

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO RODRIGUES DA SILVA

**SELEÇÃO DE PROJETOS DE MOBILIDADE URBANA: UMA ABORDAGEM
MULTICRITÉRIO**

PATO BRANCO

2022

RODRIGO RODRIGUES DA SILVA

**SELEÇÃO DE PROJETOS DE MOBILIDADE URBANA: UMA ABORDAGEM
MULTICRITÉRIO**

Selection of urban mobility projects: a multi-criteria approach

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco.

Orientador: Dr. Gilson Ditzel Santos.

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite apenas que outros façam download dos trabalhos licenciados e os compartilhem desde que atribuam crédito ao autor, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



RODRIGO RODRIGUES DA SILVA

SELEÇÃO DE PROJETOS DE MOBILIDADE URBANA: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção E Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Dos Sistemas Produtivos.

Data de aprovação: 23 de Fevereiro de 2022

Prof Gilson Ditzel Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Dalmarino Setti, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Josiane Palma Lima, Doutorado - Universidade Federal de Itajubá - Unifei (Unifei)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 23/02/2022.

Dedico este trabalho ao meu pai (*in memoriam*) e à minha
mãe, que sempre nos entregaram o melhor que poderiam
oferecer.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e pela família.

À minha esposa, minha mãe, meu irmão e meu padrasto, pelo apoio, pelo respeito, e por serem meus eixos de sustentação.

Ao Professor Gilson Ditzel Santos, por aceitar o desafio e me orientar com paciência e sabedoria nessa jornada, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos Professores Dalmarino e Josiane, pelas contribuições e colaborações nas bancas de qualificação e defesa.

À Secretaria e Coordenação do PPGEPS, especialmente à Adriani Edith Michelon, que prestou todo o suporte desde o ingresso até a finalização das minhas atividades no mestrado.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de qualificação profissional, iniciada na graduação, em 2015, e continuada até aqui.

Aos demais Professores do PPGEPS que, de uma forma ou outra, contribuíram para minha formação.

Aos colegas com os quais tive a oportunidade de trocar experiências, receber e dar incentivo, pelo companheirismo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida (Código de Financiamento 001).

RESUMO

Como consequência dos processos de urbanização, há o crescimento da demanda por transporte nas cidades, refletindo no aumento de problemas com poluição, congestionamentos, ruídos e segurança. Em resposta a esses problemas, os avanços tecnológicos foram os principais fatores que levaram ao surgimento das cidades inteligentes e sustentáveis, implicando em desafios para o desenvolvimento da infraestrutura de transporte das cidades. A literatura sobre mobilidade urbana, em geral, possui enfoque em contextos desenvolvidos e cidades de grande porte, havendo uma lacuna de estudos em cidades de menor porte populacional. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é propor um modelo para a seleção de projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte, sob a perspectiva da inteligência e da sustentabilidade, e baseado nos métodos de decisão multicritério. O modelo é composto por 43 critérios de avaliação, provenientes da literatura, classificados em quatro dimensões: social, ambiental, técnica e econômica. Para a atribuição de pesos aos critérios utiliza-se o método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) por meio de entrevistas com sete especialistas em mobilidade urbana. A coleta das informações sobre os critérios pertinentes e avaliação das alternativas é feita por meio de formulários online, e seu processamento com o modelo computacional linguístico *2-tuple*. O processamento final e geração do *ranking* das alternativas é operacionalizado pelo método multicritério TOPSIS *2-tuple* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), que foi adaptado devido ao uso do modelo linguístico *2-tuple*. A aplicação do modelo consistiu na avaliação de quatro projetos de mobilidade alinhados ao Plano Diretor da cidade de Pato Branco – PR, apontando a alternativa “A1 – Retirada de estacionamentos” com o melhor desempenho no *ranking* final. As principais contribuições da pesquisa são: (i) o estudo da mobilidade urbana no contexto das cidades médias; (ii) uso do modelo linguístico *2-tuple* para o processamento das informações; (iii) existência de um conjunto predefinido de critérios, permitindo que os decisores definam um conjunto menor de critérios pertinentes às alternativas. A partir dos resultados, entende-se que o modelo pode ser implementado na prática pelos gestores municipais, com a vantagem de utilizar critérios validados na literatura, mantendo a autonomia dos decisores para selecionar aqueles que melhor satisfazem o problema. Destaca-se ainda enquanto contribuições o conjunto de critérios selecionado criteriosamente na literatura, o modelo proposto como ferramenta de apoio à decisão, e a possibilidade de uso de outros métodos para complementar o modelo em trabalhos futuros.

Palavras-chave: mobilidade urbana; cidades inteligentes e sustentáveis; tomada de decisão; abordagens multicritério.

ABSTRACT

As a result of urbanization processes, there is an increase in the demand for transport in cities, reflecting an increase in problems with pollution, congestion, noise and safety. In response to these problems, technological advances were the main factors that led to the emergence of smart and sustainable cities, implying challenges for the development of transport infrastructure in cities. The literature on urban mobility, in general, focuses on developed contexts and large cities, with a lack of studies in cities with smaller population sizes. In this context, the objective of this research is to propose a model for the selection of urban mobility projects in medium-sized cities, from the perspective of intelligence and sustainability, and based on multicriteria decision methods. The model consists of 43 evaluation criteria, from the literature, classified into four dimensions: social, environmental, technical and economic. To assign weights to the criteria, the multicriteria method AHP (Analytic Hierarchy Process) is used through interviews with seven specialists in urban mobility. The collection of information about the relevant criteria and the evaluation of alternatives is done through online forms, and its processing with the 2-tuple linguistic computational model. The final processing and generation of the ranking of alternatives is operated by the multicriteria method TOPSIS *2-tuple* (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). The application of the model consisted of the evaluation of four mobility projects in line with the Master Plan of the city of Pato Branco – PR, pointing out the alternative “A1 – Removal of parking lots” with the best performance in the final ranking. The main contributions of the research are: (i) the study of urban mobility in the context of medium-sized cities; (ii) use of the 2-tuple linguistic model for information processing; (iii) existence of a predefined set of criteria, allowing decision makers to define a smaller set of criteria relevant to the alternatives. From the results, it is understood that the model can be implemented in practice by municipal managers, with the advantage of using criteria validated in the literature, maintaining the decision-makers' autonomy to select those that best satisfy the problem. Also noteworthy as contributions are the set of criteria carefully selected in the literature, the model proposed as a decision support tool, and the possibility of using other methods to complement the model in future works.

Keywords: urban mobility; smart sustainable cities; decision-making; multicriteria approaches.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Enquadramento metodológico da pesquisa.....	21
Figura 2 - Processo para seleção do Portfólio Bibliográfico conforme o Proknow-C	24
Figura 3 - Principais componentes na estrutura das cidades inteligentes	28
Figura 4 - Estrutura conceitual das inovações na mobilidade inteligente	30
Figura 5 - Relações entre problemas do transporte e benefícios da mobilidade inteligente	33
Figura 6 - Tradução simbólica e representação linguística fuzzy 2-tuple	36
Figura 7 – Construção e aplicação do modelo de seleção de projetos	42
Figura 8 - Estrutura do modelo de seleção de projetos de mobilidade urbana	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Eixos de pesquisa e palavras-chave relacionadas.....	24
Quadro 2 – Artigos selecionados para o Portfólio Bibliográfico	26
Quadro 3 – Métodos multicritério utilizados para seleção de projetos de mobilidade.....	39
Quadro 4 – Requisitos para seleção de critérios de avaliação.....	41
Quadro 5 – Critérios de avaliação selecionados para compor o modelo.....	44
Quadro 6 - Escala Fundamental de Saaty.....	50
Quadro 7 - Conjunto de termos linguísticos e variáveis <i>2-tuple</i> para avaliação dos critérios..	54
Quadro 8 - Conjunto de termos linguísticos e variáveis <i>2-tuple</i> para avaliação das alternativas	56
Quadro 9 – Projetos selecionados para avaliação.....	58
Quadro 10 – Agregação dos pesos atribuídos às dimensões, grupos e critérios	60
Quadro 11 – Agregação das avaliações de importância dos critérios	62
Quadro 12 – Critérios selecionados para avaliação das alternativas	64
Quadro 13 – Pesos dos critérios selecionados para avaliação das alternativas	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de consistência harmônica aleatória (HRI)	51
Tabela 2 - Agregação 2-tuple das avaliações das alternativas em relação aos critérios.....	65
Tabela 3 - Soluções positiva e negativa ideias	66
Tabela 4 - Distâncias às soluções positiva e negativa ideais	66
Tabela 5 - Semelhança à solução positiva ideal	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADO	Avaliação de Desempenho Organizacional
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CIS	Cidades Inteligentes e Sustentáveis
DEMATEL	<i>Decision making trial and evaluation laboratory</i>
Denatran	Departamento Nacional de Trânsito
Depatran	Departamento de Trânsito de Pato Branco
FAD	<i>Fuzzy Axiomatic design</i>
FCM	<i>Fuzzy Cognitive Maps</i>
GRA	<i>Gray Relational Analysis</i>
HRI	Índice de Consistência Harmônica Aleatória
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MCDM	<i>Multiple-Criteria Decision-Making</i>
Proknow-C	<i>Knowledge Development Process - Constructivist</i>
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VIKOR	<i>VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Problema de pesquisa	17
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos específicos	18
1.4	Justificativa	19
1.5	Classificação da pesquisa	21
1.6	Estrutura do documento	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Procedimentos de revisão bibliográfica	23
2.2	Cidades inteligentes e sustentáveis	27
2.3	Mobilidade urbana em cidades inteligentes e sustentáveis	29
2.4	Variáveis linguísticas e o modelo 2-tuple	34
2.5	Métodos multicritério e mobilidade urbana	37
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1	Construção do modelo multicritério	42
3.1.1	Seleção dos critérios de avaliação	43
3.1.2	Seleção dos métodos linguísticos e multicritério	46
3.1.3	Determinação dos especialistas	47
3.1.4	Escolha das alternativas	48
3.2	Como aplicar o modelo e como cada método é utilizado	48
3.3	Contexto aplicado e projetos de mobilidade	58
4	RESULTADOS	60
4.1	Pesos atribuídos aos critérios de avaliação	60
4.2	Aplicação do modelo	62
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
5.1	Construção do modelo de seleção de projetos	68
5.2	Discussões sobre a aplicação do modelo	71
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – Critérios de avaliação que compõem o modelo	83

APÊNDICE B – Instrumento utilizado na obtenção de opinião dos especialistas sobre existência de preferência na importância dos critérios	88
APÊNDICE C – Instrumento utilizado na obtenção dos julgamentos dos especialistas sobre a importância dos critérios.....	93
APÊNDICE D – Instrumento utilizado para obtenção de opinião dos especialistas sobre os critérios de avaliação relevantes para alternativas específicas	116
APÊNDICE E – Instrumento utilizado para obtenção da avaliação dos especialistas sobre o desempenho das alternativas em relação aos critérios	127
APÊNDICE F – Pesos das dimensões, grupos e critérios atribuídos nas entrevistas individuais.....	141
APÊNDICE G – Avaliações linguísticas e processamento dos julgamentos de importância dos critérios para avaliar as alternativas específicas	145
APÊNDICE H – Avaliações linguísticas e processamento dos julgamentos de avaliação das alternativas em relação aos critérios	150

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contém a contextualização e apresentação do problema de pesquisa, seguidas dos objetivos e justificativa, classificação metodológica do trabalho, e demonstração da estrutura do documento de pesquisa.

