



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Contributos para um Ecossistema Urbano *Smart* e Sustentável: Análise Dinâmica de Desafios e Iniciativas

Maria Inês Reinecke Pestana Reis Rodrigues

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, Professor Associado c/Agregação
ISCTE Business School

Março 2022

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral

Contributos para um Ecossistema Urbano *Smart* e Sustentável: Análise Dinâmica de Desafios e Iniciativas

Maria Inês Reinecke Pestana Reis Rodrigues

Mestrado em Gestão

Orientador:

Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, Professor Associado c/Agregação
ISCTE Business School

Março 2022

AGRADECIMENTOS

Com a concretização da presente dissertação, assinalo como concluída mais uma etapa da minha vida, somente possível com o apoio dado por todos aqueles que me são próximos e que, de certa forma, me ajudaram ao longo deste percurso.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Alberto Freitas Ferreira, que sempre mostrou uma sólida orientação e total disponibilidade na partilha de valiosas informações, fundamentais à realização desta dissertação. Fico muito grata por tê-lo como meu orientador, pois levo comigo aprendizagens e ensinamentos, bem como grande vontade de querer aprender mais.

Quero manifestar o meu profundo agradecimento a todos os membros do painel de decisores: Ana Laura Freitas, César Rosa, Cláudia Henriques, Cláudio Mantero, David Cunha, Elsa Duarte, Lívia Silva e Miguel Gaspar, pela flexibilidade, disponibilidade, recetividade e verdadeiro contributo na conceção do modelo. Quero salientar também as considerações e sugestões efetuadas pela Helena Martins e pelo João Tremeceiro, membros do Centro de Gestão e Inteligência Urbana de Lisboa, que, certamente, ajudaram para o enriquecimento deste estudo.

Fico grata a todos os meus amigos que me acompanharam, motivaram e ajudaram desde o início. Sem dúvida, agradeço às minhas colegas e amigas Inês Correia e Sara Lemos, pelo percurso partilhado cujo espírito de colaboração, enterejuda e alegria marcaram a eterna amizade criada.

Por último, o meu maior obrigada aos meus pais e à minha irmã, pelo apoio incondicional que me deram (e dão) para concretizar mais uma etapa tão marcante, por sempre me incentivarem a dar o meu melhor, independentemente das adversidades, bem como por estarem sempre ao meu lado.

A todos,
O meu sincero Muito Obrigada!

CONTRIBUTOS PARA UM ECOSISTEMA URBANO *SMART* E SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DINÂMICA DE DESAFIOS E INICIATIVAS

RESUMO

Face aos desafios impostos pela atualidade (*e.g.*, crescimento exponencial da população e urbanização, crises pandémicas), as cidades têm vindo a expor fragilidades e dificuldades em responder a estas problemáticas. Em paralelo, assiste-se a uma crescente preocupação em realizar intervenções nas cidades que favoreçam a qualidade de vida atual e futura dos cidadãos. Neste sentido, torna-se necessário reconsiderar as cidades como catalisadores de desenvolvimento económico, social e prosperidade, que integram tecnologias em prol da construção de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Porém, devido à sua natureza peculiar e multifacetada, estes ecossistemas são interpretados como algo complexo, sendo o seu estudo uma tarefa difícil e que requer grande reflexão. Neste contexto, a presente dissertação visa propor um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão, fundamentado por uma lógica construtivista e de complementaridade. Recorrendo a um painel de especialistas na problemática em estudo, o processo seguido integra o mapeamento cognitivo com a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em contexto neutrosófico, com o intuito de ultrapassar algumas das falhas identificadas em estudos anteriores. Todo o processo está assente numa lógica de aprendizagem e de participação, pretendendo não só estruturar o problema em análise, como também identificar e priorizar os fatores/determinantes de *smartness* e sustentabilidade urbana. Desta forma, o modelo contempla uma visão holística, sólida e transparente que potencia a tomada de decisões aquando da criação e avaliação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

Palavras-Chave: Apoio à Tomada de Decisão; DEMATEL; Ecossistemas Urbanos; Lógica Neutrosófica; Mapeamento Cognitivo; *Smartness*; Sustentabilidade Urbana.

Códigos JEL: C60; M10; O18; O21.

CONTRIBUTIONS TO A SMART AND SUSTAINABLE URBAN ECOSYSTEM : DYNAMIC ANALYSIS OF CHALLENGES AND INITIATIVES

ABSTRACT

Cities have been exposing weaknesses and difficulties in responding to the challenges imposed by the present days (*e.g.*, population and urbanization exponential growth, pandemic crises). Thus, there is a growing concern to carry out interventions in cities that favor the current and future quality of life. In this context, it is necessary to reconsider cities as enablers of economic, social and prosperity development, which integrate technologies in favor of building smart and sustainable urban ecosystems. However, due to their peculiar and multifaceted nature, these ecosystems are interpreted as complex, which makes their study a difficult endeavor. Hence, this study aims to propose a multicriteria model to support decision-making, based on a constructivist and complementarity logic. A panel of experts was assembled to create an analysis system based on the combined use of cognitive mapping and the Decision MAKing Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) technique in neutrosophical context, thus allowing to overcome some flaws identified in previous studies. The entire process is based on a logic of learning and participation that aims not only to structure the problem under analysis, but also to identify and prioritize the factors/determinants of smartness and urban sustainability. Therefore, the model contemplates a holistic, solid and clear vision that encourages adequate decision making when creating and evaluating smart and sustainable urban ecosystems.

Keywords: Cognitive Mapping; Decision-making Support; DEMATEL; Neutrosophic Logic; Sustainability; Urban Ecosystems; Urban Smartness.

JEL Codes: C60; M10; O18; O21.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Atualmente, mais de metade da população mundial reside em áreas urbanas. Além disso, prevê-se um aumento exponencial da população e da urbanização, algo que justifica uma maior preocupação sobre a vida nas cidades. Neste contexto, as cidades enfrentam inúmeros desafios que não só põem em causa o seu desenvolvimento, como também a sua capacidade atual e futura em proporcionar qualidade de vida aos cidadãos, algo que reforça a necessidade urgente de se criarem soluções que possibilitem compreender e organizar as cidades, tornando-as mais habitáveis. Deste modo, parece necessário considerar a cidade como um ecossistema urbano que combina áreas naturais e infraestruturas (*e.g.*, casas, prédios, estradas e pontes) estrategicamente planeadas, no sentido de evidenciar uma maior articulação entre as várias componentes de uma cidade e os fluxos inerentes a estas. Depois, em resposta à preocupação de garantir às gerações futuras melhores condições de vida, as cidades devem contribuir para um desenvolvimento sustentável. Para isso, é necessário que estas sejam planeadas, desenvolvidas e geridas com o propósito de proporcionar valor social, ambiental e económico. De forma complementar, o conceito de *smart city* procura integrar tecnologias que permitam melhorar os benefícios e reduzir os desafios da urbanização, ao criar novas formas para as cidades se organizarem e projetarem ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Porém, parece ainda não haver um consenso sobre a conceptualização destes ecossistemas, algo que resulta da – e evidencia a – particularidade e complexidade presente no problema em análise. Deste modo, a presente dissertação pretende contribuir para uma melhor compreensão da temática, ao desenvolver um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão que permita identificar os principais fatores/determinantes inerentes à criação e análise de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. De facto, existem diversos estudos que abordam esta temática. No entanto, é possível identificar certas limitações transversais, materializadas numa identificação condicionada dos determinantes aquando da criação destes ecossistemas, bem como na escassez de análises causa-efeito entre esses mesmos determinantes. Para além disso, verificam-se ainda limitações na definição da importância relativa dos critérios utilizados. Neste seguimento, com o propósito de ultrapassar as limitações identificadas, a presente dissertação assenta numa lógica construtivista com base num processo que conjuga técnicas de mapeamento cognitivo – suportadas pela abordagem *Strategic Options Development and Analysis*

(SODA) e que permitem uma visão holística do problema – e a aplicação da técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) em ambiente neutrosófico, que possibilita analisar dinamicamente as relações de causa-efeito entre os determinantes, incorporando a indeterminação no processo de decisão. A aplicação desta combinação metodológica proporciona uma estruturação sólida e cuidada da problemática, como também um sistema de análise tendencialmente mais completo. Importa salientar que a integração da incerteza/indeterminação inerentes aos processos de decisão pode auxiliar na resolução de problemas complexos, ao promover soluções mais transparentes e aproximadas da realidade. A adoção destas metodologias exigiu a realização de duas sessões de grupo *online* – devido à situação pandémica da Covid-19 –, com um painel de especialistas com conhecimento e experiência na área em estudo. Na primeira sessão, que fundamentou a estruturação do problema, foi colocada ao painel uma *trigger question* que permitiu aplicar a “técnica dos *post-its*”, no sentido de não apenas identificar os critérios e o impacto destes na temática, mas também agrupar os critérios por *clusters* (*i.e.*, áreas de preocupação). Com os *outputs* resultantes desta sessão, foi possível conceber um mapa cognitivo de grupo que potenciou uma melhor compreensão do problema em análise. Na segunda sessão de grupo, foi aplicada a técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, que permitiu quantificar as relações de causalidade entre os critérios e *clusters*. Para isso, foram criadas matrizes a serem preenchidas pelos especialistas através da identificação do grau de influência entre variáveis, acrescida das avaliações neutrosóficas que determinam todos os aspetos em situação de verdade, falsidade e incerteza. A utilização destas técnicas demonstrou-se uma mais-valia, já que possibilitou não só uma maior aprendizagem sobre a temática em estudo, mas também uma maior participação e interação entre todos os intervenientes no processo. Por fim, realizou-se uma sessão de consolidação com dois representantes do Centro de Gestão e Inteligência Urbana de Lisboa (CGIUL) da Câmara Municipal de Lisboa (CML), com o objetivo de validar o sistema de análise multicritério desenvolvido e os respetivos resultados. No decorrer dessa sessão, os especialistas demonstraram agrado com os resultados alcançados e fortaleceram o carácter aplicacional prático do sistema. Por conseguinte, a investigação realizada permitiu o desenvolvimento de um modelo de avaliação mais completo, que identifica soluções credíveis e exequíveis e, além disso, traz robustez e clareza para a temática em análise.

ÍNDICE GERAL

Capítulo 1 – Introdução Geral	1
1.1. Enquadramento Inicial	1
1.2. Objetivos: Principal e Secundários	1
1.3. Metodologia de Investigação	2
1.4. Estrutura do Documento	3
1.5. Principais Resultados Esperados	4
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	5
2.1. Sustentabilidade e Urbanismo: Bases de um Ecossistema Urbano <i>Smart</i> e Sustentável	5
2.2. Desafios e Iniciativas de Adaptação dos Meios Urbanos	10
2.3. Estudos Prévios: Contributos e Limitações	12
2.4. Limitações (Re)Correntes	14
<i>Sinopse do Capítulo 2</i>	15
Capítulo 3 – Metodologia	17
3.1. Estruturação de Problemas Complexos	17
3.1.1. Abordagem SODA Mapeamento Cognitivo	18
3.1.2. Lógica Neutrosófica	21
3.1.3. Contributos para um Ecossistema Urbano <i>Smart</i> e Sustentável	22
3.2. A Técnica DEMATEL	23
3.2.1. Enquadramento de Base e Etapas Adicionais.....	24
3.2.2. Vantagens e Limitações	28
3.2.3. Contributos para um Ecossistema Urbano <i>Smart</i> e Sustentável	30
<i>Sinopse do Capítulo 3</i>	31
Capítulo 4 – Aplicação Empírica e Resultados	33
4.1. Desenvolvimento do Mapa Cognitivo de Grupo	33
4.2. Lógica Neutrosófica, Crispificação e Aplicação da técnica DEMATEL ...	37
4.3. Consolidação de Resultados, Limitações e Recomendações	46
<i>Sinopse do Capítulo 4</i>	49

Capítulo 5 – Conclusões, Recomendações e Investigação Futura	51
5.1. Resultados Alcançados e Limitações da Estudo	51
5.2. Contributos e Limitações para a Gestão de Ecossistemas Urbanos	52
5.3. Perspetivas de Futura Investigação	53
Referências Bibliográficas	54
Apêndices	60

ÍNDICE DE QUADROS E FIGURAS

QUADROS

Quadro 2.1 – Metodologias de Avaliação e Análise de Ecossistemas Urbanos: Contributos e Limitações	13
Quadro 3.1 – Vantagens da Utilização da Abordagem DEMATEL	29
Quadro 3.2 – Limitações da Utilização da Abordagem DEMATEL	29

FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de um Mapa Cognitivo	20
Figura 3.2 – Quadrantes do Mapa de Influência	28
Figura 4.1 – Primeira Sessão de Trabalho com o Painel	35
Figura 4.2 – Mapa cognitivo de Grupo	36
Figura 4.3 – Segunda Sessão de Grupo com o Painel	38
Figura 4.4 – Diagrama DEMATEL – <i>Inter-Cluster</i>	39
Figura 4.5 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 1</i>	40
Figura 4.6 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 2</i>	41
Figura 4.7 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 3</i>	42
Figura 4.8 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 4</i>	43
Figura 4.9 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 5</i>	44
Figura 4.10 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 6</i>	45
Figura 4.11 – Diagrama DEMATEL – <i>Cluster 7</i>	46
Figura 4.12 – Sessão de Consolidação do Estudo	47

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

CGIUL	– Centro de Gestão e Inteligência Urbana de Lisboa
CML	– Câmara Municipal de Lisboa
DEMATEL	– <i>DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory</i>
INE	– Instituto Nacional de Estatística
IRM	– <i>Impact-Relations Map</i>
MCDA	– <i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
ONU	– Organização das Nações Unidas
SC	– Subcritério
SODA	– <i>Strategic Options Development Analysis</i>
TIC	– Tecnologias de Informação e Comunicação
UE	– União Europeia

1.1. Enquadramento Inicial

As cidades são catalisadores de desenvolvimento social, económico e prosperidade e, por isso, cruciais para a qualidade de vida dos cidadãos. Porém, com o aumento exponencial da população e da urbanização, acrescido do surgimento de crises pandémicas, as cidades têm vindo a expor algumas fragilidades (Organização das Nações Unidas (ONU), 2021). Deste modo, torna-se imperativo considerar as cidades como ecossistemas urbanos, capazes de combinar o ambiente natural com o ambiente construído, enquanto integram tecnologias que melhorem a vida da sociedade, viabilizando sempre a sustentabilidade a longo-prazo (Mouratidis, 2021). Por conseguinte, criam-se ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Apesar disso, por se tratar de um tema complexo e abrangente, parece ainda não haver consenso sobre o que contribui/condiciona a conceptualização da *smartness* e da sustentabilidade urbana. Posto isto, no sentido de assegurar maior qualidade de vida, um meio ambiente mais habitável e perspetivas económicas mais sólidas, é necessário efetuar uma reflexão profunda sobre estes ecossistemas e compreender quais os desafios e iniciativas inerentes ao seu desenvolvimento.

A presente dissertação visa o desenvolvimento de um sistema de análise multicritério de ecossistemas urbanos, que procura não só identificar os fatores que os tornam *smart* e sustentáveis, como também analisar dinamicamente as relações causais entre esses fatores. Assente numa lógica de aprendizagem pela participação, o modelo a conceber, ao procurar complementar sistemas já existentes e colmatar as suas limitações, visa igualmente auxiliar a compreensão do problema, enquanto demonstra a utilidade das técnicas usadas para o efeito.

1.2. Objetivos: Principal e Secundários

Face ao exposto no ponto anterior, parece evidente que as cidades estão cada vez mais expostas a problemáticas que põem em causa a sua capacidade de resposta. Deste modo, é importante conceber ecossistemas urbanos, tendo em vista a aplicação de soluções *smart* e

sustentáveis para as cidades. Contudo, por ser uma temática relativamente recente e complexa, os estudos realizados são ainda poucos e não apresentam contributos significativos para este tipo de avaliação. Assim, parece evidente a necessidade de utilizar novas abordagens para o problema em análise.

O processo utilizado na presente dissertação tem como principal objetivo a *conceção de um modelo de avaliação multicritério que possibilite a criação de ecossistemas urbanos smart e sustentáveis, através da conjugação de técnicas de mapeamento cognitivo com o método DECision MAKing Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) em contexto neutrosófico*. Através destas ferramentas metodológicas, assentes numa abordagem epistemológica construtivista, será possível estruturar e analisar de forma mais completa a problemática em estudo, convertendo-se, assim, numa visão holística e coerente sobre esta. Por forma a concretizar o objetivo principal, será necessário atingir outros objetivos mais específicos, nomeadamente: (1) realizar uma revisão da literatura que apresente a temática e os principais conceitos inerentes; (2) formar um painel de especialistas na área; (3) realizar sessões de grupo com o painel, no sentido de desenvolver um mapa cognitivo de grupo; (4) aplicar a técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico; e (5) testar a aplicabilidade e a utilidade dos processos e técnicas empregues, através de uma sessão de consolidação com uma entidade externa ao processo. Com estes objetivos, a presente dissertação visa definir iniciativas e desafios associados à criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

1.3. Metodologia de Investigação

Face à complexidade e à abrangência da problemática em estudo, constatou-se a necessidade de combinar metodologias de investigação que permitam integrar a objetividade e a subjetividade aquando da tomada de decisões, bem como promover a aprendizagem e a colaboração. Posto isto, a presente dissertação irá fazer uso de técnicas de mapeamento cognitivo e da abordagem DEMATEL em ambiente neutrosófico, com o intuito de possibilitar a identificação e a análise dos fatores que têm impacto na criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

No sentido de estruturar o problema de decisão em estudo, o mapeamento cognitivo irá contribuir para a identificação e para o agrupamento dos critérios de avaliação a incluir no modelo, tendo por base o conhecimento, experiência e valores dos decisores envolvidos no processo. Depois, a aplicação da técnica DEMATEL, combinada com a lógica neutrosófica,

permitirá analisar as relações de causalidade estabelecidas entre os critérios, acrescida da ponderação da indeterminação aquando da tomada de decisão.

Na prática, serão identificadas as relações de causa-efeito e quantificados os julgamentos de valor inerentes à situação de decisão. Assim, os critérios de avaliação serão ponderados e hierarquizados. De resto, importa referir que realizar-se-ão duas sessões de trabalho *online* – restrição imposta pela pandemia Covid-19 – com um painel de especialistas na temática, no sentido de adquirir os *inputs* necessários ao desenvolvimento do modelo de avaliação. Assim sendo, o uso integrado destas técnicas irá contribuir para a construção de um sistema de avaliação tendencialmente mais sólido, completo e transparente.

1.4. Estrutura do Documento

Considerando os objetivos e a metodologia anteriormente definidos, o presente estudo encontra-se repartido em cinco capítulos, os quais incluem o presente capítulo (*i.e.*, introdução) e o capítulo das conclusões. As referências bibliográficas e os apêndices fazem ainda parte da estrutura definida.

O *Capítulo 1* integra a presente introdução, onde é realizado um enquadramento inicial e se exibem os objetivos principal e secundários da investigação, a metodologia de investigação adotada, a estrutura do documento e, por último, os principais resultados esperados. Seguidamente, o *Capítulo 2* expõe a revisão de literatura que promove a contextualização teórica dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, bem como a compreensão dos principais conceitos inerentes à temática. Além disso, fundamenta-se a necessidade de evidenciar os desafios e as iniciativas aquando da adaptação dos meios urbanos a este tipo de ecossistemas. Depois, são analisados alguns estudos existentes, incluindo os seus contributos e limitações para a temática, no sentido de identificar as limitações gerais existentes na literatura. No *Capítulo 3* são expostas as metodologias a aplicar no presente estudo (*i.e.*, mapeamento cognitivo e técnica DEMATEL em contexto neutrosófico), evidenciando-se alguns elementos básicos relacionados com estas. Este terceiro capítulo pretende também identificar os potenciais contributos inerentes à utilização destas metodologias para a temática, sendo expostas algumas vantagens e limitações da sua aplicação. O *Capítulo 4* corresponde à conceção do modelo de análise e, por isso, materializa a componente empírica do estudo. Este capítulo descreve de forma detalhada o processo de desenvolvimento do modelo, no qual foram aplicadas na prática as metodologias escolhidas.

Por fim, são apresentados e analisados os resultados obtidos, sendo igualmente exposta uma sessão de consolidação realizada com elementos neutros ao processo. No final, o *Capítulo 5* expõe a conclusão do estudo, sendo apresentados os principais resultados e as limitações do mesmo, bem como os contributos e as limitações para a gestão de ecossistemas urbanos. O capítulo procede ainda à projeção de linhas de investigação futura.

1.5. Principais Resultados Esperados

De forma geral, o que se pretende com o presente estudo consiste em conceber um modelo de avaliação multicritério de apoio à criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, que permita compreender o que deve, efetivamente, ser feito para a conceptualização da *smartness* e sustentabilidade urbana. Sendo um tema abrangente e com subjetividade intrínseca, este resultado apenas é conseguido pelo facto de, no presente estudo, integrarem-se técnicas assentes numa lógica construtivista, que remetem para uma análise mais coerente e completa da temática. Além disso, é expectável que a indeterminação seja incluída no modelo, algo que poderá constituir uma mais-valia ao possibilitar a obtenção de resultados transparentes e mais aproximados da realidade.

Espera-se que este estudo venha complementar os estudos já realizados neste âmbito, no qual as metodologias aplicadas permitem colmatar algumas das limitações identificadas na literatura, podendo vir a acrescentar valor para a temática em análise. Face à complexidade inerente ao problema, este estudo poderá ser essencial para entidades governamentais que lidem diariamente com esta problemática e que detenham poder de deliberação, no sentido de contribuir para tomada de decisões adequadas à realidade em que estão inseridas. Pretende-se ainda consolidar o modelo desenvolvido com uma entidade externa ao processo, com o intuito de tornar o modelo mais robusto. Por último, espera-se a publicação dos resultados obtidos em formato de artigo científico, numa revista científica da especialidade.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, como ponto de partida para dar um entendimento geral da temática em estudo, começaremos por esclarecer alguns conceitos base essenciais no âmbito dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, tendo assim oportunidade de descrever a relação entre conceitos, em prol de uma melhor percepção dos contributos para a temática em análise. Ao longo do capítulo, mostrar-se-ão alguns fundamentos que confirmam a relevância de uma correta análise dos ecossistemas urbanos, particularmente numa lógica *smart* e sustentável. Serão ainda mencionadas algumas das várias metodologias de avaliação utilizadas neste contexto, assim como as respetivas contribuições e limitações. Por último, identificar-se-ão algumas das limitações metodológicas gerais, no sentido de confirmar a necessidade da construção do sistema de análise a ser apresentado no final desta dissertação.

2.1. Sustentabilidade e Urbanismo: Bases de um Ecossistema Urbano Smart

De acordo com a literatura, o termo *ecossistema* é utilizado para designar um sistema composto por organismos vivos e o seu ambiente (Tansley, 1935). Paralelamente, este termo está intrinsecamente ligado ao conceito *ecossistema urbano*. Ao estar diretamente relacionado com as cidades, é interpretado como algo complexo, devido à sua natureza peculiar e multifacetada (Comissão Europeia, 2020). Neste sentido, pode afirmar-se que, desde o início de 1970, o interesse pelo estudo de cidades cresceu (Berkowitz, Nilon, & Hollweg, 2003), com o objetivo de analisar o metabolismo e a ecologia urbana. Começou-se, assim, a considerar uma cidade como um ecossistema que, segundo Wolman (1965), responderia aos problemas da época (*e.g.*, falta de água e poluição do ar). Desta forma, devido ao aumento da complexidade do contexto social, ambiental e económico que, atualmente, afetam as cidades (Rzevski, Kozhevnikov, & Svitek, 2020), considerar as cidades como ecossistemas urbanos parece ser fundamental.

Celecia (1997) define um ecossistema urbano como a interação entre as componentes biológicas, sociais e físicas de uma cidade. Acreditando que os ecossistemas urbanos são

dinâmicos, Lawrence (2009) sustenta que um ecossistema urbano é constituído por fatores abióticos (*e.g.*, água, temperatura e atmosfera), bióticos (*e.g.*, matérias, energia e resíduos), culturais (*e.g.*, política, economia e tecnologia) e humanos, que interagem entre si na área urbana. Posto isto, um ecossistema urbano é, muitas vezes, associado às cidades e aos seus arredores. No entanto, a União Europeia (2020) explicita o conceito como um sistema socio-ecológico, onde a maior parte da população habita, composto por: (1) *green infrastructure* (GI) (*i.e.*, redes estrategicamente planeadas de áreas naturais); e (2) *built infrastructure* (BI) (*i.e.*, inclui casas, prédios, estradas, pontes, áreas industriais e comerciais e locais de construção).

A relevância do conceito de ecossistema urbano prevalece como consequência do aumento da população e da urbanização (*i.e.*, processo de longo prazo, caracterizado pelo aumento da população a viver nas cidades e pela extensão geográfica das áreas urbanas). De acordo com as estimativas da ONU (2020), atualmente, mais de metade da população mundial reside em áreas urbanas. Para além disso, prevê-se que o crescimento populacional global ocorra exclusivamente em cidades e áreas metropolitanas (ONU, 2020). Neste sentido, estima-se que, até 2050, 70% da população mundial viva em áreas urbanas (ONU, 2020). Em Portugal, esta realidade também se verifica, uma vez que, face aos dados estatísticos do ano 2020 (*cf.* INE, 2020), 73% da população nacional reside em áreas predominantemente urbanas.

