain e Brooks, 2008). Como resultado, a formação/criação espalha-se de forma não-linear, através da rede do mapa, até que o sistema atinja um limite estável ou um ponto fixo. É importante notar que o número de iterações necessárias para que o sistema se estabeleça (*i.e.*, fique fixo) não pode ser interpretado em termos absolutos, mas apenas em relação às variáveis do sistema em análise (Jetter e Kok, 2014).

Além da representação gráfica, os FCMs também apresentam uma base matemática. De acordo com Mazlack (2009), existe um vetor de estado $n \times 1$ (*i.e.*, A),

que inclui o valor de n conceitos e uma matriz de peso $n \times n$ (*i.e.*, W) (também conhecida como matriz adjacente), que reúne todos os pesos w_{ji} e as relações entre os n critérios (*i.e.*, armazena as ligações causais entre os conceitos). Segundo Ribeiro *et al.* (2017), a matriz W tem n linhas e n colunas, onde n é igual ao número total de conceitos de um FCM. A *Tabela 2* representa um exemplo de uma matriz W .

	C_1	C_2	...	C_{n-1}	C_n
C_1	0	w_{12}	...	w_{1n-1}	w_{1n}
C_2	w_{21}	0	...	w_{2n-1}	w_{2n}
...
C_{n-1}	w_{n-11}	w_{n-12}	...	0	w_{n-1n}
C_n	w_{n1}	w_{n2}	...	w_{nn-1}	0

Tabela 2 – Exemplo de uma Matriz Adjacente

Kok (2009) afirma que podem aparecer valores diferentes de zero na diagonal principal da matriz adjacente, embora essa diagonal presente, usualmente, valores iguais a zero, significando isso que nenhum critério se causa a si próprio. Assim, o valor de cada conceito é influenciado pelos valores dos conceitos a si interligados e pelo seu próprio valor anterior (Ribeiro *et al.*, 2017).

Em conformidade com Albayrak e Albayrak (2016), o vetor estado A é atualizado pelo valor das conexões entre conceitos, sendo que, segundo Carvalho (2013), a atualização do valor de cada conceito para a iteração atual deve ocorrer somente depois de todos os conceitos terem sido calculados. Isso pode ser representado através da fórmula (1) que, de acordo com Ferreira *et al.* (2017), resume a essência por detrás dos FCMs.

$$A_i^{(t+1)} = f \left(A_i^{(t)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n A_j^{(t)} \cdot W_{ji} \right) \quad (1)$$

Com efeito, $A_i^{(t+1)}$ é o nível de ativação do conceito (*i.e.*, critério) C_i no tempo $t+1$; f é a função de ativação; $A_i^{(t)}$ representa o nível de ativação do conceito C_i no tempo

t ; $A_j^{(t)}$ é o nível de ativação do conceito C_j no tempo t ; e, por fim, w_{ji} é o peso definido para o relacionamento entre ambos os conceitos (Stylios & Groumpos, 1998; Mazlack, 2009; Ribeiro *et al.*, 2017; Mls *et al.*, 2017). Assim, é importante referir que, segundo Mazlack (2009: 6), “*the new state vector A_{new} is computed by multiplying the previous state vector A_{old} by the weight matrix W* ”. É ainda relevante mencionar que existem vários tipos de função de ativação dos conceitos, tais como: (1) tangente hiperbólica ($f(x) = \tan(x)$), utilizada quando os critérios têm valores entre -1 e 1; (2) sigmóide ($f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$), utilizada quando os critérios apresentam valores no intervalo [0, 1]; (3) função bivalente ($f(x) = 0$ ou 1); e (4) trivalente ($f(x) = -1, 0$ ou 1) (Yaman e Polat, 2009; Papageorgiou *et al.*, 2012; Salmeron, 2012; Glykas, 2013).

Segundo Carlucci *et al.* (2013: 213), “*the resulting transformed vector is then repeatedly multiplied by the adjacency matrix and transformed until the system converges to a fixed point. Typically it converges in less than 30 simulation time steps*”. Para além de um ponto de equilíbrio fixo, a interação contínua dos conceitos pode permitir que um ciclo limite seja atingido ou um comportamento caótico seja exibido, pois a ativação de um conceito influencia todos os outros que lhes estão conectados (Stylios e Groumpos, 1998; Stach *et al.*, 2010; Yaman e Polat, 2009). Em conformidade com Ferreira e Jalali (2015), no final destas simulações surge um *ranking* (*i.e.*, “força de impacto”) das variáveis, para que os decisores consigam compreender melhor o problema de decisão na lógica FCM. Além disso, é ainda possível formular questões “E se?”, ou seja, verificar o impacto no sistema da alteração de algumas variáveis, por exemplo, adicionado ou removendo critérios. É também importante notar que o “tempo” deve ser considerado na criação de um FCM, uma vez que as alterações num estudo deste tipo são constantes (Carvalho, 2013).

Na prática, segundo Ferreira *et al.* (2016b), a aplicação destes mapas permite que as relações de causa-efeito entre os conceitos sejam mais facilmente identificadas e as situações de decisão sejam melhor compreendidas. Na verdade, os FCMs são uma versão do mapa cognitivo tradicional, mas utilizados para situações em que a representação do conhecimento é incerta e imprecisa (Kosko, 1986). Mais especificamente, os FCMs são utilizados quando a causalidade entre conceitos não pode ser descrita de forma precisa, devido à alta complexidade ou indisponibilidade de dados (Hajek *et al.*, 2017). Nesse sentido, o método é caracterizado como simples, flexível e é suportado por modelagens dinâmicas, que permitem que os problemas de decisão complexos sejam convertidos em sistemas dinâmicos e evoluam ao longo do tempo.

Segundo Özesmi e Özesmi (2004), a abordagem FCM tem a capacidade de: (1) permitir análises de laços de *feedback*; (2) lidar com muitas variáveis que podem não estar bem definidas; (3) identificar modelos com relações entre variáveis que não são conhecidas; (4) analisar sistemas onde a informação científica é limitada, mas onde há especialistas com conhecimento sobre o problema de decisão; (5) alcançar resultados semelhantes em comparação com outras abordagens, mas com tamanhos de amostra mais baixos; (6) combinar diferentes fontes de conhecimento; e (7) aumentar a velocidade do processo de decisão. Além disso, vale a pena notar que, devido à natureza construtivista dos mapas, a sua estrutura é suficientemente flexível para acomodar novas informações, permitindo incorporar novos critérios de avaliação sempre que necessário (Ribeiro *et al.*, 2017).

A conceção de um FCM é dependente do contexto e, portanto, de natureza subjetiva (Ferreira e Jalali, 2015). Esta dependência do contexto resulta da combinação de várias variáveis, tais como: (1) circunstâncias da decisão; (2) especialistas participantes; (3) habilidades do facilitador; e (4) duração das sessões (Ribeiro *et al.*, 2017).

De acordo com Jetter e Kok (2014), o primeiro passo para a construção de um FCM é a elaboração de uma análise minuciosa dos objetivos do modelo. Ou seja, a falta de foco no problema e a existência de declarações pouco específicas pode levar a um envolvimento abrangente e, naturalmente, a um modelo excessivamente complexo. Os FCMs são desenvolvidos por partes interessadas, com diferentes pontos de vista ou percepções de um determinado fenómeno (Olazabal e Pascual, 2016). Isto torna-os numa ferramenta útil quando os dados são escassos ou quando um problema exhibe aspetos subjetivos relevantes. No entanto, devido à sua natureza semi-quantitativa, aproveita a vantagem das abordagens qualitativas (*i.e.*, capta a parte subjetiva dos problemas complexos) e das abordagens quantitativas (*i.e.*, consistência e confiabilidade). Por conseguinte, o principal resultado da abordagem FCM é uma rede de conceitos e interconexões ponderadas (Olazabal e Pascual, 2016).

Os mapas podem ser baseados em entrevistas individuais, na análise de textos ou em discussões de grupo, podendo ser facilmente modificados, adicionando novos conceitos e/ou relações ou alterando os pesos atribuídos às ligações causais (Kosko, 1988). Nesse sentido, os FCMs permitem uma análise quantitativa no apoio à tomada de decisão (Jetter e Kok., 2014). Deste modo, o desenvolvimento de um FCM requer um envolvimento profundo dos participantes, uma vez que o processo assume uma posição

construtivista e, idealmente, depende de um painel experiente e informado (Ferreira *et al.*, 2016c). Com efeito, segundo Yaman e Polat (2009: 387), “*using a group of experts has the benefit of improving the reliability of the final model*”. Importa ter presente, no entanto, que o número de especialistas é difícil de estabelecer e, até ao momento, não existe nenhum estudo que tenha sido conclusivo a esse respeito (Salmeron, 2009). Todavia, Ackermann e Eden (2001b) apontam para um intervalo de três a dez pessoas no painel.

Em jeito de síntese, os FCMs revelam-se uma ferramenta útil para selecionar e operacionalizar variáveis, ajudando os decisores a entender como é que essas variáveis se relacionam entre si e medindo a intensidade das relações entre essas mesmas variáveis. Ao fazê-lo, os FCMs reforçam a perspectiva holística dos problemas de decisão em análise (Ferreira *et al.*, 2016a). O próximo ponto discute algumas das vantagens e limitações dos FCMs.

3.3. Vantagens e Limitações dos Mapas Cognitivos *Fuzzy*

Os FCMs são uma ferramenta de mapeamento cognitivo bastante útil e eficaz, apresentando inúmeras vantagens. Em particular, estes mapas apresentam a capacidade de simplificar ambientes de decisão complexos, integrando as diferentes perspetivas dos diversos atores e usando uma abordagem semi-quantitativa realista. Assim, conseguem acomodar um maior grau de complexidade e um maior número de fontes de conhecimento em disciplinas/áreas muito diferentes, revelando um alto nível de integração (Olazabal e Pascual, 2016). De acordo com Albayrak e Albayrak (2016), os FCMs apresentam duas vantagens principais, nomeadamente: (1) o facto de ser possível adicionar novos conceitos/critérios quando o mapa inicial esteja incompleto ou incorreto; e (2) a resposta de novos parâmetros no mapa pode ser vista rapidamente. Esta ideia é reforçada por Ferreira *et al.* (2016c), que afirmam que os mapas são flexíveis o suficiente para acomodar novas informações e permitem uma maior transparência na forma como a informação é integrada e estruturada, algo que, por sua vez, permite uma tomada de decisão mais informada e abrangente. Estes mapas possibilitam ainda a interpretação especializada dos conceitos e da sua estrutura, pois os conceitos são mapeados através dos dados observados no mundo real. Neste sentido, segundo Froelich (2017), os FCMs são usados, maioritariamente, para representar

observações que mudam com tempo, permitindo modelar e prever séries temporais. Ferreira (2016) refere também que estes mapas não substituem as abordagens estatísticas, mas a sua aplicação por parte dos gestores e decisores pode fornecer informações sobre o papel de *feedbacks*-chave no sistema, algo que, de outro modo, não poderá ser detetado usando apenas abordagens estatísticas.

Apesar da abordagem FCM ser apresentada por Papageorgiou *et al.* (2017) como uma ferramenta eficiente, transparente e fácil de usar na modelagem de sistemas de apoio à decisão, importa ter presente que também apresenta limitações, as quais se prendem com o facto de a construção de um mapa cognitivo coletivo assumir uma natureza subjetiva e que está fortemente dependente das capacidades do facilitador e das perceções do grupo (Ferreira *et al.*, 2016c). Stach *et al.* (2005: 372) reforçam ainda que *“fuzzy cognitive maps development methods are far from being complete and well-defined, mainly because of the deficiencies that are present in the underlying theoretical framework [...] the development of fuzzy cognitive maps models almost always relies on human knowledge [...] strongly depend on subjective beliefs of expert(s) from a given domain”*. De acordo com Özesmi e Özesmi (2004), a insipiência e os equívocos dos decisores também são codificados nos mapas, algo que pode não ser benéfico na criação dos mesmos. Além disso, o problema pode ser modelado através de um FCM, mas isso não garante a sua resolução. Ainda no que refere às limitações, Olazabal e Pascual (2016) referem que os FCMs não são claros quanto ao conceito de tempo; e apontam para o facto de as escalas temporais poderem ser fracamente incorporadas no modelo. Também apresentam a ideia de que quando aplicado à realidade, estes mapas são, geralmente, muito grandes ou complexos; que existem técnicas para a construção de FCMs que, às vezes, são inadequadas ou impraticáveis; que a existência de esforços adicionais para lidar com atrasos requer a criação de nós/critérios fictícios, aumentando, assim, artificialmente a complexidade do mapa; e, ainda, o facto de os FCMs serem sistemas não-lineares e, por isso, não serem pré-determinados.

Face ao exposto, são diversas as vantagens e as limitações associadas à aplicação desta metodologia no apoio à tomada de decisão. Parece, no entanto, que as vantagens justificam a sua aplicação na busca de uma visão holística do conceito de *Smart City*. Com efeito, a utilização desta metodologia aparenta ser adequada na criação de um sistema de avaliação holístico, pois permite que sejam integradas diversas perspetivas, conforme as dimensões de uma *smart city*. Apresenta ainda uma elevada flexibilidade em incorporar novas informações que possam ir surgindo. Ou seja, permite simplificar e

resolver um ambiente de decisão complexo, algo que vai ao encontro do pretendido. No próximo capítulo, são apresentados os processos seguidos para a construção de um FCM no âmbito de uma abordagem holística ao conceito de *Smart City*.

SINOPSE DO CAPÍTULO 3

Este terceiro capítulo teve por objetivo o enquadramento metodológico da presente dissertação, começando por abordar a cognição humana e o mapeamento cognitivo, assim como discutindo a sua importância no processo de tomada de decisão. O processo de cognição humana consiste num conjunto de mecanismos de memória, atenção e visão que permitem adquirir o conhecimento e a sua compreensão através do raciocínio e do julgamento. Este conjunto de mecanismos resulta da interação dinâmica entre o processo *top-down* e o processo *bottom-up*, que permitem o processamento da informação e a ordenação do conhecimento. Foi ainda possível verificar que a última fase de processo cognitivo é a tomada de decisão e que esta pode ser vista como a forma de seleção de uma opção dentro de um conjunto de alternativas disponíveis. Para conseguir captar a forma de pensar de determinado participante, existem diversas abordagens, como é o caso do mapeamento cognitivo. Este, por sua vez, permite estruturar e esclarecer problemas de decisão complexos, através da utilização de mapas cognitivos, vistos como representações do meio ambiente que providenciam retratos da realidade e que permitem a compreensão das relações de causa-efeito entre os conceitos ou variáveis que pretendem ser clarificados. Tendo em conta que a avaliação de *smart cities* é um problema de decisão complexo, a metodologia SODA, que é suportada em mapas cognitivos, promove o diálogo e o intercâmbio de ideias entre os decisores, permitindo que situações de decisão complexas possam ser esclarecidas e estruturadas. Conjugando os tradicionais mapas cognitivos com uma lógica *fuzzy* (*i.e.*, lógica de imprecisão e raciocínio aproximado), surgem os mapas cognitivos *fuzzy*, que apresentam duas características principais: (1) as relações de causa-efeito entre conceitos/critérios seguem uma lógica *fuzzy*; e (2) o sistema de análise é dinâmico (*i.e.*, envolve ligações de *feedback* entre os critérios). Esta metodologia, para além da representação gráfica, contém formulação matemática, integrando diversas perspetivas e apresentando uma elevada flexibilidade ao incorporar novas informações. Ainda assim, apresenta uma elevada subjetividade, dependência de processos e os resultados obtidos são dependentes do contexto em análise e dos participantes envolvidos. No entanto, a aplicabilidade deste método à problemática em análise (*i.e.*, na compreensão das componentes-chave no desenvolvimento de uma *smart city*) parece ser bastante útil. Posto isto, no próximo capítulo é apresentada a parte empírica da presente dissertação, onde é elaborado um FCM no âmbito da abordagem holística ao conceito de *Smart City*.

Na sequência dos capítulos anteriores, onde foram tratados os estudos concebidos por diversos autores e feito o enquadramento metodológico das técnicas a aplicar, segue-se, neste quarto capítulo, a componente empírica da presente dissertação. Seguindo o objetivo do estudo, que visa criar um FCM para analisar o conceito de *Smart City*, é descrita a forma como foram aplicadas as técnicas utilizadas em cada uma das sessões de trabalho realizadas com um painel de especialistas nas diversas áreas de uma *smart city*, bem como a forma como foram identificados os critérios de análise no processo de estruturação do problema de decisão. No final deste mesmo capítulo, é feita a validação e a análise do modelo construído, assim como discutidas as suas limitações e formuladas recomendações para estudos futuros.