1.1 Contextualização

O êxodo rural no Brasil teve acentuação nos períodos de 1950 e 1960, elevando os níveis de urbanização nas décadas seguintes, como consequência da expansão industrial das Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste (IBGE, 2011). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstram que a população residente em áreas urbanas no Brasil em 2010 já era superior a 84% da população total, refletindo na necessidade planejar as cidades com a adoção de caminhos mais inteligentes e sustentáveis (SEPASGOZAR *et al.*, 2019).

Hoglund *et al.* (2018) e Lopez-Carreiro e Monzon (2018) entendem que é necessária atenção a tensões entre planejamentos de curto e longo prazos, para tratamento de questões relacionadas à emissão de poluentes, produção de ruídos, qualidade do ar, segurança e mobilidade. Esses problemas são agravados quando, como consequência do aumento populacional urbano, a quantidade de veículos e a demanda por transporte também aumentam nas cidades (PAMUCAR *et al.*, 2020).

Ainda, de acordo com o relatório da Sindipeças e Abipeças (2021), a frota brasileira de veículos cresceu 0,7% em 2020 comparado a 2019, consolidando um agregado de mais de 46 milhões de autoveículos em circulação, e quase 13 milhões de motocicletas, sendo o Estado do Paraná responsável pela 3ª maior frota circulante no país. Quanto a frota total, dados do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), apontam que até o mês de outubro de 2021 existiam mais de 110 milhões de veículos automotores cadastrados no Brasil (DENATRAN, 2021), mais da metade da população total estimada do país.

Nesse cenário, o Governo Federal passou a exigir que as cidades brasileiras com mais de 20 mil habitantes possuam Planos de Mobilidade Urbana, conforme a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Nº 12.587, de 3 de Janeiro de 2012), com prazo de elaboração estendido até 12 de abril de 2022 para cidades com mais de 250 mil habitantes, e 12 de abril de 2023 para cidades com até 250 mil habitantes, conforme Lei Nº 14.000, de 19 de maio de 2020. Os objetivos e metas dos Planos de Mobilidade Urbana devem buscar a ampliação da

participação do transporte público e não motorizado, a redução de emissões de poluentes locais e gases de efeito estufa, e redução de acidentes de trânsito (BRASIL, 2015).

Para Giffinger *et al.* (2007) e Alavi *et al.* (2018) a mobilidade, em conjunto com economia, capital humano, governança, meio ambiente e qualidade de vida, constituem os 6 eixos das Cidades Inteligentes – que buscam caminhos sustentáveis, por meio de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), para obter mais eficiência na prestação e serviços. Sob uma ótica tecnológica Hammi *et al.* (2017) afirmam que essas cidades implementam uma camada de percepção de dados, onde os sensores de monitoramento captam dados de inúmeros objetos e equipamentos, e transmitem esses dados por meio de diversos *gateways* e protocolos. Os dados são destinados ao nível de aplicação e decisão, e ficam, geralmente, armazenados em bases de dados em nuvem.

Mais do que a utilização de vários sensores e TIC no espaço urbano, Rashid *et al.* (2017) e Albino, Berardi e Dangelico (2015) entendem como fundamentais a inclusão social e cultural, o uso eficiente dos recursos e o entendimento de que o meio ambiente deve fazer parte da estratégia das cidades. Ainda, para Tomaszewska e Florea (2018), os processos de urbanização e os avanços tecnológicos foram os principais fatores que levaram ao surgimento das Cidades Inteligentes, frisando que a infraestrutura de transporte tornou-se mais desafiadora para o desenvolvimento das cidades. Nesse sentido, Orłowski e Romanowska (2019) pontuam que para se obter uma cidade inteligente são necessários investimentos em capital humano e sociocultural, com as TIC dando suporte a esse processo.

Sob a perspectiva da inteligência e da sustentabilidade, a mobilidade não é entendida somente como o deslocamento físico entre locais distantes, mas, sim, como a integração de pessoas, produtos e informações por meios digitais (ORŁOWSKI; ROMANOWSKA, 2019). Nesta pesquisa, o termo “mobilidade” será utilizado para se referir a todos os modais presentes no sistema de transporte urbano, bem como as relações decorrentes do uso do solo, qualidade ambiental, e planejamento de aspectos tecnológicos e sustentáveis (BRAGA *et al.*, 2019; CAVALCANTI *et al.*, 2017; PINNA; MASALA; GARAU, 2017).

A perspectiva adotada para a “mobilidade inteligente e sustentável”, neste estudo, segue as de Benevolo, Dameri e D’Auria (2016) e Peprah, Amponsah e Oduro (2019), e está relacionada à geração de benefícios aos cidadãos por meio da integração das tecnologias aos sistemas de transporte, pelo monitoramento e gestão de dados para melhorar a tomada de decisão. Apesar do contexto brasileiro ainda estar distante do desenvolvimento tecnológico que confira à grande parte das cidades a conectividade encontrada em países mais desenvolvidos, busca-se instigar caminhos para avançar nesse sentido (URBAN SYSTEMS, 2021).

Conforme aponta o *Ranking Connected Smart Cities 2021*, que avalia a inteligência das cidades brasileiras em 11 setores, dentre as 100 cidades mais inteligentes, 9 possuem entre 50 e 100 mil habitantes (URBAN SYSTEMS, 2021). Em 2020, as cidades com população até 100 mil habitantes representavam cerca de 94% do total de municípios brasileiros, e aproximadamente 42% da população do país (IBGE, 2020a). Isso demonstra que, apesar de representarem a maior parcela de municípios, poucos locais são considerados como “inteligentes”, a partir da avaliação proposta pelo estudo da *Urban Systems*. Logo, a seleção de projetos de mobilidade, para melhoria e gestão da área urbana, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das cidades (AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; CUIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; MACHARIS; BERNARDINI, 2015).

Na literatura internacional, grande parte dos trabalhos sobre avaliação da mobilidade e de projetos de investimento é aplicada a locais como Curitiba, Luxemburgo, Cartagena (Colômbia), San Sebastián (Espanha), Taipei (Taiwan) e São Paulo (GONZALEZ-URANGO *et al.*, 2020; MIRANDA; DA SILVA, 2012; OSES *et al.*, 2018; PEDROSO; BERMANN; SANCHES-PEREIRA, 2018). Faltam, portanto, estudos que considerem o contexto de cidades de menor porte em sua avaliação, pois, conforme Lopez-Carreiro e Monzon (2018), a dinâmica dos sistemas de transporte muda dependendo do tamanho e tipologia urbana.

Um trabalho recente aplicado ao contexto brasileiro pode ser visto em Siqueira, Lima e Santos (2021), que propõem um modelo multicritério para priorização de projetos de mobilidade urbana, utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). As autoras selecionaram os fatores/critérios que interferem no processo decisório junto aos gestores públicos da área de mobilidade em três cidades do Estado de São Paulo. Além disso, foram consultados gestores e especialistas da área acadêmica para determinar a importância relativa dos fatores e atribuir pesos aos critérios.

Dall’O *et al.* (2017) desenvolveram uma ferramenta para avaliar a inteligência de pequenas e médias cidades (cerca de 50 mil habitantes, para o contexto analisado), baseada em indicadores presentes no *ICity Rate*, *Smart City Index* e ISO 37120, aplicando-a nas cidades italianas de Carugate, Melzo e Pioltello. A ferramenta conseguiu avaliar os aspectos esperados pelos autores, e demonstrou que os locais analisados tiveram desempenho geral semelhante, mas diferenças importantes olhando para dados parciais. Os resultados indicaram que os eixos de mobilidade e pessoas tiveram, em média, desempenhos menores, e que a governança foi o quesito mais bem avaliado. Como limitações, Dall’O *et al.* (2017) indicam a necessidade de analisar melhor as diferenças entre as categorias individuais, para fornecer uma imagem realista do nível de inteligência dos municípios.

Ivaldi *et al.* (2020) realizaram um estudo em 116 capitais de províncias e cidades metropolitanas da Itália, englobando pequenas (10 a 50 mil habitantes), médias (entre 50 e 250 mil hab.) e grandes cidades (mais de 250 mil hab.), com vistas a desenvolver e aplicar uma estrutura que analisa o impacto das Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CIS) na economia baseada no conhecimento. Os resultados indicam que os serviços sociais sustentáveis e transporte local sustentável são considerados os componentes mais relevantes da CIS. Outra descoberta é que a correlação entre o tamanho urbano e o desenvolvimento da CIS é fraca, evidenciando que cidades pequenas podem ser mais inteligentes e sustentáveis do que grandes.

Esses estudos apontam para uma ascensão das pequenas e médias cidades em relação ao desenvolvimento urbano, porém realizam análises gerais do ambiente urbano, sem adentrar em aspectos mais específicos. Essa visão generalizada é um ponto de partida para outros estudos, para uma perspectiva de entendimento das dimensões específicas das cidades, conforme apontado por Dall’O *et al.* (2017).

Considerando as discussões realizadas na publicação “Cidades Médias e Região”, organizada por Oliveira, Calixto e Soares (2017), apenas o tamanho populacional é insuficiente para caracterizar uma cidade como sendo de pequeno, médio ou grande porte, pois é necessário considerar fatores como: as relações estabelecidas com cidades próximas, a influência regional, deslocamentos pendulares e atividades desenvolvidas. Portanto, esta pesquisa terá como foco de estudo cidades de menor porte populacional, porém que possuem relevância local pela sua influência e desenvolvimento regional, que, para fins de alinhamento, serão denominadas como cidades de médio porte.

Desta forma, adota-se também duas classificações recentes realizadas pelo IBGE: os Arranjos Populacionais e Centros Sub-Regionais A. São considerados Arranjos Populacionais – “agrupamento de dois ou mais municípios onde há uma forte integração populacional devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou devido à contiguidade entre as manchas urbanizadas principais” (IBGE, 2016, p. 22). Já os Centros Sub-Regionais A são cidades que possuem atividades de gestão menos complexas, com áreas de influência menores que as das Capitais Regionais, com média populacional de 120 mil habitantes (IBGE, 2020b).

O local de aplicação da pesquisa é a cidade de Pato Branco/PR, que se enquadra nas duas classificações supracitadas. A cidade possui cerca de 83 mil habitantes (IBGE, 2021), abaixo da média dos demais Centros Sub-Regionais A, porém enfrenta diversos problemas de mobilidade encontrados em grandes centros. Podem ser citados os congestionamentos, infraestrutura rodoviária não preparada para uso de meios alternativos, e transporte público com baixa qualidade de informação disponível (CONTERNO; TOMAZONI, 2015).

Soma-se a isso o crescimento da taxa de veículos particulares, e vagas de estacionamento inferiores à demanda de veículos. A partir de dados recuperados dos sites do Denatran e do IBGE, constata-se que a frota de veículos em Pato Branco cresceu 60,45% de dezembro de 2010 a dezembro de 2020, frente a um aumento populacional de 15,85% no mesmo período. Apesar do crescimento da frota na cidade ser menor que a média nacional, de 66,54%, havia cerca de 75 veículos por km² em 2010, passando para 120,3 veículos até dezembro de 2020.

A cidade vem se destacando regional e nacionalmente nas áreas científica e tecnológica, com diversas ações e projetos que visam o desenvolvimento inteligente (BORTOLLI; DUTRA, 2020). Apesar de estar presente no *Ranking Connected Smart Cities* 2021 em diversos eixos, percebe-se que ainda são necessárias ações na cidade voltadas ao desenvolvimento do transporte e mobilidade urbana.