Para completar, e de acordo com o Conselho da Europa (2007, p. 31), é importante compreender o conceito de *urbanismo*, na medida em que este “*é uma disciplina do planeamento que lida com o desenvolvimento físico, social, económico e ambiental das regiões metropolitanas, dos municípios e dos bairros*”. Com efeito, o urbanismo evidencia a articulação das várias componentes de uma cidade e os fluxos e processos entre estas, na tentativa de melhorar a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos. De facto, verifica-se que, em resposta às alterações climáticas, o urbanismo reduz a emissão dos gases de efeito de estufa, permitindo às cidades ajustarem-se melhor às alterações climáticas e procurando, assim, melhorar a qualidade de vida da população em geral (Cobbinah, Asibey, Opoku-Gyamfi, & Peprah, 2019). De acordo com a ONU-Habitat (2004, p. 11), urbanismo é, deste modo, uma ferramenta fundamental para estabelecer objetivos a médio e longo prazo, que “*helps leaders to transform a vision into reality using space as a key resource for development and engaging stakeholders along the way*”.

Por forma a articular e a compreender a relação existente entre os dois conceitos (*i.e.*, sustentabilidade e urbanismo), parece importante definir *sustentabilidade*. Apesar de não haver

uma definição única do termo, a mais aceite consta no Brundtland Report (1987, p. 43), onde é referido numa perspetiva de desenvolvimento, que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações responderem às suas necessidades. Deste modo, a sustentabilidade encontra-se relacionada com o objetivo social de garantir às gerações futuras um ambiente saudável, bem como melhores condições sociais e económicas (Rosales, 2011). Posto isto, a sustentabilidade resulta da interseção entre três pilares fundamentais (*i.e.*, ambiental, social e económico) (Angelidou, Psaltoglou, Komninos, Kakderi, Tsarchopoulos, & Panori, 2018). Benites e Simões (2021) distinguem cada uma destas dimensões da seguinte forma: (1) dimensão social (*e.g.*, equidade e inclusão) enfatiza a dignidade humana e o envolvimento em comunidade; (2) dimensão ambiental (*e.g.*, gestão de resíduos e ecoeficiência) valoriza a proteção do ecossistema e a conservação da biodiversidade, evitando o esgotamento de recursos; e (3) dimensão económica (*e.g.*, oportunidade de emprego, comércio e prosperidade) integra toda a rede de atividade económica que cria riqueza, através de um código de conduta consistente e modelos de gestão alinhados com os da população. Deste modo, devido à crescente preocupação com a escassez de recursos, com as alterações climáticas e com a perda de biodiversidade, a procura por desenvolver cidades sustentáveis aumentou (Comissão Europeia, 2020).

O papel das cidades no desenvolvimento sustentável (*i.e.*, processos de longo-prazo que garantem a melhoria de todas as componentes da sustentabilidade) é descrito de forma clara pela ONU (2020). Para além de serem fundamentais para atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável (*i.e.*, objetivos económicos, sociais e ambientais, estabelecidos pelas Nações Unidas e a serem atingidos até 2030), as cidades são os principais catalisadores do desenvolvimento económico e prosperidade. De facto, as áreas urbanas (*i.e.*, cidades e áreas metropolitanas) produzem valor económico, uma vez que são a base para a produção, inovação e comércio, gerando emprego. No entanto, para que a sustentabilidade económica seja realizada, o desenvolvimento do capital humano é crucial. Neste sentido, uma cidade, quando bem planeada e gerida, é capaz de melhorar o valor social, uma vez que diminui a pobreza, promove a equidade e melhora o bem-estar dos cidadãos. Por outro lado, uma cidade mal gerida e planeada representa uma ameaça para a sustentabilidade ambiental, resultando, por exemplo, em altos níveis de poluição, perda de biodiversidade e expansões urbanas descontroladas. Desta forma, para que uma cidade seja sustentável, é necessário que seja planeada, desenvolvida e gerida com o

objetivo de proporcionar valor económico, social e ambiental e, por conseguinte, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Como resultado da atual pandemia, as cidades tornaram-se no epicentro da Covid-19, expondo as suas fragilidades decorrentes de falta de habitações adequadas e acessíveis, sistemas de saúde pública insuficientes e infraestruturas urbanas inadequadas (*e.g.*, transportes públicos, serviços de saneamento e resíduos) (ONU, 2021). Desta forma, em resposta à crise pandémica, algumas cidades surgiram como impulsionadores de recuperação económica, centros de inovação e catalisadores de transformação económica e social e, conseqüentemente, melhoraram o bem-estar dos cidadãos (Mouratidis, 2021). Esta recuperação permite reconsiderar as áreas urbanas como espaços de crescimento sustentável e inclusivo. Com o aumento da população a viver em áreas urbanas e a necessidade de sustentabilidade, verifica-se a urgência de criar soluções que permitam compreender e organizar as cidades, para que estas se tornem mais habitáveis (Allam & Newman, 2018). O conceito de *smart city* surgiu como resposta a este desafio, a fim de criar novas formas para as cidades se organizarem. Apesar de ser um conceito recente, tem ganho importância devido à preocupação dos governos em tornarem as cidades mais inteligentes (Shamsuzzoha, Nieminen, Piya, & Rutledge, 2021). De acordo com o Institute for Management Development (2016), o conceito *smart city* descreve áreas residenciais que aplicam tecnologias para melhorar os benefícios e reduzir os desafios da urbanização. No entanto, ainda não há um consenso sobre a conceptualização da *smartness* urbana (Mora, Bolici, & Deakin, 2017).

Uma cidade *smart* e sustentável é uma entidade urbana capaz de integrar tecnologias sociais e digitais, bem como de coordenar o conhecimento existente, para superar os desafios económicos, sociais e ambientais que afetam a sua viabilidade a longo-prazo (Hara, Nagao, Hanno, & Nakamura, 2016). Nesse sentido, de acordo com Gil-Garcia, Pardo e Nam (2015), uma cidade capaz de combinar o seu ambiente natural com o ambiente construído, com a preocupação de atingir sustentabilidade a longo prazo, torna-se mais *smart*. Depois, uma cidade *smart* precisa de um governo sólido, que proporciona aos cidadãos apoio adequado e seguro, administração eficaz e serviço público oportuno. No entanto, Gil-Garcia *et al.* (2015) afirmam que é escusado haver um ambiente natural sustentável e uma estrutura de governo eficaz se a sociedade não estiver envolvida, visto que a *smartness* de uma cidade requer vontade da comunidade para “*accept and actively promote a self-sustainable economic policy, that can be harnessed through constant participation of local associations, crowdfunding projects and other*

initiatives aimed at enhancing the human capital” (Cappellaro, Chiarini, Meloni, & Snels, 2019, p. 161).

Posto isto, para criar um ecossistema urbano *smart*, a conectividade é crucial, uma vez que são necessárias informações atualizadas sobre, por exemplo, as infraestruturas, os transportes e os cidadãos (Global System for Mobile Communications Association, 2013). Os projetos para tornar as cidades mais *smart* incluem tecnologias móveis avançadas (*e.g.*, *global system for mobile communication, high speed packet access* e rede 5G), de forma que os dados recebidos sejam agregados o mais rapidamente possível e, por conseguinte, analisados corretamente. Neste sentido, as tecnologias de informação e comunicação (TIC) controlam o movimento de veículos de transporte, possibilitando a identificação de trânsito e o controlo de semáforos. Para além disso, permitem que os cidadãos estejam permanentemente em contacto com as estruturas municipais, no sentido de identificarem problemas relacionados com a área urbana.

A mobilidade constitui um dos maiores desafios das cidades atuais e, no entanto, segundo Bıyık, Abareshi, Paz, Ruiz, Battarra, Rogers e Lizarraga (2021), é um dos elementos principais de uma cidade *smart*. A implementação de *intelligent transportation systems* (*i.e.*, sistemas que utilizam tecnologia de informação nos meios de transporte) possibilita a recolha e processamento de dados cruciais para o planeamento e execução de iniciativas que tornam a mobilidade *smart*. Estes sistemas procuram melhorar a segurança, eficiência e sustentabilidade das redes de transporte, de forma a reduzir o tráfego urbano e melhorar a experiência do condutor (Banister, 2014). Outro aspeto a ter em conta aquando do desenvolvimento de ecossistemas urbanos *smart* está relacionado com o consumo de energia, onde o uso de TIC reduz significativamente o impacto no ambiente (Global System for Mobile Communications Association, 2013). De facto, as cidades necessitam de utilizar energia de forma mais eficiente, para reduzir custos e melhorar o ambiente, através da diminuição da poluição e emissão de gases de efeito de estufa. A implementação de TIC associadas ao consumo de energia permite, assim, detetar fugas de energia, leituras de contadores mais precisas e reduzir custos e desperdícios (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015). Por fim, um outro elemento a considerar é a qualidade de vida que uma cidade *smart* proporciona. A implementação de iniciativas *smart* nas cidades deve melhorar, necessariamente, a qualidade de vida dos seus cidadãos, através da preocupação em transformar a vida dos cidadãos mais feliz, segura e saudável (Lombardi, Giordano, Farouh, & Yousef, 2012). Com efeito, o cuidado com o cidadão é a base de todas as ações que tornam uma cidade *smart*.

Sucintamente, é cada vez mais essencial ter em vista a cidade como uma ecossistema urbano, capaz de trazer inúmeros benefícios para a vida da sociedade. A implementação de medidas que tornem as cidades mais *smart* e sustentáveis parece crucial para criar uma cidade que proporciona maior qualidade de vida, meio-ambiente mais habitável e perspectivas económicas mais fortes. Assim, tendo em conta a atual rápida urbanização, no ponto que se segue apresentam-se os principais desafios e iniciativas de adaptação dos meios urbanos.

2.2. Desafios e Iniciativas de Adaptação dos Meios Urbanos

Como exposto no ponto anterior, já foram desenvolvidos diversos projetos com o objetivo de tornar as cidades mais *smart* e sustentáveis, dando resposta a muitos problemas urbanos. No entanto, a adaptação dos meios urbanos implica inúmeros desafios, aos quais as iniciativas implementadas procuram responder. De acordo com Hashem, Chang, Anuar, Adewole, Yaqoob, Gani, Ahmed e Chiroma (2016), as TIC têm um papel importante na viabilidade de iniciativas que tornam uma cidade *smart*. No entanto, a falta de apoio na compreensão das TIC é considerada um desafio na implementação de iniciativas *smart*. Consequentemente, a subutilização e/ou a falta de acessos às TIC por parte dos cidadãos são consideradas como um obstáculo ao desenvolvimento das áreas urbanas. De facto, o desenvolvimento de cidades *smart* e sustentáveis requer competências e experiência por parte dos profissionais que estão envolvidos, direta ou indiretamente, neste processo (Hashem *et al.*, 2016). Neste sentido, Khan, Malik, Zafar, Goni, Chofreh, Klemeš e Alotaibi (2020) defendem a criação de formações que desenvolvem *skills* cruciais para que se possa beneficiar da aplicação das TIC.

Outro aspeto a considerar incide na falta de concordância por parte da sociedade, que impede que sejam tomadas iniciativas para tornar as cidades *smart* e sustentáveis (Warwick, 2013), visto que há falta de conhecimento sobre as características essenciais que definem uma cidade *smart*. No entanto, tendo em conta que a *smartness* de uma cidade está muito dependente da participação dos cidadãos (Khatoun & Zeadally, 2016), para além de serem necessários eventos que expliquem a importância da sustentabilidade nas áreas urbanas, promovendo os benefícios do desenvolvimento de cidades *smart*, são também necessárias plataformas que permitam que os cidadãos estejam permanentemente conectados, no sentido de partilharem o seu

conhecimento e experiência (Monfaredzadeh & Krueger, 2015), assim como para que haja uma interação entre os cidadãos e as autoridades e a administração da cidade. Neste sentido, para que seja possível desenvolver novas abordagens inovadoras nas áreas urbanas, a cocriação, a colaboração, o desenvolvimento em comunidade e a participação dos cidadãos são fundamentais para criar comunidades *smart* e, conseqüentemente, uma cidade *smart* (Komninos, Pallot, & Schaffers, 2013).

De acordo com Vu e Hartley (2018), a restrição orçamental constitui o maior desafio na adaptação dos meios urbanos. De facto, o desenvolvimento de TIC e a sua integração em infraestruturas das cidades requer um investimento dispendioso (Hashem *et al.*, 2016), devido à heterogeneidade dos meios informáticos que cada infraestrutura da cidade detém (Ebrahim & Irani, 2005). Neste sentido, Khan *et al.* (2020) sugerem que sejam consideradas diversas fontes de financiamento para fazer face a esta problemática.

A qualidade das habitações tem grande impacto no bem-estar dos seus residentes (GhaffarianHoseini, Dahlan, Berardi, GhaffarianHoseini, & Makaremi, 2013). Por isso, integrar TIC nas casas contribui para um melhor quotidiano. Ao verificar-se um equilíbrio entre a arquitetura da casa, as pessoas e o ambiente, bem como a utilização de tecnologias e as características da região onde a casa está inserida, criam-se habitações *smart* (GhaffarianHoseini *et al.*, 2013). Na maioria das vezes, tendo em conta estes aspetos, estas casas oferecem uma melhor qualidade de vida aos cidadãos, através da segurança e do conforto que proporcionam (Ding, Cooper, Pasquina, & Fici-Pasquina, 2011). Os sistemas tecnológicos de casas *smart* são incorporados nos diferentes espaços e objetos existentes (*e.g.*, caixa do correio, porta principal, cortinas, casa de banho e máquina de lavar roupa), para analisar e prever os comportamentos das famílias (Helal, Mann, El-Zabadani, King, Kaddoura & Jansen, 2005). Deste modo, o desenvolvimento de habitações *smart* satisfaz as necessidades dos seus utilizadores com recurso às TIC, que proporcionam qualidade de vida e tornam o meio urbano *smart*.

Outro aspeto relevante na adaptação dos meios urbanos está relacionado com a mobilidade, onde o desenvolvimento de ações inovadoras é crucial para reduzir o trânsito, o tempo e custo de viagens e aumentar a segurança rodoviária (Benevolo, Dameri, & Auria, 2016). Para isso, é necessário um sistema de mobilidade autónomo, capaz de corrigir erros, com o mínimo de intervenção humana possível (Debnath, Chin, Haque, & Yuen, 2014). Segundo Šurdonja, Giuffrè e Deluka-Tibljaš (2020), a conectividade é crucial, já que permite aos cidadãos

transmitir informações e dados em tempo real do sistema de transporte (Peprah, Amponsah, & Oduro, 2019), afetando a forma como este é gerido. De facto, um estudo da Comissão Europeia (2017) revela que vários países europeus já começaram a executar iniciativas neste âmbito, como o desenvolvimento de aplicações digitais que permitem obter informações sobre os lugares de estacionamento disponíveis na cidade e efetuar o pagamento do parque de forma mais eficiente, através de um sistema de reconhecimento de matrícula.

Em síntese, a implementação de iniciativas *smart* é um processo de longo-prazo que envolve diferentes componentes de uma cidade (Khan *et al.*, 2020), sendo de elevada importância tornar os meios urbanos mais *smart* e sustentáveis, de forma a diminuir os impactos ambientais, sociais e económicos da urbanização nas cidades. No próximo ponto, é feita a análise de alguns métodos de avaliação aplicados no âmbito da temática em estudo, assim como os seus principais contributos e limitações.

2.3. Estudos Prévios: Contributos e Limitações

A análise dos contributos para um ecossistema urbano *smart* e sustentável tem em consideração um conjunto amplo de indicadores e variáveis, os quais nem sempre são aprovados na generalidade nem padronizados. Como consequência, há um vasto leque de aspetos determinantes que podem ser analisados e processados tendo em vista os contributos para um ecossistema urbano. Contudo, com a tendência crescente das populações para viverem em áreas urbanas, a preocupação em analisar e em avaliar os ecossistemas urbanos é também crescente, no sentido de realizar intervenções que favoreçam não só as gerações atuais, mas também as futuras gerações. Assim, perante esta necessidade, tem havido um aumento na investigação sobre que variáveis devem ser consideradas para análise e como tornar possível a avaliação dos ecossistemas urbanos. Alguns destes estudos têm destaque no *Quadro 2.1*, onde são também apresentadas as respetivas contribuições e limitações.

Quadro 2.1: Metodologias de Avaliação e Análise de Ecossistemas Urbanos: Contributos e Limitações

Autor	Método	Contribuições	Limitações
Dakhia & Berezowska-Azzag (2010)	<i>Urban Institutional and Ecological Footprint</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O instrumento proposto apoia os decisores a visualizar o défice ecológico do metabolismo urbano. ▪ Abrange os setores de energia, água, resíduos, matérias, transporte e áreas construídas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrange setores que não respondem a todas as dimensões de sustentabilidade. ▪ Os setores utilizados pelo instrumento não são amplos o suficiente para realmente perceber quais são os indicadores que contribuem para um ecossistema urbano sustentável.
Dizdaroglu <i>et al.</i> (2012)	<i>Indexing Model for the Assessment of Sustainable Urban Ecosystems</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avalia e monitoriza a interação entre as atividades humanas e os ecossistemas urbanos, sugerindo informação qualitativa sobre os principais problemas ambientais. ▪ O modelo fornece um retrato da atual situação ambiental de diversas localidades. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A falta de dados de alguns indicadores obrigou a que fossem feitas pressuposições. ▪ Modelo abrange apenas indicadores ambientais. ▪ Uma vez que foi feita uma avaliação da ocupação do solo através de sensores remotos, alguns terrenos não foram bem identificados.
Mörtberg <i>et al.</i> (2013)	<i>The Land-use Evolution and Impact Assessment Model</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo avalia a sustentabilidade inerente ao desenvolvimento urbano. ▪ Desenvolve indicadores que integram ecossistemas urbanos e sistemas urbanos, úteis no apoio à tomada de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O modelo foi apenas aplicado na região de Estocolmo e, por isso, os resultados não podem ser generalizados. ▪ A informação utilizada no modelo foi muito pouca, o que diminui a credibilidade dos resultados.
Palumbo <i>et al.</i> (2021)	<i>Bibliometric Analysis and Literature Review</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clarifica o conceito de ecossistema urbano <i>smart</i> e sustentável, bem como o conceito de sustentabilidade urbana. ▪ Estudo sobre a criação e organização de um ecossistema urbano <i>smart</i> e sustentável. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitação na utilização de uma metodologia que poderá ter em conta artigos que são citados por razões negativas. ▪ A metodologia identifica clusters pouco detalhados, que não apresentam uma relação causal entre si. ▪ Não há aplicação prática do clusters identificados.

A análise do *Quadro 2.1* exemplifica o dinamismo levado a cabo, nas últimas décadas, no que respeita à análise e à avaliação de ecossistemas urbanos. Através dos diversos métodos utilizados, percebe-se a necessidade de mensuração da *performance* dos ecossistemas urbanos. De acordo com Lawrence (2009), o conceito ecossistema urbano é, de facto, complexo, devido à sua natureza peculiar e multifacetada, realçando-se a falta de consenso sobre quais as variáveis que realmente determinam a *smartness* de um ecossistema urbano. Não havendo uma metodologia ideal, parece claro que a maioria dos métodos sofre limitações metodológicas gerais que comprometem o seu potencial. Assim, parece relevante discutirem-se as limitações metodológicas gerais, de forma a encontrar “espaço” para a abordagem metodológica que iremos adotar nesta dissertação. Será este o tópico do próximo ponto.

2.4. Limitações (Re)Correntes

A análise e, por conseguinte, a avaliação dos desafios e iniciativas que contribuem para ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, é uma necessidade urgente face aos desafios impostos pela atualidade. Deste modo, existem diversos métodos de avaliação que demonstram contributos e limitações, sendo importante considerar as limitações como catalisadores de investigação futura, que expandem o conhecimento atual e que, por isso, devem ser consideradas como oportunidades de melhoria. Neste sentido, ao parecer evidente a existência de algumas dificuldades na avaliação dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, parece importante refletir sobre as fraquezas das práticas de avaliação atuais.

Podemos assim apresentar três pontos gerais relacionados com: (1) a forma pouco clara como critérios de avaliação são identificados e definidos; (2) a não identificação da relevância desses critérios para o desenvolvimento de um ecossistema urbano *smart* e sustentável; e (3) a necessidade de analisar dinamicamente as relações causa-efeito entre os critérios. Posto isto, o presente estudo irá assumir uma postura construtivista, utilizando o mapeamento cognitivo, a lógica neutrosófica e a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), para propor um sistema de análise multicritério que permita ultrapassar algumas das limitações identificadas. No capítulo seguinte, são apresentadas as metodologias que se pretende utilizar para o desenvolvimento de um sistema de análise dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

SINOPSE DO CAPÍTULO 2

Neste capítulo, após uma breve explicação dos termos teóricos de base (*i.e.*, ecossistema urbano, sustentabilidade e urbanismo), pretendeu-se: (1) explicitar a importância de um ecossistema urbano *smart*, como solução aos desafios da urbanização; (2) descrever quais os desafios e as iniciativas inerentes à adaptação meios urbanos a um ecossistema urbano *smart*; (3) expor alguns métodos de avaliação dos ecossistemas urbanos, assim como as respetivas contribuições e limitações; e, ainda, (4) apresentar certas limitações metodológicas recorrentes, de forma a encontrar oportunidade para a utilização da metodologia proposta nesta dissertação. Verificámos que um ecossistema urbano é um conceito complexo e multifacetado. Contudo, está na base para a resolução de desafios enfrentados pelo rápido crescimento da população e urbanização. Deste modo, destacou-se a ideia de que um ecossistema urbano resulta da interação entre *green infrastructure* e *built infrastructure*, onde grande parte da população habita e, por isso, é fundamental para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Como visto, a população e, conseqüentemente, as áreas urbanas estão a crescer a um ritmo muito rápido, algo que vem destacar a importância de conceber iniciativas *smart* e sustentáveis. Para isto, o ecossistema urbano necessita integrar TIC que promovam a conectividade, a mobilidade urbana, consumos de energia eficientes e melhorem, assim, o bem-estar dos cidadãos. Contudo, é necessário que essas iniciativas tenham sempre em vista a superação de desafios económicos, sociais e ambientais que afetam a sua viabilidade a longo-prazo. Neste seguimento, a adaptação dos meios urbanos implica desafios, que afetam a implementação de um ecossistema urbano *smart*, aos quais são necessárias iniciativas que melhorem, inevitavelmente, a qualidade de vida dos cidadãos. Apesar de existirem diversos projetos que visam a implementação de iniciativas *smart* nas cidades, é crucial considerar que se trata de um processo de longo-prazo, onde os cidadãos desempenham um papel fundamental que contribui para a criação de comunidades *smart* e, posteriormente, para o desenvolvimento de uma cidade *smart*. Num outro momento, foram descritos métodos de avaliação formulados/desenvolvidos por alguns autores e, posteriormente, sintetizadas as limitações gerais, essenciais para novos desenvolvimentos. Com vista a uma contribuição mais clara e completa do tema, foi proposto o desenvolvimento de um modelo multicritério que tem em vista colmatar algumas das limitações identificadas. No próximo capítulo, serão aprofundadas as metodologias a utilizar para o desenvolvimento desse mesmo modelo.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

A exposição realizada no capítulo anterior procurou destacar não apenas a importância do desenvolvimento de um sistema de análise dos ecossistemas urbanos, numa lógica *smart* e sustentável, mas também expor algumas fraquezas metodológicas inerentes aos estudos/modelos já desenvolvidos sobre esta temática. Por conseguinte, ao parecer importante conceber um novo modelo que supere algumas das limitações mencionadas, este *Capítulo 3* visa realizar uma contextualização sobre a estruturação de problemas de decisão complexos, no sentido de realçar a importância da abordagem *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), o mapeamento cognitivo, a lógica neutrosófica e, por último, a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL).

3.1. Estruturação de Problemas Complexos

A resolução de problemas requer, necessariamente, a tomada de decisões. No entanto, visto que consiste num processo complexo, é indispensável considerar a subjetividade, a incerteza e a complexidade inerentes aos valores, opiniões e perspetivas dos decisores, de modo que as decisões sejam adequadas (Winterfeldt, 1980). Desta forma, a tomada de decisão requer métodos e sistemas que apoiem os decisores a gerir a complexidade dos problemas de decisão.

A abordagem *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) surge com o propósito de ajudar os decisores a organizar e sintetizar informação para que, aquando da tomada de decisão, estes se sintam confortáveis e confiantes, no sentido de minimizar “*the potencial for post-decision regret*” (Belton & Stewart, 2002, p. 2). Posto isto, a MCDA procura obter decisões mais ponderadas, compreensíveis e adequadas através de um processo de apoio à tomada de decisão realizado em três etapas fundamentais, nomeadamente: (1) definição e estruturação do problema; (2) avaliação das ações potenciais; e (3) elaboração de recomendações e implementação (*cf.* Bana e Costa, 1993; Ferreira, 2011). Deste modo, segundo Keeney (1992), um processo de tomada de decisão começa a partir do momento em que o problema é reconhecido como uma oportunidade

para encontrar boas decisões – e não apenas como um mero problema. Não obstante, Rosenhead (1996) acrescenta a necessidade de considerar a primeira etapa como fundamental para o sucesso das seguintes e suportar a tomada de decisão, visto que “*a problem well-structured is a problem half solved*” (Belton & Stewart, 2002, p. 35).