4.1. Definição do Problema de Decisão

Conforme referido, o processo de tomada de decisão encontra-se dividido em três fases: *estruturação*, *avaliação* e *recomendações*. A fase de estruturação é, talvez, a mais importante de todo este processo, visto que apresenta a base para as fases consequentes (cf. Bana e Costa *et al.*, 1997). Assim, é fundamental que a definição e estruturação do problema de decisão seja clara e coerente, para uma melhor compreensão de todo o processo de decisão. Anteriormente, na presente dissertação, foi mencionado que o principal objetivo da mesma passa pela construção de um modelo de avaliação dinâmico e integrado das diversas componentes de uma *smart city*, através da construção de um FCM. O processo baseou-se nas ferramentas identificadas como fundamentais na fase de estruturação, começando pela definição dos critérios de avaliação. Posteriormente, procedeu-se à elaboração do modelo conceptual através de técnicas de mapeamento cognitivo, que permitiram incorporar o conhecimento e a experiência dos diversos especialistas envolvidos no processo.

A aplicação das técnicas de mapeamento cognitivos foi possível através de duas sessões de trabalho presenciais realizadas com especialistas (*i.e.*, *decisores*) nas diversas vertentes de uma *smart city*. Conforme referem Yaman e Polat (2009), os FCMs podem ser desenvolvidos por um único especialista ou por um grupo de decisores. No entanto, “*using a group of experts has the benefit of improving the reliability of the final model*” (Yaman e Polat, 2009: 387). Em conformidade com Ackermann e Eden (2001b) e Ribeiro *et al.* (2017), existe um intervalo aconselhável entre três a dez especialistas por grupo de decisão para que o estudo seja considerado coerente e válido. No âmbito da presente dissertação, as sessões contaram com a presença de seis elementos, respeitando assim as orientações presentes na literatura.

As sessões tiveram uma duração média de 3.5 horas e foram orientadas por dois *facilitadores*. É importante referir que a constituição do painel não foi uma tarefa fácil, devido à incompatibilidade de agendas. Com efeito, foram efetuados múltiplos contactos, durante quase três meses, para que se pudesse chegar ao painel de seis decisores que efetivamente participaram no estudo. É também relevante mencionar que os participantes incluídos no painel participaram de forma voluntária (ou seja, participaram apenas devido ao seu interesse na temática e na vontade em contribuir na definição e análise do problema de decisão em questão). Após constituído o painel, procedeu-se à realização da primeira sessão, conforme apresentado no ponto seguinte.

4.2. Elaboração da Estrutura Cognitiva de Base

A primeira sessão presencial com o grupo de especialistas começou com uma breve apresentação do principal objetivo do estudo, assim como com uma breve explicação da metodologia utilizada. Em seguida, foi colocada a seguinte questão: “*Com base nos seus valores e experiência pessoal, quais devem ser as características da melhor ‘smart city’?*”. Esta questão foi colocada por um dos facilitadores com o intuito de estimular o debate entre os vários participantes, possibilitando assim um ambiente de partilha de conhecimentos e experiências.

Em termos práticos, foi utilizada, na primeira sessão, uma ferramenta denominada de “*técnica dos post-its*”, que, de acordo com Ackermann e Eden (2001b), consiste em escrever os conceitos que o painel considera mais relevantes na resposta à questão efetuada em *post-its*. A regra passa por escrever cada conceito num *post-it* e o

processo foi executado, repetidamente, através da discussão e da negociação coletiva, até que o painel de decisores expressou satisfação com os resultados alcançados (Ferreira *et al.*, 2016b). Neste processo, foi sempre dada aos decisores a possibilidade de alterar e/ou inserir novos critérios no mapa sempre que achassem que este último não representava as suas ideias. Seguindo a metodologia, é também pertinente ter em conta que existem critérios cuja influência é negativa na análise do conceito de *Smart City* (*i.e.*, apresentam causalidade negativa), tendo estes critérios sido assinalados com um sinal negativo (–) no *post-it* correspondente (*cf.* Salmeron, 2009; Ferreira e Jalali, 2015). Ao longo da sessão, os *post-its* foram afixados num quadro por forma a estarem visíveis a todos os participantes.

O agrupamento dos conceitos por “áreas de preocupação” (*i.e.*, criação de *clusters*) correspondeu à fase seguinte da primeira sessão, tendo surgido os seguintes seis *clusters*: (1) *Pessoas*; (2) *Planeamento e Ambiente*; (3) *Tecnologia*; (4) *Infraestruturas e Materiais*; (5) *Serviços*; e (6) *Transportes e Mobilidade*. Posteriormente, foi solicitado aos decisores que ordenassem (dentro dos respetivos *clusters*) os conceitos por ordem de importância, de modo a que as variáveis que considerassem mais importantes em cada *cluster* fossem colocadas no topo do respetivo *cluster* e as que apresentavam menos relevância colocadas na parte inferior (*i.e.*, base) (Ferreira *et al.*, 2016c). A *Figura 6* demonstra alguns dos momentos da primeira sessão presencial, onde estão ilustradas algumas das tarefas aqui reportadas.



Figura 6 – Instantâneos da Primeira Sessão de Grupo

Em seguida, com recurso ao *software Decision Explorer* (www.baxia.com), foi desenvolvido um mapa cognitivo de grupo, tendo sido dada aos decisores a hipótese de alterar a forma e/ou o conteúdo do mapa, caso não estivessem completamente de acordo com o resultado final. O mapa construído está representado na *Figura 7*. Conta com 203 critérios e foi facultado ao painel de especialistas para análise e validação.

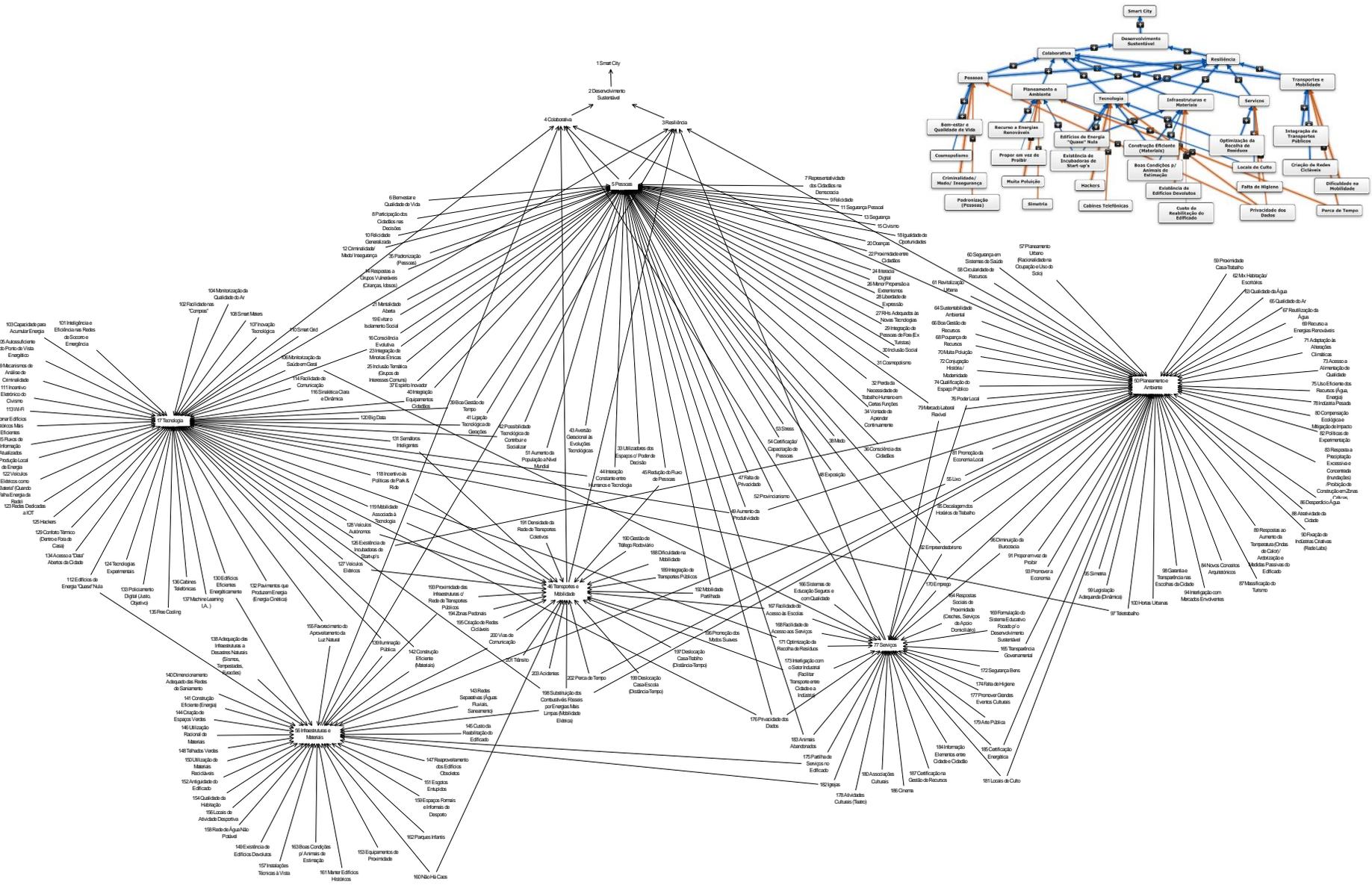


Figura 7 – Mapa Cognitivo de Grupo

A *Figura 7* apresenta o mapa cognitivo desenvolvido pelos *decisores*, visando estruturar o conhecimento e experiência por eles revelado no âmbito da análise do conceito de *Smart City*. De facto, como referem Ferreira *et al.* (2015: 10), “*the high volume of information discussed and projected on the map arguably more than compensates the subjective nature of the process, which obviously depends on the facilitator’s skills and is deeply influenced by the perceptions of the panel members*”. Neste contexto, importa ter presente que “*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*” (Ferreira *et al.*, 2016a: 1474).

Ainda relativamente à *Figura 7*, no seu canto superior direito está presente uma versão simplificada da estrutura cognitiva construída, algo que possibilitou uma compreensão mais transparente dos fatores que influenciam o conceito de *Smart City*. Nesta sequência, e em conformidade com Stach *et al.* (2005), é importante proceder à análise das relações causa-efeito entre os critérios identificados. No próximo ponto serão analisadas essas mesmas relações de causa-efeito que estão por detrás do mapa cognitivo apresentado.

4.3. Definição e Análise das Dinâmicas Causais

De acordo com Kim e Lee (1998), uma relação causal *fuzzy* implica que um conceito *A* aumenta causalmente *B*, ou seja, se *A* aumenta então *B* aumenta, e se *A* diminui então *B* também diminui. Por outro lado, quando *A* diminui causalmente *B* significa que se *A* aumenta então *B* diminui e se *A* diminui então *B* aumenta. Deste modo, nos conceitos que constituem uma relação causal, devem existir elementos quantitativos que podem aumentar ou diminuir.

Conforme mencionado, a segunda sessão contou com a presença dos mesmos seis decisores, garantindo assim o requisito de validação (*i.e.*, três a dez elementos). Nessa sessão, e em conformidade com as diretrizes apresentadas no *Capítulo 3* da presente dissertação, foi solicitado aos decisores que olhassem atentamente para o mapa e que se focassem nas relações de causalidade existentes, por forma a conseguir medir-se os graus de intensidade (*i.e.*, influência), tendo em conta o intervalo [-1;1]. Os facilitadores ficaram com a tarefa de ler, calmamente e em voz alta, conceito a conceito,

enquanto os decisores distribuíaam os valores (dentro do intervalo definido) que, coletivamente, achavam mais adequados para mensurar as relações existentes entre critérios. Na *Figura 8* são apresentados alguns dos momentos ocorridos na segunda sessão de trabalho.



Figura 8 – Instantâneos da Segunda Sessão de Grupo

Após esta tarefa, foi possível recorrer aos *softwares FCMapper* (<http://www.fcmapppers.net>) e *Pajek* (<http://pajek.imfm.si/doku.php>) e incluir os graus de intensidade definidos pelos decisores na estrutura cognitiva de base, originando assim um FCM. Na *Figura 9* está retratada essa mesma estrutura de base que, assemelhando-se a uma rede neuronal, foi simplificada em termos de apresentação.

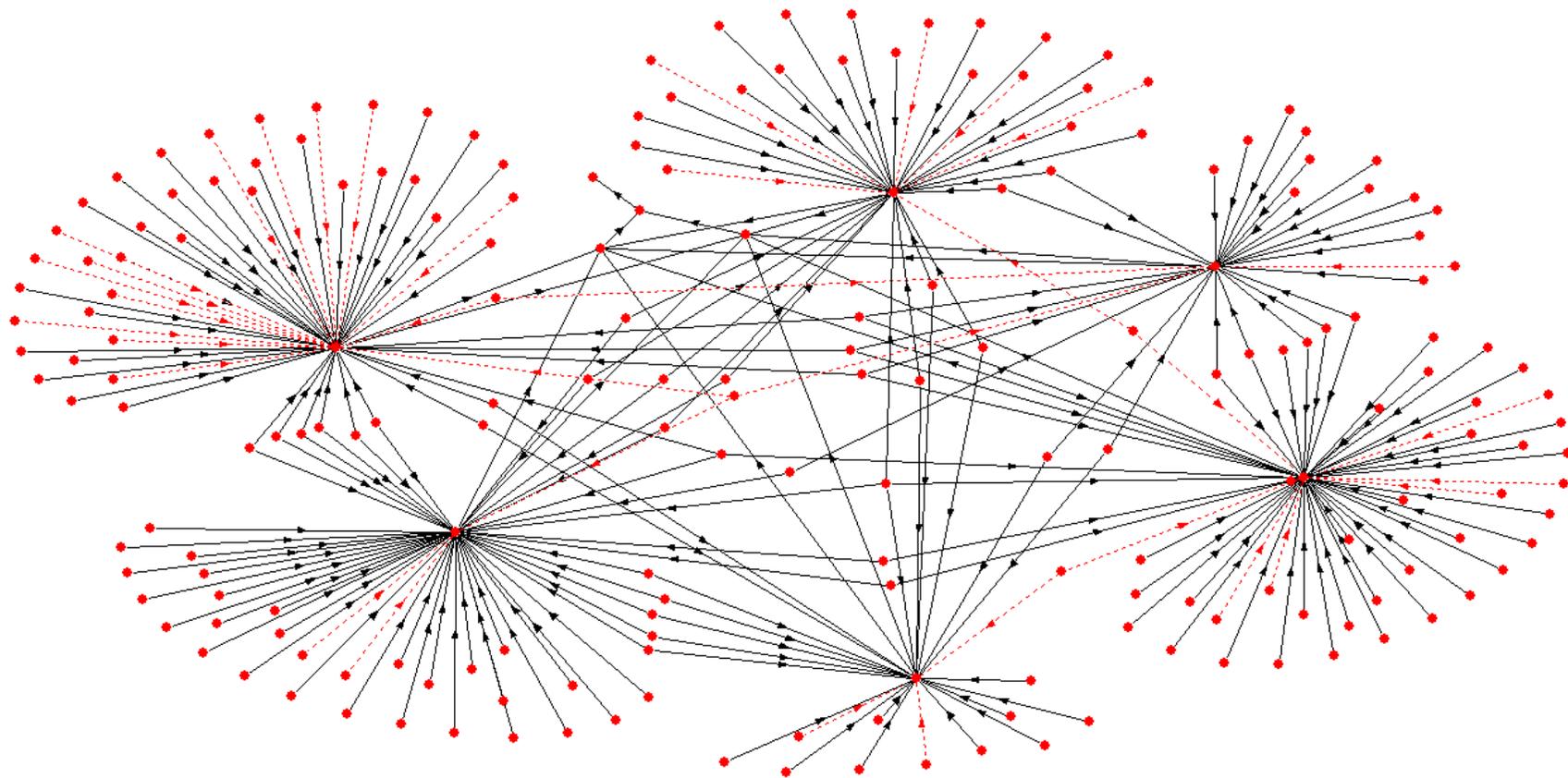


Figura 9 – Estrutura de Base do FCM

Na prática, como podemos observar na *Figura 10*, os valores decimais atribuídos às relações de causalidade retratam os graus de intensidade das ligações existentes entre os critérios indicados e validados pelo painel de decisores. O *cluster* apresentado na *Figura 10* diz respeito a *Transportes e Mobilidade*, onde o grau de intensidade de cada ligação se encontra mensurado no intervalo de $[-1, 1]$.