1.2 Problema de pesquisa

Mesmo com portes populacionais distintos, as cidades enfrentam alguns desafios comuns, como alinhar os objetivos de vários níveis hierárquicos, cumprir a legislação atual, estar preparado para a legislação futura, além da limitação orçamentária (LOPES; OLIVEIRA, 2017; SCHMALE; VON SCHNEIDEMESSER; DÖRRIE, 2015). Segundo Roy (2020) e Macharis e Bernardini (2015) deve haver envolvimento dos vários *stakeholders*, que possuem objetivos e interesses diferentes, pois sem a colaboração de todos, dificilmente a administração pública dará conta de atender todas as demandas efetivamente.

Shiau e Liu (2013) mencionam que uma das respostas possíveis, para mitigar as consequências das mudanças climáticas globais, tem sido melhorar a sustentabilidade dos sistemas de transporte. Idem, para Bellini *et al.* (2019), é preciso buscar melhorias na estrutura das cidades para permitir a adoção de outros modos de transporte, como bicicletas, caminhadas, compartilhamento de veículos, uso do transporte público, visando a redução do uso de veículos particulares. Com isso, escolher o melhor projeto de melhoria a ser implementado é uma decisão complexa, que depende de critérios tangíveis e intangíveis, os quais devem ser holisticamente considerados (CURIEL-ESPARZA *et al.*, 2016).

Para Jakimavičius e Burinskiene (2009), quando todos os impactos são considerados, as estratégias que otimizam viagens, incentivam a redução do uso de veículos particulares, e melhoram o uso do solo para promover a acessibilidade, são geralmente mais sustentáveis. Assim, torna-se necessário o suporte aos gestores locais de cidades médias, por meio do

desenvolvimento e implementação de estratégias de transporte sustentável, inteligente, integrado e acessível (BELLINI *et al.*, 2019; DANIELIS; ROTARIS; MONTE, 2018; ZITO; SALVO, 2011).

Devido a restrições de recursos como tempo e orçamento, os projetos devem ser priorizados quanto a sua viabilidade de implementação, que, incluindo a incerteza do processo decisório, geram um ambiente que implica na tomada de decisão com múltiplos critérios, ou multicritério (PAMUCAR *et al.*, 2020). Na visão de Awasthi e Omrani (2019) a tomada de decisão multicritério pode ser vista tanto como o alicerce para a estruturação de problemas de decisão, quanto o conjunto de métodos para gerar preferências entre alternativas, com a principal vantagem de levar em consideração efeitos conflitantes, multidimensionais, incomensuráveis e incertos das decisões.

Com base nesse cenário, tem-se a seguinte questão de pesquisa: “Como selecionar projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte, sob a perspectiva da inteligência e sustentabilidade, e a partir da avaliação baseada em múltiplos critérios?”.

1.3 Objetivos

Abaixo segue o objetivo geral desta pesquisa, o qual, subsequentemente, se desmembra em três objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um modelo para seleção de projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte, sob a perspectiva da inteligência e da sustentabilidade, a partir de métodos de decisão multicritério.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar os critérios de avaliação envolvidos na seleção de projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte;
- 2) Identificar os principais problemas e projetos de mobilidade aplicáveis a cidades de médio porte;
- 3) Desenvolver e testar um modelo multicritério para seleção de projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte.

1.4 Justificativa

O estudo de Tomaszewska e Florea (2018) indica um aumento no número de estudos relacionados a mobilidade nas cidades, de forma mais acentuada a partir de 2014, o que revela crescimento do interesse pela área de pesquisa. A literatura internacional traz vários estudos que analisam a mobilidade inteligente e sustentável como um fator chave no desempenho das cidades, e propõem indicadores para avaliá-la (AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; MANGIARACINA *et al.*, 2017; PINNA; MASALA; GARAU, 2017; TOMASZEWSKA; FLOREA, 2018).

Shiau e Liu (2013) postulam que a maior parte desses estudos têm se preocupado com o transporte em nível nacional, havendo menos foco em monitorar o desenvolvimento local da mobilidade sustentável. Contudo, é de conhecimento que dificuldades em relação a mobilidade não ocorrem somente em grandes cidades, mas também em contextos mais interiorizados (LOPES; OLIVEIRA, 2017; LOPEZ-CARREIRO; MONZON, 2018). Alguns estudos analisam cidades com porte populacional entre 50 e 100 mil habitantes, no âmbito das cidades inteligentes (DALL’O *et al.*, 2017; IVALDI *et al.*, 2020; LOPES; OLIVEIRA, 2017), porém ainda são insuficientes e precisam ser complementados.

Ademais, conforme explicitado em Costa, Neto e Bertolde (2017) diversos modelos para avaliação da mobilidade urbana têm sido desenvolvidos na literatura nos últimos anos, tendo em vista a compreensão das singularidades de cada região/cidade. O estudo permite verificar que os contextos estudados por pesquisadores são em sua maioria grandes centros e regiões metropolitanas, pois, de 20 trabalhos analisados pelos autores, apenas 3 foram em cidades de menor porte populacional, tendo apenas 1 cidade com menos de 100 mil habitantes. Um dos modelos apontados pelos autores é o IMUS (Índice de Mobilidade Urbana Sustentável) desenvolvido por Costa (2008), e aplicado em diferentes regiões brasileiras (COSTA; NETO; BERTOLDE, 2017).

Identificou-se, a partir da revisão de literatura, que a maioria dos modelos multicritério no âmbito da mobilidade buscam a seleção de projetos, dada a preocupação com o uso dos recursos e atendimento dos prazos estabelecidos (AWASTHI; OMRANI, 2019; JAKIMAVIČIUS; BURINSKIENE, 2009). O modelo proposto nesta pesquisa diferencia-se dos já existentes em três pontos principais: (i) o estudo de projetos de mobilidade no contexto das cidades médias; (ii) uso do modelo linguístico *2-tuple* para o processamento das informações, ao invés dos números *fuzzy*; (iii) a proposição de um conjunto predefinido de

critérios de avaliação, para permitir aos decisores a seleção de um conjunto menor de critérios, mais adequados às alternativas do problema. Desta forma, entende-se que a apreensão do conhecimento tácito dos decisores é mantida, considerando a possibilidade de julgar quais são os critérios que melhor representam as alternativas.

Considera-se que o principal destaque da abordagem adotada é a existência de um conjunto maior e predefinido de critérios de avaliação, permitindo que os decisores do contexto particular selecionem os critérios que julgarem mais adequados para os projetos (alternativas) que serão avaliados. Os critérios que compõem os modelos existentes são, em geral, advindos da literatura e selecionados diretamente pelos pesquisadores, em alguns casos cabendo aos especialistas a atribuição dos pesos, enquanto em outros casos os especialistas participam da seleção dos critérios por meio de grupos de discussão, definindo um conjunto único de critérios (BANDEIRA *et al.*, 2018; CURIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; PAMUCAR *et al.*, 2020; SHIAU; LIU, 2013). Assim, o modelo proposto utiliza critérios validados na literatura, porém mantendo a autonomia dos decisores para selecionar aqueles que melhor satisfazem o problema.

A presente pesquisa possui diversas implicações práticas. Por meio do modelo proposto, os tomadores de decisão podem identificar o projeto mais apropriado, considerando a possibilidade que o projeto tem de atender aos objetivos do planejamento municipal. Segundo, sendo possível conduzir análises de cenários hipotéticos, pode-se determinar em quais critérios os projetos têm melhor pontuação, trazendo maior assertividade à decisão.

Ainda, como as metodologias multicritério envolvem, geralmente, a tomada de decisões em grupo (CURIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; GONZALEZ-URANGO *et al.*, 2020; MACHARIS; BERNARDINI, 2015; MAMELI; MARLETTO, 2014), permite-se que a percepção de várias partes interessadas esteja presente no processo de seleção. Isso resultará na consideração dos requisitos das partes interessadas envolvidas, respeitando assim o interesse de todos (AWASTHI; OMRANI, 2019).

É preciso ponderar que o cenário brasileiro em geral não dispõe de desenvolvimento tecnológico como dos países de primeiro mundo (URBAN SYSTEMS, 2021), e que os atributos das cidades médias são diferentes dos grandes centros (OLIVEIRA; CALIXTO; SOARES, 2017). Logo, tanto os critérios que compõem o modelo quanto os projetos que foram selecionados para sua aplicação, tiveram como base documentos do Plano Municipal e as tecnologias que poderiam ter condições de serem implementadas pelas cidades médias.

No que tange aos aspectos teóricos, a pesquisa agrega à literatura sobre mobilidade urbana, no âmbito das Cidades Inteligentes, destacando o papel das cidades médias para o desenvolvimento regional e nacional. Outrossim, os (potenciais) resultados do estudo proposto

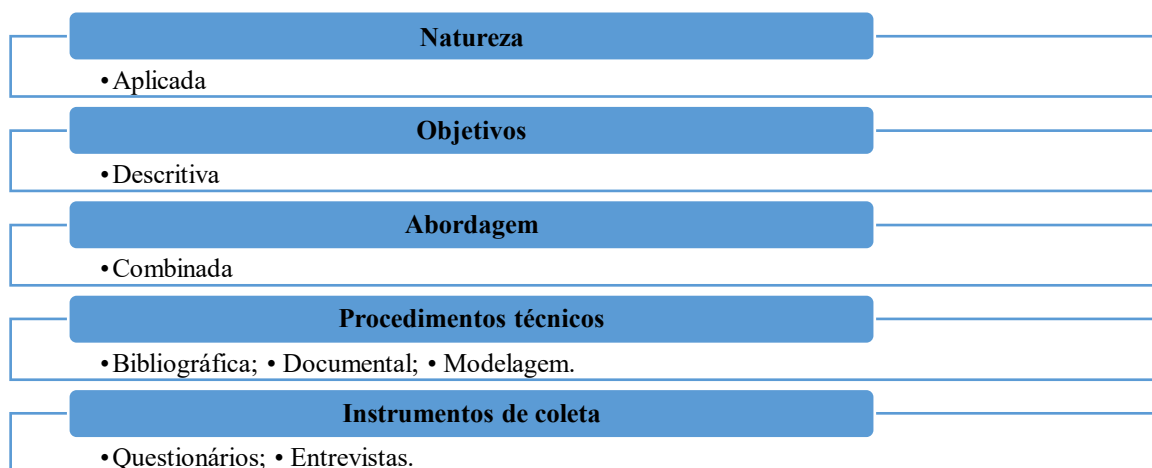
podem ser úteis para cidades com contextos similares, permitindo a utilização de critérios e alternativas que sejam aplicáveis a outras localidades.

Em relação ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, este estudo está atrelado à linha de pesquisa 2, que trata da “Engenharia Organizacional e do Trabalho”. Tendo em vista que esta linha de pesquisa engloba “a gestão das organizações, abrangendo tópicos do planejamento estratégico e operacional, as estratégias de produção e tecnologia, a gestão empreendedora, a avaliação de desempenho organizacional, gestão da inovação e informação” (UTFPR, 2020, s/p), a pesquisa contribui para o desenvolvimento teórico dos aspectos de gestão e estratégia organizacional.

1.5 Classificação da pesquisa

A Figura 1 sintetiza a classificação e enquadramento metodológico desta pesquisa.