A definição e a estruturação do problema permitem identificar, caracterizar e hierarquizar os elementos que serão objeto de avaliação, através de um processo criativo de transformação de um problema inicialmente mal definido (Ferreira, 2011). Desta forma, a fase de estruturação visa a construção de um modelo formalizado de representação e organização dos elementos primários de avaliação, que fundamentam aprendizagem, investigação, comunicação e discussão entre os intervenientes (Bana e Costa, 1993). Visto que é uma fase fundamental que serve de guia para novas oportunidades de ação, é necessário considerar que os métodos de estruturação impedem soluções precipitadas que prejudicam a resolução dos problemas, recorrendo à participação e interação ativa dos atores presentes no processo, potenciando uma solução consensual. Assim, foram desenvolvidos diversos métodos de estruturação de problemas complexos para apoiar a tomada de decisão, os quais possibilitam a representação gráfica do problema e o desenvolvimento de soluções mais criativas (Ackermann & Eden, 2010). Seguindo uma lógica construtivista (*i.e.*, abordagem humanista e colaborativa onde vigora uma dinâmica erro-aprendizagem), a fase de estruturação é crucial para que as fases subsequentes sejam bem-sucedidas, pois “*offering a solutions to a half problem means no solution at all*” (Abuabara & Paucar-caceres, 2021, p. 1053). Posto isto, é possível apresentar a *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) como metodologia de apoio à estruturação de problemas complexos, no sentido de sustentar e utilizar o mapeamento cognitivo no âmbito da presente dissertação.

3.1.1. Abordagem SODA e Mapeamento Cognitivo

Desenvolvida por Eden e Ackermann (2001), a metodologia *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) é um dos métodos mais utilizados para a estruturação de problemas complexos (Ferreira, 2011). Já que procura que o problema seja totalmente analisado e compreendido, a sua aplicação permite obter uma representação gráfica do problema em análise, abordando as diferentes perspetivas dos indivíduos envolvidos no processo de tomada de decisão (Ackermann & Eden, 2010). Dado que esta metodologia envolve um grupo de pessoas especialistas na

problemática, cada um com interpretações diferentes sobre a mesma situação, esta suporta-se na certeza de que o subjetivismo está inerente ao processo de apoio à tomada de decisão sendo, por isso, necessário modelar essa subjetividade de forma não comprometer a credibilidade dos resultados (Abuabara & Paucar-Caceres, 2021).

A metodologia SODA concentra-se no indivíduo e permite que os atores intervenientes no processo expressem as suas ideias e opiniões sobre o problema em questão. Contudo, destaca-se que a existência de um facilitador (*i.e.*, um elemento não-especialista na temática analisada, mas ciente das técnicas a aplicar), aquando da aplicação destas técnicas e durante todo o processo de apoio à tomada de decisão, é fundamental para o sucesso da análise. O seu papel passa por esclarecer e modelizar o processo, de forma a promover participação e aprendizagem, mantendo sempre uma postura imparcial relativamente ao contexto do problema, sem contribuir para o conteúdo nem interferindo diretamente no modelo (Phillips & Phillips, 1993). Neste sentido, importa destacar a habilidade do facilitador como “*enquirer, listener, interpreter and languages’ coder*” (Abuabara & Paucar-Caceres, 2021, p. 1054) que potencia a representação do problema.

Enquanto parte integral da metodologia SODA, os mapas cognitivos surgem como ferramenta para estruturar e representar graficamente problemas complexos. No sentido de facilitar a compreensão do problema, Eden (1988, p. 7) acrescenta que, através dos mapas cognitivos, “*individuality is exploited by deliberately seeking to collect the particular view of the situation*”, conforme a experiência, valores e conhecimento destes. Assim, os mapas cognitivos permitem que os intervenientes reflitam e negociem entre si para identificar os critérios-chave e/ou os determinantes que influenciam o problema de decisão em questão (Assunção, Ferreira, Meidutė-Kavaliauskienė, Zopounidis, Pereira, & Correia, 2020). O objetivo da construção de um mapa cognitivo incide em possibilitar o desenvolvimento de um diálogo construtivo com os decisores, gerando um grande volume de informações sobre a problemática em análise. Assim, o mapeamento cognitivo caracteriza-se: (1) pela sua capacidade em abordar variáveis qualitativas; (2) por admitir a estruturação de situações complexas; (3) por sustentar o trabalho em grupo; e (4) apoiar o desenvolvimento e implementação de direções estratégicas (Faria, Ferreira, Jalali, & Bento, 2018).

Para efeitos de representação, um mapa cognitivo é concebido com “*short pieces of text linked with unidirectional arrows to link them*” (Eden, 2004, p. 674). Ou seja, é composto por “nós” (*i.e.*, conceitos ou afirmações) e setas que revelam a relação de causalidade entre os

diferentes conceitos (Village, Salustri, & Neumann, 2013). De acordo com Ackermann e Eden (2010, p. 136), um mapa cognitivo é concebido num formato “*means-end*”, onde os conceitos presentes no topo do mapa representam os “objetivos”, as ideias na parte central são a “questões estratégicas” e, na base, estão os conceitos que esclarecem e ditam soluções para as ideias às quais estão associadas. A *Figura 3.1* representa parte de um mapa cognitivo.

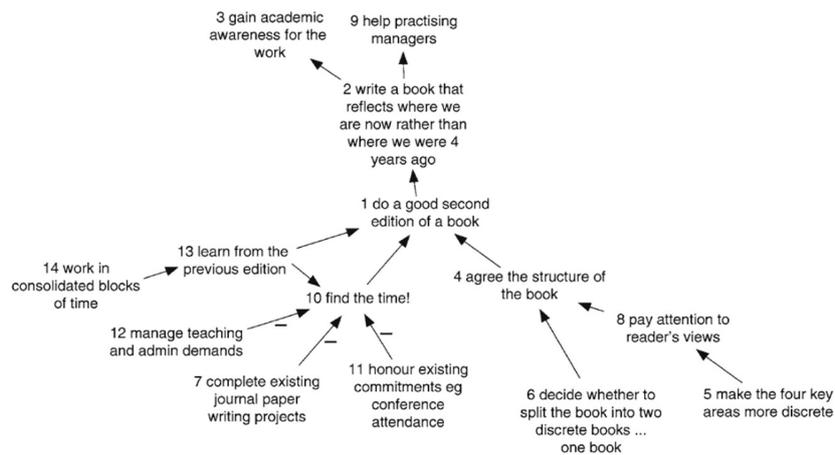


Figura 3.1: Exemplo de um Mapa Cognitivo

Fonte: Ackermann e Eden (2010, p. 136).

Através da *Figura 3.1*, é possível verificar que as setas assinalam o sentido da ligação entre os “nós” e, por isso, importa referir que as setas podem ser acompanhadas de um sinal positivo (+) ou negativo (–), conforme a relação de causalidade definida pelos decisores (Ferreira, 2011).

Sucintamente, a abordagem SODA surge com o objetivo de auxiliar a estruturação de problemas complexos, no sentido de analisar e de compreender o problema, recorrendo às diferentes perspetivas dos indivíduos presentes no processo e que são tidas como fundamentais para a elaboração do mapa cognitivo. Este, por sua vez, representa graficamente o problema e contribui para a sua estruturação. Assim, o mapeamento cognitivo é um processo que fomenta a aprendizagem dos intervenientes sobre o problema analisado, pois o pensamento dos decisores é organizado, algo que facilita a obtenção de informações sobre o problema em si. Dado que o presente estudo irá fazer uso da lógica neutrosófica, é importante compreender esta abordagem. Será esse conteúdo a abordar no próximo ponto.

3.1.2. Lógica Neutrosófica

No ponto anterior, foi descrita a importância dos mapas cognitivos como ferramenta para delinear as relações causais entre as diferentes variáveis inerentes a um problema complexo. Contudo, apesar das claras vantagens que o mapeamento cognitivo acarreta, este não integra a intensidade das relações de causalidade entre conceitos, nem tem em conta a incerteza subjacente a estes conceitos. Em conformidade com Agboola, Akwu e Oyebo (2012), dado que o mundo está repleto de situações indeterminadas e que, aquando da tomada de decisões, estas não podem ser desconsideradas, foram propostas diversas abordagens que procuram responder a essa incerteza. Posto isto, Florentine Smarandache introduziu a lógica neutrosófica que, segundo Schweizer (2020, p. 101), “*serves to model phenomena that are not perfectly determined or known*”.

O termo “neutrosófico” deriva de “*neutrosophy*”, consistindo numa abordagem epistemológica que procura estudar a origem e a dimensão das neutralidades com o intuito de representar a realidade de uma forma mais ampla (Smarandache, 2007). Com efeito, a lógica neutrosófica esclarece que cada variável x (*i.e.*, afirmação em análise ou critério) é descrita em três componentes: $(T, I, F) =$ (grau de verdade, grau de indeterminação, grau de falsidade) (Kandasamy & Smarandache, 2003). Acresce que, sendo U um universo de discurso e M um conjunto definido em U , um elemento $x \in U$ é percebido, em relação ao conjunto M , como $x(T, I, F)$ e distinguido como: (1) $t\%$ verdadeiro no conjunto M ; (2) $i\%$ desconhecido em M ; e (3) $f\%$ falso em M . Neste seguimento, é de realçar que os componentes neutrosóficos T, I e F são subconjuntos reais padrão ou não-padrão de $]0, 1^+]$, nos quais $T \rightarrow]0, 1^+]$; $I \rightarrow]0, 1^+]$; $F \rightarrow]0, 1^+]$. Com base no intervalo em que são definidos, sempre que os três componentes são independentes, dispomos que $0 \leq T + I + F \leq 3^+$ (Smarandache, 2007). Deste modo, a título de exemplo, ao enfrentar um problema de tomada de decisão multicritério, um especialista quando questionado sobre uma certa declaração, pode exprimir que a probabilidade de a declaração ser: (1) verdadeira (T) é 0.6; (2) o grau de incerteza (I) é 0.4; e (3) que a probabilidade de ser falsa (F) é 0.1. Assim, consideramos $x(0.6; 0.4; 0.1)$, realçando-se que a soma das percentagens de T, I e F não tem necessariamente de ser 100%.

Face ao exposto, parece evidente que a lógica neutrosófica contribui para que a incerteza/indeterminação seja modelada, aproximando-se ao raciocínio mental humano já que, segundo Abdel-Basset, Manogaran, Gamal e Smarandache (2018), ajuda os decisores a

expressarem as suas ideias de forma mais precisa e representa a dimensão da divergência entre as suas opiniões.

Dado que na parte empírica da presente dissertação iremos recorrer à lógica neutrosófica, é preciso considerar a agregação dos valores neutrosóficos para dar sequência à aplicação da técnica DEMATEL. Por conseguinte, é necessário recorrer a um mecanismo que possibilite a transformação das três componentes neutrosóficas (*i.e.*, T, I, F) num só valor (*i.e.*, crispificação). Para o presente estudo, iremos utilizar a fórmula de crispificação (2), no sentido de obter um “*single-value*” para cada relação de causalidade (Pramanik, Banerjee, & Giri, 2016). Assim, para aplicar corretamente a fórmula de crispificação, os valores devem respeitar dois requisitos, nomeadamente: (1) ser superiores ou iguais a zero (*i.e.*, $w_k \geq 0$); e (2) o somatório do peso neutrosófico w crispificado de todas as avaliações tem que ser 1 (*i.e.*, $\sum_{k=1}^r w_k = 1$, sendo que o r representa o número total de avaliações/comparações em causa, atribuídas pelos decisores).

$$w_k = \frac{1 - \sqrt{((1-T_k)^2 + (I_k)^2 + (F_k)^2)/3}}{\sum_{k=1}^r \{1 - \sqrt{((1-T_k)^2 + (I_k)^2 + (F_k)^2)/3}\}} \quad (2)$$

Desta forma, ao constituir uma ferramenta mais robusta e realista de apoio à tomada de decisão, a lógica neutrosófica, para além de lidar com a questão da incerteza, possibilita uma maior liberdade de intuição, já que os decisores conseguem exprimir o positivo, o negativo e a ausência de impactos, bem como a sua indeterminação (Al-Subhi, Pérez, García, Piñero & Leyva, 2018; Smarandache, 2007). Posto isto, a presente dissertação irá adotar a lógica neutrosófica, com o objetivo de expor os comportamentos relativos à problemática de decisão. Apesar de recente, esta abordagem, quando aplicada a problemas de decisão complexos, parece contribuir de forma positiva para a obtenção de resultados mais realistas. Neste sentido, parece importante compreender quais são os possíveis contributos desta abordagem metodológica para a análise de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

3.1.3. Contributos para um Ecossistema Urbano *Smart* e Sustentável

Atendendo à natureza peculiar e multifacetada subjacente aos ecossistemas urbanos, bem como à urgência em serem criadas soluções mais *smart* e sustentáveis para estes, os estudos e modelos

anteriormente desenvolvidos revelam ainda algumas limitações (referidas no *ponto 2.4*). Deste modo, a lógica neutrosófica surge como ferramenta essencial que contribui para que o problema complexo seja descrito de modo a englobar a incerteza, possibilitando uma representação holística da realidade.

Contrariamente a outras metodologias, ao utilizar ferramentas de estruturação de problemas complexos, como os mapas cognitivos, é possível obter representações holísticas da realidade em estudo, potenciando decisões mais apropriadas e racionais. Além disso, ao integrar a lógica neutrosófica na análise, esta não só permite lidar com informação incompleta, como também integrar e descrever informações indeterminadas e/ou inconsistentes, identificadas pelos especialistas aquando das sessões de trabalho em grupo (Ye, 2014). Deste modo, ao se adaptar ao pensamento humano, a lógica neutrosófica parece ser uma ferramenta útil a adotar no âmbito dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, visto que muita da informação pode ser ambígua.

Posto isto, estas metodologia tem um forte carácter aplicacional ao permitir que os fatores envolvidos na conceptualização de um ecossistema urbano *smart* e sustentável sejam modelados e analisados de uma forma dinâmica, bem como perceber as relações de causalidade ou indeterminação subjacentes ao modelo, obtendo-se uma análise tendencialmente mais completa, detalhada e evidente. Tendo em conta que é uma metodologia particularmente recente, importa acrescentar que não existem muitos estudos que utilizem a lógica neutrosófica para a tomada de decisão, especialmente no contexto dos ecossistemas urbanos, algo que poderá ser uma oportunidade para uma contribuição complementar por parte da presente dissertação. No ponto seguinte, apresentar-se-á outro método a utilizar nesta dissertação (*i.e.*, a técnica DEMATEL).

3.2. Técnica DEMATEL

Como visto no ponto anterior, a utilização do mapeamento cognitivo e da lógica neutrosófica possibilita a seleção dos elementos a incluir no modelo, considerando todos os aspetos inerentes a cada situação de decisão (*i.e.*, verdade, indeterminação e falsidade). Assim, estas ferramentas, numa primeira fase do processo, podem auxiliar na estruturação e, conseqüentemente, na resolução de problemas reais, enquanto colmatam desvantagens de outras abordagens.

Com o objetivo de identificar as áreas que devem ser priorizadas, é fundamental compreender, primeiro, a relação existente entre as variáveis do modelo, sendo, por isso, necessário um método de análise de decisão multicritério que permita compor, analisar e verificar as relações entre variáveis. Para isso, surge a técnica *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), que se traduz, maioritariamente, num modelo que não requer quantidades de dados extensas (Ullah, Sepasgozar, Thaheem, Wang, & Imran, 2021). Utilizando esta técnica quantitativa, a interdependência causal entre as variáveis inerentes a um problema complexo é analisada para resolvê-lo de forma eficiente (Kumar & Dixit, 2018). Com efeito, esta técnica permite identificar os fatores críticos do problema, nomeadamente quais os que têm maior impacto no sistema. Nesse sentido, após aplicado o mapeamento cognitivo para identificar os determinantes ou fatores que influenciam o desenvolvimento de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, parece apropriado avaliar as inter-relações entre variáveis através do método DEMATEL. Esta abordagem é “*one of the best tools*” para a análise de causalidades (Sumrit & Anuntavoranich, 2013, p. 85), sendo necessário efetuar uma exposição do método.

3.2.1. Enquadramento de Base e Etapas Aplicacionais

Criada por Gabus e Fontela entre 1972 e 1976 (*cf.* Gabus & Fontela, 1972), a técnica DEMATEL visa analisar e estruturar problemas interligados e complexos, de forma a representar as inter-relações entre critérios, bem como “*help to prioritize factors based on type of relationship as well as identify the severity of their effect on other factors*” (Atthirawong, Panpring, & Leerojanaprapa, 2018, p. 2).

De facto, vários autores defendem que este método tem vindo a ser aplicado de forma ampla e com sucesso, devido à sua capacidade em aceitar a interdependência entre os conceitos e hierarquizar os elementos por ordem de importância (*cf.* Kumar & Dixit, 2018). Deste modo, face às preferências de um decisor, a técnica DEMATEL permite avaliar os diferentes fatores, com o intuito de converter as relações de interdependência entre estes em grupos de causa (*i.e.*, fatores que têm maior efeito sobre outros, tendo estes maior prioridade) e de efeito (*i.e.*, fatores que recebem mais influência de outro, sendo estes considerados de menor prioridade) (Si, You, Liu, & Zhang, 2018), identificando, conseqüentemente, soluções credíveis e exequíveis de forma hierárquica. Neste sentido, o método DEMATEL é uma técnica que, através de um processo que

recolhe o conhecimento do grupo, permite abordar de forma quantitativa as avaliações sobre o tema em análise e, ainda, analisar as relações entre fatores, no sentido de auxiliar a resolução do problema de decisão (Yazdi, Khan, Abbassi, & Rusli, 2020). Deste modo, os especialistas desempenham um papel crucial e de aprovação de cada etapa do processo, as quais resultam numa representação gráfica que retrata relações causais entre as variáveis (*i.e.*, *Impact-Relation Map* (IRM) ou Diagrama DEMATEL de relações causa-efeito) (Falatoonitoosi, Leman, Sorooshian, & Salimi, 2013). De acordo com Sumrit e Anuntavoranich (2013), são necessários desenvolver seis passos essenciais, no sentido de aplicar o método DEMATEL, nomeadamente: (1) gerar uma matriz inicial fundamentada na opinião dos especialistas envolvidos; (2) calcular a matriz normalizada; (3) desenvolver uma matriz de relação total; (4) determinar a soma das linhas e das colunas da matriz de relação-total; (5) estabelecer um valor limiar para a análise do mapa de influência; e (6) construir o mapa de influência (Ullah *et al.*, 2021).

Passo 1: Calcular a matriz inicial de influência direta Z , considerando que, na presente dissertação, será usado um grupo de especialistas E cujo objetivo incide em avaliar e resolver um problema complexo de n fatores F . Dado que nesta etapa é necessário estabelecer o grau de influência direta entre os fatores analisados, os especialistas são questionados sobre o grau de influência que um fator F_i tem num fator F_j , denotado por w_{ij} (*i.e.*, grau com que o fator i afeta o fator j), utilizando uma escala de cinco níveis (*i.e.*, 0 (sem influência); 1 (baixa influência); 2 (influência média); 3 (influência alta); e 4 (influência muito alta)). Por conseguinte, obtém-se a matriz positiva $n \times n$ (*i.e.*, a matriz de influência direta Z de um determinado grupo de variáveis), concebida como $Z = [a_{ij}] n \times n$ e representada como mostra a expressão (3).

$$Z = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Passo 2: Criar a matriz de influência direta normalizada X , resultante da normalização da matriz inicial Z . Esta matriz X é gerada através da fórmula (4), na qual λ corresponde a uma constante de normalização (*i.e.*, um escalar positivo), equivalente ao maior dos efeitos que a soma das linhas i da matriz Z tem nos outros fatores, bem como ao maior efeito que a soma das

colunas j da matriz Z recebeu dos outros fatores, como se verifica na fórmula (5). Deste modo, cada elemento presente na matriz X apresenta valores no intervalo $[0,1]$.

$$X = \frac{Z}{\lambda} \quad (4)$$

$$\lambda = \max \left(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right) \quad (5)$$

Passo 3: Construir a matriz de relação-total T (i.e., uma matriz $n \times n$ resultante da aplicação da fórmula (6), onde I representa a matriz de identidade). Os elementos t_{ij} retratam os efeitos, tanto diretos como indiretos, que o fator i teve no fator j , no qual a matriz T representa o relacionamento total entre cada fator.

$$T = \lim_{k \rightarrow \infty} (X^1 + X^2 + \dots + D^k) = X(I - X)^{-1} \quad (6)$$

Passo 4: Calcular as somas das linhas e das colunas da matriz de relação-total (matriz T), cujo valor se representa pelos vetores R (fórmula (7)) e C (fórmula (8)), respetivamente. A matriz $[r_i]$ representa o poder de condução e $[c_j]'$ representa a dependência dos fatores, apontada como matriz transposta.

$$R = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = [r_i]_{n \times 1} \quad (7)$$

$$C = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]'_{1 \times n} = [c_j]'_{1 \times n} \quad (8)$$

Sendo r_i a soma da linha i^{th} da matriz T , r_i retrata o valor total que este fator tem sobre todos os outros, direta ou indiretamente. Por seu turno, c_j consiste na soma da coluna j^{th} da matriz T , representando o valor total que este fator i recebe dos restantes, tanto de forma direta ou indireta. Dado que $i = j$ e $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$, o valor $(R+C)$ é assinalado “*prominence*” (i.e., mostra o grau de importância que um fator tem no sistema). Paralelamente, o eixo $(R-C)$ designa-se “*relation*” (i.e., apresenta o grau de influência de um determinado fator) e pode dividir os fatores, classificando-os num grupo de *causas* (doadores) e num grupo de *efeitos* (recetores). Surgem assim duas situações possíveis: (1) quando $(r_i - c_j)$ é positivo, significa que o fator i tem

influência direta sobre os outros fatores, pertencendo ao grupo das causas; e (2) se o $(r_i - c_j)$ é negativo, indica que os restantes fatores é que vão influenciar o fator i , estado assim incluindo no grupo dos efeitos.

Passo 5: Determinar um valor limite (α), para obter os fatores críticos do sistema, calculado pela média dos elementos da matriz T , como demonstra a equação (9). Nesta etapa, o objetivo passa por eliminar os elementos com menor efeito e significância na matriz de relação-total, algo que irá facilitar a leitura do IRM.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (9)$$

Passo 6: Desenvolver o diagrama DEMATEL de relação de causa-efeito (*i.e.*, IRM), com base no mapeamento dos conjuntos de coordenadas de $(r_i + c_i, r_j - c_j)$, nos quais os valores $(R+C)$ se referem ao eixo horizontal e os valores $(R-C)$ ao eixo vertical. Com efeito, a representação gráfica permite obter informação importante para a tomada de decisões, visto que informa sobre quais os fatores mais importantes e a respetiva influência nos outros fatores em questão. A *Figura 3.2* expõe o diagrama de relações causa-efeito, o qual se encontra dividido em quatro quadrantes para a posição dos fatores/critérios, nomeadamente: (1) QI, que inclui os fatores denominados *core factors* (*i.e.*, fatores centrais); (2) QII, que agrega os *driving factors* (*i.e.*, fatores determinantes); (3) QIII, onde estão os *independent factors* (*i.e.*, fatores independentes); e (4) QIV, que congrega os *impact factors* (*i.e.*, fatores de impacto).

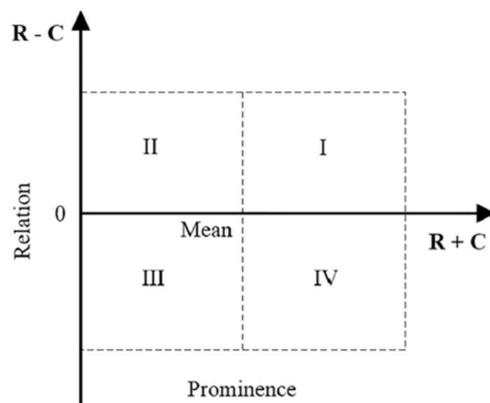


Figura 3.2: Quadrantes do Mapa de Influência

Fonte: Yazdi et al. (2020).

Sucintamente, a técnica DEMATEL é uma ferramenta muito útil que, ao converter a interdependência entre os fatores em relações de causa-efeito, determina quais os fatores/critérios que têm um maior ou menor impacto no modelo em análise (Dalvi-Esfahani, Niknafs, Kuss, Nilashi, & Afrough, 2019). Posto isto, esta metodologia pode contribuir para uma melhor identificação e compreensão das soluções práticas para problemas complexos, através da representação gráfica das relações de causalidade, obtida com as opiniões dos especialistas e que permite perceber quais os fatores que devem ser priorizados (Kumar & Dixit, 2018). No entanto, é preciso considerar que, uma vez que esta abordagem requer que os decisores avaliem os fatores recorrendo a uma escala de avaliação, atribuir um número à opinião dos especialistas pode ser algo redutor e dificultar o processo de apoio à tomada de decisão. Com a exposição do método DEMATEL, serão mencionadas, no próximo ponto, as suas vantagens e desvantagens.

3.2.2. Vantagens e Limitações

Com o intuito de fundamentar a importância da utilização da técnica DEMATEL para a análise dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, neste ponto encontram-se expostas algumas das vantagens e limitações desta abordagem. Deste modo, salientam-se, no *Quadro 3.1*, algumas das vantagens inerentes à utilização desta abordagem.