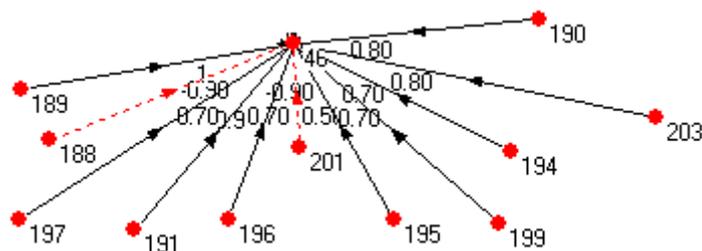


Figura 10 – Análise dos Graus de Intensidade

Posto isto, a tarefa seguinte baseou-se na análise da centralidade das características/componentes que definem uma *smart city*, conforme discutido no ponto seguinte.

4.4. Análise da Centralidade dos Determinantes de *Smart City*

De acordo com Carlucci *et al.* (2013: 216), “*through a proper neural network computational model, [...] what we can get is an idea of the ranking of the variables in relationship to each other according to how the system is perceived in the FCM*”. Nesse sentido, é necessário proceder à análise da centralidade dos determinantes de uma *smart city*, ou seja, identificar, de acordo com o definido pelos decisores, as componentes que apresentam maior índice de centralidade. Apesar de todos os critérios presentes no mapa cognitivo apresentarem graus de centralidade (ver *Apêndice*), na *Tabela 3* apenas estão presentes os que revelam índices mais elevados. Assim, conforme se pode verificar na *Tabela 3*, as componentes/determinantes-chave de uma *smart city* são: (1) *tecnologia* (37.80); (2) *pessoas* (32.70); (3) *planeamento e ambiente* (29.90); (4) *infraestruturas e materiais* (22.00); (5) *transportes e mobilidade* (21.40); e (5) *serviços* (13.90), devendo uma *smart city* apresentar *resiliência* (6.00) e ser *colaborativa* (6.00).

Conceitos/Critérios	<i>Outdegree</i>	<i>Indegree</i>	Centralidade
Tecnologia	2.00	35.80	37.80
Pessoas	2.00	30.70	32.70
Planeamento e Ambiente	1.60	28.30	29.90
Infraestruturas e Materiais	1.20	20.80	22.00
Transportes e Mobilidade	1.80	19.60	21.40
Serviços	1.40	12.50	13.90
Resiliência	1.00	5.00	6.00
Colaborativa	1.00	5.00	6.00

Tabela 3 – Grau de Centralidade dos Critérios

Em conformidade com Papageorgiou *et al.* (2012: 45), “FCMs are simple, yet powerful tools for modeling and simulation of dynamic systems, based on domain-specific knowledge and experience”. Portanto, a análise dos graus de centralidade é importante, não só porque auxilia a análise na tomada de decisão, mas também porque, no âmbito da presente dissertação, permite identificar em concreto quais os principais determinantes no desenvolvimento de uma *smart city*. No entanto, é importante salientar que os FCMs são uma ferramenta dinâmica, ou seja, estão em constante mudança e, por isso, é fundamental analisar algumas das alterações possíveis que podem ter impacto nos diversos conceitos, tendo em conta diferentes contextos. Deste modo, no ponto seguinte, é apresentada uma análise dinâmica de algumas componentes-chave, que foi possível através do *software Mental Modeler* (<http://www.mentalmodeler.com/>).

4.5. Análise Dinâmica dos Determinantes de Smart City

Na sequência da análise da centralidade dos determinantes de uma *smart city*, realizou-se uma análise dinâmica às relações causa-efeito existentes entre as variáveis, com recurso ao *software Mental Modeler*. De acordo com Gray *et al.* (2013), este *software* foi desenvolvido para que os *stakeholders* consigam: (1) construir um modelo conceitual qualitativo; (2) desenvolver possíveis cenários e avaliar as alterações sob condições plausíveis; e (3) rever o modelo com base no seu *output*. Gray *et al.* (2013: 967) reforçam ainda que o “*Mental Modeler provides a way for users to develop a*

simple qualitative FCM which is then translated into the quantitative structure required to run dynamic FCM scenarios”.

Nesse sentido, esta análise realizou-se com base em três etapas principais: (1) construção de um mapa cognitivo de grupo – presente na *Figura 7* – através da utilização do *software Decision Explorer*; (2) preenchimento/elaboração da matriz adjacente com os respectivos graus de intensidade entre critérios (mensurado com valores entre -1 e 1), por forma a analisar as centralidades existentes, com recurso ao *FCMapper*; e, por último, (3) observação (*i.e.*, análise) de diversos cenários possíveis, através de simulações nos valores das intensidades dos critérios identificados. O ponto seguinte foca-se no terceiro e último aspeto, correspondendo a uma análise de cenários, que constitui a base para a análise dinâmica dos *clusters* identificados no FCM.

4.5.1. Análise Dinâmica de Clusters

Na análise dinâmica de *clusters*, foi observado o comportamento destes mesmos *clusters* face aos conceitos reconhecidos como transversais a todos os *clusters* (*i.e.*, *resiliência* e [cidade] *colaborativa*). Mais especificamente, foram simulados três cenários (*i.e.*, variações) de -0.50, 0.75 e 1.00, no sentido de avaliar o impacto destes conceitos transversais no desenvolvimento de uma *smart city*. As *Figuras 11, 12 e 13* ilustram os resultados obtidos para cada *cluster*.

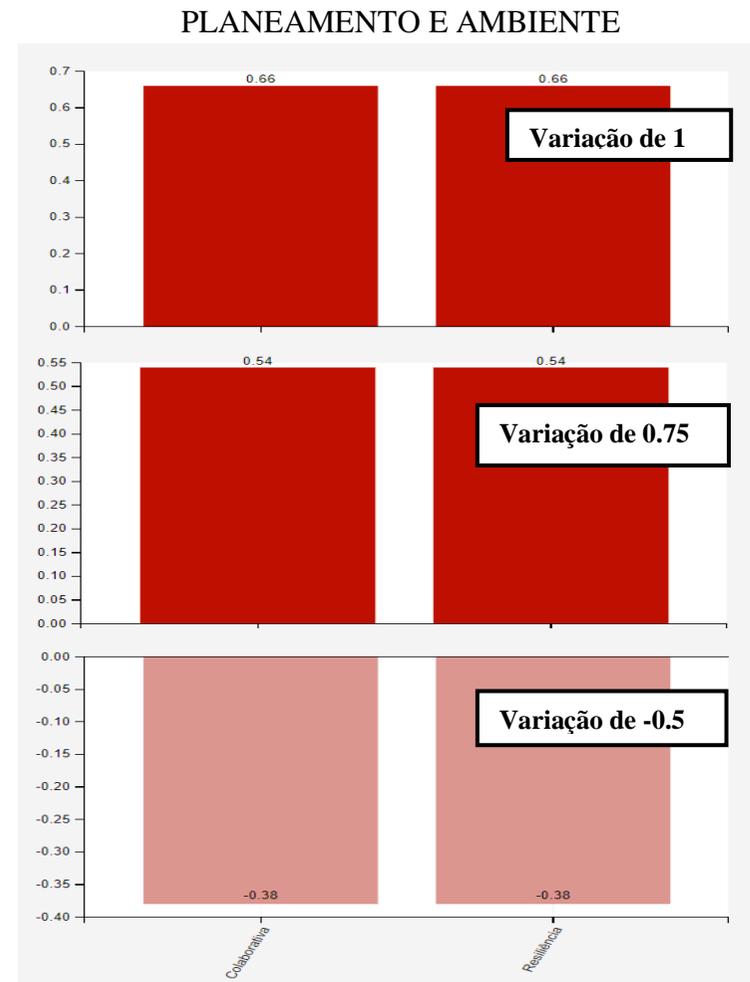
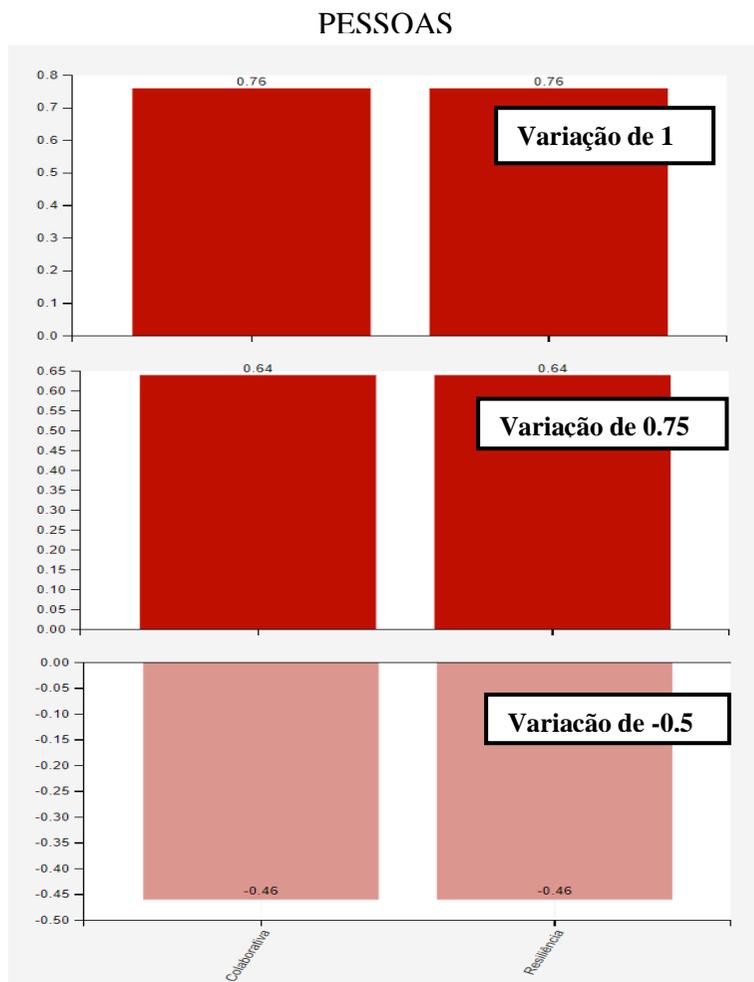
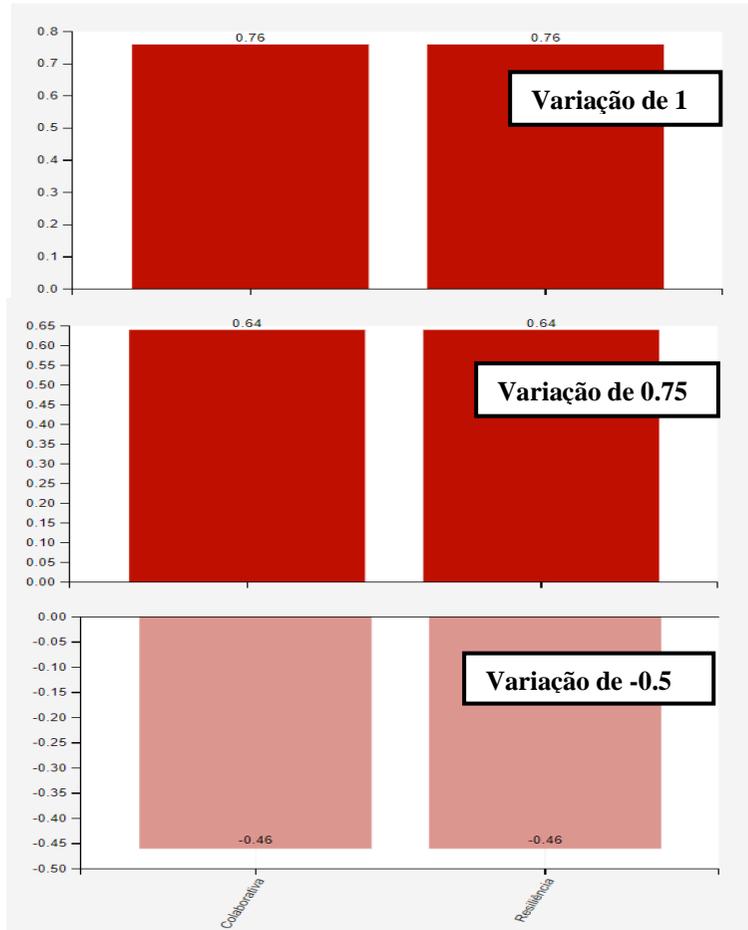


Figura 11 – Análise Dinâmica de Clusters: *Pessoas e Planejamento e Ambiente*

TECNOLOGIA



INFRAESTRUTURAS E MATERIAIS

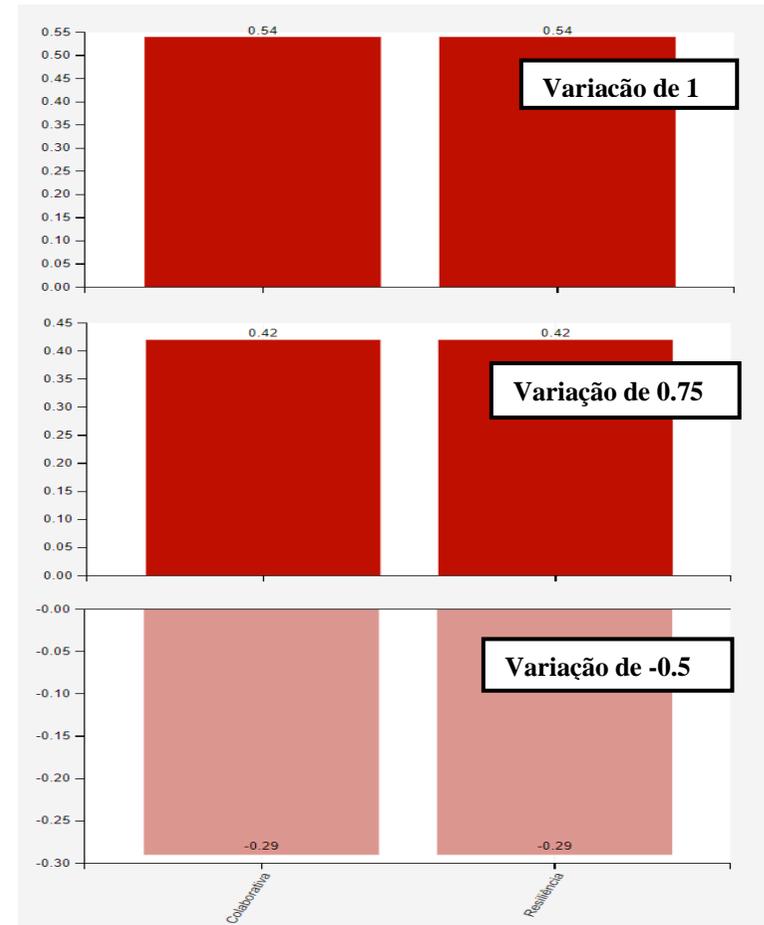


Figura 12 – Análise Dinâmica de Clusters: *Tecnologia e Infraestruturas e Materiais*