Figura 1 - Enquadramento metodológico da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Os objetivos da pesquisa voltam-se para uma abordagem descritiva que, de acordo com Gil (2002), visa a descrição das características de determinado grupo, buscando relacionar as variáveis que contribuem para as condições nas quais esse grupo se encontra, e explicando os fenômenos analisados. A pesquisa se utiliza de uma abordagem combinada, valendo-se de métodos qualitativos para obtenção das informações, e quantitativos para processamento e análise dos resultados. Para Miguel *et al.* (2012, p. 57) “a combinação das abordagens possibilita um entendimento melhor dos problemas de pesquisa que cada uma das abordagens permitiria isoladamente”.

Os procedimentos de execução são bibliográficos (por meio da Revisão Sistemática da Literatura), documentais (pela análise da legislação e Plano Diretor do Município), e modelagem (desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão). As entrevistas e questionários são instrumentos muito utilizados para coleta de dados na área de Engenharia de Produção (MIGUEL *et al.*, 2012). Ainda de acordo com os autores, a entrevista, que pode ser estruturada ou semiestruturada, deve ter seu roteiro construído a partir de um referencial teórico, sem impor a visão do pesquisador sobre o fenômeno, e ser complementada pela análise documental.

Para Gil (2002), a fonte de coleta de dados deve possuir materiais suficientes para oferecer respostas adequadas para a solução do problema que foi proposto, a partir de leituras exploratórias, seletivas e analíticas. Logo, o uso de questionários, entrevistas e dados secundários tornam-se fontes pertinentes para entender o contexto específico no qual um determinado problema está inserido (GIL, 2008).

Outrossim, a caracterização da pesquisa enquanto modelagem se dá em função da utilização de um modelo (neste caso matemático) “para compreender melhor o ambiente em questão, identificar problemas, formular estratégias e oportunidades e apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões” (MIGUEL *et al.*, 2012, p. 170). De acordo com os autores, um modelo é uma representação de determinada situação ou realidade, compreendida por um indivíduo ou grupo, que deve ser suficientemente detalhado para compreender a situação adequadamente, mas, também, abstraí-la de modo que seja possível tratá-la a partir de métodos de análise e resolução conhecidos.

1.6 Estrutura do documento

No Capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica, que inclui as cidades inteligentes e sustentáveis, mobilidade urbana, variáveis linguísticas e os métodos multicritério de apoio à decisão. No terceiro capítulo serão detalhados os procedimentos metodológicos. O capítulo 4 dispõe os resultados da construção e aplicação do modelo, enquanto o capítulo 5 discute os resultados à luz da literatura. O capítulo 6 traz as considerações finais do estudo.

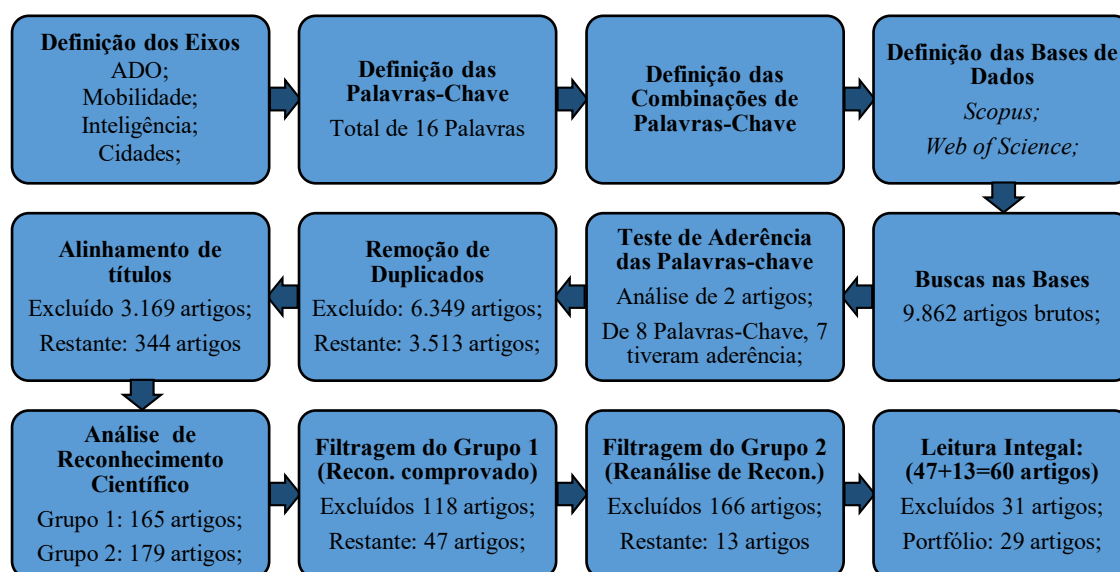
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A parte inicial deste capítulo será dedicada à apresentação da Revisão Sistemática da Literatura realizada para obter o portfólio bibliográfico de artigos. Segue-se com a explicação de como as Cidades Inteligentes podem contribuir para o desenvolvimento sustentável e para a melhoria das condições de vida da população. Em seguida, será dada ênfase aos aspectos da mobilidade urbana nas cidades de médio porte. A terceira parte irá destacar a importância do uso de variáveis linguísticas para a obtenção de informações qualitativas. Por fim, demonstrase como a utilização de modelos multicritério pode contribuir para a melhoria da tomada de decisão no contexto da mobilidade urbana em cidades inteligentes.

2.1 Procedimentos de revisão bibliográfica

Enquanto bibliografia, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), utilizando o instrumento de intervenção *Proknow-C* (*Knowledge Development Process - Constructivist*). O *Proknow-C* se materializa em uma sequência de procedimentos que vão desde a definição de eixos e mecanismos de busca de artigos, passando por uma série de etapas pré-estabelecidas, para alcançar as fases de filtragem e seleção final do Portfólio Bibliográfico relevante sobre um tema de pesquisa (AFONSO *et al.*, 2011; ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013). A Figura 2 apresenta o processo de seleção do Portfólio Bibliográfico, conforme as etapas do *Proknow-C*, com as definições e resultados obtidos em cada fase.

Figura 2 - Processo para seleção do Portfólio Bibliográfico conforme o Proknow-C



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Ensslin, Ensslin e Pinto (2013).

A pergunta que norteou o desenvolvimento da RSL foi “Como se avalia a mobilidade urbana em cidades consideradas inteligentes?”. Exemplos de cidades que são consideradas inteligentes, e que desenvolvem políticas públicas direcionadas para isto, são: Ottawa, Quebec, San Diego, San Francisco, Curitiba, Barcelona, Amsterdam, Berlin, Manchester, Edimburgo, Pequim, Xangai, Shenzhen, entre outras (ALBINO; BERARDI; DANGELICO, 2015).

Foram definidos quatro eixos para esta pesquisa, com suas respectivas palavras-chave, considerando que se desejava conhecer a literatura a respeito da avaliação da mobilidade em cidades inteligentes. O primeiro eixo definido foi da Avaliação de Desempenho Organizacional (ADO), o segundo tratou da mobilidade, enquanto o terceiro eixo se relacionou à inteligência, e o último foi dedicado às cidades, que são o contexto específico analisado. O Quadro 1 apresenta os quatro eixos de pesquisa e suas palavras-chave.

Quadro 1 – Eixos de pesquisa e palavras-chave relacionadas

Eixo 1 - ADO	Eixo 2 - Mobilidade	Eixo 3 - Inteligência	Eixo 4 - Cidades
<i>Measurement</i>	<i>Mobility</i>	<i>Smart</i>	<i>Cities</i>
<i>Assessment</i>	<i>Transport</i>	<i>Digital</i>	<i>Urban</i>
<i>Evaluation</i>	<i>Transit</i>	<i>Intelligent</i>	<i>Communities</i>
<i>Performance</i>	<i>Accessibility</i>	<i>Sustainable</i>	
<i>Measures</i>			

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

As palavras-chave foram definidas após diversas buscas em artigos selecionados inicialmente pelo método bola de neve, que foram combinadas em várias rodadas, de modo a selecionar os termos mais adequados para o tema. Foram elencadas as bases de dados *Scopus* e *Web of Science* para consulta, considerando que ambas são multidisciplinares e contam com diversos periódicos indexados, permitindo uma busca ampla, porém alinhada aos interesses.

A combinação e aplicação das palavras-chave nas bases de dados, utilizando os operadores booleanos *AND* e *OR*, resultou em 9.862 artigos brutos do portfólio. O teste de aderência constatou que, de 8 palavras-chave utilizadas em dois artigos (escolhidos por alinhamento ao tema), 7 delas haviam sido empregadas nos eixos de busca. Considerando que houve alinhamento de praticamente todas as palavras-chave utilizadas, não foram incorporados novos termos.

Após a remoção dos duplicados, com uso do *software* de gerenciamento bibliográfico Mendeley, restaram 3.513 artigos para serem analisados. Foi realizada a leitura de títulos, onde eliminou-se 3.169 artigos, restando 344 para análise de reconhecimento científico. Os critérios para seleção nesta etapa foram: (i) deveria estar relacionado diretamente aos eixos 2 e 4, ao mesmo tempo; (ii) não deveria ser tecnicista (ex. protótipos); e (iii) deveria ser de áreas correlatas ao tema (foram excluídos artigos das áreas de saúde, física, química e afins).

Para a análise de reconhecimento científico foram distinguidos dois grupos, com base no número de citações que cada artigo possuía no Google Acadêmico até julho de 2020. O primeiro grupo teve 165 artigos que representavam 95,46% do total de citações, e o segundo com 179 artigos para reanálise de potencial. O resultado foi a leitura de resumos e seleção de 47 artigos com reconhecimento científico comprovado, e 13 por meio da reanálise, restando 60 estudos para a leitura integral. Foram utilizados os seguintes critérios de seleção: (i) deveria estar relacionado diretamente aos eixos 2, 3 e 4, ao mesmo tempo; (ii) deveria propor uma estrutura de indicadores de avaliação da mobilidade; e (iii) não deveria avaliar, unicamente, aspectos específicos como barulho, poluição ou distância entre locais.

Foi realizada a leitura integral, baseada no critério de que o artigo deveria apresentar um modelo, ou conjunto de dimensões e critérios utilizados para a avaliação da mobilidade urbana, sob a perspectiva das cidades inteligentes e sustentáveis. O portfólio final da pesquisa, após a leitura integral, ficou composto por 29 artigos, os quais são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Artigos selecionados para o Portfólio Bibliográfico

Citações	Título	Ano
187	<i>A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning</i>	2012
85	<i>Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies</i>	2013
71	<i>Transport sustainability index: Melbourne case study</i>	2014
66	<i>Toward an urban transport sustainability index: An European comparison</i>	2011
61	<i>Assessment of Vilnius city development scenarios based on transport system modelling and multicriteria analysis</i>	2009
53	<i>Multi-criteria analysis procedure for sustainable mobility evaluation in urban areas</i>	2009
45	<i>A goal-oriented approach based on fuzzy axiomatic design for sustainable mobility project selection</i>	2019
36	<i>Urban policies and mobility trends in Italian smart cities</i>	2017
33	<i>Sustainability indicators in assessing urban transport systems</i>	2015
32	<i>A participative procedure to select indicators of policies for sustainable urban mobility. Outcomes of a national test</i>	2012
31	<i>Analyzing the sustainability performance of public transit</i>	2016
30	<i>A hybrid approach based on AHP and belief theory for evaluating sustainable transportation solutions</i>	2009
26	<i>A fuzzy multi-criteria model for evaluating sustainable urban freight transportation operations</i>	2018
26	<i>Prioritization by consensus of enhancements for sustainable mobility in urban areas</i>	2016
25	<i>Evaluating sustainability and innovation of mobility patterns in Spanish cities. Analysis by size and urban typology</i>	2018
17	<i>Investigating ideal-solution based multicriteria decision making techniques for sustainability evaluation of urban mobility projects</i>	2018
15	<i>Sustainable mobility indicators for Indian cities: Selection methodology and application</i>	2017
14	<i>An indicator approach to sustainable urban freight transport</i>	2018
14	<i>Multiple-criteria decision-making tool for local governments to evaluate the global and local sustainability of transportation systems in Urban Areas: Case study</i>	2018
12	<i>Development of a tool to assess urban transport sustainability: The case of Swedish cities</i>	2016
11	<i>Can National Survey Data be Used to Select a Core Set of Sustainability Indicators for Monitoring Urban Mobility Policies?</i>	2014
11	<i>Composite indicators of sustainable urban mobility: Estimating the rankings frequency distribution combining multiple methodologies</i>	2018
7	<i>Smart Cities Concept: Smart Mobility Indicator</i>	2019
5	<i>A fuzzy Full Consistency Method-Dombi-Bonferroni model for prioritizing transportation demand management measures</i>	2020
3	<i>An overview of indicators and indices used for urban mobility assessment</i>	2019
1	<i>Urban mobility performance indicators: A bibliometric analysis</i>	2019
0	<i>A framework for the sustainability assessment of (Micro)transit systems</i>	2019
0	<i>Planning for Pedestrians with a Participatory Multicriteria Approach</i>	2020
0	<i>The application of smart urban mobility strategies and initiatives: Application to Beijing</i>	2019

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

A seguir são apresentados os conceitos que fundamentam a pesquisa, os quais foram extraídos dos artigos do portfólio, de outros artigos obtidos nas referências do portfólio, bem como de estudos que balizam a área de pesquisa.