Quadro 3.1: Vantagens da Utilização da Abordagem DEMATEL

Autor	Vantagens Reconhecidas pelos Autores
Chang, Chang & Wu (2011)	<ul style="list-style-type: none">▪ Não requer uma quantidade extensa de dados.▪ Capacidade de visualizar as relações causais entre os fatores através de uma representação gráfica (<i>i.e.</i>, o IRM).▪ Propõe os critérios mais importantes que afetam outros critérios.
Kumar & Dixit (2018)	<ul style="list-style-type: none">▪ Analisa a interdependência causal entre o fatores associados a um problema complexo.▪ Reconhece a interação entre os fatores e categoriza-os entre grupos de causa ou efeito.▪ Trata-se de uma técnica quantitativa que permite analisar problemas subjetivos.
Ullah <i>et al.</i> (2021)	<ul style="list-style-type: none">▪ É fundamental para o sucesso de situações que requerem a tomada de decisões.▪ A sua maior valia está no facto de ser <i>theory-driven</i>, algo que não implica recorrer a uma grande quantidade de dados.▪ Avalia e reavalia as relações causais entre os fatores estabelecidos pelos decisores.

Com base no *Quadro 3.1*, o método DEMATEL acarreta vantagens aquando da sua utilização, parecendo evidente a sua capacidade em ajudar nos processos de tomada de decisão que envolvam análises dinâmicas das relações causa-efeito entre as variáveis inerentes aos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. No entanto, apesar das suas vantagens, a técnica DEMATEL, como é expectável com qualquer outra técnica, apresenta alguns pontos fracos. O *Quadro 3.2* expõe algumas das limitações identificadas com a utilização desta técnica.

Quadro 3.2: Limitações da Utilização da Abordagem DEMATEL

Autor	Limitações Reconhecidas pelos Autores
Ghadimi <i>et al.</i> (2015)	<ul style="list-style-type: none">▪ Incapacidade de lidar com a ambiguidade inerente às avaliações dos especialistas.▪ Existência de imprecisão na opinião dos especialistas.
Aghelie <i>et al.</i> (2016)	<ul style="list-style-type: none">▪ O aumento de fatores/critérios envolvidos no processo, pode conduzir a que a precessão geométrica por parte do observador seja afetada.▪ Inaptidão em conseguir mostrar o grau absoluto das relações entre os critérios, o que implica que a visualização da influência direta em cada fator seja mais complexa.

Autor	Limitações Reconhecidas pelos Autores
Kumar & Dixit (2018)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As opiniões dos especialistas podem estar enviesadas, algo que pode pôr em causa a tomada de uma decisão. ▪ As escalas de julgamento não são unificadas. ▪ Utilização de números fixos e inteiros pode ser considerado redutivo.

Apesar das limitações referidas no *Quadro 3.2*, a técnica DEMATEL revela-se, ainda assim, uma ferramenta forte e flexível com grande capacidade de aplicação no contexto do presente estudo. Por conseguinte, no próximo ponto, serão mencionados os possíveis contributos desta metodologia para a temática em questão.

3.2.3. Contributos para um Ecossistema Urbano *Smart* e Sustentável

Com o aumento da população e da urbanização, a preocupação em tornar as cidades mais *smart* e sustentáveis e a análise dos ecossistemas urbanos parecem ser assuntos cada vez mais relevantes. Posto isto, é preciso salientar que o estudo dos ecossistemas urbanos se trata de um problema complexo que envolve diversos fatores com inter-relações entre si, algo que fundamenta a necessidade de um modelo formalizado que evidencie as relações causais entre os fatores em análise.

Face à exposição anterior, verifica-se que a técnica DEMATEL torna-se pertinente na análise das relações de causa-efeito entre os fatores inerentes a um problema complexo (Ullah *et al.*, 2021). A utilização desta técnica trará robustez e clareza para a temática em análise pois, ao incluir a opinião de especialistas, permite demonstrar graficamente a influência de cada fator nos outros e, também, reconhecer quais os fatores que têm um maior impacto no âmbito dos ecossistemas urbanos. A este propósito, os decisores poderão responder de forma mais consciente e adaptada à situação real, com o intuito de priorizar e assinalar ações de melhoria que evitem um mau planeamento. Deste modo, a aplicação do método DEMATEL pode ajudar a gerir e a planear medidas que contribuam para a conceptualização de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, possibilitando ajustes e, por conseguinte, apoiar a tomada de decisão nesta temática.

SINOPSE DO CAPÍTULO 3

Este terceiro capítulo teve como principal objetivo proceder à exposição das metodologias escolhidas a adotar na presente dissertação, no sentido de desenvolver um modelo multicritério de análise dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. No início do capítulo, procurou-se evidenciar a necessidade de recorrer a abordagens metodológicas que contribuam para a estruturação de problemas complexos, bem como compreender esta fase como crucial no processo de tomada de decisão. Em resposta a estas necessidades, foi apresentada a metodologia SODA, que contribui para que o problema seja analisado e compreendido através do diálogo estabelecido entre os especialistas envolvidos no processo. Além disso, foi destacado o papel do facilitador que, ao assumir uma postura imparcial – porém fundamental – durante todo o processo de tomada de decisão, deve procurar geri-lo enquanto promove o diálogo entre os atores. Assim, a metodologia SODA permite estruturar o problema através da elaboração de mapas cognitivos que constituem uma ferramenta crucial para representar graficamente problemas de decisão complexos. Após o enquadramento base e a explicação dos princípios inerentes ao mapeamento cognitivo, abordou-se a lógica neutrosófica que, além de permitir identificar as variáveis a incluir no modelo, considera todos os aspetos intrínsecos a uma situação de decisão (*i.e.*, verdade, indeterminação e falsidade). Desta forma, ao inculcar a lógica neutrosófica no presente estudo, obtém-se uma representação da realidade mais ampla e consistente do problema em questão, possibilitando maior liberdade de intuição ao expressar as ideias. Destaca-se que, apesar de recente, a lógica neutrosófica demonstra ser uma mais-valia, tendo sido salientados alguns dos seus possíveis contributos no estudo dos ecossistemas urbanos. A segunda parte deste capítulo começou pela exposição da técnica DEMATEL para perceber quais os fatores que demonstram ser mais relevantes a considerar no modelo. Esta técnica foca-se na priorização dos conceitos relativos ao problema em análise, pelo facto de identificar os mais relevantes e desenvolver uma análise das suas relações de causalidade. Com efeito, esta técnica demonstra ser muito útil para análise de problemas complexos, tendo sido, por isso, destacadas algumas vantagens e limitações da sua utilização e os respetivos contributos para o presente estudo. No próximo capítulo, iremos aplicar estas metodologias com o objetivo de estruturar e de analisar de forma dinâmica os diferentes fatores/determinantes inerentes à conceptualização e desenvolvimento de sistema de análise dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

Durante os capítulos anteriores, destacou-se a necessidade de desenvolver um modelo de análise de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, que ultrapasse algumas das limitações metodológicas identificadas em estudos prévios sobre esta temática. Deste modo, o presente capítulo destina-se à componente empírica do estudo que visa conceber um modelo multicritério através da: (1) estruturação do problema recorrendo ao mapeamento cognitivo; e (2) aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, com o intuito de identificar os fatores mais significativos a considerar no modelo. Serão também expostos e analisados os resultados obtidos, como será ainda explicada a sessão de validação que decorreu no sentido de analisar e validar a aplicabilidade prática do modelo desenvolvido.

4.1. Desenvolvimento do Mapa Cognitivo de Grupo

Conforme exposto no capítulo anterior, a fase de estruturação é essencial para suportar a tomada de decisão, já que possibilita que o problema em análise seja definido e devidamente estruturado, potenciando a resolução do mesmo. Deste modo, foi necessária, previamente à elaboração do mapa cognitivo de grupo, a constituição de um painel de especialistas cujo conhecimento e experiência estivessem relacionados com a temática em estudo (*i.e.*, sustentabilidade e urbanismo), no sentido de se reunirem em duas sessões para estruturar e avaliar o problema de decisão, contribuindo para a criação de um modelo mais sólido e fiável (Ferreira & Meidutė-Kavaliauskienė, 2019).

Face à falta de unanimidade sobre o número exato de participantes a que a extensão do painel deve dar resposta, verifica-se flexibilidade na literatura, sendo expectável que este seja composto por seis a dez pessoas (Eden & Ackermann, 2004), de forma a garantir coerência e autenticidade nos resultados. Por conseguinte, com o intuito de incorporar um painel variado de decisores com opiniões e experiências distintas, foi possível reunir, para o presente estudo, um grupo de oito decisores disponíveis e empenhados em colaborar na investigação. Devido à

situação pandémica que atravessamos atualmente, todas as sessões de trabalho com o grupo realizaram-se exclusivamente através de plataformas *online*, algo que poderá ser encarado como uma inovação para as metodologias utilizadas, já que este ajuste não se verifica na literatura.

Relativamente à primeira sessão de grupo, que determinou o início da fase de estruturação, esta teve uma duração aproximada de três horas, sendo que o principal objetivo incidu em juntar a informação necessária para o desenvolvimento do mapa cognitivo de grupo. No sentido de acompanhar os decisores durante as sessões, esteve presente um facilitador (*i.e.*, autora da dissertação), crucial no seguimento das discussões para a tomada de decisão. Além disso, nesta sessão, também estiveram presentes duas assistentes técnicas, encarregues por captar imagens da sessão e, sempre que necessário, dar algum apoio.

Sendo que esta primeira sessão de grupo foi dividida em três fases distintas, recorreu-se à plataforma *Miro* (<http://www.miro.com>) com o intuito de aplicar de forma eficiente e eficaz as metodologias e possibilitar uma interação remota e simultânea entre todos os decisores. Posto isto, a sessão foi iniciada com uma breve apresentação de cada membro do painel, seguida de uma contextualização do estudo. Depois, para dar início à primeira fase da sessão, introduziu-se uma *trigger question* orientada para o painel (*i.e.*, “*Com base no seu conhecimento e experiência profissional, que desafios/medidas/iniciativas devem ser considerados no desenvolvimento de um ecossistema urbano smart e sustentável?*”), potenciando a interação entre todos. Para recolher os *inputs* necessários para o modelo, aplicou-se a “técnica dos *post-its*” (Ackermann & Eden, 2010), que esteve na base do desenvolvimento do mapa cognitivo. Esta técnica requer que cada membro do painel escreva o que considera mais pertinente em *post-its*, como resposta à *trigger question*.

Cumprindo a metodologia, foi indicado aos especialistas que cada *post-it* deveria conter apenas um critério de avaliação, seguido de um sinal positivo (+) ou negativo (-), de acordo com o impacto do critério no problema em análise (Ferreira, 2011). Ou seja, caso um critério impulsionasse a criação de um ecossistema urbano *smart* e sustentável, seria assinalado com um sinal positivo no respetivo *post-it*. Caso condicionasse, o sinal empregue seria negativo. Depois de obtido um número significativo de critérios (*i.e.*, 177 critérios) – e com o consentimento do painel – seguiu-se para o segundo momento da sessão no qual se procedeu ao agrupamento dos *post-its* por *clusters* (*i.e.*, áreas de interesse), com o intuito de criar grupos de critérios que se relacionam entre si, contribuindo para a divisão do mapa em assuntos. Por conseguinte, o agrupamento dos critérios resultou na criação de sete áreas de interesse: (1) *Fatores*

Tecnológicos; (2) *Fatores Organizacionais*; (3) *Comunicação e Envolvimento*; (4) *Sustentabilidade Ambiental*; (5) *Bem-Estar e Qualidade de Vida*; (6) *Informação, Capacitação e Conhecimento*; e (7) *Fontes de Financiamento*. Por último, procedeu-se à terceira e última fase da sessão na qual teve lugar a análise interna de cada *cluster*, no sentido de hierarquizar os critérios dentro dos *clusters* por ordem de importância no contexto global do *cluster*. Na prática, os fatores mais relevantes foram colocados no topo do *cluster*, os intermédios no meio e os menos significativos na base. A *Figura 4.1.* reflete momentos da primeira sessão de grupo.

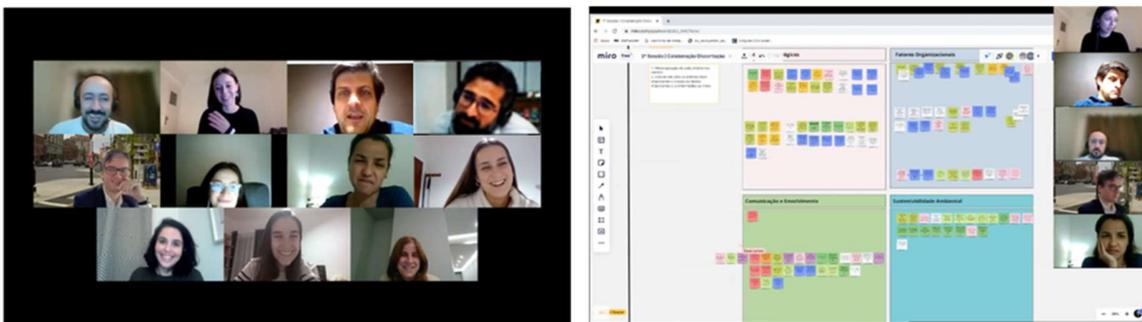


Figura 4.1: Primeira Sessão de Trabalho com o Painel

Terminada a primeira sessão de grupo, procedeu-se, com recurso ao *software Decision Explorer* (<http://www.banxia.com>), à construção do mapa cognitivo, tendo por base a informação recolhida na primeira sessão, algo que possibilitou obter uma visão holística do problema em análise. Posteriormente, realizou-se a discussão e conseqüente validação do mapa por parte dos especialistas, sendo que caso não estivessem de acordo com a forma e/ou conteúdo do mapa, ser-lhes-ia dada a oportunidade de realizar os devidos ajustes. A *Figura 4.2.* apresenta o mapa cognitivo de grupo devidamente validado.

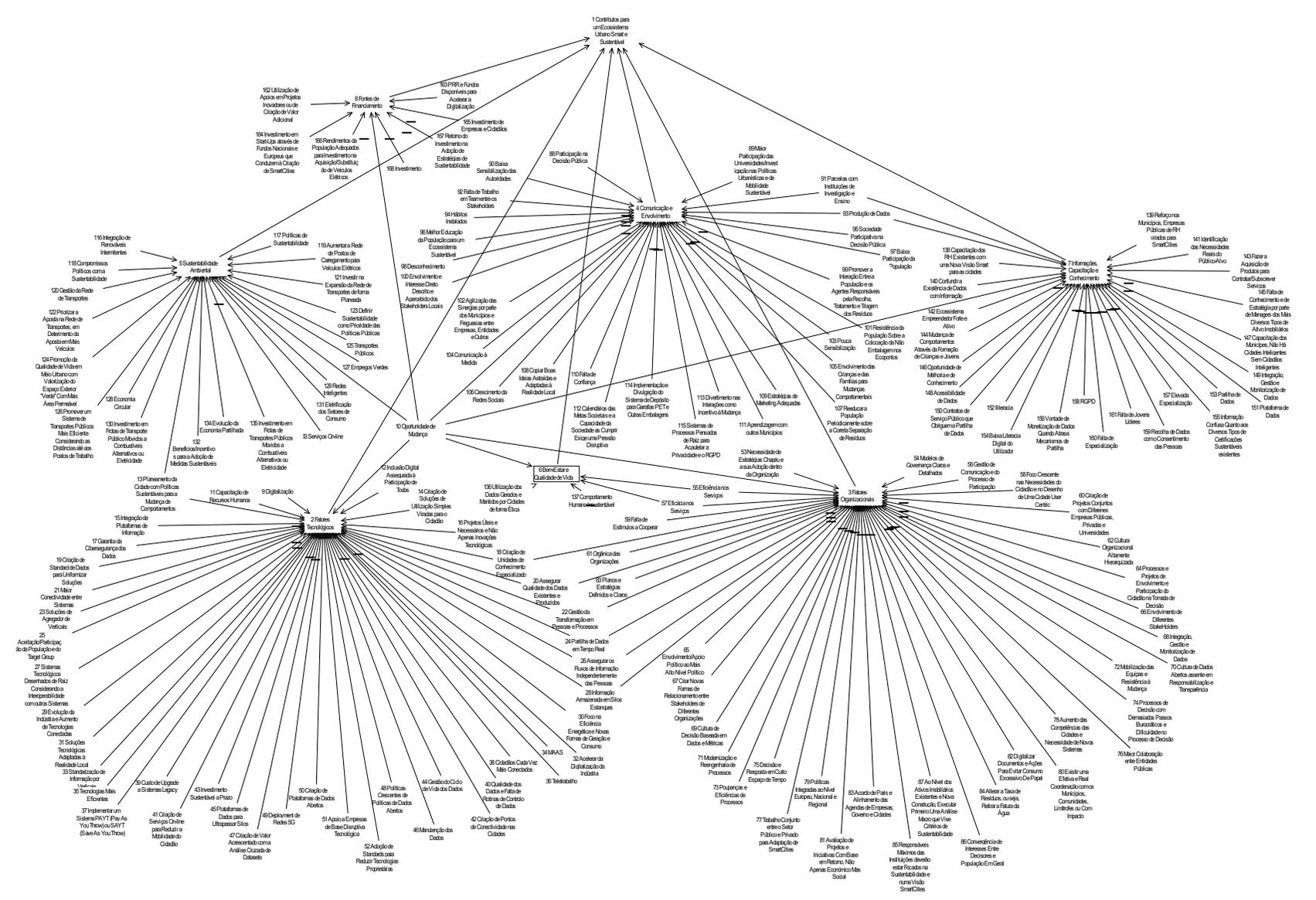


Figura 4.2: Mapa Cognitivo de Grupo

A *Figura 4.2* retrata a distribuição dos critérios por *clusters*, sendo que: (1) cada seta evidencia a relação de causalidade entre o critério e o respectivo *cluster*; (2) o critério presente no topo do mapa (*i.e.*, *contributos para um ecossistema urbano smart e sustentável*) estabelece a relação entre todos os *clusters*; (3) conforme solicitado pelo painel, verificam-se diversos critérios integrados em mais do que um *cluster*; e (4) todos os critérios que tem uma influência negativa para o estudo estão identificados com sinais negativos (–) juntos das setas. Deste modo, este mapa cognitivo de grupo evidencia o conhecimento, a experiência e os valores dos decisores presentes no processo, algo que possibilita informação sólida sobre o problema em análise e uma visão holística do mesmo. Assim, desenvolvido o mapa cognitivo de grupo, procedeu-se à aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, explicada no próximo ponto.

4.2. Lógica Neutrosófica, Crispificação e Aplicação da Técnica DEMATEL

Concluída a fase de estruturação, que possibilitou reunir o conhecimento do grupo, prosseguiu-se para a fase de avaliação, que incorpora a vertente quantitativa do estudo e sobre a qual incidiu a segunda sessão de trabalho com o painel. Nesta sessão, estiveram presentes seis dos oitos especialistas iniciais. Contudo, verifica-se que esta situação não compromete os resultados obtidos (*cf.* Barão, Ferreira, Spahr, Sunderman, Govindan, & Meidutė-Kavaliauskienė, 2021).

Com uma duração de aproximadamente três horas, a sessão iniciou-se com uma sucinta apresentação da técnica DEMATEL, bem como da lógica neutrosófica. Depois, com o intuito de proceder à aplicação prática de ambas, foi solicitado aos decisores que preenchessem oito matrizes de influência. Para isso, foi utilizada a escala DEMATEL, no sentido de determinar a relação de causalidade entre as variáveis e, adicionalmente, para integrar os componentes neutrosóficos (*i.e.*, a probabilidade em percentagem da relação determinada ser: (1) verdade (*T*); (2) incerta (*I*); e (3) falsa (*F*)). A primeira matriz a ser preenchida foi a matriz geral, que retrata as relações de influência entre os diversos *clusters*, algo que possibilitou esclarecer as relações de causalidade entre os sete *clusters* determinados na primeira sessão. De seguida, face ao elevado número de critérios associados a cada *cluster*, procedeu-se à aplicação da técnica nominal de grupo e de *multi-voting* para identificar os critérios considerados mais relevantes pelos decisores e preencher as matrizes correspondentes para cada *cluster* com base em avaliações neutrosóficas.

Este passo permitiu obter as relações de causa-efeito entre os critérios selecionados. A *Figura 4.3* representa alguns momentos decorrentes da segunda sessão de trabalho.

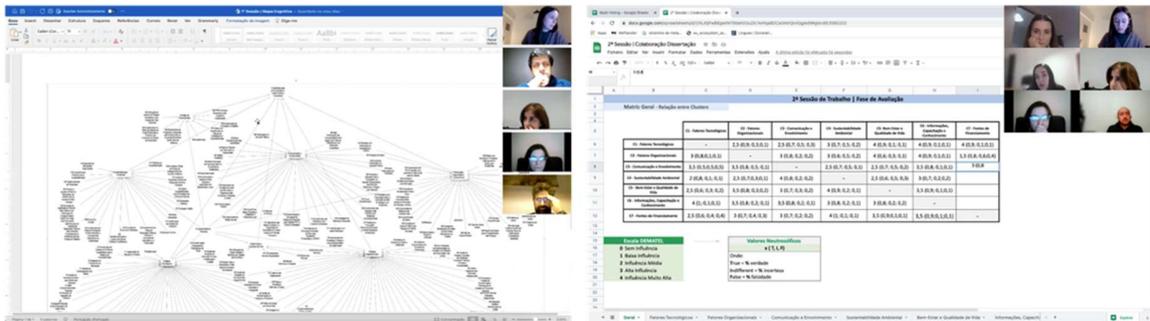


Figura 4.3: Segunda Sessão de Trabalho com o Painel

Concluída a segunda sessão, prosseguiu-se para a crispificação dos valores neutrosóficos obtidos na sessão, com o intuito de estabelecer os *inputs* iniciais que fundamentam a aplicação da técnica DEMATEL. Para isso, e com recurso à fórmula de crispificação (2) (ver *Capítulo 3*), foi efetuado um cálculo extra para todas as células resultantes da fase de avaliação, permitindo obter um valor de cada relação causa-efeito mais aproximado da realidade face à opinião dos especialistas e incluí-lo no modelo. Dando sequência ao *Quadro A1* do *Apêndice A*, preencheu-se a matriz do *Quadro A2* do *Apêndice A*, que integra os valores determinados pelos decisores aquando da segunda sessão de grupo. Por conseguinte, procedeu-se à crispificação dos valores obtidos (ver *Quadro A3* do *Apêndice A*), com o intuito de obter o valor final a inserir na matriz DEMATEL. Posto isto, completada a matriz inicial de influência direta com os valores finais crispificados (presente no *Quadro A4* do *Apêndice A*), prosseguiu-se para os restantes passos inerentes à técnica DEMATEL. No sentido de alcançar a normalização da matriz de influência direta inicial, aplicaram-se as Equações (4) e (5), cujos cálculos intermédios constam no *Quadro A5* do *Apêndice A*, obtendo-se assim a respetiva matriz normalizada do *Quadro A6* do *Apêndice A*. Depois, para construir a matriz de relação-total T (*Quadro A8* do *Apêndice A*), que reflete a relação entre os vários *clusters*, calculou-se as matrizes necessárias (*i.e.*, matriz I , $I-X$ e $(I-X)^{-1}$) (ver *Quadro A7* do *Apêndice A*) e, posteriormente, recorreu-se à expressão (6) do *Capítulo 3* para a construção da matriz. De seguida, obtiveram-se as interações entre *clusters* presentes no *Quadro A9* do *Apêndice A*. Visto que a coluna R reflete a influência total que um determinado

cluster tem nos restantes, destaca-se que, neste caso, o C6 – *Informações, Capacitação e Conhecimento* – apresenta uma influência de 5.3111 sobre todos os outros *clusters*. De igual modo, visto que a coluna *C* determina o total da influência que os restantes *clusters* têm sobre um determinado *cluster*, verifica-se que C6 é influenciado pelos restantes *clusters* em 5.1426, revelando-se assim como o *cluster* que recebe mais efeitos por parte de todos os outros.

De forma a obter os fatores críticos para análise, foi definido, através da fórmula (9), o valor limite (α) resultante da média de todos os valores da matriz *T*. Nesta análise, o α é igual a 0.6388, possibilitando selecionar as relações de maior influência e os valores com maior relevância, que para este estudo representam as células de cor verde na matriz *T* do *Quadro A8* do *Apêndice A*. Este passo é fundamental para a construção do diagrama DEMATEL, já que irá permitir uma melhor leitura do mesmo. Além disso, torna-se importante considerar a soma e a subtração das variáveis *R* e *C* (ver *Quadro A9* do *Apêndice A*), que potenciam a compreensão do grau de importância e influência de cada fator. A *Figura 4.4* representa o IRM, onde estão distribuídos os sete *clusters*, e as respetivas relações de causalidade.