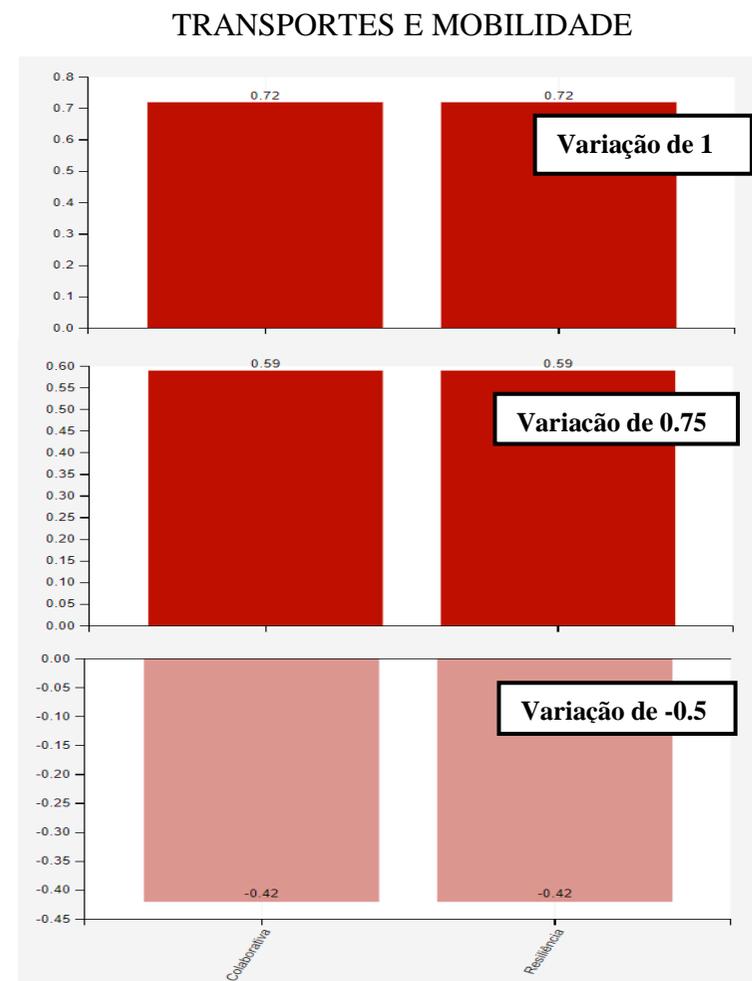
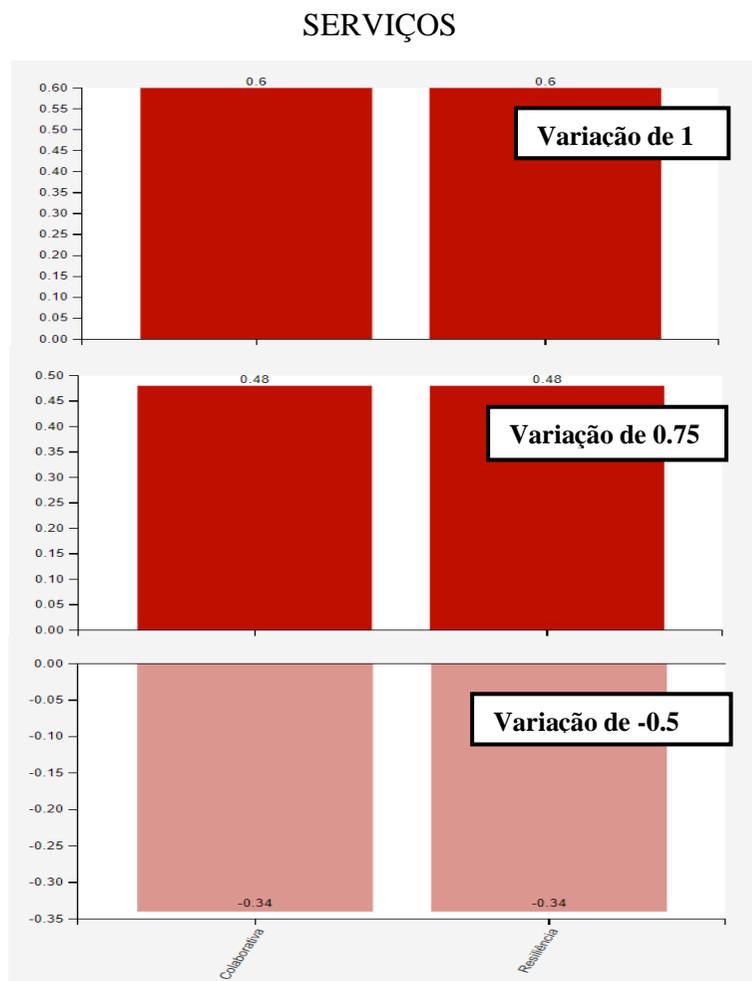


Figura 13 – Análise Dinâmica de Cluster: *Serviços e Transportes e Mobilidade*

Uma vez que a intensidade na ligação dos *clusters* aos conceitos apresentados como transversais apresenta valores diferentes, esses mesmos critérios devem ser individualmente analisados. Em concreto, através das *Figuras 11, 12 e 13*, podemos verificar que, relativamente ao *cluster Pessoas*, quando existe uma subida da sua intensidade de 0.75 ou 1.00, há um aumento da sua importância face aos conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* numa *smart city*. Todavia, quando este *cluster* diminui a sua intensidade em -0.50, a sua importância face a uma *smart city* também diminui. De acordo com o painel, é crucial que uma *smart city* tenha resiliência e que seja colaborativa. Contudo, para isso, é necessário que as *pessoas* que a habitam/frequentam também o sejam e, principalmente, estejam dispostas e tenham uma mente suficientemente aberta para isso. Daí surgir a elevada importância que as *pessoas* têm no desenvolvimento de uma *smart city*, sendo este um dos *clusters* com maior intensidade, juntamente com o *cluster Tecnologia*. Podemos ainda afirmar que são as *pessoas* as principais utilizadoras destas cidades, cujo principal objetivo é a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos ligada à sustentabilidade e, fundamentalmente, à tecnologia.

Tendo em conta o *cluster Planeamento e Ambiente*, este apresenta uma intensidade na sua ligação aos conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* de 0.80. Aumentando a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, existe também um aumento destes conceitos transversais, embora não tão notório. Quando existe uma diminuição da sua intensidade em -0.5, também estes conceitos diminuem a sua importância face a uma *smart city*. Ou seja, segundo o painel, o *planeamento e ambiente* constitui uma vertente bastante importante numa *smart city*, pois uma cidade “inteligente” tem de ter um planeamento que contemple medidas que protejam/promovam o ambiente, embora tenha sido referido, pelos decisores, que as *pessoas* e a *tecnologia* contêm um peso maior. Novamente, para que haja um *planeamento e ambiente* eficaz e eficiente, é necessário haver resiliência e colaboração, daí a sua importância aumentar/diminuir quando este *cluster* também aumenta/diminui.

Similarmente ao *cluster Pessoas*, o *cluster Tecnologia* apresenta uma intensidade de 1.00, implicando assim que as alterações de intensidade em 0.75 ou 1.00 resultem num aumento da importância dos conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* face a uma *smart city*. Tal como quando se verifica uma diminuição da intensidade em -0.50 no respetivo *cluster*, também estes conceitos diminuem a sua importância. Conforme mencionado anteriormente, a *tecnologia* é fundamental no desenvolvimento

destas cidades e, de acordo com os decisores, representa a base para as mudanças/alterações que devem surgir numa *smart city*, no sentido desta conseguir providenciar aos cidadãos uma melhoria na sua qualidade de vida.

No que diz respeito ao *cluster Infraestruturas e Materiais*, este contém uma intensidade ligeiramente menor face aos outros *clusters*, sendo de 0.60. No entanto, quando existe uma subida da sua intensidade de 0.75 ou 1.00, também os conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* se tornam mais importantes face a uma *smart city*. Perante uma descida da sua intensidade de -0.50, verifica-se novamente uma descida da importância, apesar de minoritária, do *cluster* em análise. Neste sentido, podemos afirmar que, para além da importância das *pessoas*, do *planeamento e ambiente* e da *tecnologia*, também as *infraestruturas e materiais* apresentam um papel crucial, embora menor, nestas cidades, pois uma cidade apenas será “*smart*” se existir uma conjugação eficiente e eficaz da tecnologia com os recursos e infraestruturas físicas.

Relativamente ao *cluster Serviços*, que apresenta uma intensidade de 0.70, parece evidente que, quando se verifica uma subida da sua intensidade de 0.75 ou 1.00, os conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* aumentam a sua importância no desenvolvimento destas cidades. Quando existe uma variação negativa da intensidade em -0.50, os critérios transversais tendem a tornar-se menos importantes para que uma cidade seja “*smart*”. A prestação de *serviços* no desenvolvimento de cidades que sejam “*smart*”, torna-se um fator essencial, mas não o mais relevante, pois é necessário existirem serviços (*i.e.*, serviços de saúde, educação, segurança, desporto entre outros) de qualidade e suficientemente “*smart*” para oferecer aos cidadãos facilidade na utilização dos mesmos no seu dia-a-dia.

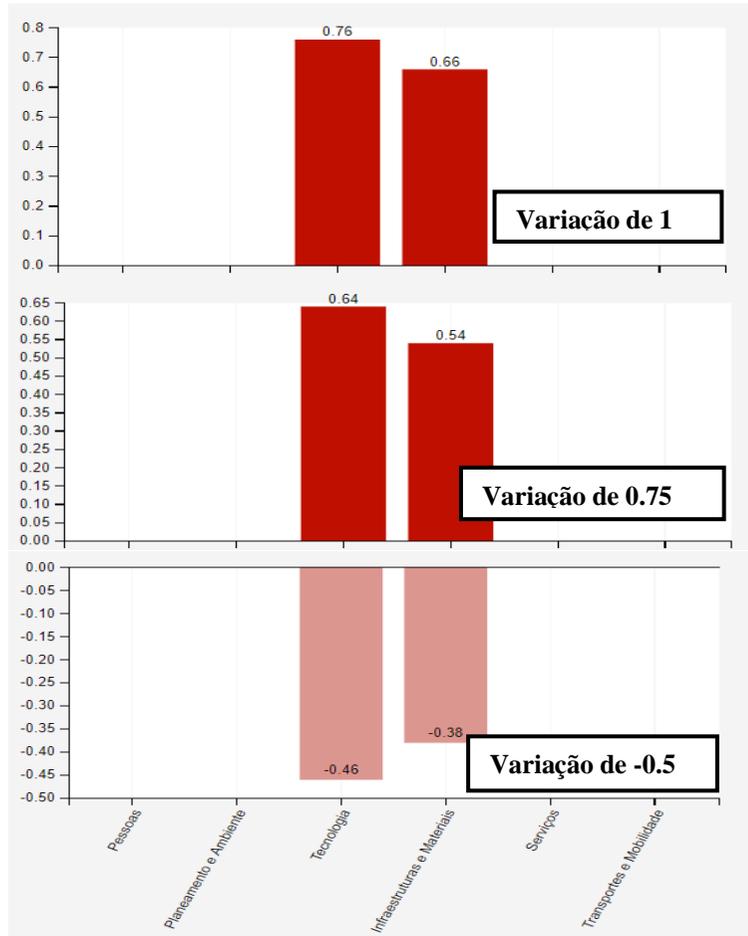
Por fim, perante o último *cluster* identificado, *Transportes e Mobilidade*, verifica-se que este exibe uma intensidade de 0.90, o que torna este *cluster* num dos mais importantes na formação de *smart cities*. Assim, quando se está perante um aumento da intensidade de 0.75 ou 1.00, os conceitos transversais em análise tornam-se mais importantes. Por analogia, quando se verifica uma descida da intensidade em -0.50, estes conceitos apresentam menor importância face à *smart city*. Tal como os *clusters* apresentados anteriormente, também os *transportes e mobilidade* são fundamentais para que uma cidade seja “*smart*”, ou seja, uma boa e eficiente rede de transportes proporciona aos cidadãos uma maior mobilidade que, conjuntamente com a resiliência e cooperação, promove e reforça a ideia de *smart city*.

Posto isto, e tendo em conta a informação apresentada anteriormente, parece evidente a importância que os conceitos [cidade] *colaborativa* e *resiliência* têm, efetivamente, no desenvolvimento de *smart cities*. No entanto, é ainda importante analisar os conceitos que afetam mais do que um *cluster*. É neste sentido que, no ponto seguinte, será feita uma análise dinâmica *inter-cluster*.

4.5.2. Análise Dinâmica Inter-Cluster

Para além do comportamento dos *clusters* face aos conceitos transversais, é necessário ainda proceder à análise *inter-cluster*, devido à existência de critérios que ligam a mais do que um *cluster*. Pretende-se, assim, avaliar o impacto da variação da intensidade de um conceito nos *clusters* a que está conectado. Estes critérios foram escolhidos por apresentarem maior e menor intensidade dentro do respetivo *cluster* e foram também simuladas três variações de -0.50, 0.75 e 1.00. As *Figuras 14, 15, 16 e 17* demonstram os resultados obtidos para os conceitos identificados.

EDIFÍCIOS DE ENERGIA “OUASE” NULA



EXISTÊNCIA DE INCUBADORAS DE STARTUPS

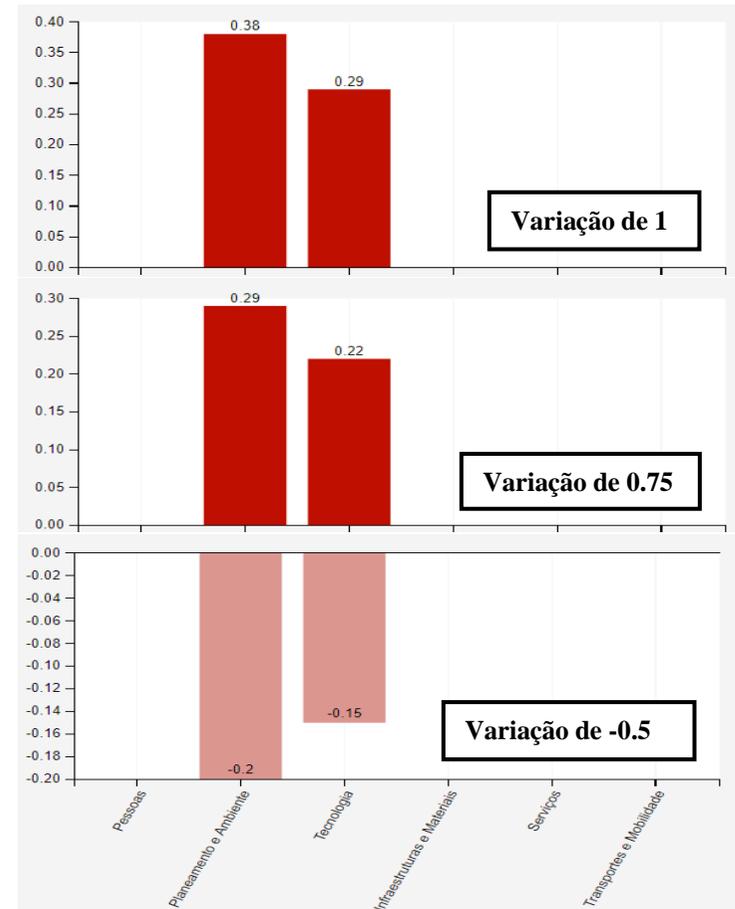
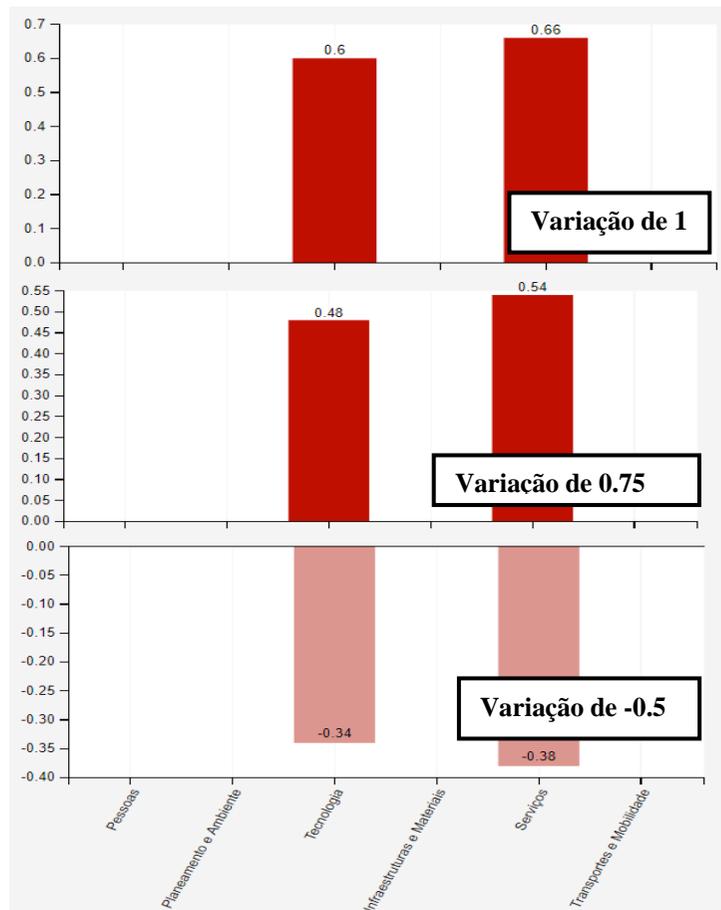