2.2 Cidades inteligentes e sustentáveis

O debate acerca do termo “cidades inteligentes” iniciou na década de 1990, e seu papel para o desenvolvimento sustentável vem ganhando cada vez mais importância na literatura (HAMMI *et al.*, 2017). Alavi *et al.* (2018) e Bibri (2018) mencionam que o estudo conduzido por Giffinger *et al.* (2007) apresenta uma das visões mais aceitas na literatura, na qual a construção das cidades se dá pelo uso de TIC para monitoramento e controle de seis grandes áreas: economia, capital humano, governança, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida.

Apesar de não haver consenso na literatura em relação ao termo, nota-se que as duas vertentes mais presentes são voltadas para a aplicação das TIC, e em relação ao bem-estar e qualidade de vida da população (HAMMI *et al.*, 2017; ORLOWSKI; ROMANOWSKA, 2019). Albino, Berardi e Dangelico (2015) analisam 23 definições de diferentes autores e esclarecem que, apesar de abordagens distintas, o conceito de cidade inteligente não se limita à difusão das TIC, mas contempla as necessidades das pessoas e da comunidade.

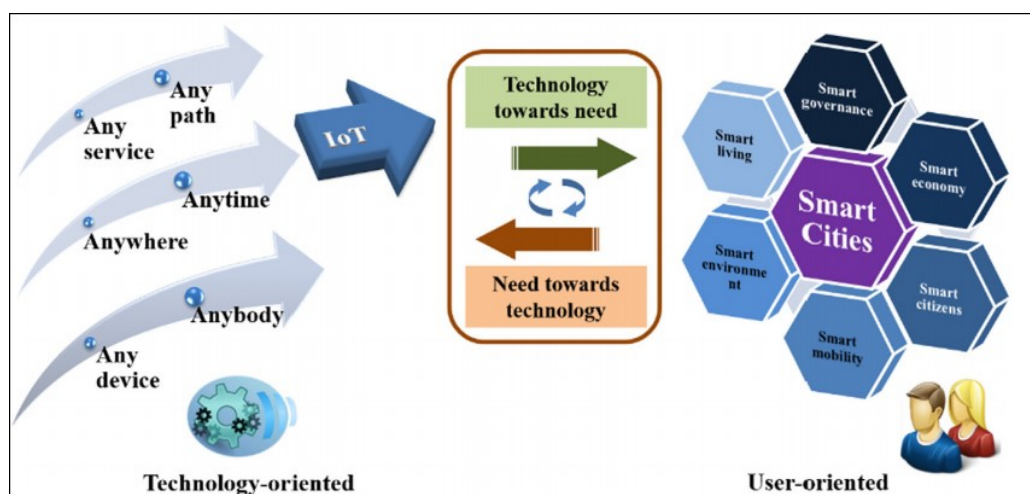
Para Rashid *et al.* (2017), para além da utilização de vários sensores e TIC no espaço urbano, é preciso garantir a inclusão de todo e qualquer cidadão, independentemente de suas condições e limitações. Com isso, o objetivo essencial de uma cidade inteligente é utilizar os recursos disponíveis para promover serviços públicos eficientes e com maior qualidade (SILVA; KHAN; HAN, 2017).

A cidade inteligente deve buscar a criação de ambientes urbanos mais inclusivos, eficientes e sustentáveis, em um sistema integrado onde a valorização do capital humano e social fomenta o crescimento econômico, com uma gestão adequada dos recursos (LOPEZ-CARREIRO; MONZON, 2018). Os recursos são investidos para solucionar questões críticas e cotidianas, como gestão do crime, educação, energia, meio ambiente, saúde, transporte público, emprego, gestão de resíduos e o uso estratégico dos espaços da cidade (ALAVI *et al.*, 2018).

Albino, Berardi e Dangelico (2015) e Tomaszewska e Florea (2018) mencionam que, apesar de haver diversas denominações para as cidades inteligentes (como *Digital, Intelligent, Virtual, Ubiquitous, e Knowledge city*) as características comuns são de uma rede que permite a eficiência política e o desenvolvimento social e cultural, para a promoção do crescimento urbano e inclusão social tendo o meio ambiente natural como componente estratégico para o futuro. Isso leva a uma nova concepção do espaço urbano e das relações entre os indivíduos, em decorrência do avanço tecnológico e da proximidade entre os mundos físico e digital (LOPES; OLIVEIRA, 2017).

A estrutura proposta por Alavi *et al.* (2018), como demonstrado na Figura 3, representa essa relação entre a vertente mais “*hard*” ou tecnológica, e a mais “*soft*” ou ligada às pessoas. Por um lado as TIC suportam o desenvolvimento e criam novas demandas nos usuários, a partir de uma visão orientada para a Internet das Coisas, enquanto, por outro lado, a orientação para as pessoas é vista como parte central, direcionando a concepção de novas tecnologias para suprir as necessidades dos usuários.

Figura 3 - Principais componentes na estrutura das cidades inteligentes



Fonte: Alavi *et al.* (2018)

O rápido crescimento da urbanização trouxe, por um lado, uma modernização na vida de muitas pessoas (principalmente em países desenvolvidos), e por outro produziu grandes desafios, como congestionamento de tráfego, poluição e consumo de energia (PAMUCAR *et al.*, 2020). Isso exigiu que muitas cidades, mesmo em países centrais, iniciassem esforços de reconstrução, renovação e suburbanização (ANSARI; MEHROTRA, 2019). De acordo com Junior *et al.* (2018) essa transformação estabelece uma análise das cidades inteligentes como um todo orgânico, do qual fazem parte as redes de relacionamentos, processos e dados, habilitando uma gestão que prioriza o envolvimento estratégico dos *stakeholders*.

Entendendo que, nas seis dimensões das cidades inteligentes mencionadas na Figura 3, as TIC são fundamentais, organizações como IBM e Cisco realizam investimentos de milhões de dólares para incubar tecnologias nessas iniciativas (ANSARI; MEHROTRA, 2019). Pinna, Masala e Garau (2017) revelam como diversas cidades na Itália, como Florença, Bari, Lecce e Cagliari, que fazem parte de projetos para desenvolvimento mais sustentável, tiveram melhorias significativas em relação à mobilidade, por meio de investimentos tecnológicos em ciclovias, compartilhamento de veículos, acessibilidade e transporte público.

Sanchez *et al.* (2014) apresentam diversos resultados obtidos na implementação do projeto *SmartSantander*, que visa a aplicação experimental de várias tecnologias na cidade europeia de Santander (Espanha). Uma das aplicações consiste no sensoriamento participativo, onde os telefones celulares são usados como sensores, alimentando dados físicos capturados, como coordenadas GPS, direção (bússola) e dados ambientais como ruído ou temperatura.

No Brasil, de acordo com o *Ranking Connected Smart Cities 2021*, a cidade de São Paulo (SP) é considerada a mais inteligente do país, seguida por Florianópolis (SC), Curitiba (PR), Brasília (DF) e Vitória (ES) (URBAN SYSTEMS, 2021). Miranda e Da Silva (2012) analisam o complexo de mobilidade na cidade de Curitiba, reconhecida mundialmente como referência em planejamento urbano e de transportes, pela associação do uso do solo e hierarquia das vias visando uma demanda consistente de transporte público. Os autores concluem que, apesar de não ser um modelo perfeito de mobilidade sustentável, Curitiba consegue gerenciar melhor seus problemas investindo em infraestrutura, aspectos sociais e planejamento integrado.

Para esta pesquisa, o conceito de cidades inteligentes será entendido sob a perspectiva de Bibri (2018), o qual sugere o termo mais lato "Cidades Inteligentes e Sustentáveis" (CIS). Apesar de não possuir uma definição universal, descreve uma cidade apoiada pela presença e uso amplo de TIC avançada e domínios urbanos inter-relacionados, que permitem o controle dos recursos disponíveis de forma segura, sustentável e eficiente para melhorar os resultados econômicos e sociais (BIBRI, 2018).

Baseado na afirmativa de Bandeira *et al.* (2018), de que a mobilidade é um dos componentes que promove o desenvolvimento da inteligência nas cidades, o capítulo seguinte se ocupará em demonstrar as definições relacionadas a esta área e como ela pode se traduzir em benefícios para as condições de vida da população.

2.3 Mobilidade urbana em cidades inteligentes e sustentáveis

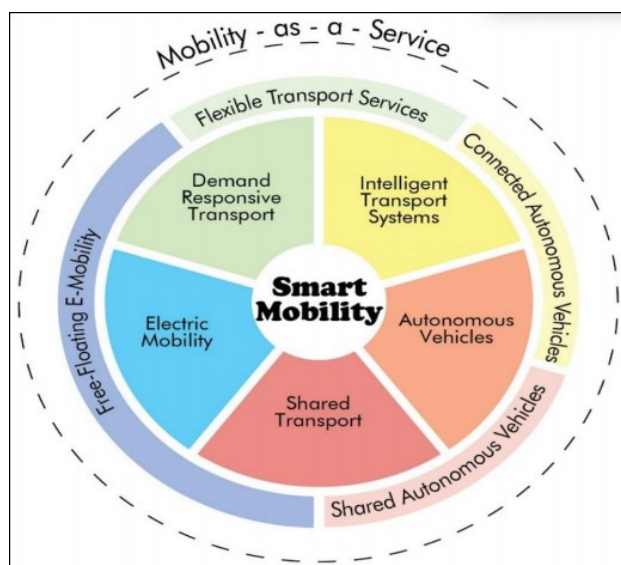
A mobilidade urbana é uma área de estudo que vem crescendo ao longo dos anos, dada a sua relevância para o contexto das cidades (BRAGA *et al.*, 2019; TOMASZEWSKA; FLOREA, 2018). Há autores, como Orłowski e Romanowska (2019), que defendem que a forma mais direta para se observar o nível de desenvolvimento de uma cidade inteligente é sob a ótica da mobilidade, argumentando que todo morador ou visitante possui contato constante com ela. Como esses indivíduos se deslocam para as mais diversas atividades, geram uma rede que engloba distribuidores, motoristas, passageiros, pedestres, ciclistas e demais usuários, e que

implica na construção de uma estrutura espacial interconectada (VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019).