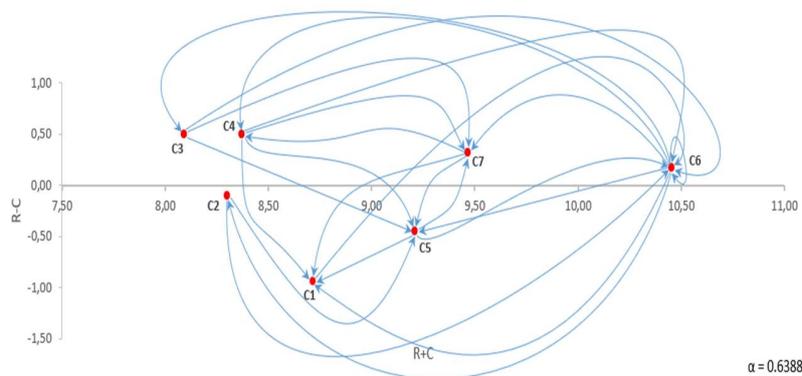


Figura 4.4: Diagrama DEMATEL – Inter-Clusters

Dado que (R+C) determina o grau de importância que um *cluster* tem para a análise, refletindo assim o total de efeitos dados e recebidos por esse *cluster*, o eixo horizontal do diagrama (*i.e.*, R+C) evidencia os *clusters* por ordem de importância, no qual um maior valor neste eixo equivale a um maior impacto no modelo em estudo. Assim, o C6 é o *cluster* mais importante e o C3 (*i.e.*, *Comunicação e Envolvimento*) é identificado de menor relevância para o estudo, cujo (R+C) é igual a 8.0926. Em contrapartida, (R–C) representa o grau de influência que

um *cluster* apresenta, sendo por isso passível de pertencer ao: (1) grupo de causas, quando $R-C > 0$; ou (2) grupo de efeitos, quando $R-C < 0$. Deste modo, a maioria dos *clusters* pertence ao grupo de causas, executando influência direta sobre os restantes *clusters*, exceto C1, C2 e C5 (i.e., *Fatores Tecnológicos*, *Fatores Organizacionais* e *Bem-Estar e Qualidade de Vida*, respetivamente) que pertencem ao grupo de efeitos, já que estão a ser influenciados pelos restantes *clusters* e apresentam uma baixa relação entre esses. Não obstante, a *Figura 4.3* não só identifica a importância dos sete *clusters*, sendo $C6 > C7 > C5 > C1 > C4 > C2 > C3$, como também revela que: (1) C6 e C7 são *core factors* (QI); (2) C3 e C4 são *driving factors* (QII); (3) C1 e C2 são *independent factors* (QIII); e (4) C5 é *impact factor* (QIV).

De seguida, procedeu-se a análise individual de cada um dos *clusters* determinados, adotando a mesma lógica e procedimentos realizados aquando da primeira matriz de relação inter-*clusters*, tendo sido analisados os subcritérios (SCs) selecionados pelos decisores dentro de cada *cluster*. Começando pelo C1 – *Fatores Tecnológicos* –, após selecionados os critérios mais significativos deste *cluster* (ver *Quadro B1* do *Apêndice B*), foi feita a crispificação dos valores (ver *Quadro B3* do *Apêndice B*) presentes na matriz neutrosófica do *Quadro B2* do *Apêndice B*. Esta etapa permitiu desenvolver a matriz inicial de influência direta com os valores crispificados (ver *Quadro B4* do *Apêndice B*), que fundamentou a aplicação da técnica DEMATEL. Feitos os cálculos intermédios (ver *Quadro B5* até *B8* do *Apêndice B*), obteve-se o *Quadro B9* do *Apêndice B*, que expõe as interações entre os SCs e o respetivo diagrama DEMATEL (ver *Figura 4.4*).

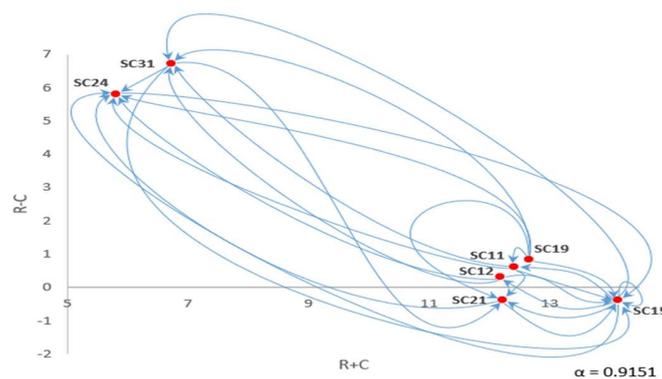


Figura 4.5: Diagrama DEMATEL – Cluster 1

Através da *Figura 4.5*, é perceptível a priorização dos SCs do C1, sendo esta: SC15 > SC19 > SC11 > SC21 > SC12 > SC31 > SC24. De facto, verifica-se que o SC15 – *integração de plataformas de informação* – é a dimensão com maior significância, devido ao seu valor de (R+C) ser 14.1295 (*cf. Quadro B9 do Apêndice B*). Por outro lado, pertencentes ao grupo dos efeitos (*i.e.*, $R-C < 0$), estão SC15 e SC21, significando que estes são influenciados pelos restantes SCs, ocupando por isso o lugar de recetores. Por sua vez, os fatores do grupo das causas (*i.e.*, $R-C > 0$) são: SC11, SC12, SC19, SC24 e SC31, que têm maior influência direta nos restantes. Deste modo: (1) SC11, SC12 e SC19 são *core factors* (QI); (2) SC24 e SC31 são *driving factors* (QII) e SC15 e SC21 são *impact factors*.

Relativamente ao C2 – *Fatores Organizacionais* –, e posteriormente à seleção dos SCs a analisar por parte dos decisores (*ver Quadro C1 do Apêndice C*), a matriz neutrosófica foi preenchida (*ver Quadro C2 do Apêndice C*). Seguindo a mesma lógica, foram crispificados os valores neutrosóficos (*ver Quadro C3 do Apêndice C*) que fundamentam a matriz inicial de influência direta presente no *Quadro C4 do Apêndice C*. Face aos cálculos intermédios efetuados e às respetivas matrizes (*ver Quadros C5 a C8 do Apêndice C*), alcançou-se o *Quadro C9 do Apêndice C* e o diagrama DEMATEL da *Figura 4.5*.

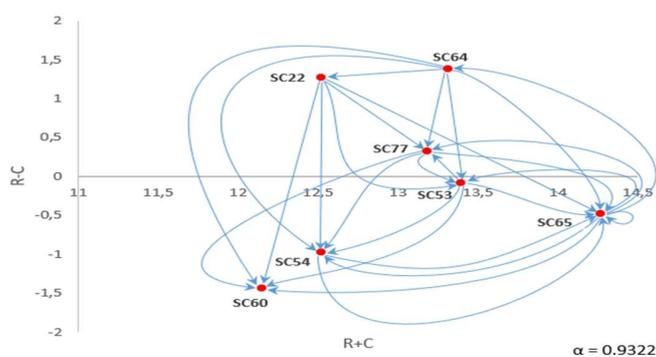


Figura 4.6: Diagrama DEMATEL – Cluster 2

Ao analisar o diagrama DEMATEL, consta-se que o SC64 (*i.e.*, *processos e projetos de envolvimento e participação do cidadão na tomada de decisão*) é o subcritério que mais influencia os restantes, sendo $R=7.3449$ (*cf. Quadro C9 do Apêndice C*). Contrariamente, o subcritério que recebe mais influência dos restantes é SC65 (*i.e.*, *envolvimento/apoio político ao*

mais alto nível político), com $C=7.3769$ (cf. Quadro C9 do Apêndice C), sendo simultaneamente o SC que apresenta maior importância (i.e., $(R+C) = 14.2719$). Deste modo, podemos constatar a seguinte hierarquização: $SC65 > SC53 > SC54 > SC77 > SC22 > SC54 > SC60$. Com efeito, verifica-se que os SCs pertencentes ao grupo das causas são SC22, SC64 e SC77, com $(R-C)$ positivo, tendo por isso uma influência direta nos restantes SCs. Em contraste, os restantes critérios (i.e., SC53, SC54, SC60 e SC65) estão incluídos no grupo dos efeitos, com $(R-C)$ negativo, tendo um papel de recetores. Face ao posicionamento dos SCs, podemos afirmar que: (1) SC64 e SC77 são *core factors* (QI); (2) SC22 é *driving factor* (QII); (3) SC54 e SC60 são *independent factors* (QIII); e (4) SC53 e SC65 são *impact factors* (QIV).

Prosseguindo para a análise do terceiro *cluster* – *Comunicação e Envolvimento* –, no qual os SCs selecionados encontram-se no Quadro D1 do Apêndice D, foram efetuados todos os passos já especificados (ver Quadros D2 a D8 do Apêndice D). Fundamentado pelos valores do Quadro D9 do Apêndice D, obteve-se o diagrama DEMATEL presente na Figura 4.7.

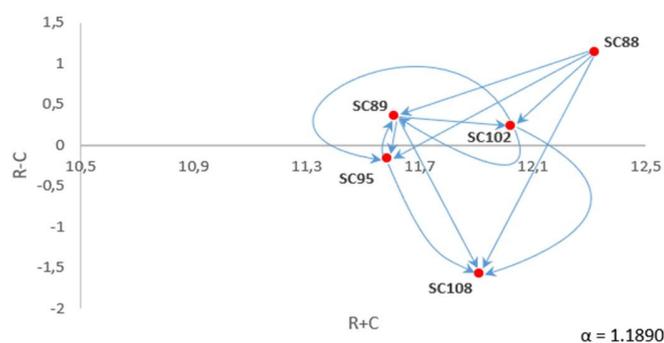


Figura 4.7: Diagrama DEMATEL – Cluster 3

Na Figura 4.7, identifica-se o subcritério *participação na decisão pública* (i.e., SC88) como o fator que mais influencia os restantes, assinalando uma influência total de $R=6.7281$ (cf. Quadro D9 do Apêndice D). Simultaneamente, este subcritério (i.e., SC88) é o que apresenta uma maior importância no sistema, com $(R+C)=12.3205$. Já o subcritério SC108 (i.e., *copiar boas ideias abstraídas e adaptadas à realidade local*), é o mais influenciado pelos restantes SCs, com um $C=6.7392$ (cf. Quadro D9 do Apêndice D). Neste *cluster*, o SC que apresenta uma menor importância no sistema é o SC95 – *sociedade participativa na decisão pública* – com valor de

$(R+C)=11.5854$. Assim, é possível estabelecer a seguinte ordem de importância: $SC88 > SC102 > SC108 > SC89 > SC95$. Quanto à divisão em grupos, identifica-se que $SC88$, $SC89$ e $SC102$ constam no grupo das causas (*i.e.*, $R-C$ positivo), enquanto $SC89$ e $SC102$ fazem parte do grupo dos efeitos (*i.e.*, $R-C$ negativo). No que respeita à divisão dos quartis, verificamos que: (1) $SC88$ e $SC102$ são *core factors* (QI); (2) $SC89$ é *driving factor* (QII); (3) $SC95$ é *independent factor* (QIII); e (4) $SC108$ é *impact factor* (QIV).

Em relação ao C4 – *Sustentabilidade Ambiental* –, a mesma lógica de análise foi aplicada, nos quais os SCs selecionados encontram-se no *Quadro E1* do *Apêndice E*. Efetuados os cálculos intermédios e as respetivas matrizes (ver *Quadros E2 a E9* do *Apêndice E*), foi possível desenvolver a *Figura 4.8*, onde consta o diagrama DEMATEL deste *cluster*.

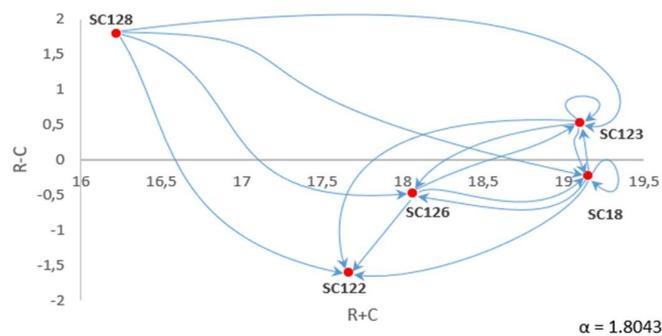


Figura 4.8: Diagrama DEMATEL – Cluster 4

Na *Figura 4.8*, consta-se que o subcritério que mais influencia os restantes é o $SC123$ – *definir sustentabilidade como prioridade das políticas públicas* – ($R=9.8110$). Por outro lado, $SC18$ – *planeamento da cidade com políticas sustentáveis para a mudança de comportamentos* – não só se apresenta como o que recebe mais influência dos restantes ($C=9.6939$), como também é o subcritério com maior importância no sistema (*i.e.*, $(R+C)=19.1565$). Posto isto, estabelece-se o seguinte *ranking*: $SC18 > SC123 > SC126 > SC122 > SC128$. Considerando os fatores que são causas e efeitos neste *cluster*, apuramos, segundo os valores de $(R-C)$, que os fatores de causa são $SC123$ e $SC128$, enquanto $SC18$, $SC122$ e $SC126$ constituem fatores de efeito. Por último, podemos ainda observar que: (1) $SC123$ é *core factor* (QI); (2) $SC128$ é *driving factor* (QII); (3) $SC122$ é *independent factor* (QIII); e, por último, $SC18$ e $SC126$ são *impact factor* (QIV).

Em relação ao quinto *cluster* – *Bem-Estar e Qualidade de Vida* –, os SCs selecionados para análise constam no *Quadro F1* do *Apêndice F* e serviram de base à aplicação dos cálculos intermédios e das matrizes presentes nos *Quadros F2 a F9* do *Apêndice F*. Por fim, obteve-se o diagrama da *Figura 4.9* que reflete as relações de causalidade do *cluster 5*.

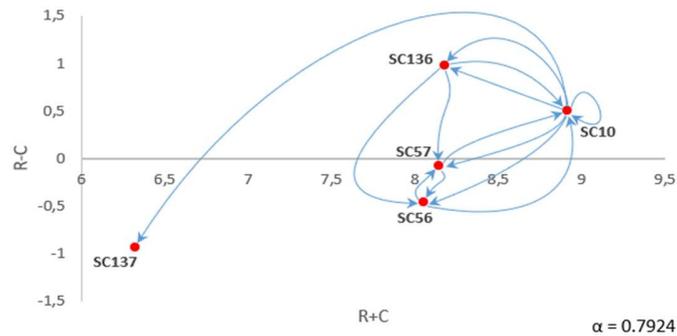


Figura 4.9: Diagrama DEMATEL – Cluster 5

Conforme o diagrama DEMATEL da *Figura 4.9*, podemos averiguar que o subcritério que mais influência tem nos restantes é *oportunidade de mudança* (*i.e.*, SC10), sendo também o que tem o maior grau de importância no sistema (*cf.* *Quadro F9* do *Apêndice F*). Todavia, o SC56 (*i.e.*, *eficiência nos serviços*) consta como o que recebe mais influência dos restantes (*cf.* *Quadro F9* do *Apêndice F*). Por sua vez, a hierarquização inerente a este *cluster* é a seguinte: SC10 > SC136 > SC57 > SC56 > SC137. Em seguimento, pertencentes ao grupo das causas (*i.e.*, os critérios que têm influência direta nos restantes), estão SC10 e SC136. Já no grupo dos efeitos (*i.e.*, os critérios que recebem mais influência dos restantes), temos SC56, SC57 e SC137. Por último, através do diagrama DEMATEL, podemos constatar que: (1) SC10 e SC136 são *core factors* (QI); (2) SC137 é *independent factor* (QIII); (3) SC56 e SC57 são *impact factors* (QIV).

Quanto ao sexto *cluster* – *Informação, Capacitação e Conhecimento* – foram selecionados os critérios apresentados no *Quadro G1* do *Apêndice G*. Posteriormente, aplicando a mesma sequência de processos (ver *Quadros G2 a G9* do *Apêndice G*), foi possível obter a *Figura 4.10* com o respetivo diagrama DEMATEL.

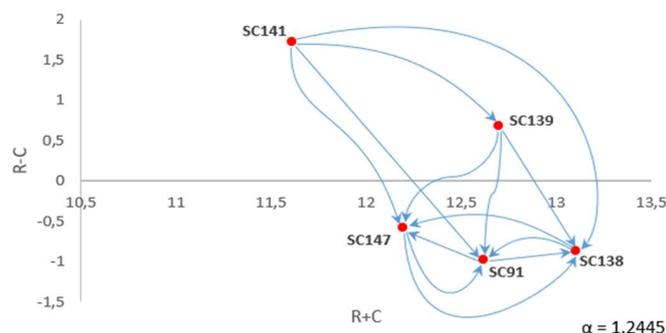


Figura 4.10: Diagrama DEMATEL – Cluster 6

De acordo com o diagrama DEMATEL da *Figura 4.10*, verificamos que o SC139 (*i.e.*, *reforço dos municípios, empresas públicas de RH virados para smart cities*) é o que implica mais influência nos restantes critérios (*i.e.*, $R=6.6898$) (*cf. Quadro G9 do Apêndice G*). Por sua vez, o mais influenciado por todos os outros fatores, é o SC138 (*i.e.*, *capacitação dos RH existentes com uma nova visão smart para as cidades*), apresentando um valor de $C=6.9834$ (*cf. Quadro G9 do Apêndice G*). Não obstante, este critério (*i.e.*, SC138) aparenta ser o que tem maior importância no sistema, pois $R+C=13.1055$. Por outro lado, *identificação das necessidades reais do público-alvo* ocupa o nível menos importante na presente análise, com $R+C=11.6093$. Consoante a *Figura 4.10*, identificamos a seguinte priorização: $SC138 > SC139 > SC91 > SC147 > SC141$. Depois, conforme o valor de $R-C$, SC139 e SC141 constam no grupo das causas (*i.e.*, $R-C > 0$), tendo influência direta nos restantes critérios, quanto no grupo dos efeitos (*i.e.*, $R-C < 0$) estão SC91, SC138 e SC147. Por último, quanto à divisão dos quartis, é perceptível que: (1) SC139 é *core factor* (QI); (2) SC141 é *drive factor* (QII); (3) SC147 é *independent factor* (QIII); e (4) SC91 e SC138 são *impact factors* (QIV).

A última análise assentou no C7 – *Fontes de Financiamento* – no qual os SCs selecionados estão presentes no *Quadro H1 do Apêndice H*. Seguindo a mesma lógica, procedeu-se à realização dos cálculos intermédios e as respetivas matrizes (*cf. Quadros H2 a H9 do Apêndice H*), dos quais se obteve o gráfico DEMATEL presente na *Figura 4.11*.

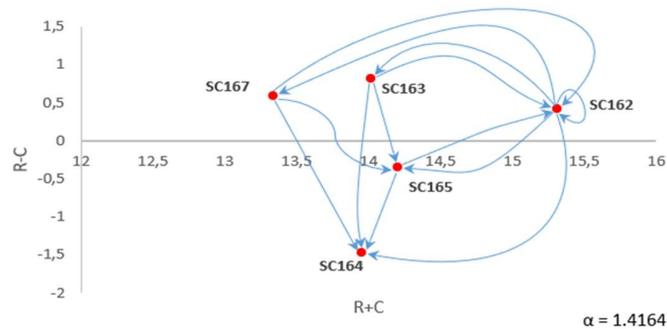


Figura 4.11: Diagrama DEMATEL – Cluster 7

Em conformidade com a *Figura 4.11*, constatamos que o SC162 (*i.e., utilização de apoios em projetos inovadores ou de criação de valor adicional*) é não só o que apresenta maior influência nos restantes, como também é o subcritério que tem maior importância no sistema, sendo $R+C=15.3111$ (*cf. Quadro H9 do Apêndice H*). Em oposição, o SC164 (*i.e., investimento em start-ups através de fundos nacionais e europeus que conduzam à criação de smart cities*) é o mais influenciado pelos restantes SCs ($C=7.7128$) (*cf. Quadro H9 do Apêndice H*). É ainda possível efetuar a seguinte priorização: $SC162 > SC165 > SC163 > SC164 > SC167$. Conforme a *Figura 4.11*, verifica-se que os critérios SC162, SC163 e SC167 pertencem ao grupo das causas, enquanto SC164 e SC165 pertencem ao grupo dos efeitos. Posto isto, é perceptível que: (1) SC162 é *core factor* (QI); (2) SC163 e SC167 são *driving factors* (QII); (3) SC164 é *independent factor* (QIII); e (4) SC165 é *impact factor* (QIV).

Terminada a fase de avaliação, procedeu-se à realização da sessão de consolidação com uma entidade que não esteve presente nas fases precedentes, no sentido de obter uma opinião neutra sobre o modelo desenvolvido. Este será o tópico a desenvolver no ponto seguinte.

4.3. Consolidação de Resultados, Limitações e Recomendações

Com o apoio dos decisores envolvidos neste processo, foi possível desenvolver um modelo de análise multicritério que, através das análises dinâmicas, permite uma hierarquização das medidas/iniciativas/desafios inerentes à criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Com efeito, o modelo desenvolvido possibilita uma melhor compreensão dos pontos de atuação

que potenciam a conceptualização da *smartness* e sustentabilidade urbana. Assim, a integração das metodologias de apoio à tomada de decisão usadas nesta dissertação, permitiu propor um modelo realista e claro que, para além de considerar a incerteza, aborda de forma qualitativa e quantitativa medidas inerentes ao desenvolvimento de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

No sentido de obter uma opinião externa relativamente ao modelo e aos resultados obtidos, efetuou-se uma sessão de consolidação com dois representantes do Centro de Gestão e Inteligência Urbana de Lisboa (CGIUL). O CGIUL é o departamento da Câmara Municipal de Lisboa responsável pelo desenvolvimento de uma cultura de gestão capaz de monitorizar e analisar o ecossistema urbano (Lisboa Inteligente, s.d.). Esta sessão de consolidação, realizada presencialmente nas instalações da entidade e com duração aproximada de uma hora, contribuiu para complementar o estudo, adquirindo uma maior credibilidade, já que permitiu obter uma opinião por parte de especialistas de uma entidade externa ao processo. A *Figura 4.12* ilustra esta fase do processo com dois representantes do CGIUL.



Figura 4.12: Sessão de Consolidação do Estudo

A sessão foi organizada com base nos seguintes pontos: (1) contextualização da temática em estudo e das metodologias aplicadas; (2) apresentação do mapa cognitivo e dos resultados obtidos com a abordagem DEMATEL em ambiente neutrosófico; (3) solicitação da opinião quanto à metodologia adotada e à aplicabilidade prática do modelo; e (4) sugestões de melhoria. Assim sendo, a sessão iniciou-se com um breve enquadramento da temática e das metodologias aplicadas, realçando-se que o modelo criado assenta numa lógica construtivista, desenvolvido com base no conhecimento, experiência e valores de cada membro do painel. Depois, procedeu-

se à apresentação do mapa cognitivo de grupo, das matrizes inerentes à aplicação das metodologias e dos diagramas decorrentes da técnica DEMATEL. Relativamente à parte qualitativa do estudo e, especificamente, aquando da apresentação do mapa cognitivo, os especialistas demonstraram alguma preocupação com a “*inundação de informação*” (nas suas próprias palavras). Porém, após explicada a lógica do mapeamento cognitivo, os entrevistados exibiram curiosidade em analisar com maior atenção cada componente do mapa, tendo sido realçado por estes que, de facto, a metodologia aplicada demonstra ser muito capaz na estruturação de problemas de decisão. No que concerne à fase de avaliação, um dos entrevistados reforçou a importância de haver um diagnóstico de realidade, no sentido de estabelecer prioridades, estando, por isso, de acordo com o facto de que as metodologias aplicadas nesta segunda fase estavam bem ajustadas à temática em estudo. Neste seguimento, e sabendo que os resultados obtidos dependem sempre de quem são os intervenientes no processo, pois “*o contexto em que os especialistas trabalham dá-lhes prioridades diferentes*” (nas palavras de um dos entrevistados), os especialistas demonstraram alguma curiosidade relativamente à prioridade dada pelo painel de decisores ao critério “*eficiência nos serviços*” dentro do respetivo *cluster*, uma vez que consideraram ser um elemento fulcral para a análise.

Quanto à aplicabilidade prática do modelo, os entrevistados referiram que a diversidade de medidas, iniciativas e desafios presentes no mapa cognitivo de grupo seriam uma das principais vantagens a considerar, pois caso houvesse alguma restrição/limitação na aplicação de algum critério, teriam outras alternativas com o mesmo objetivo (*i.e.*, criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis). Além disso, destacaram que o modelo tinha um forte potencial quando adaptado à realidade local de cada ecossistema urbano, na medida em que “*há prioridades diferentes para realidades diferentes*” (nas suas palavras), sendo também passível de comparações segundo o que está a ser efetuado nesses mesmos ecossistemas. Além disso, foi referido que incorporar a indeterminação, tal como foi feito, é fundamental para o apoio à tomada de decisão, já que permite uma aproximação à realidade e obter resultados mais robustos.

Como sugestão futura, foi mencionado que não só seria aliciante reunir um grupo de especialistas distinto, no sentido de verificar similaridades com o modelo desenvolvido neste estudo, como também ser feito um modelo adaptado à realidade local de uma cidade. Posto isto, no final da sessão, os especialistas revelaram agrado com a robustez das ferramentas utilizadas e concordaram com o potencial de aplicabilidade do sistema desenvolvido.