Figura 14 – Análise Dinâmica *Inter-Cluster*

OTIMIZAÇÃO DA RECOLHA DE RESÍDUOS



LOCAIS DE CULTO

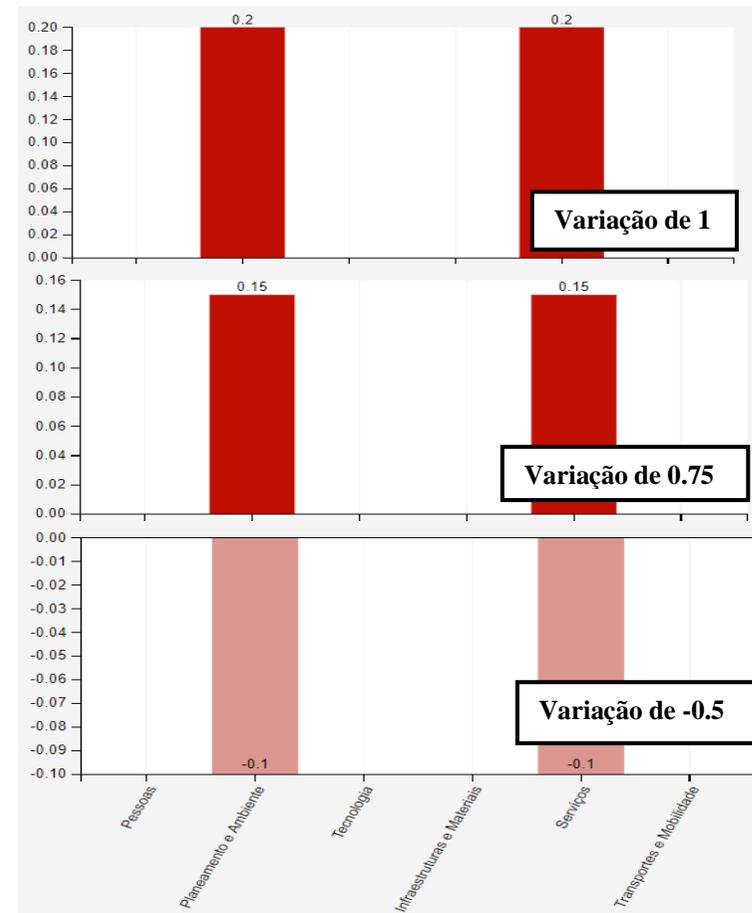


Figura 15 – Análise Dinâmica *Inter-Cluster*

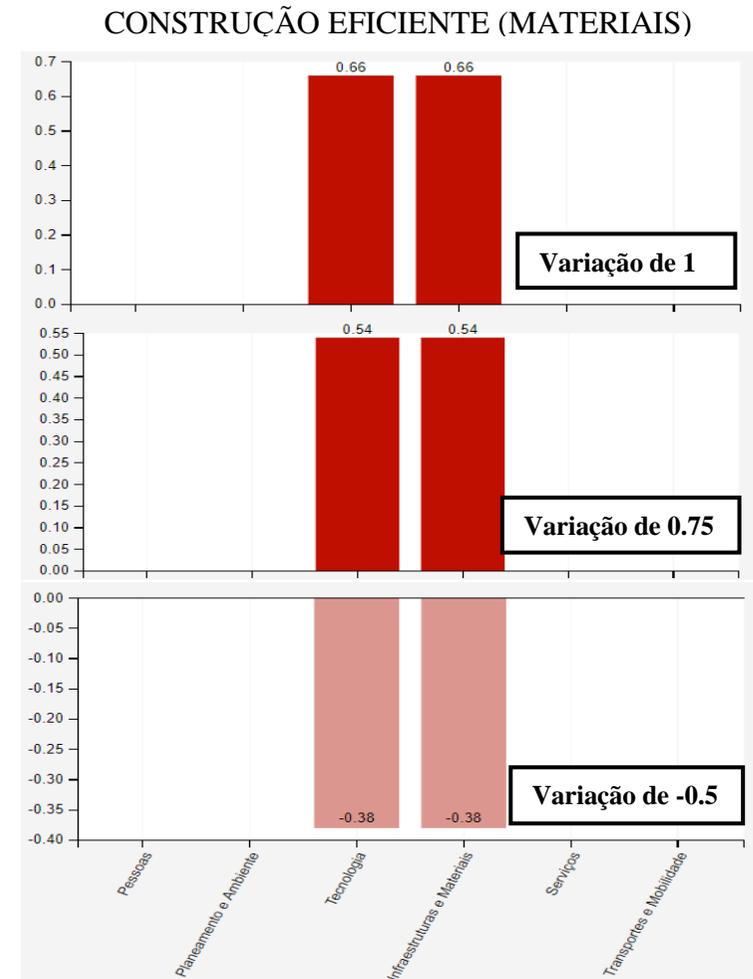
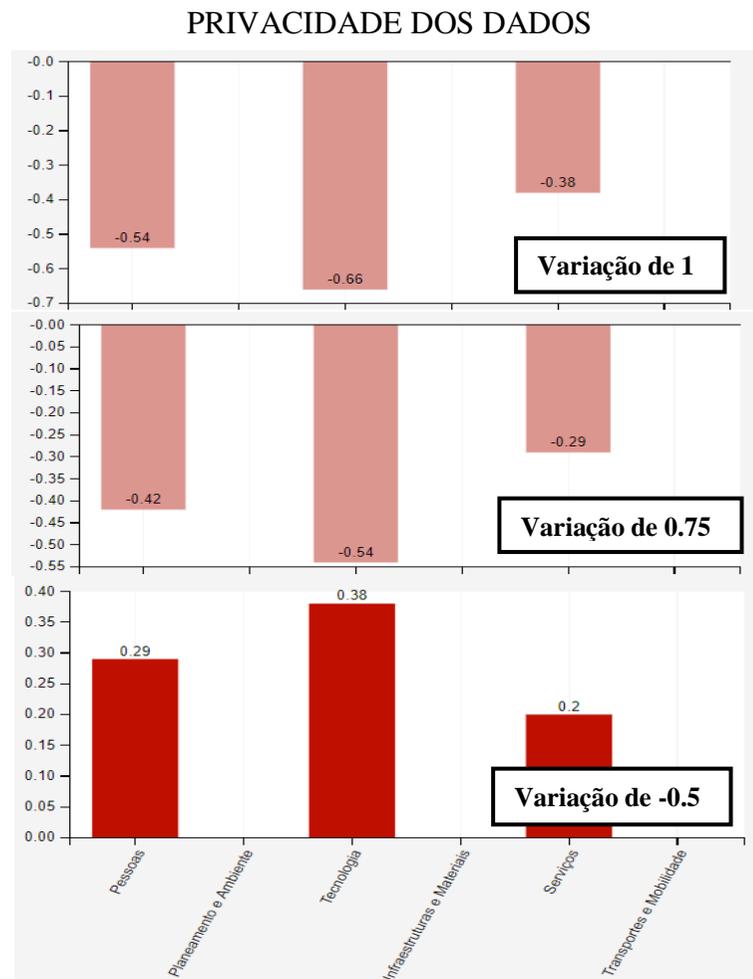


Figura 16 – Análise Dinâmica *Inter-Cluster*

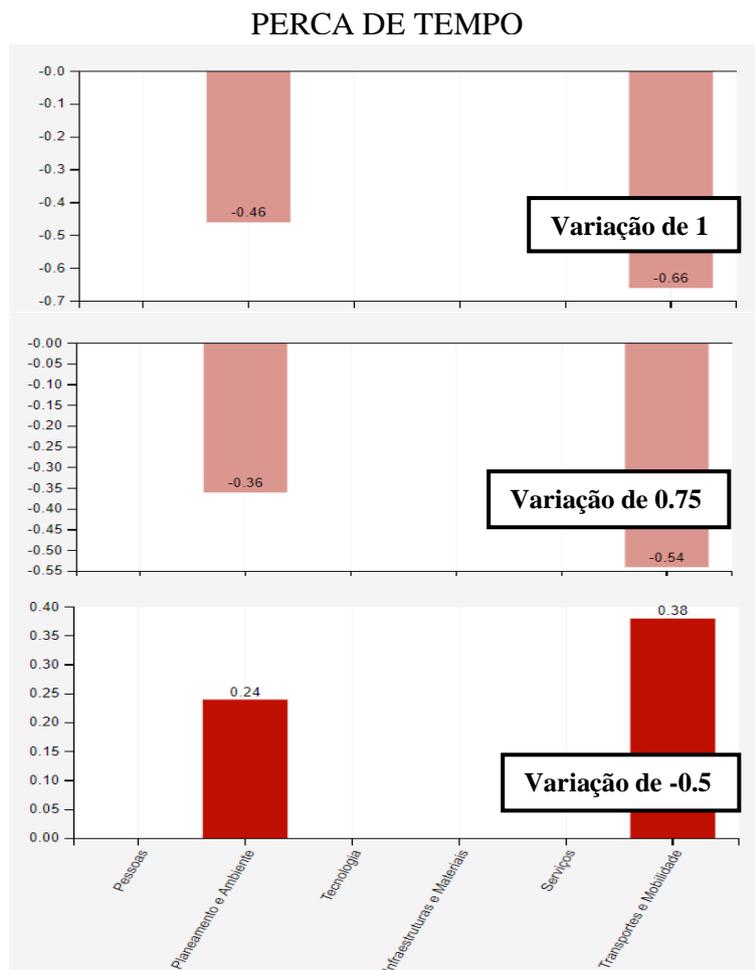


Figura 17 – Análise Dinâmica *Inter-Cluster*

Começando pelo conceito *edifícios de energia “quase” nula*, podemos verificar que, apesar de integrar o *cluster Tecnologia*, também se encontra ligado ao *cluster Infraestruturas e Materiais*. De acordo com o definido pelos decisores na segunda sessão de trabalho, este conceito apresenta uma intensidade de 1.00 na ligação ao terceiro *cluster* (i.e., *Tecnologia*) e de 0.80 na ligação ao quarto *cluster* (i.e., *Infraestruturas e Materiais*). Face a uma subida da sua intensidade em 0.75 ou 1.00, a importância de ambos os *clusters*, perante uma *smart city*, aumenta. Todavia, quando é imposta uma descida de -0.5 na intensidade deste critério, os dois *clusters* também sofrem uma diminuição na sua importância, podendo assim concluir-se que, quanto maior for a robustez e a presença explícita deste critério numa *smart city*, maior será a valorização da mesma.

Relativamente ao conceito *existência de incubadoras de startups*, integrado no *cluster Tecnologia*, com uma intensidade de 0.30, exibe também ligação ao *cluster Planeamento e Ambiente*, apresentando uma intensidade de 0.40. Graficamente, é perceptível que perante um aumento da sua influência em 0.75 ou 1.00, o peso destes *clusters* no desenvolvimento de uma *smart city* também aumenta. No entanto, visto que a diferença de intensidade não é notória, a importância dos *clusters* não sofre uma alteração significativa. Por outro lado, quando se diminui a sua intensidade em -0.50, também a importância destes *clusters* no desenvolvimento de uma *smart city* diminui. Assim, é preciso notar que este conceito tem alguma influência para que uma cidade seja “*smart*”. Todavia, de acordo com o painel, é um elemento que deve existir em qualquer cidade por forma a auxiliar as *startups* (e não necessariamente em *smart cities*).

Tendo em conta o conceito *otimização da recolha de resíduos*, pertencente ao *cluster Serviços*, com uma intensidade de 0.80, também se apresenta ligado ao *cluster Tecnologia*, com uma influência de 0.70. Visto que os decisores atribuíram a este conceito uma intensidade próxima em ambos os *clusters*, verifica-se que, aumentando a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, a importância destes *clusters* face a uma *smart city* sofre alterações, embora não muito díspares. Contudo, ao diminuir a intensidade deste conceito em -0.50, faz com que o *cluster Serviços* e o *cluster Tecnologia* tenham um peso menor no desenvolvimento destas cidades, algo que deve ser prevenido, pois este elemento é crucial para que uma *smart city* seja limpa e ambientalmente sustentável.

No que diz respeito ao conceito *locais de culto*, integrado no *cluster Serviços*, com uma intensidade de 0.20, e que contém ligação ao *cluster Planeamento e Ambiente*, apresentando o mesmo valor de intensidade (*i.e.*, 0.20), é possível afirmar que ao aumentar a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, o aumento da importância destes *clusters* face a uma *smart city* é proporcional e pouco relevante em ambos, ou seja, as variações neste conceito mostram-se pouco influentes nestas cidades. Da mesma forma, perante uma diminuição da intensidade em -0.50, a importância dos dois *clusters* também diminui de forma pouco acentuada. Podemos assim concluir que o conceito *locais de culto* apresenta baixa importância na criação de uma *smart city*, influenciando minimamente os *serviços*, assim como o *planeamento e ambiente*.

Relativamente ao conceito *privacidade de dados*, pertencente ao *cluster Serviços*, com uma intensidade de -0.40, está também ligado ao *cluster Pessoas* (intensidade de -0.60) e ao *cluster Tecnologia* (intensidade de -0.80). Graficamente, é

perceptível que apresenta variações díspares nos três *clusters*, na medida em que os decisores lhe atribuíram valores de intensidade diferentes. Assim, podemos verificar que quando se aumenta a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, o peso destes *clusters* face a uma *smart city* diminui significativamente, continuando com valores de intensidade bastante negativos. Todavia, quando se diminui a sua intensidade em -0.50, a importância destes *clusters* aumenta, passando para valores positivos de intensidade. É possível concluir-se que este conceito afeta negativamente três dos seis *clusters* identificados pelos decisores, influenciando assim o desenvolvimento de uma *smart city*, pois é um elemento que deve ser visto como essencial e deve ser garantido para o bem-estar e para a qualidade de vida dos cidadãos.

Perante o conceito *construção eficiente (materiais)*, que integra o *cluster Infraestruturas e Materiais*, e contém ligação ao *cluster Tecnologia*, com o mesmo valor de intensidade (*i.e.*, 0.80), podemos afirmar que, aumentando a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, a importância destes *clusters* no desenvolvimento de *smart cities* também aumenta. Contudo, perante uma diminuição da sua influência em -0.50, o peso destes *clusters* face a uma *smart city* diminui. É ainda importante mencionar que este conceito apresenta valores de intensidade elevados, em ambos os *clusters*, por ser um fator fundamental na criação destas cidades, pois é necessário que a construção seja eficiente e tecnológica para que as infraestruturas sejam consideradas “*smart*”.

Por fim, no que diz respeito ao conceito *perca de tempo*, integrado no *cluster Transportes e Mobilidade* com uma intensidade de -0.80, também se encontra ligado ao *cluster Planeamento e Ambiente*, medindo uma intensidade de -0.50. Graficamente, é perceptível, que ao aumentar a sua intensidade em 0.75 ou 1.00, a importância destes *clusters* numa *smart city* também aumenta. No entanto, perante uma descida de -0.50, a influência destes *clusters* no desenvolvimento de *smart cities* diminui, sendo uma situação que deve ser prevenida, pois pode causar danos na qualidade de vida dos cidadãos.

Posto isto, parece evidente a importância de alguns destes conceitos, tendo em conta a forma como afetam, positiva ou negativamente, o peso dos *clusters* face a uma *smart city*. Todavia, é ainda importante analisar a influência dos critérios que constituem os *clusters* identificados no estudo. É nesta lógica que o ponto seguinte apresenta análises dinâmicas *intra-cluster*.

4.5.3. Análise Dinâmica Intra-Cluster

No âmbito da análise dinâmica *intra-cluster*, foram escolhidos os quatro critérios de cada *cluster* que apresentam maior e menor intensidades. Também aqui foram realizadas três variações (-0.50, 0.75 e 1.00), tendo sempre em conta o valor da intensidade definido pelo painel na última sessão de trabalho em grupo.

Começando pelo primeiro *cluster* identificado, *Pessoas*, e tendo por base a informação da *Tabela 4*, podemos verificar que o critério *bem-estar e qualidade de vida* é aquele que apresenta uma maior intensidade, ou seja, é aquele que mais afeta positivamente este *cluster*. Também é perceptível que o critério *criminalidade/medo/insegurança* é o que mais afeta negativamente o *cluster* em questão. Podemos assim referir que o facto de existirem maiores níveis de *criminalidade/medo/insegurança*, faz com que o *bem-estar e qualidade de vida* das *peessoas* seja menor e, conseqüentemente, a *smart city* (nestes parâmetros) não será a ideal. Os restantes critérios são os que apresentam valores e variações menos relevantes neste *cluster*, *i.e.*, *cosmopolitismo e padronização (peessoas)*.

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Bem-estar e Qualidade de Vida	1.00	-0.46	0.64	0.76
Cosmopolitismo	0.20	-0.10	0.15	0.20
Padronização (Pessoas)	-0.30	0.15	-0.22	-0.29
Criminalidade/ Medo/ Insegurança	-0.90	0.42	-0.59	-0.72

Tabela 4 – Análise Dinâmica no Cluster Pessoas

Relativamente ao *cluster Planeamento e Ambiente*, podemos afirmar que o critério *recurso a energias renováveis* é o mais relevante neste *cluster*, apresentando uma grande discrepância face aquele que é o menos relevante (*i.e.*, *propor em vez de proibir*). De forma negativa, o conceito *muita poluição* é aquele que mais afeta este *cluster*, verificando-se ser crucial combater a poluição para que uma cidade seja “*smart*”. No que diz respeito ao conceito *simetria*, é negativo mas de pouca relevância

no *cluster*. No entanto, é importante prevenir esta situação indesejável, conforme verificado na *Tabela 5*.