Assim como as demais 5 dimensões citadas por Giffinger *et al.* (2007), a influência da mobilidade também impacta temas sociais, políticos, econômicos e ambientais (SILVA *et al.*, 2015). Com isso, para Braga *et al.* (2019) e Cavalcanti *et al.* (2017), o conceito de mobilidade urbana combina as características de todos os modos de transporte dentro de um sistema urbano e sua relação com o uso do solo, qualidade ambiental, planejamento urbano e tecnológico. Com a evolução das TIC e da urbanização a mobilidade passou não ser mais entendida, unicamente, em relação ao deslocamento físico, mas, também, pela integração entre pessoas, produtos e informações (ORLOWSKI; ROMANOWSKA, 2019).

Butler, Yigitcanlar e Paz (2020) fornecem um esboço conceitual para compreender as relações entre as várias inovações emergentes de mobilidade inteligente na literatura, conforme a Figura 4. A estrutura incorpora elementos de mobilidade compartilhada, veículos elétricos, sistemas de transporte sob demanda e veículos autônomos, os quais são possibilitados pelas tecnologias de transporte inteligente, e funcionam em tempo real. No âmbito mais ampliado tem-se a MaaS (*Mobility as a Service*), um conceito abrangente que integra e oferta todos esses serviços por meio de uma única plataforma online ou aplicativo (BUTLER; YIGITCANLAR; PAZ, 2020).

Figura 4 - Estrutura conceitual das inovações na mobilidade inteligente



Fonte: Butler, Yigitcanlar e Paz (2020, p. 8).

Para Peprah, Amponsah e Oduro (2019) e Farooq *et al.* (2019), os objetivos da mobilidade inteligente são muitos, mas os mais importantes podem ser divididos em seis

categorias: redução da poluição do ar, redução da poluição sonora, do congestionamento de tráfego, aumento da segurança, melhoria da velocidade de viagem e redução dos custos de transferência. Ainda para os autores, a mobilidade inteligente divide-se em três categorias, sendo: a mobilidade das pessoas, mobilidade logística (negócios e produtos), e mobilidade da informação (informações sobre o sistema de transporte urbano em tempo real).

Gonzalez-Urango *et al.* (2020) trazem uma lista de *stakeholders* que devem ser considerados, para obter uma visão mais ampla do processo decisório. Para eles, os grupos de atores essenciais para a mobilidade são a administração pública, autoridades locais, membros da academia, sociedade civil, setor privado e trabalhadores informais. De acordo com os autores, há quatro grupos principais de fatores que afetam a mobilidade, sob a ótica dos *stakeholders* consultados: conectividade entre as regiões da cidade, objetivos/funções dos espaços urbanos construídos, características e elementos das opções de rotas, e percepção de conforto e segurança no trajeto (GONZALEZ-URANGO *et al.*, 2020).

Nota-se que alguns autores utilizam os termos “transporte” e “mobilidade” como sinônimos (BUZÁSI; CSETE, 2015; DANIELIS; ROTARIS; MONTE, 2018; FAROOQ *et al.*, 2019; JAIN; TIWARI, 2017; PINNA; MASALA; GARAU, 2017), enquanto outros consideram que a “mobilidade” é um termo mais amplo que inclui o “transporte” (ORLOWSKI; ROMANOWSKA, 2019; REISI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015; VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019; ZITO; SALVO, 2011). Para os defensores da segunda linha de pensamento, a mobilidade representa um aspecto amplo que não se refere somente ao movimento físico/real, mas também ao potencial de movimento, isto é, o contexto espacial, econômico e social do movimento (VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019).

Todavia, conforme demonstrado por Braga *et al.* (2019) a diferença entre o uso dos termos transporte e mobilidade pode ser explicado pela mudança de perspectiva da pesquisa ao longo dos anos. Segundo os autores, os primeiros estudos da área tratavam da acessibilidade e aspectos econômicos, que mais tarde incluíram questões sociais e ambientais do meio urbano, passando para uma visão integrada de aspectos políticos e de planejamento, e, mais recentemente, a inclusão da tecnologia como fomentadora da mobilidade inteligente. Logo, o uso do termo “transporte” é mais recorrente considerando todo o período do campo de estudo, mas a mobilidade (inteligente) vêm se tornando uma tendência nos últimos anos, em conjunto com as cidades inteligentes (BRAGA *et al.*, 2019; TOMASZEWSKA; FLOREA, 2018).

Do mesmo modo que as CIS, Mameli e Marletto (2014) expõem que os termos “mobilidade urbana sustentável” e “mobilidade urbana inteligente” não possuem significados unânimes. Percebe-se que há tendência de duas vertentes para o uso das denominações

“inteligente” ou “sustentável”, sendo que a primeira está mais relacionada ao uso extensivo das TIC nas inúmeras áreas do transporte (BENEVOLO; DAMERI; D’AURIA, 2016; FAROOQ *et al.*, 2019; PEPRAH; AMPONSAH; ODURO, 2019; PINNA; MASALA; GARAU, 2017), enquanto a segunda prioriza aspectos sociais, ambientais e econômicos (AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; CAMPOS; RAMOS; DE MIRANDA E SILVA CORREIA, 2009; CUIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; DANIELIS; ROTARIS; MONTE, 2018; REISI *et al.*, 2014).

Contudo, analisando-se o contexto urbano como uma estrutura orgânica e indissociável, Pinna, Masala e Garau (2017) afirmam que a mobilidade não pode ser considerada inteligente se não for sustentável, pois a inteligência pressupõe um sistema integrado composto por vários projetos e ações, todos voltados para a sustentabilidade. Nessa estrutura, a inovação tecnológica é gerenciada para apoiar os sistemas de transporte em direção a uma perspectiva sustentável (LOPEZ-CARREIRO; MONZON, 2018).

Miranda e Da Silva (2012) pontuam que é difícil separar os objetivos de qualidade de vida e mobilidade sustentável, dada a conjuntura onde ocorrem as decisões do planejamento urbano. Como consequência, Silva *et al.* (2015) entendem que todas as cidades devem buscar estratégias e promover padrões de mobilidade mais sustentáveis, por mais que várias dessas questões sejam fortemente dependentes do contexto.

Tal qual ocorre na concepção do desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade dos sistemas de transporte caracteriza-se pelo atendimento concomitante das dimensões social, ambiental e econômica (DANIELIS; ROTARIS; MONTE, 2018; REISI *et al.*, 2014). Assim, Campos, Ramos, e De Miranda e Silva Correia (2009) acreditam que ela deve ser alcançada pela promoção da igualdade no transporte, com acessibilidade a todas as atividades na área urbana, e pela redução do consumo de energia, visando um sistema de transporte mais eficiente.

A gestão da inovação tecnológica direcionada à sustentabilidade é um aspecto fundamental para o desenvolvimento inteligente das áreas urbanas (LOPEZ-CARREIRO; MONZON, 2018; PINNA; MASALA; GARAU, 2017). Desta forma, Benevolo, Dameri e D’Auria (2016), após a análise de múltiplas iniciativas de cidades inteligentes, identificaram três fases principais na implementação das TIC na estrutura das cidades. Na fase inicial as ações não são coordenadas espacialmente, abrangendo pequenas porções da área urbana e com pouca replicabilidade. Na segunda fase os projetos-piloto são mais estruturados, compostos por planos de mobilidade integrados, com medição de benefícios e impactos negativos. Por fim, na fase de maturidade, o sistema de mobilidade é complexo e integrado, com as TIC coletando, processando e compartilhando dados, informações e conhecimentos (BENEVOLO; DAMERI; D’AURIA, 2016).

O planejamento rumo a mobilidade inteligente e sustentável requer a avaliação de vários aspectos para identificar problemas, estudar tendências e propor estratégias (JAIN; TIWARI, 2017). Por isso, Zito e Salvo (2011) colocam que esse processo requer um pensamento claro e inovador sobre o futuro da cidade no que tange: à realidade atual (o que já está lá), o desejo (o que espera-se que seja), e o papel que o transporte pode (e deve) desempenhar para criar cidades mais sustentáveis.

Butler, Yigitcanlar e Paz (2020) entendem que a mobilidade inteligente possui potencial para mitigar vários problemas atualmente enfrentados nas cidades, como aspectos de estrutura física, econômicos, espaciais, psicológicos, temporais ou de informação (Figura 5). Para os autores essas lacunas podem ser sanadas por meio de investimentos em acessibilidade, gestão eficiente dos recursos, aumento da cobertura da rede de transporte, flexibilidade de rotas e horários do transporte público, aumento da segurança para os usuários, integração dos serviços por meio de TIC e disponibilização de dados aos usuários e tomadores de decisão.

Figura 5 - Relações entre problemas do transporte e benefícios da mobilidade inteligente



Fonte: Butler, Yigitcanlar e Paz (2020, p. 15).

Para esta pesquisa os termos transporte e mobilidade serão tratados como sinônimos, entendendo-os a partir da visão de Braga *et al.* (2019) e Cavalcanti *et al.* (2017), como todos os modais presentes no sistema de transporte urbano e as relações decorrentes do uso do solo, qualidade ambiental, planejamento urbano e tecnológico. O conceito de mobilidade inteligente será utilizado para se referir tanto aos aspectos tecnológicos quanto sustentáveis, apoiado na concepção de Pinna, Masala e Garau (2017) de uma estrutura orgânica e indissociável.

Para se alcançar a mobilidade inteligente Peprah, Amponsah e Oduro (2019) mencionam que é preciso ações de replanejamento urbano, subsídios para adoção de tecnologias, transporte não motorizado e do espaço para pedestres. Tendo em vista a complexidade envolvida na seleção dos projetos de mobilidade mais adequados para a serem implementados, os métodos multicritério se apresentam como uma forma de modelar a incerteza e ponderar critérios tangíveis e intangíveis (AWASTHI; OMRANI, 2019; CURIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; PAMUCAR *et al.*, 2020).

A seguir apresenta-se o modelo computacional linguístico *2-tuple*, destacando a importância do uso de variáveis linguísticas para a obtenção de informações qualitativas.

2.4 Variáveis linguísticas e o modelo *2-tuple*

Nem sempre é possível obter informações acerca de um problema na forma numérica, especialmente quando relacionadas a aspectos subjetivos. Para lidar com essa dificuldade são utilizadas variáveis linguísticas que, na definição de Zadeh (1975), são variáveis cujos valores são expressados em palavras ou frases, em uma linguagem natural ou artificial. Segundo o autor, o uso de variáveis linguísticas é um meio possível de caracterizar fenômenos complexos que não são passíveis de serem descritos em termos quantitativos convencionais.

Uma variável linguística é caracterizada por um quintuplo, dado por $\{X, T(X), U, G, M\}$, onde: X é o nome da variável; $T(X)$ é o conjunto de termos linguísticos; U é o universo de discurso, o intervalo avaliação; G é uma gramática para gerar os termos; e M é uma regra semântica que associa a cada valor linguístico X seu significado (ZADEH, 1975).