SINOPSE DO CAPÍTULO 4

Compondo a parte empírica da presente dissertação, este quarto capítulo foi dividido em três pontos, referentes às três fases cruciais do processo de tomada de decisão (*i.e.*, (1) fase de estruturação; (2) fase de avaliação; e (3) fase da elaboração de recomendações). Neste sentido, a primeira fase foi concretizada através de uma sessão de trabalho *online* com um painel de oito especialistas, tendo por base uma questão inicial que, ao identificar os critérios essenciais para o estudo, fundamentou a estruturação do problema. Findada a primeira sessão de grupo, foi possível gerar um mapa cognitivo, no qual prevalece não só o conhecimento do grupo, como também uma visão holística do problema em análise. Posteriormente, o mapa foi facultado aos e validado pelos decisores, algo que permitiu finalizar a fase de estruturação e reunir as condições necessárias à aplicação da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, dando início à fase de avaliação. A segunda sessão de trabalho consistiu no preenchimento de oito matrizes para apurar as relações de causalidade entre os diversos *clusters* e/ou subcritérios escolhidos e incorporar o grau de indeterminação como apoio à tomada de decisão. Para isso, os decisores procederam à avaliação das relações existentes utilizando a escala DEMATEL, acrescida das componentes neutrosóficas (*i.e.*, a probabilidade dos julgamentos estabelecidos serem: (1) verdade (*T*); (2) incertos (*I*); e (3) falsos (*F*)). Concluída a sessão, procedeu-se à crispificação dos dados obtidos durante a segunda sessão, no sentido de obter valores mais aproximados à realidade que fundamentassem o processo de aplicação da técnica DEMATEL, contribuindo para que o modelo de análise de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis incorporasse resultados mais robustos e credíveis. Depois de crispificados os dados, os resultados obtidos foram analisados, sendo que os respectivos diagramas foram projetados numa lógica de proporcionar uma melhor compreensão dos determinantes/fatores decisivos para o modelo desenvolvido. Posto isto, prosseguiu-se para a terceira fase do processo de apoio à tomada de decisão (*i.e.*, fase de elaboração de recomendações), na qual foi realizada uma sessão de consolidação com especialistas externos ao processo (*i.e.*, dois representantes do CIUGL da CML) e, por isso, com opiniões imparciais, no sentido de consolidar os resultados e validar o sistema de avaliação desenvolvido. Nesse sentido, foi possível propor um modelo coerente e sólido que, neste caso, se demonstra crucial no apoio à tomada de decisão aquando da criação e avaliação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

5.1. Resultados Alcançados e Limitações do Estudo

A necessidade urgente de se criarem soluções *smart* e sustentáveis para as cidades prevalece como uma das principais razões a considerar aquando da criação de ecossistemas urbanos. Torna-se, por isso, relevante realizar uma análise destes ecossistemas, no sentido de compreender o que contribui para a sua criação. Assim, a presente dissertação teve como principal resultado a construção de um modelo de apoio à tomada de decisão no âmbito dos ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Diferente dos modelos existentes sobre a temática, este modelo de análise multicritério viabilizou a combinação do mapeamento cognitivo com a técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico. Posto isto, a combinação metodológica utilizada possibilitou desenvolver um modelo completo sobre o problema em análise, pois integra elementos objetivos e subjetivos e incorpora a indeterminação na análise, resultando em valores mais aproximados da realidade. Além disso, o modelo pretende simplificar o processo de tomada de decisão, uma vez que identifica quais as áreas a considerar e o que deve ser efetuado no sentido de apoiar a conceptualização e a análise de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

A presente dissertação foi repartida em cinco capítulos, sendo que, primeiramente, realizou-se a contextualização geral do estudo (*Capítulo 1*), no qual foi exposta não só a temática como também os objetivos da investigação e as metodologias a aplicar. Depois, o *Capítulo 2* destinou-se ao enquadramento teórico, tendo sido apresentados alguns métodos de avaliação já desenvolvidos, evidenciando-se os seus contributos e limitações, bem como a necessidade de se criar um modelo distinto com recurso às metodologias propostas. No *Capítulo 3*, foram expostas as abordagens e os métodos utilizados nesta investigação, com o intuito de realizar um enquadramento metodológico. O *Capítulo 4* traduziu a componente empírica, tendo sido evidenciado o desenvolvimento do mapa cognitivo e a aplicação da técnica DEMATEL em contexto neutrosófico, algo que contribuiu para identificar os elementos mais relevantes a

considerar no sistema. Por fim, o presente *Capítulo 5* exhibe os principais resultados e respectivas limitações, bem como os principais contributos e perspectivas de investigação futura.

Face ao estudo efetuado e ao conhecimento dos especialistas envolvidos, destaca-se que a criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis está assente em sete áreas de preocupação, nomeadamente: *Fatores Tecnológicos*; *Fatores Organizacionais*; *Comunicação e Envolvimento*; *Sustentabilidade Ambiental*; *Bem-Estar e Qualidade de Vida*; *Informação, Capacitação e Conhecimento*; e *Fontes de Financiamento*. Além disso, através da aplicação das metodologias, foi possível concluir que: (1) *Informação, Capacitação e Conhecimento* foi considerada a dimensão com maior relevância no estudo; (2) *Fontes de Financiamento* assume o segundo lugar; (3) *Bem-Estar e Qualidade de Vida* surge em terceiro; (4) o *cluster Fatores Tecnológicos* encontra-se em quarto lugar; (5) o *cluster Sustentabilidade Ambiental* ocupou o quinto lugar; (6) os *Fatores Organizacionais* preenchem o penúltimo lugar; e (7) *Comunicação e Envolvimento* ocupa o último lugar em termos de importância.

Este estudo não está isento de limitações, sendo por isso necessário referir que: (1) o facto de o modelo proposto depender do contexto em que se insere, não permite generalizar os resultados para outros contextos sem antes efetuar adaptações; (2) por requerer um elevado grau de disponibilidade e de dedicação dos intervenientes, a constituição do painel de decisores e a harmonização das agendas revelaram-se desafiantes; e (3) o perfil dos decisores escolhidos influencia os resultados exibidos, já que conhecimento e experiência distintos poderão resultar em prioridades e valores neutrosóficos distintos. Apesar disso, os resultados obtidos permitiram uma melhor perceção da conceptualização de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis.

5.2. Contributos e Limitações para a Gestão de Ecossistemas Urbanos

Como visto na revisão da literatura, a análise de ecossistemas urbanos é crucial, sendo urgente torná-los *smart* e sustentáveis. Deste modo, verificou-se um enorme potencial de investigação da temática, onde, de facto, já foram realizados vários estudos. No entanto, estes demonstraram-se pouco significativos, devido à falta de consenso na criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis, como também à forma pouco clara com que a importância dos critérios foi

determinada. Por conseguinte, novos estudos que permitam ultrapassar algumas das limitações verificadas são pertinentes para a gestão de ecossistemas urbanos.

A presente dissertação utilizou abordagens assentes numa lógica construtivista para viabilizar um modelo de avaliação multicritério de ecossistemas urbanos holístico, essencial para a sua gestão. Ao fazer uso do mapeamento cognitivo, esta investigação permitiu a criação de um conjunto de medidas inerentes à conceptualização de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Deste modo, ao identificar iniciativas e desafios, o modelo desenvolvido permite identificar de forma clara o que realmente contribui para a criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis. Ao fazer uso da técnica DEMATEL em ambiente neutrosófico, determinou-se quais os fatores/determinantes que devem priorizados nesta análise e que, considerando a incerteza, potenciam a conceptualização da *smartness* e sustentabilidade urbana, obtendo-se resultados mais credíveis e transparentes. Porém, é necessário referir que, quando utilizado, o modelo deve ser adaptado à realidade/visão estabelecida no contexto em que se insere. Ainda assim, a adoção destas ferramentas metodológicas permitiu conceber um modelo que traz robustez e clareza para a temática em análise.

5.3. Linhas de Investigação Futura

Face aos resultados obtidos, a presente dissertação evidencia o grande potencial da utilização de metodologias multicritério aquando da estruturação e resolução de problemas complexos, no âmbito da temática em estudo. Como proporcionam uma análise mais completa, estas metodologias trazem vantagens para a conceptualização da *smartness* e sustentabilidade urbana.

Apesar disso, é importante atender às limitações como potenciais linhas de investigação futura, sendo promissor: (1) a adoção de outras técnicas de avaliação multicritério conjugada à lógica neutrosófica, já que conduzirá a resultados (ainda) mais credíveis e transparentes; (2) realizar o mesmo processo com um painel de especialistas diferente; e (3) efetuar uma análise a um contexto específico, tendo em vista a comparação dos resultados obtidos e a identificação de divergências nos modelos. Com efeito, a criação de ecossistemas urbanos *smart* e sustentáveis é um tema com grande espaço para investigação, sendo que qualquer contributo ou progresso que permita uma investigação mais robusta sobre esta temática será sempre uma mais-valia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2018). A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Design Automation for Embedded Systems*, 22, 257-278.
- Abuabara, L. & Paucar-Caceres, A. (2021). Surveying applications of strategic options development and analysis (SODA) from 1989 to 2018. *European Journal of Operational Research*, 292, 1051-1065.
- Ackermann, F. & Eden, C. (2010). Strategic options development and analysis. In M. Reynolds & S. Holwell (Eds.), *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide* (pp. 135-190). UK: Springer.
- Agboola, A., Akwu, A., & Oyebo, Y. (2012). Neutrosophic groups and subgroups. *International Journal of Mathematical Combinatorics*, 3, 1-9.
- Aghelie, A., Mustapha, N., Sorooshian, S., & Azizan, N. (2016). Mathematical modeling of interrelationship analysis to determine multi-criteria decision making casual relations. *Journal of Advanced Research Design*, 20(1), 18-33.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Allam, Z. & Newman, P. (2018). Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance. *Smart Cities*, 1(1), 4-25.
- Al-Subhi, S., Pupo, I., Vacacela, R., Pérez, P., & Vázquez, M. (2018). A new neutrosophic cognitive map with neutrosophic sets on connections, application in project management. *Neutrosophic Sets and Systems*, 22, 63-75.
- Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., & Panori, A. (2018). Enhancing sustainable urban development through smart city applications. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 9(2), 146-169.
- Assunção, E., Ferreira, F., Meidutė-Kavaliauskienė, I., Zopounidis, C., Pereira, L., & Correia, R. (2020). Rethinking urban sustainability using fuzzy cognitive mapping and system dynamics. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(3), 261-275
- Atthirawong, W., Panprung, W., & Leerojanaprapa, K. (2018). Using DEMATEL to explore the relationship of factors affecting consumers' behaviors in buying green products. *Proceedings of the European Conference on Modelling and Simulation*, Wilhelmshaven, Alemanha, 22-25 Maio.
- Bana e Costa, C. (1993). Três convicções fundamentais na prática do apoio à tomada de decisão. *Pesquisa Operacional*, 13(1), 9-19.
- Banister, D. (2014). Sustainable mobility. *Built Environment*, 26(3), 165-186.
- Barão, M., Ferreira, F., Spahr, R., Sunderman, M., Govindan, K., & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2021). Strengthening urban sustainability: Identification and analysis of proactive measures to combat blight. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126026
- Belton, V. & Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Dordrecht: Kluwer Academic Publications.
- Benevolo, C., Dameri, R., & Auria, B. (2016). Smart mobility in smart city. *Empowering Organizations: Enabling Platforms and Artefacts*, 11, 13-28.

- Benites, A., & Simões, A. (2021). Assessing the urban sustainable development strategy: An application of smart city services sustainability taxonomy. *Ecological Indicators*, 127, 107734.
- Berkowitz, A., Nilon, C., & Hollweg, K. (2003). *Understanding Urban Ecosystems*. New York: Springer.
- Bıyık, C., Abareshi, A., Paz, A., Ruiz, R., Battarra, R., Rogers, C., & Lizarraga, C. (2021). Smart mobility adoption: A review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 146.
- Brundtland Report (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Disponível online em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> [Setembro 2021].
- Cappellaro, F., Chiarini, R., Meloni, C., & Snels, C. (2019). Smart community co-creation: The case of centocelle project. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 24, 155-162.
- Celecia, J. (1997). Urban ecology: Biodiversity and contemporary stakes of inventories. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 2, 241-263.
- Chang, B., Chang, C., & Wu, C. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.
- Cobbinah, P., Asibey, M., Opoku-Gyamfi, M., & Peprah, C. (2019). Urban planning and climate change in Ghana. *Journal of Urban Management*, 8(2), 261-271.
- Comissão Europeia (2017). *The Making of a Smart City: Best Practices Across Europe*. Bélgica: EU Smart Cities Information System. Disponível online em: <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/insights/publications/making-smart-city-best-practices-across-europe> [Setembro 2021].
- Comissão Europeia (2020). *Mapping and Assessment of Ecosystems and Their Services: An EU Ecosystem Assessment*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. Disponível online em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120383> [Setembro 2021].
- Conselho da Europa (2007). *Glossário do Desenvolvimento Territorial*. Lisboa: Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano. Disponível online em: <https://rm.coe.int/16806f7d5d> [Setembro 2021].
- Dakhia, K. & Berezowska-Azzag, E. (2010). Urban institutional and ecological footprint: A new urban metabolism assessment tool for planning sustainable urban ecosystems. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 21(1), 78-89.
- Dalvi-Esfahani, M., Niknafs, A., Nilashi, M., & Afrough, S. (2019). Social media addiction: Applying the DEMATEL approach. *Telematics and Information*, 43, 101250.
- Debnath, A., Chin, H., Haque, M., & Yuen, B. (2014). A methodological framework for benchmarking smart transport cities. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 37, 47-56.
- Ding, D., Cooper, R., Pasquina, F., & Fici-Pasquina, L. (2011). Sensor technology for smart homes. *Maturitas – An International Journal of Midlife Health and Beyond*, 69(2), 131-136.
- Dizdaroglu, D., Yigitcanlar, T., & Dawes, L. (2012). A micro-level indexing model for assessing urban ecosystem sustainability. *Smart and Sustainable Built Environment*, 1(3), 291-315.
- Ebrahim, Z., & Irani, Z. (2005). E-government adoption: Architecture and barriers. *Business Process Management Journal*, 11(5), 589-611.

- Eden, C. & Ackermann, F. (2001). SODA – The principles. In J. Rosenhead & J. Mingers (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity* (pp. 21-41). New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Eden, C. & Ackermann, F. (2004). Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research*, 152, 615-630.
- Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, 36, 1-13.
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673-686.
- Falatoonitoosi, E., Leman, Z., Sorooshian, S., & Salimi, M. (2013). Decision-making trial and evaluation laboratory. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(13), 3476-3480.
- Faria, P., Ferreira, F., Jalali, M., & Bento, P. (2018). Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 78, 116-127.
- Ferreira, F. (2011). *Avaliação Multicritério de Agências Bancárias: Modelos e Aplicações de Análise de Decisão*. Faro: Faculdade de Economia da Universidade do Algarve e Fundação para a Ciência e a Tecnologia.
- Ferreira, F. & Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2019). Toward a sustainable supply chain for social credit: Learning by experience using single-valued neutrosophic sets and fuzzy cognitive maps. *Annals of Operations Research*. DOI:10.1007/s10479-019-03194-2
- Gabus, A. & Fontela, E. (1972). *World Problems: An Invitation to Further Thought Within the Framework of DEMATEL*, Geneva: Battelle Geneva Research Centre.
- Ghadimi, P., Azadnia, A., Heacey, C., Dolgui, A., & Can, B. (2015). A review on the buyer-supplier dyad relationships in sustainable procurement context: Past, present and future. *International Journal of Production Research*, 54(5), 1443-1462.
- GhaffarianHoseini, A., Dahlan, N., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & Makaremi, N. (2013). The essence of future smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 593-607.
- Gil-Garcia, J., Pardo, T., & Nam, T. (2015). What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization. *Information Polity*, 20(1), 61-87.
- Global System for Mobile Communications (2013). *Guide to Smart Cities: The Opportunity for Mobile Operartors*. London: GSMA Head Office.
- Hara, M., Nagao, T., Hannow, S., & Nakamura, J. (2016). New key performance indicators for a smart sustainable city. *Sustainability*, 8(3), 206.
- Hashem, I., Chang, V., Anuar, N., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., Ahmed, E., & Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. *International Journal of Information Management*, 36(5), 748-758.
- Helal, S., Mann, W., El-Zabadani, H., King, J., Kaddoura, Y., & Jansen, E. (2005). The gator tech smart house: A programmable pervasive space. *Computer*, 38(3), 50-60.
- INE – Instituto Nacional de Estatística (2019). *População Residente (Nº) por Local de Residência*. Disponível online em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008856&contexto=bd&selTab=tab2 [Setembro 2021].
- Institute for Management Development (2016). *Sixteen Shades of Smart: How Can Cities Shape Their Own Future*. Switzerland: International Institute for Management Development.

- Kandasamy, W. & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps*. Phoenix: Xiquan.
- Keeney, R. (1992). *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking*. Harvard: Harvard University Press.
- Khan, H., Malik, M., Zafae, R., Goni, F., Chofreh, A., Klemeš, J., & Alotaibi, Y. (2020). Challenges for sustainable smart city development: A conceptual framework. *Sustainable Development*, 28(5), 1507-1518.
- Khatoun, B. & Zeadally, S. (2016). Smart city: Concepts. *Communications of the ACM*, 59, 46-57.
- Komninos, N., Pallot, M., & Schaffers, H. (2013). Special issue on smart cities and the future internet in Europe. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 119-134.
- Kumar, A. & Dixit, G. (2018). Evaluating critical barriers to implementation of WEEE management using DEMATEL approach. *Resources, Conservation & Recycling*, 131, 101-121.
- Lawrence, R. (2009). Complexity of urban ecosystems: The contribution of human ecology. *Malaysian Journal of Environmental Management*, 10(1), 67-82.
- Lisboa Inteligente (s.d.). *Lisboa Inteligente Iniciativas*. Disponível online em <https://lisboainteligente.cm-lisboa.pt/iniciativas/> [Março 2021].
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouth, H., & Yousef, W. (2012). Modeling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137-149.
- Monfaredzadeh, T. & Krueger, R. (2015). Investing social factors of sustainability in a smart city. *Procedia Engineering*, 118, 1112-1118.
- Mora, L., Bolici, R., & Deakin, M. (2017). The first two decades of smart-city research: A bibliometric analysis. *Journal of Urban Technology*, 24(1), 3-27.
- Mörtberg, U., Haas, J., Zetterberg, A., Franklin, J., Jonsson, D., & Deal, B. (2013). Urban ecosystems and sustainable urban development—analysing and assessing interacting systems in the Stockholm region. *Urban Ecosystems*, 16(4), 763-782.
- Mouratidis, K. (2021). How COVID-19 reshaped quality of life in cities: A synthesis and implications for urban planning. *Land Use Policy*, 111, 105772.
- ONU – Organização das Nações Unidas (2020). *World City Report 2020: Inequality in a Rapidly Changing World*. Department of Economic and Social Affairs. Disponível online em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf [Setembro 2021].
- ONU – Organização das Nações Unidas (2021). *The Sustainable Development Goals Report 2021*. Department of Economic and Social Affairs. Disponível online em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021.pdf> [Setembro 2021].
- ONU-Habitat (2004). *Urban Planning for City Leaders*. Disponível online em: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager/files/UN%20Habitat%20UPCL%2014-02624%20-%20Combine.pdf> [Setembro 2021].
- Palumbo, R., Manesh, M., Pellegrini, M., Caputo, A., & Flamini, G. (2021). Organizing a sustainable smart urban ecosystem: Perspectives and insights from a bibliometric analysis and literature review. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126622.
- Peprah, C., Amponsah, O., & Oduro, C. (2019). A system view of smart mobility and its implications for Ghanaian cities. *Sustainable Cities and Society*, 44, 739-747.
- Phillips, L. & Phillips, M. (1993). Facilitated work groups: Theory and practice. *The Journal of the Operational Research Society*, 44(6), 533-549.

- Pramanik, S., Banerjee, D., & Giri, B. (2016). TOPSIS approach for multi attribute group decision making in refined neutrosophic environment. In F. Smarandache, & S. Pramanik (Eds.), *New Trends in Neutrosophic Theory and Applications* (pp. 79-91). Brussels, Belgium, EU: Pons Editions.
- Rosales, N. (2011). Towards the modeling of sustainability into urban planning: Using indicators to build sustainable cities. *Procedia Engineering*, 21, 641-647.
- Rosenhead, J. (1996). What's the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, 26(6), 117-131.
- Rzevski, G., Kozhevnikov, S., & Svitek M. (2020). Smart city as an urban ecosystem. *2020 Smart City Symposim Prague*. DOI:10.1109/SCSP49987.2020.9133849
- Schweizer, P. (2020). The natural bases of neutrosophy. *International Journal of Neutrosophic Science*, 9(2), 100-109.
- Shamsuzzoha, A., Niemi, J., Piya, S., & Rutledge, K. (2021). Smart city for sustainable environment: A comparison of participatory strategies from Helsinki, Singapore and London. *Cities – The International Journal of Urban Policy and Planning*, 114, 103194.
- Si, S., You, X., Liu, H., & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018(1), 1-33.
- Smarandache, F. (2007). *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. Ann Arbor: InfoLearnQuest.
- Sumrit, D. & Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in Thai technology-based firms. *International Transaction Journal of Engeneering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 4(2), 81-103.
- Šurdonja, S., Giuffrè, T., & Deluka-Tibljaš, A. (2020). Smart mobility solutions-necessary precondition for a well-functioning smart city. *Transportation Research Procedia*, 45, 604-611.
- Tansley, A. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16, 284-307.
- Ullah, F., Sepasgozar, S., Thaheem, M., Wang, C., & Imran, M. (2021). It's all about perceptions: A DEMATEL approach to exploring user perceptions of real estate online platforms. *Ain Shams Engineering Journal*, 12, 4297-4317.
- União Europeia (2020). *Urban Ecosystems: The Importance of Green Infrastructure and Nature-Based Solutions for the Development of Sustainable Citites*. European Regional Development Fund. Disponível online em: https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/plp_uploads/policy_briefs/Urban_ecosystems.pdf [Setembro 2021].
- Village, J., Salustri, F., & Neuman, W. (2013). Cognitive mapping: Revealling the links between human factors and strategic goals in organizations. *International Journal of Industrail Ergonomics*, 43, 304-313.
- Vu, K. & Hartley, K. (2018). Promoting smart cities in developing countires: Policy insights from Vietnam. *Telecommunications Policy*, 42(10), 845-859.
- Warwick, K. (2013). Beyond industrial policy: Emerging issues and new trends. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, N° 2*, Paris: OECD Publishing.
- Winterfeldt, D. (1980). Structuring decision problems for decision analysis. *Acta Psychologica*, 45(1/3), 71-93.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213, 179-190.

- Yazdi, M., Khan, F., Abbassi, R., & Rusli, R. (2020). Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. *Safety Science*, *127*, 1-17.
- Ye, J. (2014). A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *26*, 2459-2466.