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Recurso a Energias Renováveis	1.00	-0.46	0.64	0.76
Propor em vez de Proibir	0.10	-0.05	0.07	0.10
Simetria	-0.30	0.15	-0.22	-0.29
Muita Poluição	-0.90	0.42	-0.59	-0.72

Tabela 5 – Análise Dinâmica no Cluster Planejamento e Ambiente

Passando para o terceiro *cluster* (*i.e.*, *Tecnologia*), e de acordo com a *Tabela 6*, o critério *edifícios de energia “quase” nula*, apresenta valores de intensidade elevada, algo que determina que é essencial a existência de edifícios que sejam eficientes a nível tecnológico. Tal não se verifica com a *existência de incubadoras de startups*, que apresenta uma relevância menor neste *cluster* (inferior a 0.50). Podemos ainda verificar que o conceito *hackers* é aquele que, de forma negativa, tem maior intensidade, pois é um fator de extrema importância numa *smart city*. A sua existência pode provocar danos irreversíveis nestas cidades. O mesmo não se averigua com o critério *cabines telefónicas*, que é negativo e de baixa intensidade/importância para uma *smart city*, pois é um serviço/objeto antiquado e pouco tecnológico.

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Edifícios de Energia “Quase” Nula	1.00	-0.46	0.64	0.76
Existência de Incubadoras de Start-up's	0.30	-0.15	0.22	0.29
Cabines Telefónicas	-0.20	0.10	0.15	-0.2
Hackers	-0.90	0.42	-0.59	-0.72

Tabela 6 – Análise Dinâmica no Cluster Tecnologia

Considerando agora o quarto *cluster* presente no estudo (*i.e.*, *Infraestruturas e Materiais*), assim como a informação da *Tabela 7*, podemos verificar que o conceito

construção eficiente (materiais) tem um valor de intensidade de 0.80, sendo este fundamental para as infraestruturas físicas de cidades que sejam “*smart*”. Por outro lado, as *boas condições p/animais de estimação* não foram consideradas um fator relevante para o desenvolvimento destas cidades, tendo uma intensidade reduzida. Isto porque, “*as boas condições são necessárias em todas as cidades, não especificamente nestas*” (nas palavras dos decisores). No que diz respeito ao conceito *existência de edifícios devolutos*, podemos afirmar que é o critério que mais afeta negativamente uma *smart city* (nestes parâmetros), sendo um fator adverso à eficiência e à tecnologia pretendidas nos edifícios deste tipo de cidades. Com menor relevância, no sentido negativo, está presente o critério *custo da reabilitação do edificado*, “*pois este vai ocorrer de qualquer das formas e, por isso, é um custo que tem de ser suportado inevitavelmente*” (nas palavras de um dos decisores).

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Construção Eficiente (Materiais)	0.80	-0.38	0.54	0.66
Boas Condições p/Animais de Estimação	0.20	-0.10	0.15	0.20
Custo da Reabilitação do Edificado	-0.10	0.05	-0.07	-0.10
Existência de Edifícios Devolutos	-0.80	0.38	-0.54	-0.66

Tabela 7 – Análise Dinâmica no Cluster Infraestruturas e Materiais

Relativamente ao quinto *cluster* (i.e., *Serviços*), com base na *Tabela 8*, podemos afirmar que o critério que apresenta uma maior influência/intensidade neste *cluster* é a *otimização da recolha de resíduos*, pois para que uma cidade seja “*smart*” é necessário que, para além de todos os outros fatores, seja limpa e, para isso, é fundamental que o sistema de recolha de resíduos seja eficiente, por forma a corresponder às necessidades da cidade e dos cidadãos. Por outro lado, o conceito que apresenta menor relevância para estas cidades é relativo aos *locais de culto*, sendo estes importantes para oferecer uma maior qualidade de vida aos cidadãos, mas não um fator fundamental. Do ponto de vista negativo, o critério que se destaca é *falta de higiene*, que vai ao encontro da necessidade de existir um sistema de recolha de resíduos otimizado e eficiente,

conforme referido em cima. Com menor relevância, apresenta-se a *privacidade dos dados*, sendo inferior a -0.50, pois, apesar de ser um serviço que deve ser prestado e é necessário que esteja assegurado para o bem-estar dos cidadãos, não é aquele que demonstra maior importância.

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Otimização da Recolha de Resíduos	0.80	-0.38	0.54	0.66
Locais de Culto	0.20	-0.10	0.15	0.20
Falta de Higiene	-0.70	0.34	-0.48	-0.60
Privacidade dos Dados	-0.40	0.20	-0.29	-0.38

Tabela 8 – Análise Dinâmica no Cluster Serviços

Por fim, o sexto e último *cluster*, *Transportes e Mobilidade*, revela, como se pode constatar na *Tabela 9*, que o critério *integração de transportes públicos* é o que apresenta a máxima intensidade, devendo servir como alternativa à utilização de viatura própria. Com menor importância, consta o conceito *criação de redes cicláveis*, pois embora deva ser promovida a utilização de bicicletas como meio de transporte, não é um fator crucial nestas cidades, “até porque grande parte das cidades mundiais desenvolvidas já tem este tipo de redes” (nas palavras dos decisores). Do lado negativo, destaca-se o critério *dificuldade na mobilidade* que, indo ao encontro com o referido anteriormente, deve ficar resolvido com a integração da rede de transportes públicos.

Relativamente ao conceito *perca de tempo*, verifica-se que apresenta uma intensidade idêntica ao critério anterior (*i.e.*, -0.80), “pois o facto de a mobilidade ser reduzida faz com que se ‘perca’ muito tempo no trânsito e isto, consequentemente, pode causar aos cidadãos stress e fadiga, algo que não é benéfico para uma smart city” (nas palavras dos decisores).

Critério	Valor Atribuído pelos Decisores	Variação de -0.50	Variação de 0.75	Variação de 1.00
Integração de Transportes Públicos	1.00	-0.46	0.64	0.76
Criação de Redes Cicláveis	0.50	-0.24	0.36	0.46
Perca de Tempo	-0.80	0.34	-0.48	-0.60
Dificuldade na Mobilidade	-0.90	0.42	-0.59	-0.72

Tabela 9 – Análise Dinâmica no Cluster Transportes e Mobilidade

Concluída a análise dinâmica de cada um dos *clusters*, podemos afirmar que são diversos os fatores que, de forma positiva ou negativa, influenciam o conceito de *Smart City*, sendo fundamental ter todos eles em conta no processo de desenvolvimento deste tipo de cidades. É preciso ter em conta, no entanto, que a metodologia utilizada é difusa e dependente do contexto, tendo por base as sessões presenciais e os decisores envolvidos para a criação do FCM. Assim, no ponto seguinte, é discutida a validação do sistema proposto, assim como as respetivas limitações e as recomendações.

4.6. Validação, Limitações e Recomendações

A componente empírica da presente dissertação procedeu à construção de um FCM, a qual se baseou nos *inputs* facultados por um painel de decisores sobre os determinantes de uma *smart city*. De acordo com Salmeron (2012: 3706), “*FCMs have worthy characteristics as flexibility, adaptability, fuzzy reasoning and the capacity of abstractions. FCMs have been widely used within literature as a very useful one to model and analyze complex dynamical systems. It is as easy of use cognition tool which can model the knowledge and reasoning in it efficiently*”, o que comprova a utilidade da metodologia no problema identificado. Deste modo, podemos afirmar que os FCMs são a metodologia com grande potencial para este tipo de estudo, devido às suas características de análise dinâmica e difusa. Isto permite reforçar a ideia de Papageorgiou *et al.* (2017: 16), que retratam os FCMs como “*an efficient, transparent and easy to use tool for modelling complex systems and decision support tasks*”. A construção do FCM só foi possível devido à participação dos especialistas, garantindo ao estudo solidez e objetividade, e que se demonstraram bastante prestáveis e satisfeitos

com os resultados obtidos. Ainda assim, e conforme exposto aquando do enquadramento metodológico, esta abordagem apresenta limitações, realçando-se a dependência contextual associada à natureza epistemológica assumida desde o início e que radica no construtivismo e numa lógica orientada para o processo (cf. Bell e Morse, 2013). Esta ideia é confirmada por Ferreira e Jalali (2015: 242), que afirmam que *“the conception of a cognitive map is context-dependent and, thus, subjective in nature. This context-dependence is related to the decision circumstances, participating decision makers, facilitator skills and/or session duration”*. A dependência contextual da metodologia leva a que o modelo concebido seja idiossincrático; ou seja, os resultados do estudo seriam diferentes se: (1) o grupo de especialistas variasse; (2) os facilitadores/ investigadores fossem outros; e (3) a estrutura das sessões de trabalho fosse alterada.

Independentemente das limitações que estão intrinsecamente ligadas a esta metodologia, é importante mencionar que esta foi fundamental no âmbito da abordagem holística ao conceito de *Smart City* apresentada na presente dissertação. Além disso, importa salientar que o maior contributo deste estudo exhibe-se na aprendizagem conseguida em todo o processo desenvolvido, passando pela construção dos FCMs e por todas as ferramentas intrínsecas à sua aplicação, as quais possibilitaram a realização das análises expostas anteriormente.

SINOPSE DO CAPÍTULO 4

Este quarto capítulo teve por objeto a componente empírica do estudo. Por meio da aplicação de técnicas de mapeamento cognitivo, foi possível o desenvolvimento de um modelo de avaliação integrado e difuso, que permitiu a análise dinâmica dos principais fatores que devem estar adjacentes a uma *smart city*. Para tal, foi necessário a concretização de duas sessões de trabalho presenciais, com um grupo de especialistas/decisores das diversas dimensões de uma *smart city*. Conforme mencionado, cada sessão teve uma duração média de 3.5 horas e foram acompanhadas por dois facilitadores (*i.e.*, investigadores), incumbidos de orientar o painel na aplicação das técnicas e de registrar os resultados alcançados. Nesse sentido, apresentou-se a forma como cada sessão de trabalho foi concebida, trabalhada e orientada, tendo sempre em contas as arduidades que foram surgindo. Com efeito, a primeira sessão foi iniciada com uma breve explicação da temática em questão e em que consistia a metodologia, assim como a estrutura da própria sessão. Esta primeira abordagem foi fundamental para o estudo, pois fez com o que o interesse dos decisores se despertasse face à forma de como iriam ser analisadas as componentes de uma *smart city*. De seguida, e com o intuito de criar interação e discussão entre o grupo, foi apresentada uma questão (*i.e.*, “*Com base nos seus valores e experiência individual, quais devem ser as características da melhor ‘smart city’?*”), que deu origem à aplicação da denominada “*técnica dos post-its*”. Dessa tarefa, surgiram seis *clusters* (*i.e.*, áreas de preocupação), nomeadamente: *Pessoas*; *Planeamento e Ambiente*; *Tecnologia*; *Infraestruturas e Materiais*; *Serviços*; e *Transportes e Mobilidade*. A formação destes *clusters* foi a base para as análises apresentadas neste capítulo. Posteriormente, na segunda sessão, foi validada a versão final do mapa cognitivo de grupo – gerado através do *software Decision Explorer* – pelo painel de decisores, realizando-se ainda uma análise e quantificação das intensidades das relações de causalidade entre os critérios identificados (atribuindo valores entre -1 e 1). Através da análise das variáveis, foi possível dar a conhecer quais os critérios que estão por detrás dos índices apresentados na presente dissertação e que sustentam a análise das características de uma *smart city*. No entanto, apesar da satisfação demonstrada pelo painel com os resultados obtidos, é importante mencionar que a abordagem metodológica utilizada não está isenta de limitações, tendo sido estas apresentadas e discutidas. Importa ainda notar que um estudo desta natureza nunca se pode dar por concluído.

5.1. Principais Resultados e Limitações do Estudo

No âmbito da presente dissertação, foi efetuado um estudo que permitiu *a estruturação e a construção de um modelo de avaliação integrado e difuso com o propósito de analisar as componentes/características de uma smart city, com recurso a técnicas de mapeamento cognitivo fuzzy.*

A estruturação de um modelo de avaliação difuso revelou-se vantajoso para atingir os resultados apresentados nesta dissertação, dada a sua natureza construtivista que assenta numa lógica baseada no processo. Conforme referido anteriormente, os estudos realizados até ao momento para análise das componentes de uma *smart city* apresentam limitações, que se prendem com a forma pouco científica como são definidos/selecionados os indicadores de avaliação, bem como com o modo pouco claro como são calculados os ponderadores desses mesmos indicadores, quando estes existem (*cf.* Huovila *et al.*, 2017; Dall’O *et al.*, 2017). Neste sentido, foi desenvolvido um FCM que, operacionalmente, é caracterizado por ser um sistema dinâmico, que permite uma análise transparente das relações de causalidade entre as variáveis (*i.e.*, critérios) consideradas determinantes no desenvolvimento de *smart cities*.

Face ao exposto, a presente dissertação foi dividida em cinco capítulos, nomeadamente: (1) *Introdução Geral*, na qual foram expostas as principais razões que levaram ao desenvolvimento deste estudo, os seus principais objetivos e a metodologia a utilizar, assim como os resultados esperados no decorrer da investigação; (2) *Revisão da Literatura*, onde foi feita a contextualização do conceito de *Smart City*, bem como discutida a importância destas cidades para o desenvolvimento socioeconómico, *i.e.*, o impacto destas cidades na economia, na qualidade de vida dos cidadãos e no meio ambiente. Ainda neste segundo capítulo, foram apresentados os principais estudos realizados no âmbito da avaliação de *smart cities*, assim como as limitações metodológicas gerais, criando-se bases sólidas para fundamentar a metodologia proposta; (3) *Enquadramento Metodológico*, no qual se expuseram os FCMs como

ferramenta que facilita a estruturação do modelo proposto. Para o efeito, foi fundamental abordar alguns conceitos relevantes como a cognição humana e os mapas cognitivos, introduzidos por Tolman (1948) e que constituem a base da resolução de diversos problemas complexos. Foram ainda apresentadas, neste terceiro capítulo, algumas vantagens e limitações desta abordagem metodológica, permitindo realçar que os FCMs podem ser, efetivamente, uma ferramenta importante no âmbito da estruturação de problemas de decisão; (4) *Aplicação e Resultados*, que compôs a componente empírica da presente dissertação, através da utilização de técnicas de cartografia cognitiva na construção de um modelo de avaliação integrado e difuso. O desenvolvimento deste modelo só foi possível devido à existência de duas sessões presenciais com um grupo de especialistas, que permitiram identificar que as *pessoas*, o *planeamento e ambiente*, a *tecnologia*, as *infraestruturas e materiais*, os *serviços* e os *transportes e mobilidade* são as componentes-chave no processo de criação e de desenvolvimento de uma *smart city*; e (5) *Conclusões, Recomendações e Investigação Futura*, apresentadas no presente capítulo, onde é feito um resumo dos principais contributos e limitações e se expõem também algumas perspetivas de investigação futura.

Apesar dos resultados alcançados, importa salientar que existiram algumas dificuldades ao longo do processo de desenvolvimento do FCM apresentado, como a constituição de um painel de decisores disponível para estar presente nas sessões de trabalho, devido às incompatibilidades de agenda. No entanto, esta dificuldade acabou por ser contornada e a constituição do painel permitiu a criação de uma rede de contactos com especialistas nas diversas áreas de uma *smart city*, algo que poderá ser benéfico em situações futuras. Por outro lado, apesar dos objetivos pré-definidos terem sido conseguidos, é importante ter presente que a abordagem metodológica seguida na presente dissertação é contexto-dependente. Ou seja, qualquer extrapolação dos resultados alcançados estará dependente da necessidade de se fazerem as devidas adaptações ao(s) novo(s) contexto(s).

5.2. Síntese dos Principais Contributos da Investigação

O desenvolvimento de cidades que sejam “*smart*”, tendo em conta a revisão da literatura, é fundamental para combater os problemas inerentes ao aumento contínuo da

população. Todavia, para isso, é necessário conseguir avaliá-las. Ou seja, é preciso avaliar o quão uma cidade é “*smart*” nas suas mais variadas dimensões. Neste sentido, face à importância que estas cidades revelam a nível mundial, o campo de investigação deste estudo é de elevado potencial.