Roghianian, Rahimi e Ansari (2010) postulam que é mais adequado o uso de avaliações linguísticas ao invés de números, visto que os julgamentos humanos que incluem preferências são frequentemente vagos e complexos para serem estimados por um valor numérico exato. Em consonância, para Wei (2010) a tomada de decisão com informações linguísticas é uma tarefa comum enfrentada por muitos gestores, principalmente nos problemas de decisão em grupo, em que as informações sobre os atributos não são totalmente conhecidas. Ainda, Malhotra e Gupta (2020) afirmam que especialistas geralmente preferem expressar suas preferências em uma linguagem natural, resultando em uma coleta de informações mais rica, e na captação dos diferentes níveis de conhecimento e experiência relacionados ao problema.

Há diversos modelos utilizados para processamento de informações com incerteza, incluindo os conjuntos *fuzzy* e modelo *2-tuple* (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). O modelo linguístico *2-tuple* foi criado por Herrera e Martínez (2000) para superar a limitação de

perda de informações e falta de precisão presente em métodos anteriores, como na lógica *fuzzy*. O modelo *2-tuple* representa a informação linguística com um par de valores, composto por um termo linguístico e um número, podendo expressar qualquer contagem de informações em um universo de discurso (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000).

Segundo Herrera e Martínez (2000), seja $S = \{S_0, \dots, S_g\}$ um conjunto linguístico definido, e $\beta \in [0, g]$ um valor que apoia o resultado de uma operação de agregação simbólica, uma variável linguística *2-tuple* expressa a informação equivalente à β é obtida da seguinte forma:

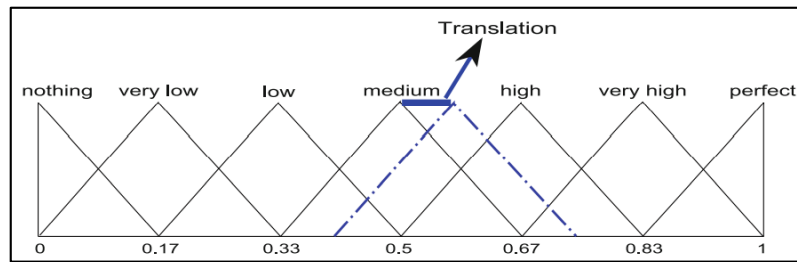
- $\Delta: [0, g] \rightarrow S$
 $S_i, i = \text{arredondamento inteiro } (\beta)$
- $\Delta(\beta) = (S_i, \alpha)$, com
 $\alpha = \beta - i, \alpha \in [-0,5, 0,5)$
- $\Delta^{-1} = (S_i, \alpha) = i + \alpha$

Desta forma, tem-se o par de valores *2-tuple* (S, α) , em que S é um termo linguístico e α é um valor numérico que representa a tradução simbólica, podendo o valor de α ser expressado no intervalo $[-0,5, 0,5)$. Assim, um exemplo de escala avaliada por $S = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$, que obtém um resultado $\beta = 2,8$, é representado na forma *2-tuple* por $\Delta(2,8) = (S_3, -0,2)$ (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000, p. 750).

Com o uso da tradução simbólica, o modelo *2-tuple* busca superar a perda de informação presente nos processos de normalização de modelos anteriores, suportando a diferença de informação que decorre da unificação dos julgamentos qualitativos (HERRERA; MARTÍNEZ, 2001). Com isso, Wei (2010) afirma que a principal vantagem apresentada por esse modelo de computação com palavras é preservar a incerteza das avaliações. Malhotra e Gupta (2020) evidenciam que o modelo linguístico *2-tuple* é mais proeminente do que outros modelos computacionais existentes, especialmente devido a melhoria na precisão dos resultados, e facilidade nos processos de computação com palavras.

A Figura 6 traz a representação gráfica da lógica existente no modelo linguístico *2-tuple*. Como a intenção é preservar as informações decorrentes dos julgamentos qualitativos, o modelo representa a tradução do termo linguístico obtido no julgamento, trazendo-o para o termo mais próximo no conjunto de termos linguísticos inicial (MARTÍNEZ; RODRIGUEZ; HERRERA, 2015).

Figura 6 - Tradução simbólica e representação linguística fuzzy 2-tuple



Fonte: Martínez, Rodriguez e Herrera (2015, p. 24).

As etapas para resolver o problema de decisão, recomendadas por Herrera e Martínez (2001, p. 232), dividem-se em 2 momentos: agregação e exploração.

- 1 Agregação: “As informações são combinadas para obter valores de preferência coletiva para cada alternativa” (HERRERA; MARTÍNEZ, 2001, p. 232). A agregação se divide em dois momentos:

(a) normalização/unificação das escalas (somente quando os julgamentos forem obtidos a partir de escalas diferentes), dada pela Equação 1:

$$TF_t^{t'}(S^{n(t)}, a^{n(t)}) = \Delta \left(\frac{\Delta^{-1}(S_i^{n(t)}, a^{n(t)}) \cdot (n(t') - 1)}{n(t) - 1} \right) \quad (1)$$

Em que:

- $n(t')$ = granularidade (número variáveis) do conjunto linguístico (hierarquia linguística) de unificação;
- $n(t)$ = granularidade do conjunto linguístico original.

(b) agregação dos resultados dos julgamentos obtidos, utilizando-se, comumente, a média aritmética, conforme Equação 2.

$$(r_{ij}, a_{ij}) = \Delta \left(\frac{1}{t} \sum_{k=1}^t \Delta^{-1}(r_{ij}, a_{ij}) \right), i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

- 2 Exploração: “Os valores de preferência coletiva são ordenados de acordo com um determinado critério e o conjunto de soluções é composto pela(s) melhor(es) alternativa(s)” (HERRERA; MARTÍNEZ, 2001, p. 233).

O próximo capítulo discorre sobre os métodos multicritério na tomada de decisão, com ênfase no seu uso na mobilidade urbana.

2.5 Métodos multicritério e mobilidade urbana

Tendo em conta os múltiplos fatores envolvidos na análise de projetos de mobilidade urbana, sua avaliação deve ser realizada por meio de abordagens multidimensionais, que sejam capazes de abranger múltiplas variáveis. Na área de Engenharia de Produção, a tomada de decisão multicritério (MCDM – *Multiple-Criteria Decision-Making*) é amplamente utilizada como ferramenta de pesquisa, para avaliação e apoio à gestão (DA SILVA *et al.*, 2020; MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015).

Nas abordagens baseadas em decisão multicritério, as alternativas que se deseja escolher são avaliadas em relação a vários critérios ponderados, analisando-se o desempenho de cada alternativa para fazer a escolha mais adequada aos objetivos (AWASTHI; CHAUHAN, 2012; JAHAN; EDWARDS, 2015). Conforme Mendoza e Martins (2006, p. 1) as três dimensões que compõem ou caracterizam a Decisão Multicritério compreendem “(1) a abordagem formal, (2) a presença de múltiplos critérios e (3) que as decisões são tomadas por indivíduos ou grupos de indivíduos”.

Algumas definições apresentadas por Roy (1996) e Hwang e Yoon (1981) são pertinentes para o entendimento das abordagens multicritério, sendo elas:

- Modelo: é um esquema que, baseado em um conjunto de regras e operações matemáticas, representa uma classe de fenômenos, e permite transformar as preferências e opiniões dos decisores em um resultado quantitativo.
- Decisor ou Tomador de Decisão: é o indivíduo que expressa suas preferências e faz escolhas, sem excluir as opiniões, estratégias ou preferências das outras partes interessadas.
- Analista: geralmente um especialista, cujo papel é interpretar e quantificar as opiniões dos decisores, tornar o modelo explícito, e apresentar os resultados para a tomada de decisão.
- Alternativas: conjunto finito (discreto) de soluções possíveis para um problema, que foram predeterminadas pelo decisor ou analista, com base no nível de alcance dos objetivos.

- Critérios: são medidas de eficácia que servem como base para avaliação das alternativas, permitindo a sua comparação. Apresentam-se na forma volume, preço, quantidade, entre outros. A cada critério é associado um sentido de preferência: de benefício (quanto maior, melhor), ou de custo (quanto menor, melhor).
- Pesos: representam a importância relativa de cada critério. Conforme as preferências do decisor, alguns critérios possuem maior importância que outros.

Conforme demonstrado por Ho e Ma (2018) e Mardani, Jusoh e Zavadskas (2015), os métodos multicritério podem ser aplicados às mais variadas áreas de estudo, tais como manufatura, indústria siderúrgica, automotiva, têxtil, seleção de materiais, telecomunicações, setor de alimentos, avaliação de desempenho e mobilidade. Alguns dos métodos multicritério utilizados na avaliação da mobilidade urbana são *AHP (Analytic Hierarchy Process)*, *TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)*, *VIKOR (em sérvio, VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)*, e *DEMATEL (Decision making trial and evaluation laboratory)* (AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; FAROOQ *et al.*, 2019).

Além desses métodos, considerados como convencionais, há também suas variações por meio do processamento de informações qualitativas na forma de números *fuzzy* (difusos) e modelo computacional linguístico *2-tuple* (SETTI *et al.*, 2019). Segundo Mardani, Jusoh e Zavadskas (2015) esses métodos se utilizam de números *fuzzy* e variáveis linguísticas para processar informações qualitativas e com incertezas, tendo a vantagem de minimizar a perda da qualidade da informação e conferir maior precisão nos resultados.

De acordo com Pujadas *et al.* (2017) as análises de custo-efetividade, análise financeira e de custo-benefício são comuns na avaliação no setor público, porém apresentam limitações em seus métodos (devido serem técnicas de base monetária) refletindo na precisão quanto a avaliação de questões sociais e ambientais. Idem, Donais *et al.* (2019) afirmam que, quando adotada uma perspectiva mais global, holística e participativa para o transporte sustentável, a decisão multicritério é preferível às análises de custo-benefício.

Não existe, na literatura, um índice ou modelo geral aceito para a avaliação da mobilidade urbana e seleção de projetos, haja vista que estes são desenvolvidos para contextos específicos, limitando sua aplicação em outros locais (VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019). Esse problema está relacionado, também, à disponibilidade de dados pelas cidades, que é relevante para a construção dos modelos de avaliação, pois os critérios selecionados dependem da existência de fontes de dados confiáveis e acessíveis (REISI *et al.*, 2014; VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019). Como consequência, Gonzalez-Urango *et al.*

(2020) apontam a existência de diversos modelos de avaliação ligados ao desempenho da mobilidade urbana sustentável.