APÊNDICES

Apêndice A – Matriz Geral de Relacionamento entre Clusters

Quadro A1: Identificação dos Clusters Determinados na Primeira Sessão de Grupo

CLUSTERS	
C1	Fatores Tecnológicos
C2	Fatores Organizacionais
C3	Comunicação e Envolvimento
C4	Sustentabilidade Ambiental
C5	Bem-Estar e Qualidade de Vida
C6	Informação, Capacitação e Conhecimento
C7	Fontes de Financiamento

Quadro A2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	-	2.5 (0.9; 0.3; 0.1)	2.5 (0.7; 0.5; 0.3)	3 (0.7; 0.5; 0.2)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)
C2	3 (0.8; 0.1; 0.1)	-	3 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.6; 0.5; 0.2)	4 (0.6; 0.3; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	1.5 (0.8; 0.6; 0.4)
C3	3.5 (0.5; 0.5; 0.5)	3.5 (0.8; 0.5; 0.1)	-	2.5 (0.7; 0.5; 0.1)	2.5 (0.7; 0.5; 0.2)	3.5 (0.8; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.3; 0.2)
C4	2 (0.8; 0.1; 0.1)	2.5 (0.7; 0.3; 0.1)	4 (0.8; 0.2; 0.2)	-	2.5 (0.6; 0.5; 0.3)	3 (0.7; 0.2; 0.2)	4 (0.7; 0.3; 0.2)
C5	2.5 (0.6; 0.3; 0.2)	3.5 (0.8; 0.3; 0.2)	3 (0.7; 0.3; 0.2)	4 (0.9; 0.2; 0.1)	-	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.9; 0.1; 0.1)
C6	4 (1; 0.1; 0.1)	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)
C7	2.5 (0.6; 0.4; 0.4)	3 (0.7; 0.4; 0.3)	3 (0.7; 0.2; 0.2)	4 (1; 0.1; 0.1)	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	-

Quadro A3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Inter-Cluster

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
C1-C2	3.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02642	2.60
C1-C3	3.5	0.50	0.50	0.50	0.50000	0.01539	1.75
C1-C4	2.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02642	1.73
C1-C5	2.5	0.60	0.30	0.20	0.68909	0.02120	1.75
C1-C6	4.0	1.00	0.10	0.10	0.91835	0.02826	3.73
C1-C7	2.5	0.60	0.40	0.40	0.60000	0.01846	1.50
C2-C1	2.5	0.90	0.30	0.10	0.80851	0.02488	2.08
C2-C3	3.5	0.80	0.50	0.10	0.68377	0.02104	2.57
C2-C4	2.5	0.70	0.30	0.10	0.74834	0.02303	1.92
C2-C5	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02345	2.68
C2-C6	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02544	2.92
C2-C7	3.0	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.02041	2.00
C3-C1	2.5	0.70	0.50	0.30	0.62141	0.01912	1.58
C3-C2	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02462	2.40
C3-C4	4.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02462	3.20
C3-C5	3.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02244	2.20
C3-C6	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02544	2.92
C3-C7	3.0	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02345	2.30
C4-C1	3.0	0.70	0.50	0.20	0.64410	0.01982	2.00
C4-C2	3.0	0.60	0.50	0.20	0.61270	0.01885	1.90
C4-C3	2.5	0.70	0.50	0.10	0.65843	0.02026	1.75
C4-C5	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.02642	3.47
C4-C6	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02544	2.50
C4-C7	4.0	1.00	0.10	0.10	0.91835	0.02826	3.73
C5-C1	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
C5-C2	4.0	0.60	0.30	0.10	0.70561	0.02171	2.93
C5-C3	2.5	0.70	0.50	0.20	0.64410	0.01982	1.67
C5-C4	2.5	0.60	0.50	0.30	0.59175	0.01821	1.50
C5-C6	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02462	2.40
C5-C7	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.15
C6-C1	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
C6-C2	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
C6-C3	3.5	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02642	3.03

MATRIZ GERAL – Inter-Clusters

C6-C4	3.0	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02345	2.30
C6-C5	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.15
C6-C7	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.15
C7-C1	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
C7-C2	1.5	0.80	0.60	0.40	0.56795	0.01748	0.90
C7-C3	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02345	2.30
C7-C4	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02244	2.93
C7-C5	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
C7-C6	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02770	3.60
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	32.49672	1	

Quadro A4: Matriz Inicial de Influência Direta

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	SUM
C1	0.00	2.58	1.75	1.72	1.72	3.68	1.50	12.9
C2	2.02	0.00	2.39	1.87	2.67	2.89	1.99	13.8
C3	1.55	2.40	0.00	3.20	2.19	2.89	2.29	14.5
C4	1.93	1.84	1.65	0.00	3.43	2.48	3.67	15.0
C5	3.60	2.82	1.61	1.48	0.00	2.40	3.15	15.1
C6	3.60	3.60	3.01	2.29	3.15	0.00	3.15	18.8
C7	3.60	0.85	2.29	2.92	3.60	3.60	0.00	16.9
SUM	16.3	14.1	12.7	13.5	16.8	17.9	15.7	

Quadro A5: Cálculos Intermédios

Max.	17.9	18.8
1/max.	0.055729	0.053218
1/s	0.053217532	

Quadro A6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Inter-Clusters

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0.0000	0.1371	0.0931	0.0914	0.0917	0.1956	0.0798
C2	0.1076	0.0000	0.1274	0.0996	0.1419	0.1540	0.1059
C3	0.0827	0.1277	0.0000	0.1703	0.1164	0.1540	0.1216
C4	0.1028	0.0978	0.0876	0.0000	0.1828	0.1320	0.1955
C5	0.1916	0.1502	0.0857	0.0787	0.0000	0.1277	0.1676
C6	0.1916	0.1916	0.1599	0.1216	0.1676	0.0000	0.1676
C7	0.1916	0.0453	0.1216	0.1552	0.1916	0.1916	0.0000

Quadro A7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Inter-Clusters**I**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C3	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
C7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1.0000	-0.1371	-0.0931	-0.0914	-0.0917	-0.1956	-0.0798
C2	-0.1076	1.0000	-0.1274	-0.0996	-0.1419	-0.1540	-0.1059
C3	-0.0827	-0.1277	1.0000	-0.1703	-0.1164	-0.1540	-0.1216
C4	-0.1028	-0.0978	-0.0876	1.0000	-0.1828	-0.1320	-0.1955
C5	-0.1916	-0.1502	-0.0857	-0.0787	1.0000	-0.1277	-0.1676
C6	-0.1916	-0.1916	-0.1599	-0.1216	-0.1676	1.0000	-0.1676
C7	-0.1916	-0.0453	-0.1216	-0.1552	-0.1916	-0.1916	1.0000

(I-X)⁻¹

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1.5042	0.5641	0.4848	0.4934	0.5878	0.7016	0.5514
C2	0.6292	1.4646	0.5316	0.5233	0.6548	0.6980	0.5991
C3	0.6332	0.5966	1.4380	0.6016	0.6638	0.7238	0.6389
C4	0.6744	0.5859	0.5319	1.4674	0.7336	0.7280	0.7125
C5	0.7329	0.6236	0.5260	0.5344	1.5649	0.7204	0.6761
C6	0.8492	0.7610	0.6790	0.6680	0.8292	1.7336	0.7912
C7	0.8015	0.6033	0.6053	0.6496	0.7956	0.8372	1.6022

Quadro A8: Matriz T

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	R
C1	0.5042	0.5641	0.4848	0.4934	0.5878	0.7016	0.5514	3.8873
C2	0.6292	0.4646	0.5316	0.5233	0.6548	0.6980	0.5991	4.1006
C3	0.6332	0.5966	0.4380	0.6016	0.6638	0.7238	0.6389	4.2959
C4	0.6744	0.5859	0.5319	0.4674	0.7336	0.7280	0.7125	4.4337
C5	0.7329	0.6236	0.5260	0.5344	0.5649	0.7204	0.6761	4.3782
C6	0.8492	0.7610	0.6790	0.6680	0.8292	0.7336	0.7912	5.3111
C7	0.8015	0.6033	0.6053	0.6496	0.7956	0.8372	0.6022	4.8947
C	4.8246	4.1991	3.7967	3.9376	4.8297	5.1426	4.5713	

Quadro A9: Interações entre clusters

	R	C	R+C	R-C
C1	3.8873	4.8246	8.7118	-0.9373
C2	4.1006	4.1991	8.2996	-0.0985
C3	4.2959	3.7967	8.0926	0.4992
C4	4.4337	3.9376	8.3714	0.4961
C5	4.3782	4.8297	9.2080	-0.4515
C6	5.3111	5.1426	10.4537	0.1686
C7	4.8947	4.5713	9.4660	0.3234

Apêndice B – Cluster 1 – Fatores Tecnológicos

Quadro B1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 1

Critérios Seleccionados	
SC11	Capacitação dos recursos humanos
SC12	Inclusão digital assegurada à participação de todos
SC15	Integração de plataformas de informação
SC19	Criação de <i>standard</i> de dados para uniformizar soluções
SC21	Maior conectividade entre sistemas
SC24	Partilha de dados em tempo real
SC31	Soluções tecnológicas adaptadas à realidade local

Quadro B2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31
SC11	-	3.5 (0.7; 0.3; 0.2)	3.5 (0.8;0.2;0.2)	4 (0.7;0.2;0.2)	3 (0.7;0.4;0.3)	2 (0.7;0.3;0.3)	4 (0.7;0.3;0.2)
SC12	3 (0.7; 0.3;0.2)	-	4 (0.9;0.1;0.1)	2.5(0.6;0.4;0.2)	4 (0.8; 0.2;0.2)	2 (0.7;0.3;0.3)	3.5 (0.7;0.3;0.2)
SC15	4 (0.7;0.3;0.2)	4 (0.7; 0.3;0.2)	-	4 (0.9; 0.1;0.1)	4 (0.8; 0.2;0.2)	3.5 (0.9;0.1;0.1)	4 (0.7;0.3;0.2)
SC19	3.5 (0.8; 0.2; 0.2)	3.5 (0.7; 0.3; 0.2)	3 (0.8; 0.5; 0.2)	-	2 (0.7; 0.3;0.3)	4 (0.9; 0.1;0.1)	3.5 (0.7;0.3;0.2)
SC21	3 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.8; 0.4; 0.2)	4 (0.7; 0.3; 0.2)	4 (0.8;0.3;0.2)	-	3 (0.7; 0.4; 0.3)	4 (0.8;0.2;0.1)
SC24	3.5 (0.6; 0.3; 0.1)	3.5 (0.7; 0.3; 0.2)	3.5 (0.7; 0.3;0.1)	4 (0.9; 0.1;0.1)	4 (0.8; 0.3;0.3)	-	3.5 (0.8; 0.2;0.1)
SC31	4 (0.9; 0.1; 0.1)	4 (0.7;0.3;0.2)	4 (0.9; 0.1;0.1)	3 (0.7; 0.2;0.2)	3.5 (0.8; 0.3; 0.2)	3 (0.7;0.2;0.2)	-

Quadro B3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 1

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
SC11-SC12	3.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.20
SC11-SC15	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC11-SC19	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02487	2.80
SC11-SC21	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02487	2.40
S11-SC24	3.5	0.60	0.30	0.10	0.70561	0.02194	2.57
SC11-SC31	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC12-SC11	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.57
SC12-SC15	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC12-SC19	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.57
SC12-SC21	3.0	0.80	0.40	0.20	0.71716	0.02230	2.20
S12-SC24	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.57
SC12-SC31	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC15-SC11	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02487	2.80
SC15-SC12	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC15-SC19	3.0	0.80	0.50	0.20	0.66834	0.02078	2.10
SC15-SC21	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC15-SC24	3.5	0.70	0.30	0.10	0.74834	0.02327	2.68
SC15-SC31	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC19-SC11	4.0	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02369	3.07
SC19-SC12	2.5	0.60	0.40	0.20	0.65359	0.02032	1.67
SC19-SC15	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC19-SC21	4.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02369	3.07
S19-SC24	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC19-SC31	3.0	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02369	2.30
SC21-SC11	2.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.02176	1.40
SC21-SC12	2.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.02176	1.40
SC21-SC15	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.15
SC21-SC19	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02798	3.60
SC21-SC24	4.0	0.80	0.30	0.30	0.72920	0.02267	2.93
SC21-SC31	3.0	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02369	2.30
SC24-SC11	3.0	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.02062	2.00
SC24-SC12	4.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02487	3.20

MATRIZ Cluster 1 – Fatores Tecnológicos

SC24-SC15	4.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02487	3.20
SC24-SC19	2.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.02176	1.40
SC24-SC21	3.0	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.02062	2.00
SC24-SC31	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02369	2.68
SC31-SC11	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC31-SC12	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.57
SC31-SC15	4.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.93
SC31-SC19	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02267	2.57
SC31-SC21	4.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02571	3.33
SC31-SC24	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02571	2.92
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	32.16267	1	

Quadro B4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 1

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31	SUM
SC11	0.00	2.19	2.92	2.80	2.40	2.47	3.60	16.4
SC12	2.55	0.00	2.92	2.55	2.15	2.55	2.92	15.6
SC15	2.80	3.60	0.00	2.01	2.92	2.62	3.60	17.5
SC19	3.05	1.63	3.60	0.00	3.05	3.60	2.29	17.2
SC21	1.40	1.40	3.15	3.60	0.00	2.92	2.29	14.8
SC24	1.99	3.20	3.20	1.40	1.99	0.00	2.67	14.4
SC31	2.92	2.55	2.92	2.55	3.31	2.89	0.00	17.1
SUM	14.7	14.6	18.7	14.9	15.8	17.1	17.4	

Quadro B5: Cálculos Intermédios

Max.	18.7	17.5
1/max.	0.053476	0.057010
1/s	0.053476	

Quadro B6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 1

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31
SC11	0.0000	0.1170	0.1560	0.1497	0.1283	0.1321	0.1925
SC12	0.1365	0.0000	0.1560	0.1365	0.1150	0.1365	0.1560
SC15	0.1497	0.1925	0.0000	0.1072	0.1560	0.1401	0.1925
SC19	0.1630	0.0874	0.1925	0.0000	0.1630	0.1925	0.1222
SC21	0.0749	0.0749	0.1684	0.1925	0.0000	0.1560	0.1222
SC24	0.1064	0.1711	0.1711	0.0749	0.1064	0.0000	0.1426
SC31	0.1560	0.1365	0.1560	0.1365	0.1768	0.1547	0.0000

Quadro B7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 1**I**

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31
SC11	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC12	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC15	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC19	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31
SC11	1.0000	-0.1170	-0.1560	-0.1497	-0.1283	-0.1321	-0.1925
SC12	-0.1365	1.0000	-0.1560	-0.1365	-0.1150	-0.1365	-0.1560
SC15	-0.1497	-0.1925	1.0000	-0.1072	-0.1560	-0.1401	-0.1925
SC19	-0.1630	-0.0874	-0.1925	1.0000	-0.1630	-0.1925	-0.1222
SC21	-0.0749	-0.0749	-0.1684	-0.1925	1.0000	-0.1560	-0.1222
SC24	-0.1064	-0.1711	-0.1711	-0.0749	-0.1064	1.0000	-0.1426
SC31	-0.1560	-0.1365	-0.1560	-0.1365	-0.1768	-0.1547	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31
SC11	1.7570	0.8657	1.0643	0.8878	0.9232	0.9749	1.0385
SC12	0.8456	1.7303	1.0257	0.8454	0.8780	0.9421	0.9751
SC15	0.9273	0.9660	1.9796	0.8981	0.9868	1.0266	1.0871
SC19	0.9228	0.8731	1.1272	1.7842	0.9776	1.0525	1.0185
SC21	0.7606	0.7651	0.9926	0.8513	1.7369	0.9186	0.9042
SC24	0.7707	0.8293	0.9737	0.7458	0.8158	1.7626	0.9074
SC31	0.9138	0.9046	1.0948	0.9034	0.9846	1.0196	1.9039

Quadro B8: Matriz T

	SC11	SC12	SC15	SC19	SC21	SC24	SC31	R
SC11	0.7570	0.8657	1.0643	0.8878	0.9232	0.9749	1.0385	6.5114
SC12	0.8456	0.7303	1.0257	0.8454	0.8780	0.9421	0.9751	6.2421
SC15	0.9273	0.9660	0.9796	0.8981	0.9868	1.0266	1.0871	6.8715
SC19	0.9228	0.8731	1.1272	0.7842	0.9776	1.0525	1.0185	6.7560
SC21	0.7606	0.7651	0.9926	0.8513	0.7369	0.9186	0.9042	5.9293
SC24	0.7707	0.8293	0.9737	0.7458	0.8158	0.7626	0.9074	5.8053
SC31	0.9138	0.9046	1.0948	0.9034	0.9846	1.0196	0.9039	6.7247
C	5.8978	5.9340	7.2580	5.9159	6.3029	6.6967	6.8348	

Quadro B9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 1

	R	C	R+C	R-C
SC11	6.5114	5.8978	12.4092	0.6136
SC12	6.2421	5.9340	12.1761	0.3081
SC15	6.8715	7.2580	14.1295	-0.3866
SC19	6.7560	5.9159	12.6720	0.8401
SC21	5.9293	6.3029	12.2321	-0.3736
SC24	5.8053	0.0000	5.8053	5.8053
SC31	6.7247	0.0000	6.7247	6.7247

Apêndice C – Cluster 2 – Fatores Organizacionais

Quadro C1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 2

Critérios Seleccionados	
SC22	Gestão da transformação em pessoas e processos
SC53	Necessidade de estratégias-chapéu e a sua adoção dentro da organização
SC54	Modelos de governança claros e detalhados
SC60	Criação de projetos conjuntos com diferentes empresas públicas, privadas e universidades
SC64	Processos e projetos de envolvimento e participação do cidadão na tomada de decisão
SC65	Envolvimento/apoio político ao mais alto nível político
SC77	Trabalho conjunto entre o setor público e privado para adaptação de <i>smart cities</i>

Quadro C2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77
SC22	-	2.5 (0.8; 0.1;0.2)	2.5 (0.8; 0.3; 0.1)	3 (0.7; 0.3;0.3)	4 (0.9;0.1;0.1)	2.5 (0.7; 0.4; 0.2)	3.5 (0.8;0.1;0.1)
SC53	4 (0.9;0.1;0.1)	-	4 (0.8; 0.1;0.1)	3.5 (0.7; 0.1; 0.3)	3.5 (0.8; 0.3;0.2)	3 (0.8; 0.2;0.2)	3.5 (0.8;0.3;0.1)
SC54	4 (0.9;0.1;0.1)	4 (0.8; 0.1;0.1)	-	3 (0.8; 0.3;0.2)	4 (0.8;0.3;0.2)	2.5 (0.6; 0.3;0.3)	4 (0.9;0.1;0.1)
SC60	3 (0.7; 0.3;0.3)	3.5 (0.8; 0.2;0.1)	3.5 (0.8; 0.2; 0.2)	-	4 (1; 0.1;0)	4 (0.9;0.2;0.1)	3.5 (0.9;0.3;0.1)
SC64	2.5 (0.7; 0.3; 0.2)	3.5 (0.8; 0.2;0.1)	4 (0.9; 0.1;0.1)	3 (0.8; 0.3;0.2)	-	4 (0.9;0.2;0.1)	3 (0.6; 0.2;0.2)
SC65	3.5 (0.8; 0.1; 0.2)	4 (0.9;0.1;0.1)	3.5 (0.9;0.1;0.1)	3.5 (0.9;0.1;0.1)	4 (0.8; 0.3; 0.1)	-	4 (0.9;0.1;0.1)
SC77	3 (0.7; 0.1; 0.3)	3 (0.8; 0.2;0.1)	3.5 (0.7; 0.2; 0.2)	4 (0.9;0.2;0.1)	3.5 (0.7; 0.4;0.2)	4 (0.9;0.1;0.1)	-

Quadro C3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 2

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
SC22-SC53	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02229	2.68
SC22-SC54	4.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02229	3.07
SC22-SC60	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.02512	3.47
SC22-SC64	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.02512	3.47
SC22-SC65	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.15
SC22-SC77	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.02512	3.47
SC53-SC22	2.5	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.02294	2.00
SC53-SC54	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC53-SC60	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02419	2.92
SC53-SC64	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02419	2.92
SC53-SC65	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC53-SC77	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.02419	2.50
SC54-SC22	2.5	0.80	0.10	0.20	0.82679	0.02419	2.08
SC54-SC53	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC54-SC60	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.02048	2.10
SC54-SC64	2.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.02133	1.83
SC54-SC65	3.5	0.80	0.10	0.20	0.82679	0.02419	2.92
SC54-SC77	3.0	0.70	0.10	0.30	0.74834	0.02189	2.30
SC60-SC22	2.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.02016	1.75
SC60-SC53	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02340	2.40
SC60-SC54	2.5	0.60	0.30	0.30	0.66335	0.01941	1.67
SC60-SC64	3.0	0.60	0.20	0.20	0.71716	0.02098	2.20
SC60-SC65	4.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.02294	3.20
SC60-SC77	3.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.02016	2.45
SC64-SC22	3.5	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02512	3.03
SC64-SC53	3.5	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.02294	2.80
SC64-SC54	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC64-SC60	3.5	0.90	0.30	0.10	0.80851	0.02365	2.92
SC64-SC65	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC64-SC77	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC65-SC22	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.02048	2.10
SC65-SC53	4.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02512	3.47

MATRIZ Cluster 2 – Fatores Organizacionais

SC65-SC54	4.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.02512	3.47
SC65-SC60	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.02340	2.80
SC65-SC64	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC65-SC77	3.5	0.70	0.20	0.20	0.76195	0.02229	2.68
SC77-SC22	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.60
SC77-SC53	3.5	0.70	0.10	0.30	0.74834	0.02189	2.68
SC77-SC54	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02229	2.30
SC77-SC60	4.0	1.00	0.10	0.00	0.94226	0.02757	3.87
SC77-SC64	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.02229	2.30
SC77-SC65	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.02633	3.15
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	34.18247	1	

Quadro C4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 2

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77	SUM
SC22	0.0	2.7	3.0	3.4	2.4	3.2	3.4	18.2
SC53	2.0	0.0	3.6	2.9	2.9	3.6	2.5	17.4
SC54	2.1	3.6	0.0	2.1	1.8	2.9	2.2	14.7
SC60	1.7	2.4	1.7	0.0	2.2	3.1	2.4	13.5
SC64	3.0	2.7	3.6	2.8	0.0	3.6	3.6	19.4
SC65	2.1	3.4	3.4	2.8	3.6	0.0	2.7	18.0
SC77	3.6	2.6	2.3	3.8	2.3	3.2	0.0	17.7
SUM	14.5	17.5	17.6	17.8	15.2	19.5	16.8	

Quadro C5: Cálculos Intermédios

Max.	19.5	19.4
1/max.	0.051204	0.051603
1/s	0.051204	

Quadro C6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 2

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77
SC22	0.0000	0.1366	0.1561	0.1759	0.1246	0.1613	0.1759
SC53	0.1004	0.0000	0.1843	0.1482	0.1482	0.1843	0.1270
SC54	0.1058	0.1843	0.0000	0.1075	0.0933	0.1482	0.1150
SC60	0.0882	0.1229	0.0849	0.0000	0.1102	0.1606	0.1235
SC64	0.1539	0.1405	0.1843	0.1449	0.0000	0.1843	0.1843
SC65	0.1075	0.1759	0.1759	0.1434	0.1843	0.0000	0.1366
SC77	0.1843	0.1341	0.1170	0.1930	0.1170	0.1613	0.0000

Quadro C7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 2**I**

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77
SC22	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC53	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC54	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC60	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC64	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC65	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC77	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77
SC22	1.0000	-0.1366	-0.1561	-0.1759	-0.1246	-0.1613	-0.1759
SC53	-0.1004	1.0000	-0.1843	-0.1482	-0.1482	-0.1843	-0.1270
SC54	-0.1058	-0.1843	1.0000	-0.1075	-0.0933	-0.1482	-0.1150
SC60	-0.0882	-0.1229	-0.0849	1.0000	-0.1102	-0.1606	-0.1235
SC64	-0.1539	-0.1405	-0.1843	-0.1449	1.0000	-0.1843	-0.1843
SC65	-0.1075	-0.1759	-0.1759	-0.1434	-0.1843	1.0000	-0.1366
SC77	-0.1843	-0.1341	-0.1170	-0.1930	-0.1170	-0.1613	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77
SC22	1.7508	1.0194	1.0334	1.0568	0.9070	1.1228	1.0072
SC53	0.8152	1.8706	1.0273	1.0012	0.8989	1.1065	0.9394
SC54	0.7223	0.9109	1.7558	0.8549	0.7547	0.9531	0.8194
SC60	0.6650	0.8082	0.7800	1.7042	0.7205	0.9034	0.7759
SC64	0.9340	1.0821	1.1155	1.0914	1.8482	1.2039	1.0698
SC65	0.8478	1.0503	1.0524	1.0292	0.9532	1.9849	0.9773
SC77	0.8910	0.9974	0.9846	1.0518	0.8852	1.1023	1.8401

Quadro C8: Matriz T

	SC22	SC53	SC54	SC60	SC64	SC65	SC77	R
SC22	0.7508	1.0194	1.0334	1.0568	0.9070	1.1228	1.0072	6.8973
SC53	0.8152	0.8706	1.0273	1.0012	0.8989	1.1065	0.9394	6.6590
SC54	0.7223	0.9109	0.7558	0.8549	0.7547	0.9531	0.8194	5.7711
SC60	0.6650	0.8082	0.7800	0.7042	0.7205	0.9034	0.7759	5.3572
SC64	0.9340	1.0821	1.1155	1.0914	0.8482	1.2039	1.0698	7.3449
SC65	0.8478	1.0503	1.0524	1.0292	0.9532	0.9849	0.9773	6.8951
SC77	0.8910	0.9974	0.9846	1.0518	0.8852	1.1023	0.8401	6.7524
C	5.6262	6.7388	6.7490	6.7895	5.9677	7.3769	6.4291	

Quadro C9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 2

	R	C	R+C	R-C
SC22	6.8973	5.6262	12.5235	1.2712
SC53	6.6590	6.7388	13.3979	-0.0798
SC54	5.7711	6.7490	12.5202	-0.9779
SC60	5.3572	6.7895	12.1467	-1.4323
SC64	7.3449	5.9677	13.3126	1.3773
SC65	6.8951	7.3769	14.2720	-0.4818
SC77	6.7524	6.4291	13.1815	0.3234

Apêndice D – Cluster 3 – Comunicação e Envolvimento

Quadro D1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 3

Critérios Seleccionados	
SC88	Participação na decisão pública
SC89	Maior participação das universidades/investigação nas políticas urbanísticas e de mobilidade sustentável
SC95	Sociedade participativa na decisão pública
SC102	Agilização das sinergias por parte dos municípios e freguesias entre empresas, entidades e outros
SC108	Copiar boas ideias abstraídas e adaptadas à realidade local

Quadro D2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108
SC88	-	3.5 (0.7; 0.4;0.3)	4 (1; 0; 0)	3 (0.8; 0.3; 0.1)	2 (0.8; 0.3;0.1)
SC89	3 (0.8; 0.3; 0.1)	-	3 (0.8; 0.2;0.1)	4 (0.9; 0.2;0.2)	3 (0.7; 0.3;0.3)
SC95	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.2;0.2)	-	3.5 (0.7; 0.4; 0.3)	3 (0.8;0.2;0.1)
SC102	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3.5 (0.8; 0.2;0.2)	2 (0.6; 0.5; 0.2)	-	3.5 (0.9; 0.1;0.1)
SC108	3.5 (0.9; 0.1;0.1)	4 (0.9; 0.1;0.1)	3.5 (0.7; 0.3;0.2)	4 (0.8; 0.1;0.1)	-

Quadro D3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 3

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica			
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz	
MATRIZ Cluster 3 – Comunicação e Envolvimento	SC88-SC89	3.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	2.40
	SC88-SC95	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC88-SC102	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC88-SC108	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.15
	SC89-SC88	3.5	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.04105	2.33
	SC89-SC95	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04951	2.40
	SC89-SC102	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04951	2.80
	SC89-SC108	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.60
	SC95-SC88	4.0	1.00	0.00	0.00	1.00000	0.06188	4.00
	SC95-SC89	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05116	2.50
	SC95-SC102	2.0	0.60	0.50	0.20	0.61270	0.03792	1.27
	SC95-SC108	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.04513	2.57
	SC102-SC88	3.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	2.40
	SC102-SC89	4.0	0.90	0.20	0.20	0.82679	0.05116	3.33
	SC102-SC95	3.5	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.04105	2.33
	SC102-SC108	4.0	0.80	0.10	0.10	0.85858	0.05313	3.47
	SC108-SC88	2.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.04851	1.60
	SC108-SC89	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04332	2.10
	SC108-SC95	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05116	2.50
SC108-SC102	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05569	3.15	
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	32.16267	1		