No desenvolvimento da presente investigação, foi possível apurar que são vários os indicadores medidos na avaliação de *smart cities*. No entanto, até ao momento, apenas existem indicadores “soltos” que pretendem medir o quão “*smart*” uma cidade é, não o fazendo como um todo. Como tal, foi proposta uma nova abordagem de apoio à tomada de decisão, com o intuito de criar um modelo integrado que permita incorporar indicadores das mais variadas dimensões de uma *smart city*, combatendo assim as limitações inerentes aos modelos existentes. Como é perceptível, a abordagem desenvolvida e posta em prática na presente dissertação não está, também ela, isenta de limitações, sendo por isso trabalhada numa lógica de complementaridade. Tal orientação fez com que a componente empírica da presente dissertação se tenha baseado na realização de duas sessões de trabalho com um grupo de decisores (*i.e.*, especialistas) de diversas áreas de uma *smart city*, no sentido de elaborar um FCM, por forma a estruturar, de uma forma simplificada, o problema de decisão.

Posto isto, mesmo levando em consideração que “*fuzzy cognitive maps development methods are far from being complete and well-defined, mainly because of the deficiencies that are present in the underlying theoretical framework [...] the development of fuzzy cognitive maps almost always relies on human knowledge [...] strongly dependent on subjective beliefs of expert(s) from a given domain*” (Stach *et al.*, 2005: 372), é possível afirmar que esta metodologia é adequada para estruturar problemas de decisão no âmbito da análise dos determinantes de *smart cities*.

5.3. Linhas para Futura Investigação

A metodologia utilizada na presente dissertação (*i.e.*, FCM), que representa um tipo de cartografia cognitiva, demonstrou ser um instrumento bastante útil e com elevado potencial no âmbito da definição e análise dos determinantes de uma *smart city*. Assim, verifica-se que esta abordagem metodológica contribui positivamente para que, no âmbito da análise desses determinantes e das suas relações de causalidade, sejam tomadas decisões tendencialmente mais informadas. Contudo, conforme referido, esta

metodologia não está liberta de limitações, sendo nesse sentido que investigações futuras podem querer considerar a possibilidade de utilizar diferentes métodos e/ou replicar os processos seguidos neste estudo com um grupo diferente de decisores, a fim de receber outro tipo de *feedback*, bem como proceder à comparação dos resultados apresentados com os resultados alcançados com outros métodos (para exemplos, ver Zavadskas e Turskis, 2011). Existe ainda a possibilidade de estender a abordagem metodológica adotada neste estudo para outros contextos relacionados com a avaliação e desenvolvimento de *smart cities*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackermann, F. & Eden, C. (2001a), Contrasting single user and networked group decision support systems for strategy making, *Group Decision and Negotiation*, Vol. 10(1), 47-66.
- Ackermann, F. & Eden, C. (2001b), 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.
- Ahvenniemi, H.; Huovila, A.; Pinto-Seppä, I. & Airaksinen, M. (2017), What are the differences between sustainable and smart cities?, *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, Vol. 60(1), 234-245.
- Albayrak, A. & Albayrak, M. (2016), Performance evaluation of practice courses using fuzzy cognitive maps, *Proceedings of the 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 8-10 September, Istanbul, Turkey, 1-7.
- Albino, V.; Berardi, U. & Dangelico, R. (2015), Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives, *Journal of Urban Technology*, Vol. 22(1), 3-21.
- Almirall, E.; Wareham, J.; Ratti, C.; Conesa, P.; Bria, F.; Gaviria, A. & Edmondson, A. (2016), Smart cities at the crossroads: New tensions in city transformation, *California Management Review*, Vol. 59(1), 141-152.
- Alvear, O.; Calafate, C.; Cano, J. & Manzoni, P. (2018), Crowdsensing in smart cities: Overview, platforms, and environment sensing issues, *Sensors*, Vol. 18(2), 1-28.
- Bakici, T.; Almirall, E. & Wareham, J. (2013), A smart city initiative: The case of Barcelona, *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 4(2), 135-148.
- Bana e Costa, C. (1993), Processo de apoio à decisão: Actores e acções, avaliação de projectos e decisão pública, *Fascículo II*, AEIST/UTL.
- 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.
- Bell, S. & Morse, S. (2013), Groups and facilitators within problem structuring processes, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 64(7), 959-972.
- Bentzen-Bilkvist, D.; Migliano, A. & Vinicius, L. (2017), Behavioural phenotypes and the structure of human cognition, *Evolutionary Biology*, Vol. 44(1), 113-119.

- Caird, S. (2017), City approaches to smart city evaluation and reporting: Case studies in the United Kingdom, *Urban Research & Practice*, Vol. 11(2), 159-179.
- Canas, S.; Ferreira, F. & Meidutė-Kavaliauskienė, L. (2015), Setting rents in residential real estate: A methodological proposal using multiple criteria decision analysis, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 19(4), 368-380.
- Caragliu, A. & Del Bo, C. (2016), Do smart cities invest in smarter policies? Learning from the past, planning for the future, *Social Science Computer Review*, Vol. 34(6), 657-672.
- 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 International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 13-16 October Manchester, United Kingdom, 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 (IFKAD-2013)*, 12-14 June, Zagreb, Croatia, 207-219.
- Carvalho, J. (2013), On the semantics and the use of fuzzy cognitive maps and dynamic cognitive maps in social sciences, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 214(1), 6-19.
- Cauchon, D. (2017), The promise of smart cities, *Electric Perspectives*, Vol. 42(1), 34-41.
- Chen, C. & Chiu, Y. (2017), A study of fuzzy cognitive map model with dynamic adjustment method for the interaction weights, *Proceedings of the International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering (ICAMSE)*, 11-12 December, Tainan, Taiwan, 599-702.
- Chuan-Tao, Y.; Zhang, X.; Hui, C.; JingYuan, W.; Daven, C. & Bertrand, D. (2015), A literature survey on smart cities, *Science China, Information Sciences*, Vol. 58(10), 1-18.
- Dall'O, G.; Bruni, E.; Panza, A.; Sarto, L. & Khayatian, F. (2017), Evaluation of cities' smartness by means of indicators for small and medium cities and communities: A methodology for northern Italy, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 34(1), 193-202.
- Eden, C. & Ackermann, F. (2004), Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector, *European Journal Of Operacional Research*, Vol. 152(3), 615-630.

- Estrada, E.; Maciel, R.; Ochoa, A.; 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.
- Faria, P.; Ferreira, F.; Jalali, M.; Bento, P. & António, N. (2018), Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas, *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.02.006>.
- Febowitz, J. (2017), The utility/smart city connection, *PowerGrid International*, Vol. 22(11), 24-27.
- 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.
- Ferrara, R. (2015), The smart city and the green economy in Europe: A critical approach, *Energies*, Vol. 8(6), 4724-4734.
- 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. (2016), Are you pleased with your neighborhood? A fuzzy cognitive mapping-based approach for measuring residential neighborhood satisfaction in urban communities, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 20(2), 130-141.
- Ferreira, F.; Ferreira, J.; Fernandes, C.; Meidutė-Kavaliauskienė, L. & Jalali, M. (2017), Enhancing knowledge and strategic planning of bank customer loyalty using fuzzy cognitive maps, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 23(6), 860-876.
- Ferreira, F.; Jalali, M. & Ferreira, J. (2016a), 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.; Jalali, M. & Ferreira, J. (2016c), 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.; Stanckevičienė, J. & Marques, C. (2016b), Understanding the dynamics behind bank branch service quality in Portugal: Pursuing a holistic view using fuzzy cognitive mapping, *Service Business*, Vol. 10(3), 469-487.
- Ferreira, F.; Jalali, M.; Meidutė-Kavaliauskienė, L. & Viana, B. (2015), A metacognitive decision making based framework for bank customer loyalty measurement and management, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 21(2), 280-300.
- 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.
- Froelich, W. (2017), Towards improving the efficiency of the fuzzy cognitive map classifier, *Neurocomputing*, Vol. 232(1), 83-93.
- Garcia, C.; Llorán, D.; Bustelo, C.; Lovelle, J. & Fernandez, N. (2017), Midgar: Detection of people through computer vision in the internet of things scenarios to improve the security in smart cities, smart towns and smart homes, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 76(1), 301-313.
- Gavrilova, T.; Carlucci, D. & Schiuma, G. (2013), Art of visual thinking for smart business education, *Proceedings of the 8th international forum on knowledge asset dynamics (IFKAD-2013)*, 12-14 June, Zagreb, Croatia, 1754–1761.
- Glykas, M. (2012), Performance measurement scenarios with fuzzy cognitive strategic maps, *International Journal of Information Management*, Vol. 32(2), 182-195.
- Glykas, M. (2013), Fuzzy cognitive strategic maps in business process performance measurement, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40(1), 1-14.
- Gray, S.; Gray, S.; Cox, L. & Henly-Shepard, S. (2013), Mental modeler: A fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management, *Proceedings of the 46th International Conference on Complex Systems*, 7-10 January, Hawaii, USA, 963 – 973.
- Grether, T.; Sowislo, J. & Wiese, B. (2017), Top-down or bottom-up? Prospective relations between general and domain-specific self-efficacy beliefs during a work-family transition, *Personality and Individual Differences*, Vol. 121(1), 131-139.
- Hajduk, S. (2016), The concept of a smart city in urban management, *Business, Management and Education*, Vol. 14(1), 34-49.

- Hajek, P.; Prochazka, O. & Pachura, P. (2017), Fuzzy cognitive maps based on text analysis for supporting strategic planning, DOI: 10.1109/ICRIIS.2017.8002479.
- Hamilton, S. & Zhu, X. (2017), Funding and financing smart cities, *Journal of Government Financial Management*, Vol. 66(1), 26-33.
- Hayat, P. (2016), Smart cities: A global perspective, *India Quarterly*, Vol. 72(2), 177-191.
- Hossain, S. & Brooks, L. (2008), Fuzzy cognitive map modelling educational software adoption, *Journal Computers & Education*, Vol. 51(4), 1569-1588.
- Huovila, A.; Airaksinen, M.; Pinto-Seppä, I. & Piira, K. (2017), CITYkeys smart city performance measurement system, *International Journal for Housing Science*, Vol. 41(2), 113-125.
- Jaloudi, S. (2016), Open source software of smart city protocols current status and challenges, *Proceedings of the International Conference on Open Source Software Computing (OSSCOM)*, 1-3 December, Amman, Jordan, 1-6.
- Jetter, A. & Kok, K. (2014), Fuzzy cognitive maps for futures studies: A methodological assessment of concepts and methods, *Futures*, Vol. 61(1), 45-57.
- Jorga, I.; Mastrappas, S. & Damigos, D. (2018), Identifying contributing factors to progress in karate-do using the fuzzy cognitive mapping approach, *Journal of Martial Arts Anthropology*, Vol. 18(1), 15-22.
- Keršulienė, V. & Turskis, Z. (2011), Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 17(4), 645-666.
- Khan, M. & Quaddus, M. (2004), Group decision support using fuzzy cognitive maps for causal reasoning, *Group Decision and Negotiation Journal*, Vol. 13(5), 463-480.
- Khatoun, R. & Zeadally, S. (2016), Smart cities: Concepts, architectures, research, opportunities, *Communications of the ACM*, Vol. 59(8), 46-57.
- Kim, H. & Lee, K. (1998), Fuzzy implications of fuzzy cognitive map with emphasis on fuzzy causal relationship and fuzzy partially causal relationship, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 97(3), 303-313.
- Kok, K. (2009), The potential of fuzzy cognitive maps for semi-quantitative scenario development, with an example from Brazil, *Global Environmental Change*, Vol. 19(1), 122-133.

- Kosko, B. (1986), Fuzzy cognitive maps, *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 24(1), 65-75.
- Kosko, B. (1988), Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 2(4), 377-393.
- Lagazio, M.; Sherif, N. & Cushman, M. (2014), A multi-level approach to understanding the impact of cybercrime on the financial sector, *Computers & Security*, Vol. 45(1), 58-74.
- Lee, D. & Lee, H. (2015), Construction of holistic fuzzy cognitive maps using ontology matching method, *Expert Systems with Applications*, Vol. 42(14), 5954-5962.
- Leong, G.; Ping, T. & Muthuveloo, R. (2017), Antecedents of behavioural intention to adopt internet of things in the context of smart city in Malaysia, *Global Business and Management Research: An International Journal*, Vol. 9(4), 442-456.
- Lv, Z.; Li, X.; Wang, W.; Zhang, B. & Hu, J. (2018), Government affairs service platform for smart city, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 81(1), 443-451.
- 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.
- Mallapuram, S.; Ngwum, N.; Yuan, F.; Lu, C. & Yu, W. (2017), Smart city: The state of the art, datasets, and evaluation platforms, *Proceedings of the 16th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, 24-26 May, Wuhan, China, 447-452.
- Marsal-Llacuna, M. (2015), Building universal socio-cultural indicators for standardizing the safeguarding of citizens' rights in smart cities, *Social Indicators Research*, Vol. 130(2), 563-579.
- Mazlack, L. (2009), Representing causality using fuzzy cognitive maps, *Proceedings of the 28th North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference (NAFIPS2009)*, 14-17 June, Cincinnati, Ohio, 1- 6.
- Mingers, J. & Rosenhead, J. (2004), Problem structuring methods in action, *European Journal of Operational Research*, Vol. 152(3), 530-554.
- Mls, K.; Cimler, R.; Vaščák, J. & Puheim, M. (2017), Interactive evolutionary optimization of fuzzy cognitive maps, *Neurocomputing*, Vol. 232(1), 58-68.

- Mourshed, M.; Bucchiarone, A. & Khandokar, F. (2016), SMART: A process-oriented methodology for resilient smart cities, *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, 12-15 September, Trento, Italy, 1-6.
- Nelson, N. & Redden, J. (2017), Remembering satiation: The role of working memory in satiation, *Journal of Consumer Research*, Vol. 44(3), 633-650.
- Olazabal, M. & Pascual, U. (2016), Use of fuzzy cognitive maps to study urban resilience and transformation, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 18(1), 18-40.
- Oliveira, W. (2003), *Técnicas para Hackers – Soluções para Segurança*, Vila Nova de Famalicão: Edições Centro Atlântico.
- Özesmi, U. & Özesmi, S. (2004), Ecological models based on people's knowledge: A multi-step fuzzy cognitive mapping approach, *Ecological Modelling*, Vol. 176(1), 43-64.
- Papageorgiou, E.; Hatwágner, M.; Buruzs, A. & Kóczy, L. (2017), A concept reduction approach for fuzzy cognitive map models in decision making and management, *Neurocomputing*, Vol. 232(1), 16-33.
- Papageorgiou, E.; Roo, J.; Huszka, C. & Colaert, D. (2012), Formalization of treatment guidelines using fuzzy cognitive maps and semantic web tools, *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 45(1), 45-60.
- Patterson, R.; Blaha, L.; Grinstein, G.; Liggett, K.; Kaveney, D.; Sheldon, K.; Havig, P. & Moore, J. (2014), A human cognition framework for information visualization, *Computers & Graphics*, Vol. 42(1), 42-58.
- Pereira, V.; Ferreira, F. & Chang, H. (2017), A constructivist multiple criteria framework for mortgage risk analysis, *INFOR: Information Systems and Operational Research*, DOI: 10.1080/03155986.2017.1332919, 1-18.
- Popescu, G. (2015), The economic value of smart city technology, *Economics, Management and Financial Markets*, Vol. 10(4), 76-82.
- Ribeiro, M.; Ferreira, F.; Jalali, M. & Meidutė-Kavaliauskienė, L. (2017), A fuzzy knowledge-based framework for risk assessment of residential real estate investments, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 23(1), 140-156.
- Roman, K. (2018), Analysis and evaluation of the implementation level of the smart city concept in selected polish cities, *BRAIN – Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, Vol. 9(1), 138-145.

- Rosati, U. & Conti, S. (2016), What is a smart city project? An urban model or a corporate business plan?, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 223(1), 968-973.
- Salmeron, J. (2009), Augmented fuzzy cognitive maps for modelling LMS critical success factors, *Knowledge- Based Systems*, Vol. 22(4), 275-278.
- Salmeron, J. (2012), Fuzzy cognitive maps for artificial emotions forecasting, *Applied Soft Computing*, Vol. 12 (12), 3704-3710.
- Šarić, A.; Mihaljević, B. & Marasović, K. (2017), Making a smart city even more intelligent using emergent property methodology, *Rochester Institute of Technology Croatia*, DOI: 10.23919/MIPRO.2017.7973571, 1005-1010.
- Sheetz, S.; Tegarden, D.; Kozar, K. & Zigurs, I. (1994), A group support systems approach to cognitive mapping, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 11(1), 31-57.
- Shi, H.; Tsai, S.; Lin, X. & Zhang, T. (2017), How to evaluate smart cities' construction? A comparison of Chinese smart city evaluation methods based on PSF, *Sustainability*, Vol. 10(1), 1-16.
- Šiurytė, A. & Davidavičienė, V. (2016), An analysis of key factors in developing a smart city, *Business in XXI Century*, Vol. 8(2), 254-262.
- Smith, A.; Cutler, B. & Findley, K. (2011), An investigation of top-down vs. bottom-up processing in post-appellate review of a criminal case, *Albany Law Review*, Vol. 74(3), 1365-1378.
- Snow, C.; Håkonsson, D. & Obel, B. (2016), A smart city is a collaborative community: Lessons from smart Aarhus, *California Management Review*, Vol. 59 (1), 92-108.
- Sofronijević, A.; Milićević, V. & Ilić, B. (2014), Smart city as framework for creating competitive advantages in international business management, *Management*, Vol. 19(71), 5-15.
- Stach, W.; Kurgan, L.; Pedrycz, W. & Reformat, M. (2005), Genetic learning of fuzzy cognitive maps, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 153(3), 371-401.
- Stach, W.; Kurgan, L. & Pedrycz, W. (2010), A divide and conquer method for learning large fuzzy cognitive map, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 161(19), 2515-2532.
- Stylios, C. & Groumpos, P. (1998), The challenge of modeling supervisory systems using fuzzy cognitive maps, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 9(4), 339-345.

- Swan, J. (1997), Using cognitive mapping in management research: Decisions about technical innovation, *British Journal of Management*, Vol. 8(2), 183-198.
- Tegarden, D. & Sheetz, S. (2003), Group cognitive mapping: A methodology and system for capturing and evaluating managerial and organizational cognition, *Omega – The International Journal of Management Science*, Vol. 31(2), 113-125.
- Thibodeaux, T. (2017), Smart cities are going to be a security nightmare, Harvard Business Review, disponível online em: <https://hbr.org/2017/04/smart-cities-are-going-to-be-a-security-nightmare> [Setembro 2017].
- Tolman, E. (1948), Cognitive maps in rats and men, *Psychological Review*, Vol. 55(4), 189-208.
- Toschi, G.; Campos, L. & Cugnasca, C. (2016), Home automation networks: A survey, *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 50(1), 42-54.
- Village, J.; Greig, M.; Salustri, F. & Neumann, W. (2012), Linking human factors to corporate strategy with cognitive mapping techniques, *International Ergonomics Association Conference*, Vol. 41(1), 2776-2780.
- Village, J.; Salustri, F. & Neumann, P. (2013), Cognitive mapping: Revealing the links between human factors and strategic goals in organizations, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 43(4), 304-313.
- Wong, C. (2010), Cognitive Mapping on User Interface Design, *Proceedings of the International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE 2010)*, 5-7 December, Kuala Lumpur, Malaysia, 288-293.
- Yaman, D. & Polat, S. (2009), A fuzzy cognitive map approach for effect-based operations: An illustrative case, *Information Science*, Vol. 179(4), 382-403.
- Zadeh, L. (2008), Is there need for fuzzy logic?, *Information Sciences*, Vol. 178(30), 2751-2779.
- Zavadskas, E. & Turskis, Z. (2011), Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: An overview, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 17(2), 397-427.

APÊNDICE

Fator/Critério	<i>Outdegree</i>	<i>Indegree</i>	Centralidade
Tecnologia	2.00	35.80	37.80
Pessoas	2.00	30.70	32.70
Planeamento e Ambiente	1.60	28.30	29.90
Infraestruturas e Materiais	1.20	20.80	22.00
Transportes e Mobilidade	1.80	19.60	21.40
Serviços	1.40	12.50	13.90
Resiliência	1.00	5.00	6.00
Colaborativa	1.00	5.00	6.00
Substituição dos Combustíveis Fósseis por Energias Mais Limpas (Mobilidade Elétrica)	3.40	0.00	3.40
Desenvolvimento Sustentável	1.00	2.00	3.00
Emprego	2.20	0.00	2.20
Edifícios de Energia "Quase" Nula	1.80	0.00	1.80
Veículos Elétricos	1.80	0.00	1.80
Edifícios Eficientes Energeticamente	1.80	0.00	1.80
Privacidade dos Dados	1.80	0.00	1.80
Integração Equipamentos Cidadãos	1.70	0.00	1.70
Interação Constante entre Humanos e Tecnologia	1.60	0.00	1.60
Mercado Laboral Flexível	1.60	0.00	1.60
Mobilidade Associada à Tecnologia	1.60	0.00	1.60
Iluminação Pública	1.60	0.00	1.60
Construção Eficiente (Materiais)	1.60	0.00	1.60
Vias de Comunicação	1.60	0.00	1.60
Redução do Fluxo de Pessoas	1.50	0.00	1.50
Aumento da Produtividade	1.50	0.00	1.50
Veículos Autónomos	1.50	0.00	1.50
Favorecimento do Aproveitamento da Luz Natural	1.50	0.00	1.50
Otimização da Recolha de Resíduos	1.50	0.00	1.50
Mobilidade Partilhada	1.50	0.00	1.50
Proximidade das Infraestruturas c/ Rede de Transportes Públicos	1.50	0.00	1.50

Lixo	1.40	0.00	1.40
Empreendedorismo	1.40	0.00	1.40
Incentivo às Políticas de Park & Ride	1.40	0.00	1.40
Semáforos Inteligentes	1.40	0.00	1.40
Perca de Tempo	1.30	0.00	1.30
Facilidade de Acesso às Escolas	1.20	0.00	1.20
Interligação com o Setor Industrial (Facilitar Transporte entre Cidade e a Indústria)	1.20	0.00	1.20
Consciência Evolutiva	1.10	0.00	1.10
Boa Gestão de Tempo	1.10	0.00	1.10
Possibilidade Tecnológica de Contribuir e Socializar	1.10	0.00	1.10
Partilha de Serviços no Edificado	1.10	0.00	1.10
Smart City	0.00	1.00	1.00
Bem-estar e Qualidade de Vida	1.00	0.00	1.00
Ligação Tecnológica de Gerações	1.00	0.00	1.00
Recurso a Energias Renováveis	1.00	0.00	1.00
Poder Local	1.00	0.00	1.00
Teletrabalho	1.00	0.00	1.00
Não Há Caos	1.00	0.00	1.00
Animais Abandonados	1.00	0.00	1.00
Integração de Transportes Públicos	1.00	0.00	1.00
Criminalidade/ Medo/ Insegurança	0.90	0.00	0.90
Planeamento Urbano (Racionalidade na Ocupação e Uso do Solo)	0.90	0.00	0.90
Sustentabilidade Ambiental	0.90	0.00	0.90
Muita Poluição	0.90	0.00	0.90
Indústria Pesada	0.90	0.00	0.90
Autossuficiente do Ponto de Vista Energético	0.90	0.00	0.90
Inovação Tecnológica	0.90	0.00	0.90
Produção Local de Energia	0.90	0.00	0.90
Hackers	0.90	0.00	0.90
Dificuldade na Mobilidade	0.90	0.00	0.90
Densidade da Rede de Transportes Coletivos	0.90	0.00	0.90
Trânsito	0.90	0.00	0.90

Participação dos Cidadãos nas Decisões	0.80	0.00	0.80
Felicidade	0.80	0.00	0.80
Felicidade Generalizada	0.80	0.00	0.80
Segurança Pessoal	0.80	0.00	0.80
Segurança	0.80	0.00	0.80
Respostas a Grupos Vulneráveis (Crianças, Idosos)	0.80	0.00	0.80
Iliteracia Digital	0.80	0.00	0.80
Medo	0.80	0.00	0.80
Aversão Geracional às Evoluções Tecnológicas	0.80	0.00	0.80
Certificação/ Capacitação de Pessoas	0.80	0.00	0.80
Circularidade de Recursos	0.80	0.00	0.80
Revitalização Urbana	0.80	0.00	0.80
Adaptação às Alterações Climáticas	0.80	0.00	0.80
Uso Eficiente dos Recursos (Água, Energia)	0.80	0.00	0.80
Compensação Ecológica e Mitigação de Impacto	0.80	0.00	0.80
Resposta a Precipitação Excessiva e Concentrada (Inundações) /Proibição de Construção em Zonas Críticas	0.80	0.00	0.80
Respostas ao Aumento da Temperatura (Ondas de Calor) / Ardorização e Medidas Passivas do Edificado	0.80	0.00	0.80
Inteligência e Eficiência nas Redes de Socorro e Emergência	0.80	0.00	0.80
Smart Meters	0.80	0.00	0.80
Smart Grid	0.80	0.00	0.80
Facilidade de Comunicação	0.80	0.00	0.80
Fluxos de Informação Atualizados	0.80	0.00	0.80
Big Data	0.80	0.00	0.80
Veículos Elétricos como "Bateria" (Quando Falha Energia da Rede)	0.80	0.00	0.80
Redes Dedicadas a IOT	0.80	0.00	0.80
Conforto Térmico (Dentro e Fora de Casa)	0.80	0.00	0.80
Machine Learning I,A,)	0.80	0.00	0.80
Adequação das Infraestruturas a Desastres Naturais (Sismos, Tempestades, Furacões)	0.80	0.00	0.80
Dimensionamento Adequado das Redes de Saneamento	0.80	0.00	0.80
Construção Eficiente (Energia)	0.80	0.00	0.80

Redes Separativas (Águas Fluviais, Saneamento)	0.80	0.00	0.80
Existência de Edifícios Devolutos	0.80	0.00	0.80
Manter Edifícios Históricos	0.80	0.00	0.80
Facilidade de Acesso aos Serviços	0.80	0.00	0.80
Gestão de Tráfego Rodoviário	0.80	0.00	0.80
Acidentes	0.80	0.00	0.80
Representatividade dos Cidadãos na Democracia	0.70	0.00	0.70
RHs Adequados às Novas Tecnologias	0.70	0.00	0.70
Utilizadores dos Espaços c/ Poder de Decisão	0.70	0.00	0.70
Vontade de Aprender Continuamente	0.70	0.00	0.70
Falta de Privacidade	0.70	0.00	0.70
Exposição	0.70	0.00	0.70
Stress	0.70	0.00	0.70
Mix Habitação/ Escritórios	0.70	0.00	0.70
Qualidade da Água	0.70	0.00	0.70
Qualidade do Ar	0.70	0.00	0.70
Boa Gestão de Recursos	0.70	0.00	0.70
Reutilização da Água	0.70	0.00	0.70
Poupança de Recursos	0.70	0.00	0.70
Desperdício Água	0.70	0.00	0.70
Diminuição da Burocracia	0.70	0.00	0.70
Capacidade para Acumular Energia	0.70	0.00	0.70
Monitorização da Qualidade do Ar	0.70	0.00	0.70
Existência de Incubadoras de Start-up's	0.70	0.00	0.70
Free Cooling	0.70	0.00	0.70
Utilização Racional de Materiais	0.70	0.00	0.70
Reaproveitamento dos Edifícios Obsoletos	0.70	0.00	0.70
Utilização de Materiais Recicláveis	0.70	0.00	0.70
Esgotos Entupidos	0.70	0.00	0.70
Qualidade da Habitação	0.70	0.00	0.70
Rede de Água Não Potável	0.70	0.00	0.70
Formulação do Sistema Educativo Focado p/ o Desenvolvimento Sustentável	0.70	0.00	0.70
Falta de Higiene	0.70	0.00	0.70

Zonas Pedonais	0.70	0.00	0.70
Promoção dos Modos Suaves	0.70	0.00	0.70
Deslocação Casa-Trabalho (Distância-Tempo)	0.70	0.00	0.70
Deslocação Casa-Escola (Distância-Tempo)	0.70	0.00	0.70
Mentalidade Aberta	0.60	0.00	0.60
Integração de Minorias Étnicas	0.60	0.00	0.60
Inclusão Social	0.60	0.00	0.60
Espírito Inovador	0.60	0.00	0.60
Proximidade Casa-Trabalho	0.60	0.00	0.60
Legislação Adequada (Dinâmica)	0.60	0.00	0.60
Facilidade nas "Compras"	0.60	0.00	0.60
Wi-Fi	0.60	0.00	0.60
Tornar Edifícios Históricos Mais Eficientes	0.60	0.00	0.60
Tecnologias Experimentais	0.60	0.00	0.60
Criação de Espaços Verdes	0.60	0.00	0.60
Telhados Verdes	0.60	0.00	0.60
Equipamentos de Proximidade	0.60	0.00	0.60
Respostas Sociais de Proximidade (Creches, Serviços de Apoio Domiciliário)	0.60	0.00	0.60
Transparência Governamental	0.60	0.00	0.60
Segurança Bens	0.60	0.00	0.60
Certificação Energética	0.60	0.00	0.60
Civismo	0.50	0.00	0.50
Evitar o Isolamento Social	0.50	0.00	0.50
Liberdade de Expressão	0.50	0.00	0.50
Segurança em Sistemas de Saúde	0.50	0.00	0.50
Qualificação do Espaço Público	0.50	0.00	0.50
Políticas de Experimentação	0.50	0.00	0.50
Massificação do Turismo	0.50	0.00	0.50
Fixação de Indústrias Criativas (Rede Labs)	0.50	0.00	0.50
Interligação com Mercados Envolventes	0.50	0.00	0.50
Sinalética Clara e Dinâmica	0.50	0.00	0.50
Pavimentos que Produzem Energia (Energia Cinética)	0.50	0.00	0.50
Acesso a "Data" Abertos da Cidade	0.50	0.00	0.50

Instalações Técnicas à Vista	0.50	0.00	0.50
Criação de Redes Cicláveis	0.50	0.00	0.50
Proximidade entre Cidadãos	0.40	0.00	0.40
Perda da Necessidade de Trabalho Humano em Certas Funções	0.40	0.00	0.40
Consciência dos Cidadãos	0.40	0.00	0.40
Acesso a Alimentação de Qualidade	0.40	0.00	0.40
Promoção da Economia Local	0.40	0.00	0.40
Decalagem dos Horários de Trabalho	0.40	0.00	0.40
Garantia e Transparência nas Escolhas da Cidade	0.40	0.00	0.40
Monitorização da Saúde em Geral	0.40	0.00	0.40
Mecanismos de Análise de Criminalidade	0.40	0.00	0.40
Antiguidade do Edificado	0.40	0.00	0.40
Locais de Atividade Desportiva	0.40	0.00	0.40
Espaços Formais e Informais de Desporto	0.40	0.00	0.40
Locais de Culto	0.40	0.00	0.40
Igrejas	0.40	0.00	0.40
Igualdade de Oportunidades	0.30	0.00	0.30
Doenças	0.30	0.00	0.30
Menor Propensão a Extremismos	0.30	0.00	0.30
Integração de Pessoas de Fora (Ex Turistas)	0.30	0.00	0.30
Padronização (Pessoas)	0.30	0.00	0.30
Atratividade da Cidade	0.30	0.00	0.30
Promover a Economia	0.30	0.00	0.30
Simetria	0.30	0.00	0.30
Hortas Urbanas	0.30	0.00	0.30
Incentivo Eletrónico do Civismo	0.30	0.00	0.30
Policimento Digital (Justo, Objetivo)	0.30	0.00	0.30
Parques Infantis	0.30	0.00	0.30
Atividades Culturais (Teatro)	0.30	0.00	0.30
Associações Culturais	0.30	0.00	0.30
Cinema	0.30	0.00	0.30
Inclusão Temática (Grupos de Interesses Comuns)	0.20	0.00	0.20
Cosmopolismo	0.20	0.00	0.20

Aumento da População a Nível Mundial	0.20	0.00	0.20
Provincianismo	0.20	0.00	0.20
Conjugação História / Modernidade	0.20	0.00	0.20
Novos Conceitos Arquitetónicos	0.20	0.00	0.20
Cabines Telefónicas	0.20	0.00	0.20
Boas Condições p/ Animais de Estimação	0.20	0.00	0.20
Sistemas de Educação Seguros e com Qualidade	0.20	0.00	0.20
Promover Grandes Eventos Culturais	0.20	0.00	0.20
Arte Pública	0.20	0.00	0.20
Informação Elementos entre Cidade e Cidadão	0.20	0.00	0.20
Certificação na Gestão de Recursos	0.20	0.00	0.20
Propor em vez de Proibir	0.10	0.00	0.10
Custo da Reabilitação do Edificado	0.10	0.00	0.10