Quadro D4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 3

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108	SUM
SC88	0.0	2.4	3.6	3.6	3.2	12.7
SC89	2.3	0.0	2.4	2.8	3.6	11.1
SC95	4.0	2.5	0.0	1.2	2.6	10.3
SC102	2.4	3.3	2.3	0.0	3.4	11.4
SC108	1.6	2.1	2.5	3.2	0.0	9.3
SUM	10.2	10.2	10.8	10.8	12.7	

Quadro D5: Cálculos Intermediários

Max.	12.7	12.7
1/max.	0.078515	0.078728
1/s	0.0785151	

Quadro D6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 3

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108
SC88	0.0000	0.1847	0.2827	0.2827	0.2473
SC89	0.1823	0.0000	0.1884	0.2198	0.2827
SC95	0.3141	0.1947	0.0000	0.0962	0.2004
SC102	0.1847	0.2597	0.1823	0.0000	0.2696
SC108	0.1231	0.1649	0.1947	0.2473	0.0000

Quadro D7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 3

I

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108
SC88	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC89	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC95	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC102	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108
SC88	1.0000	-0.1847	-0.2827	-0.2827	-0.2473
SC89	-0.1823	1.0000	-0.1884	-0.2198	-0.2827
SC95	-0.3141	-0.1947	1.0000	-0.0962	-0.2004
SC102	-0.1847	-0.2597	-0.1823	1.0000	-0.2696
SC108	-0.1231	-0.1649	-0.1947	-0.2473	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108
SC88	2.1184	1.2791	1.3942	1.3953	1.5411
SC89	1.1421	1.9972	1.1993	1.2281	1.4184
SC95	1.1944	1.1106	2.0013	1.0974	1.3063
SC102	1.1671	1.2288	1.2197	2.0734	1.4395
SC108	0.9704	1.0069	1.0608	1.1008	2.0340

Quadro D8: Matriz T

	SC88	SC89	SC95	SC102	SC108	R
SC88	1.1184	1.2791	1.3942	1.3953	1.5411	6.7281
SC89	1.1421	0.9972	1.1993	1.2281	1.4184	5.9851
SC95	1.1944	1.1106	1.0013	1.0974	1.3063	5.7101
SC102	1.1671	1.2288	1.2197	1.0734	1.4395	6.1284
SC108	0.9704	1.0069	1.0608	1.1008	1.0340	5.1728
C	5.5924	5.6226	5.8753	5.8949	6.7392	

Quadro D9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 3

	R	C	R+C	R-C
SC88	6.7281	5.5924	12.3205	1.1356
SC89	5.9851	5.6226	11.6077	0.3624
SC95	5.7101	5.8753	11.5854	-0.1652
SC102	6.1284	5.8949	12.0233	0.2335
SC108	5.1728	6.7392	11.9120	-1.5664

Apêndice E – Cluster 4 – Sustentabilidade Ambiental

Quadro E1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 4

Critérios Seleccionados	
SC18	Planeamento da cidade com políticas sustentáveis para a mudança de comportamentos
SC122	Priorizar a aposta na rede de transportes, em detrimento da aposta em mais veículos
SC123	Definir sustentabilidade como prioridade das políticas públicas
SC126	Promover um sistema de transportes públicos mais eficiente considerando as distâncias até aos postos de trabalho
SC128	Economia circular

Quadro E2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128
SC18	-	4 (0.8; 0.2;0.1)	3.5 (0.8; 0.2;0.2)	4 (0.9;0.2;0.1)	4 (0.9;0.1;0.1)
SC122	4 (0.9;0.1;0.1)	-	4 (0.9;0.4;0.1)	3.5 (0.8;0.1;0.2)	4 (0.9;0.1;0.1)
SC123	3.5 (0.9;0.1;0.1)	4 (0.9;0.1;0.1)	-	4 (0.9;0.1;0.1)	3.5 (0.7; 0.4;0.3)
SC126	3.5 (0.9;0.4;0.1)	3.5 (0.9;0.1;0.1)	4 (0.8; 0.3; 0.2)	-	4 (0.9;0.1;0.1)
SC128	2.5 (0.7; 0.4; 0.2)	3.5 (0.9;0.1;0.1)	2.5 (0.7; 0.4; 0.2)	3.5 (0.8; 0.3;0.2)	-

Quadro E3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 4

Relação em Análise	Escala DEMA TEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica			
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz	
MATRIZ Cluster 4 – Sustentabilidade Ambiental	SC18-SC122	3.5	0.80	0.10	0.20	0.82679	0.05015	2.40
	SC18-SC123	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	3.60
	SC18-SC126	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	3.60
	SC18-SC128	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	3.15
	SC122-SC18	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.05207	2.33
	SC122-SC123	3.5	0.70	0.40	0.30	0.66335	0.04023	2.40
	SC122-SC126	4.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.04621	2.80
	SC122-SC128	2.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04179	3.60
	SC123-SC18	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	4.00
	SC123-SC122	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	2.50
	SC123-SC126	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	1.27
	SC123-SC128	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.04621	2.57
	SC126-SC18	4.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05015	2.40
	SC126-SC122	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	3.33
	SC126-SC123	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	2.33
	SC126-SC128	2.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04179	3.47
	SC128-SC18	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.04852	1.60
	SC128-SC122	4.0	0.90	0.40	0.10	0.75505	0.04579	2.10
	SC128-SC123	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05459	2.50
	SC128-SC126	3.5	0.90	0.40	0.10	0.75505	0.04579	3.15
Sendo o $S=1$, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	16.15949	1		

Quadro E4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 4

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128	SUM
SC18	0.0	2.9	3.6	3.2	3.2	12.8
SC122	3.4	0.0	2.3	3.0	1.7	10.5
SC123	3.6	3.6	0.0	3.6	2.7	13.5
SC126	3.3	3.6	3.2	0.0	1.7	11.8
SC128	2.8	3.0	3.6	2.6	0.0	12.1
SUM	13.1	13.1	12.7	12.4	9.3	

Quadro E5: Cálculos Intermédios

Max.	13.1	13.5
1/max.	0.07610	0.07426
1/s	0.07426	

Quadro E6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 4

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128
SC18	0.0000	0.2149	0.2673	0.2339	0.2339
SC122	0.2550	0.0000	0.1724	0.2263	0.1279
SC123	0.2673	0.2673	0.0000	0.2673	0.1980
SC126	0.2456	0.2673	0.2339	0.0000	0.1279
SC128	0.2079	0.2243	0.2673	0.1962	0.0000

Quadro E7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 4

I

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128
SC18	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC122	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC123	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC126	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128
SC18	1.0000	-0.2149	-0.2673	-0.2339	-0.2339
SC122	-0.2550	1.0000	-0.1724	-0.2263	-0.1279
SC123	-0.2673	-0.2673	1.0000	-0.2673	-0.1980
SC126	-0.2456	-0.2673	-0.2339	1.0000	-0.1279
SC128	-0.2079	-0.2243	-0.2673	-0.1962	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128
SC18	2.8682	2.0345	2.0024	1.9768	1.5806
SC122	1.7896	2.5755	1.6668	1.7013	1.2958
SC123	2.1490	2.1370	2.8550	2.0646	1.6055
SC126	1.9351	1.9377	1.8503	2.6620	1.4075
SC128	1.9519	1.9521	1.9164	1.8668	2.3246

Quadro E8: Matriz T

	SC18	SC122	SC123	SC126	SC128	R
SC18	1.8682	2.0345	2.0024	1.9768	1.5806	9.4626
SC122	1.7896	1.5755	1.6668	1.7013	1.2958	8.0290
SC123	2.1490	2.1370	1.8550	2.0646	1.6055	9.8110
SC126	1.9351	1.9377	1.8503	1.6620	1.4075	8.7926
SC128	1.9519	1.9521	1.9164	1.8668	1.3246	9.0119
C	9.6939	9.6368	9.2909	9.2715	7.2139	

Quadro E9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 4

	R	C	R+C	R-C
SC18	9.4626	9.6939	19.1565	-0.2313
SC122	8.0290	9.6368	17.6658	-1.6078
SC123	9.8110	9.2909	19.1019	0.5201
SC126	8.7926	9.2715	18.0641	-0.4790
SC128	9.0119	7.2139	16.2259	1.7980

Apêndice F – Cluster 5 – Bem-Estar e Qualidade de Vida

Quadro F1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 5

Critérios Seleccionados	
SC10	Oportunidade de Mudança
SC56	Eficiência nos Serviços
SC57	Eficácia nos Serviços
SC136	Utilização de dados
SC137	Economia circular

Quadro F2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137
SC10	-	3 (0.8;0.2;0.2)	3.5 (0.8;0.2;0.2)	3.5 (0.9; 0.3; 0.2)	3.5 (0.7; 0.3;0.3)
SC56	3.5 (0.9; 0.3;0.1)	-	3.5 (0.8;0.2;0.2)	4 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.6; 0.4; 0.3)
SC57	3.5 (0.9; 0.3;0.1)	3 (0.8;0.2;0.2)	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	2 (0.6; 0.4; 0.3)
SC136	3.5 (0.9; 0.3;0.1)	3.5 (0.7; 0.3; 0.3)	3 (0.7;0.3;0.3)	-	2 (0.5; 0.5; 0.3)
SC137	4 (0.9;0.1;0.1)	2.5 (0.7; 0.3;0.3)	2.5 (0.8; 0.2;0.1)	2.5 (0.4; 0.5; 0.5)	-

Quadro F3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 5

Relação em Análise	Escala DEMA TEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica			
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz	
MATRIZ Cluster 5 – Bem-Estar e Qualidade de Vida	SC10-SC56	3.5	0.90	0.30	0.10	0.80851	0.05384	2.92
	SC10-SC57	3.5	0.90	0.30	0.10	0.80851	0.05384	2.92
	SC10-SC136	3.5	0.90	0.30	0.10	0.80851	0.05384	2.92
	SC10-SC137	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05993	3.60
	SC56-SC10	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05327	2.40
	SC56-SC57	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05327	2.40
	SC56-SC136	3.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04661	2.45
	SC56-SC137	2.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04661	1.75
	SC57-SC10	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05327	2.80
	SC57-SC56	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05327	2.80
	SC57-SC136	3.0	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04661	2.10
	SC57-SC137	2.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05505	2.08
	SC136-SC10	3.5	0.90	0.30	0.20	0.78398	0.05220	2.80
	SC136-SC56	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05993	3.60
	SC136-SC57	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05993	3.60
	SC136-SC137	2.5	0.40	0.50	0.50	0.46459	0.03094	1.17
	SC137-SC10	3.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04661	2.45
	SC137-SC56	2.0	0.60	0.40	0.30	0.63032	0.04197	1.27
	SC137-SC57	2.0	0.60	0.40	0.30	0.63032	0.04197	1.27
SC137-SC136	2.0	0.50	0.50	0.30	0.55653	0.03706	1.13	
Sendo o $S=1$, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	15.01806	1		

Quadro F4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 5

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137	SUM
SC10	0.0	2.8	2.8	2.8	3.6	12.1
SC56	2.4	0.0	2.4	2.5	1.8	9.0
SC57	2.8	2.8	0.0	2.1	2.1	9.8
SC136	2.7	3.6	3.6	0.0	1.2	11.1
SC137	2.5	1.3	1.3	1.1	0.0	6.1
SUM	10.4	10.5	10.1	8.5	8.6	

Quadro F5: Cálculos Intermédios

Max.	10.5	12.1
1/max.	0.09533	0.08272
1/s	0.08272	

Quadro F6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 5

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137
SC10	0.0000	0.2341	0.2341	0.2341	0.2978
SC56	0.1985	0.0000	0.1985	0.2027	0.1448
SC57	0.2316	0.2316	0.0000	0.1737	0.1710
SC136	0.2270	0.2978	0.2978	0.0000	0.0961
SC137	0.2027	0.1042	0.1042	0.0921	0.0000

Quadro F7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 5

I

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137
SC10	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC56	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC57	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC136	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137
SC10	1.0000	-0.2341	-0.2341	-0.2341	-0.2978
SC56	-0.1985	1.0000	-0.1985	-0.2027	-0.1448
SC57	-0.2316	-0.2316	1.0000	-0.1737	-0.1710
SC136	-0.2270	-0.2978	-0.2978	1.0000	-0.0961
SC137	-0.2027	-0.1042	-0.1042	-0.0921	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137
SC10	1.8318	1.0267	0.9991	0.8980	0.9512
SC56	0.8375	1.6828	0.8257	0.7455	0.7058
SC57	0.9013	0.9102	1.6977	0.7606	0.7635
SC136	0.9954	1.0605	1.0320	1.6999	0.7897
SC137	0.6441	0.5760	0.5605	0.4955	1.4186

Quadro F8: Matriz T

	SC10	SC56	SC57	SC136	SC137	R
SC10	0.8318	1.0267	0.9991	0.8980	0.9512	4.7068
SC56	0.8375	0.6828	0.8257	0.7455	0.7058	3.7973
SC57	0.9013	0.9102	0.6977	0.7606	0.7635	4.0334
SC136	0.9954	1.0605	1.0320	0.6999	0.7897	4.5776
SC137	0.6441	0.5760	0.5605	0.4955	0.4186	2.6946
C	4.2102	4.2563	4.1151	3.5994	3.6287	

Quadro F9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 5

	R	C	R+C	R-C
SC10	4.7068	4.2102	8.9170	0.4967
SC56	3.7973	4.2563	8.0536	-0.4590
SC57	4.0334	4.1151	8.1485	-0.0817
SC136	4.5776	3.5994	8.1770	0.9782
SC137	2.6946	3.6287	6.3234	-0.9341

Apêndice G – Cluster 6 – Informação, Capacitação e Conhecimento

Quadro G1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 6

Critérios Seleccionados	
SC91	Parcerias com instituições de investigação e ensino
SC138	Capacitação dos RH existentes com uma nova visão <i>smart</i> para as cidades
SC139	Reforço dos municípios, empresas públicas de RH virados para <i>smart cities</i>
SC141	Identificação das necessidades reais do público-alvo
SC147	Capacitação dos munícipes, não há cidades inteligentes sem cidadãos inteligentes

Quadro G2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147
SC91	-	4 (0.9; 0.1; 0.1)	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	3.5 (0.7; 0.4; 0.2)	3.5 (0.8; 0.3; 0.1)
SC138	3 (0.6; 0.3; 0.1)	-	3.5 (0.9; 0.1; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.1)	3.5 (0.7; 0.5; 0.2)
SC139	3 (0.8; 0.4; 0.2)	3 (0.8; 0.3; 0.2)	-	2.5 (0.7; 0.4; 0.2)	2.5 (0.6; 0.3; 0.3)
SC141	3.5 (0.7; 0.3; 0.3)	3.5 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	-	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)
SC147	4 (0.9; 0.2; 0.1)	3.5 (0.7; 0.3; 0.2)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)	-

Quadro G3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 6

Relação em Análise	Escala DEMA TEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica			
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz	
MATRIZ Cluster 6 – Informação, Capacitação e Conhecimento	6SC91-SC138	3.5	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.05051	2.80
	SC91-SC139	3.5	0.70	0.50	0.20	0.64410	0.04149	2.33
	SC91-SC141	2.5	0.60	0.30	0.30	0.66335	0.04273	1.67
	SC91-SC147	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05326	2.92
	SC138-SC91	4.0	0.90	0.20	0.10	0.85858	0.05531	3.47
	SC138-SC139	3.0	0.60	0.30	0.10	0.70561	0.04546	2.20
	SC138-SC141	3.0	0.80	0.40	0.20	0.71716	0.04620	2.20
	SC138-SC147	3.5	0.70	0.30	0.30	0.70000	0.04510	2.45
	SC139-SC91	3.5	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.04698	2.57
	SC139-SC138	4.0	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05798	3.60
	SC139-SC141	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.04909	2.30
	SC139-SC147	3.5	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05154	2.80
	SC141-SC91	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05154	2.40
	SC141-SC138	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05798	3.15
	SC141-SC139	3.5	0.90	0.10	0.10	0.90000	0.05798	3.15
	SC141-SC147	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05154	2.40
	SC147-SC91	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05326	2.92
	SC147-SC138	3.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04439	2.45
SC147-SC139	3.0	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05326	2.50	
SC147-SC141	2.5	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04439	1.75	
Sendo o $S=1$, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	15.52248	1		

Quadro G4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 6

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147	SUM
SC91	0.0	2.7	2.3	1.7	2.9	9.6
SC138	3.4	0.0	2.1	2.2	2.5	10.2
SC139	2.6	3.6	0.0	2.3	2.8	11.2
SC141	2.4	3.2	3.2	0.0	2.4	11.1
SC147	2.9	2.4	2.5	1.7	0.0	9.5
SUM	11.3	11.9	10.0	7.8	10.5	

Quadro G5: Cálculos Intermédios

Max.	11.9	11.2
1/max.	0.08399	0.08898
1/s	0.08399	

Quadro G6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 6

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147
SC91	0.0000	0.2305	0.1893	0.1393	0.2431
SC138	0.2885	0.0000	0.1778	0.1807	0.2058
SC139	0.2144	0.3024	0.0000	0.1920	0.2352
SC141	0.2016	0.2646	0.2646	0.0000	0.2016
SC147	0.2431	0.2026	0.2083	0.1447	0.0000

Quadro G7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 6

I

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147
SC91	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC138	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC139	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC141	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147
SC91	1.0000	-0.2305	-0.1893	-0.1393	-0.2431
SC138	-0.2885	1.0000	-0.1778	-0.1807	-0.2058
SC139	-0.2144	-0.3024	1.0000	-0.1920	-0.2352
SC141	-0.2016	-0.2646	-0.2646	1.0000	-0.2016
SC147	-0.2431	-0.2026	-0.2083	-0.1447	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147
SC91	2.1292	1.3426	1.1525	0.9420	1.2547
SC138	1.4121	2.2156	1.1969	1.0127	1.2848
SC139	1.4745	1.5642	2.1420	1.1028	1.4063
SC141	1.4594	1.5375	1.3504	1.9400	1.3798
SC147	1.3219	1.3235	1.1642	0.9446	2.0579

Quadro G8: Matriz T

	SC91	SC138	SC139	SC141	SC147	R
SC91	1.1292	1.3426	1.1525	0.9420	1.2547	5.8211
SC138	1.4121	1.2156	1.1969	1.0127	1.2848	6.1221
SC139	1.4745	1.5642	1.1420	1.1028	1.4063	6.6898
SC141	1.4594	1.5375	1.3504	0.9400	1.3798	6.6672
SC147	1.3219	1.3235	1.1642	0.9446	1.0579	5.8121
C	6.7971	6.9834	6.0061	4.9421	6.3835	

Quadro G9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 6

	R	C	R+C	R-C
SC91	5.8211	6.7971	12.6182	-0.9760
SC138	6.1221	6.9834	13.1055	-0.8612
SC139	6.6898	6.0061	12.6960	0.6837
SC141	6.6672	4.9421	11.6093	1.7250
SC147	5.8121	6.3835	12.1955	-0.5714

Apêndice H – Cluster 7 – Fontes de Financiamento

Quadro H1: Identificação dos Critérios Seleccionados para a Análise – Cluster 7

Critérios Seleccionados	
SC162	Utilização de apoios em projetos inovadores ou de criação de valor adicional
SC163	PRR e fundos disponíveis para acelerar a digitalização
SC164	Investimento em <i>start-ups</i> através de fundos nacionais e europeus que conduzam à criação de <i>smart cities</i>
SC165	Investimento de empresas e cidadãos
SC167	Retorno no investimento na adoção de estratégias de sustentabilidade

Quadro H2: Matriz com Valores Neutrosóficos Preenchida na Segunda Sessão de Grupo

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167
SC162	-	4 (0.8; 0.3; 0.1)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.7; 0.3; 0.1)	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)
SC163	3.5 (0.8; 0.3; 0.1)	-	2.5 (0.7; 0.5; 0.4)	4 (0.8; 0.4; 0.2)	3 (0.7; 0.4; 0.2)
SC164	4 (0.8; 0.3; 0.1)	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)	-	3.5 (0.8; 0.2; 0.1)	3 (0.7; 0.4; 0.2)
SC165	4 (0.8; 0.3; 0.1)	3 (0.7; 0.3; 0.2)	3 (0.8; 0.3; 0.2)	-	3.5 (0.8; 0.3; 0.2)
SC167	3 (0.7; 0.2; 0.1)	3 (0.8; 0.3; 0.2)	3 (0.8; 0.2; 0.2)	3 (0.7; 0.6; 0.3)	-

Quadro H3: Crispificação dos Valores Neutrosóficos – Cluster 7

Relação em Análise	Escala DEMATEL (x)	Valores Neutrosóficos (T, I, F)			Crispificação Neutrosófica		
		T	I	F	Numerador da Fórmula de Crispificação	Peso w Crispificado	Valor Final na Matriz
SC162-SC163	3.5	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.05217	2.80
SC162-SC164	4.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.05217	3.20
SC162-SC165	4.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.05217	3.20
SC162-SC167	3.0	0.70	0.20	0.10	0.78398	0.05217	2.40
SC163-SC162	4.0	0.80	0.30	0.10	0.78398	0.05217	3.20
SC163-SC164	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05502	2.92
SC163-SC165	3.0	0.70	0.30	0.20	0.72920	0.04853	2.20
SC163-SC167	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.05071	2.30
SC164-SC162	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05324	2.40
SC164-SC163	2.5	0.70	0.50	0.40	0.59175	0.03938	1.50
SC164-SC165	3.0	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.05071	2.30
SC164-SC167	3.0	0.80	0.20	0.20	0.80000	0.05324	2.40
SC165-SC162	3.0	0.70	0.30	0.10	0.74834	0.04980	2.30
SC165-SC163	4.0	0.80	0.40	0.20	0.71716	0.04773	2.93
SC165-SC164	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05502	2.92
SC165-SC167	3.0	0.70	0.60	0.30	0.57574	0.03831	1.80
SC167-SC162	3.5	0.80	0.20	0.10	0.82679	0.05502	2.92
SC167-SC163	3.0	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04586	2.10
SC167-SC164	3.0	0.70	0.40	0.20	0.68909	0.04586	2.10
SC167-SC165	3.5	0.80	0.30	0.20	0.76195	0.05071	2.68
Sendo o S=1, ficam respeitadas as condições da fórmula.				Denominador da Fórmula de Crispificação	15.02648	1	

MATRIZ Cluster 7 – Fontes de Financiamento

Quadro H4: Matriz Inicial de Influência Direta – Cluster 7

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167	SUM
SC162	0.0	2.7	3.1	3.1	2.4	11.4
SC163	3.1	0.0	2.9	2.2	2.3	10.5
SC164	2.4	1.5	0.0	2.3	2.4	8.6
SC165	2.2	2.9	2.9	0.0	1.7	9.7
SC167	2.9	2.1	2.1	2.7	0.0	9.7
SUM	10.7	9.2	11.0	10.3	8.8	

Quadro H5: Cálculos Intermédios

Max.	11.0	11.4
1/max.	0.09099	0.08797
1/s	0.08797	

Quadro H6: Matriz de Influência Direta Normalizada ou Matriz X – Cluster 7

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167
SC162	0.0000	0.2414	0.2759	0.2759	0.2069
SC163	0.2759	0.0000	0.2546	0.1924	0.2011
SC164	0.2111	0.1301	0.0000	0.2011	0.2111
SC165	0.1975	0.2523	0.2546	0.0000	0.1519
SC167	0.2546	0.1819	0.1819	0.2346	0.0000

Quadro H7: Cálculos Intermédios da Matriz T – Cluster 7

I

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167
SC162	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC163	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SC164	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
SC165	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
SC167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

I-X

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167
SC162	1.0000	-0.2414	-0.2759	-0.2759	-0.2069
SC163	-0.2759	1.0000	-0.2546	-0.1924	-0.2011
SC164	-0.2111	-0.1301	1.0000	-0.2011	-0.2111
SC165	-0.1975	-0.2523	-0.2546	1.0000	-0.1519
SC167	-0.2546	-0.1819	-0.1819	-0.2346	1.0000

(I-X)⁻¹

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167
SC162	2.4845	1.5115	1.7570	1.6679	1.4424
SC163	1.6186	2.2414	1.6557	1.5316	1.3679
SC164	1.3522	1.1640	2.2208	1.3212	1.1834
SC165	1.4740	1.3615	1.5608	2.2767	1.2542
SC167	1.5185	1.3235	1.5184	1.4775	2.1253

Quadro H8: Matriz T

	SC162	SC163	SC164	SC165	SC167	R
SC162	1.4845	1.5115	1.7570	1.6679	1.4424	7.8633
SC163	1.6186	1.2414	1.6557	1.5316	1.3679	7.4152
SC164	1.3522	1.1640	1.2208	1.3212	1.1834	6.2416
SC165	1.4740	1.3615	1.5608	1.2767	1.2542	6.9273
SC167	1.5185	1.3235	1.5184	1.4775	1.1253	6.9631
C	7.4477	6.6019	7.7128	7.2750	6.3732	

Quadro H9: Interações entre os Subcritérios – Cluster 7

	R	C	R+C	R-C
SC162	7.8633	7.4477	15.3111	0.4156
SC163	7.4152	6.6019	14.0171	0.8133
SC164	6.2416	7.7128	13.9544	-1.4712
SC165	6.9273	7.2750	14.2023	-0.3476
SC167	6.9631	6.3732	13.3363	0.5899