Conforme a literatura revisada, grande parte dos modelos multicritério desenvolvidos para a mobilidade são voltados para a seleção de projetos, o que pode ser fruto da preocupação com a alocação eficiente dos recursos que, em geral, dependem de financiamento público e demandam execução de médio e longo prazos (AWASTHI; OMRANI, 2019; JAKIMAVIČIUS; BURINSKIENE, 2009). Alguns dos modelos encontrados na literatura, para avaliação e seleção de projetos, são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Métodos multicritério utilizados para seleção de projetos de mobilidade

Descrição	Uso de Métodos Multicritério	Referência
Apresentar um modelo multicritério para escolha de projetos de logística urbana, em La Rochelle, França. Os critérios vieram de consulta a especialistas com uso de diagramas de afinidade, e as alternativas foram consideradas com base na experiência dos autores em projetos de mobilidade	AHP, <i>Fuzzy</i> TOPSIS.	Awasthi e Chauhan (2012)
Propor uma abordagem híbrida para avaliação e seleção de soluções de transporte, utilizando critérios e alternativas hipotéticos.	AHP.	Awasthi e Omrani (2009)
Desenvolver um modelo multicritério para seleção de projetos na cidade de Luxemburgo. Os critérios foram definidos a partir da literatura e de diagramas de afinidade, enquanto as alternativas vieram do Ministério do Desenvolvimento Sustentável e Infraestrutura de Luxemburgo.	Diagramas de afinidade, FAD (<i>Fuzzy Axiomatic design</i>), <i>Fuzzy</i> Delphi, <i>Fuzzy</i> GRA (<i>Gray Relational Analysis</i>).	Awasthi e Omrani (2019)
Realizar a aplicação de três técnicas de tomada de decisão multicritério para avaliar projetos de mobilidade na cidade de Luxemburgo. As fontes dos critérios foram revisão da literatura, discussão com especialistas em mobilidade sustentável e experiência prática com projetos, e as alternativas foram tidas do Ministério de Desenvolvimento Sustentável e Infraestrutura local.	<i>Fuzzy</i> TOPSIS, <i>Fuzzy</i> VIKOR, <i>Fuzzy</i> GRA.	Awasthi, Omrani e Gerber (2018)
Apresentam uma abordagem <i>fuzzy</i> de tomada de decisão multicritério para selecionar configurações alternativas para a cadeia de distribuição em áreas urbanas do Rio de Janeiro, Brasil. Os critérios eram provenientes da literatura, e as alternativas foram retiradas das possibilidades de transporte disponíveis na cidade.	Mamdani <i>Fuzzy Inference Systems</i> .	Bandeira <i>et al.</i> (2018)
Apresentar um sistema de apoio à decisão para selecionar a alternativa ideal em termos de projetos de mobilidade sustentável, aplicado em Valencia, Espanha. A seleção de critérios e alternativas vieram de especialistas, com uso do método Delphi.	Delphi, AHP, VIKOR.	Curriel-Esparza <i>et al.</i> (2016)
Desenvolver um modelo para avaliação de projetos de infraestrutura urbana para o sistema de transporte, para a cidade de Vilnius, Lituânia. A fonte de obtenção dos critérios não foi mencionada, e as alternativas foram retiradas do plano de desenvolvimento da cidade de Vilnius.	SAW (<i>Simple Additive Weighting</i>).	Jakimavičius e Burinskiene (2009)
Descrever o desenvolvimento e aplicação de uma estrutura para analisar até que ponto um sistema de transporte público ou melhoria planejada do trânsito contribui para a mobilidade sustentável, em Vancouver, Canadá. A fonte dos critérios foi a literatura, e das alternativas foi um estudo da <i>UBC Line</i> que se	Apesar de utilizar a abordagem multicritério como base, o estudo não faz uso de nenhum método específico.	Miller <i>et al.</i> (2016)

concentra na análise de potenciais alinhamentos de trânsito ao longo do corredor da <i>Broadway</i> de Vancouver.		
Desenvolver um modelo multicritério para avaliação de projetos para a cidade de Istambul, Turquia. Foram consultados especialistas da cidade para definição dos critérios, e as alternativas foram escolhidas a partir do Órgão gestor de trânsito local.	<i>Fuzzy</i> FUCOM, D'Bonferroni.	Pamucar <i>et al.</i> (2020)
Propor um modelo para avaliação de sustentabilidade de projetos de transporte para o nível do município ou cidade, tendo como local de aplicação Taipe, Taiwan. Critérios e alternativas resultaram de grupos de discussão com especialistas.	AHP, FCM (<i>Fuzzy Cognitive Maps</i>).	Shiau e Liu (2013)
Propõem um modelo multicritério para priorização de projetos de mobilidade urbana, utilizando o método AHP, com aplicação na cidade de Lorena, São Paulo. As autoras selecionaram os fatores/critérios que interferem no processo decisório junto aos gestores públicos e especialistas da área acadêmica em mobilidade em três cidades do Estado de São Paulo.	AHP	Siqueira, Lima e Santos (2021)

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Pode ser verificado que em grande parte dos trabalhos há predominância de critérios provenientes da literatura e especialistas. Os especialistas consultados são escolhidos com base na formação acadêmica, tempo de atuação na área e participação em projetos de mobilidade urbana (AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; BANDEIRA *et al.*, 2018). Identifica-se a presença de membros da academia, especialistas em transporte e desenvolvimento, empresários do setor, funcionários públicos de planejamento e transporte, oficiais da administração pública, especialistas em planejamento urbano e cidades inteligentes, e engenheiros ambientais.

Outros grupos de interesse, envolvidos em menor número na seleção dos critérios, são representantes da indústria automobilística, viajantes, ciclistas, trabalhadores do transporte público, investidores, cidadãos comuns, trabalhadores informais, e proprietários de lojas (AWASTHI; CHAUHAN, 2012). Estes indivíduos não são considerados como especialistas, mas, sim, como *stakeholders*, que deveriam ser consultados pela sua representatividade no sistema de mobilidade urbana.

Awasthi, Omrani e Gerber (2018) asseveram que os critérios de avaliação selecionados para a resolução de um problema devem traduzir os atributos mais importantes do que está sendo avaliado, permitindo o alcance do(s) objetivo(s) e atendimento dos interesses dos *stakeholders*. Para selecionar os critérios de avaliação adequados ao problema é necessário que eles atendam a determinados requisitos, assegurando a escolha dos mais pertinentes às necessidades (BULDEO RAI *et al.*, 2018; VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019).

Foi apurada uma variedade de requisitos na literatura revisada, os quais visam maximizar a assertividade da seleção e alcance dos objetivos. Os principais são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Requisitos para seleção de critérios de avaliação

Requisitos de seleção	Referências
Abrangente	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buldeo Rai <i>et al.</i> (2018), Buzási e Csete (2015), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Zito e Salvo (2011).
Acessível/ Simples	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Zito e Salvo (2011).
Baseado em dados com qualidade	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buzási e Csete (2015), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Zito e Salvo (2011).
Comparável	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buzási e Csete (2015), Pinna, Masala e Garau (2017), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Zito e Salvo (2011).
Compreensível/ Interpretável	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buldeo Rai <i>et al.</i> (2018), Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Reisi <i>et al.</i> (2014).
Confiável/ Válido	Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019).
Mensurável/ Quantificável	Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Reisi <i>et al.</i> (2014).
Relevante para o contexto	Buldeo Rai <i>et al.</i> (2018), Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Reisi <i>et al.</i> (2014), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019).
Sensível ao longo do tempo	Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Reisi <i>et al.</i> (2014).
Transparente/ Claro	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Zito e Salvo (2011).
Viável de ser obtido	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Buldeo Rai <i>et al.</i> (2018), Buzási e Csete (2015), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Pinna, Masala e Garau (2017), Reisi <i>et al.</i> (2014), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019).

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Buzasi e Csete (2015) e Bandeira *et al.* (2018) pontuam que nem sempre é possível atender a todos os requisitos, em virtude da dificuldade enfrentada com a falta de dados disponíveis publicamente. Em consonância, Vidović, Šoštarić e Budimir (2019) afirmam que, para garantir a simplicidade do cálculo, o número de critérios nos modelos é eventualmente reduzido para dez ou mais, não ultrapassando trinta.

Pode-se dizer que maioria dos estudos dispostos no Quadro 3 abordam uma problemática (ou *problématique*) do tipo *ranking* (γ) que, de acordo com Roy (1996), trata o problema em termos da ordenação das ações (alternativas), direcionando a investigação para determinar aquelas ações que podem ser consideradas suficientemente satisfatórias com base em um modelo de preferência. Esta é a mesma *problématique* que o modelo proposto nesta pesquisa busca resolver, ou auxiliar na resolução.

Explanada a fundamentação teórica que dá embasamento à pesquisa, o Capítulo 3 detalha os procedimentos metodológicos adotados.

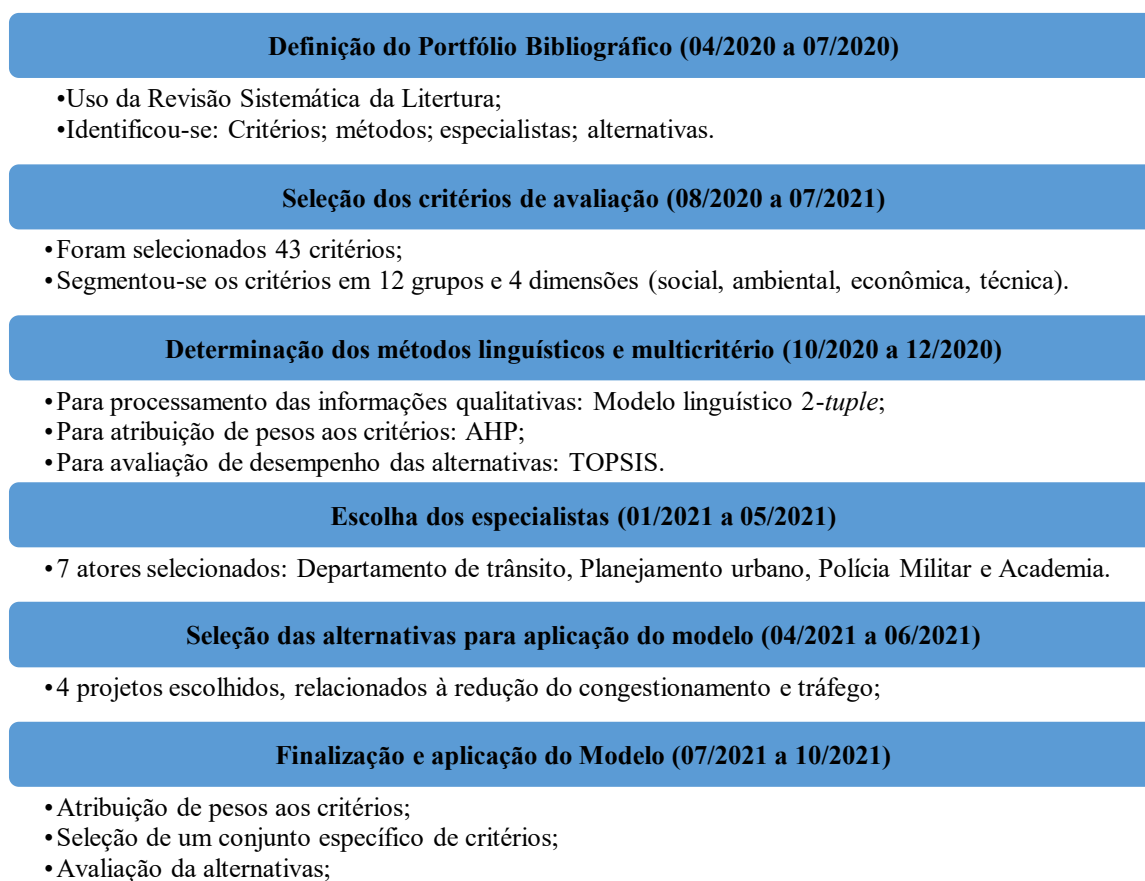
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma pesquisa pode ser definida como “um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos” (GIL, 2002, p. 17). Para o autor, recorre-se à pesquisa quando não há informações suficientes para responder a um problema, ou quando elas estão desorganizadas e não possibilitam solução adequada. Para explanar os procedimentos utilizados, o capítulo divide-se em: (i) detalhar as etapas adotadas para construção do modelo; (ii) demonstrar como o modelo deve ser aplicado e onde cada método é utilizado e; (iii) descrever a aplicação do modelo proposto, no contexto estudado.

3.1 Construção do modelo multicritério

A Figura 7 resume os processos de construção e de aplicação do modelo.

Figura 7 – Construção e aplicação do modelo de seleção de projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

O desenvolvimento do modelo multicritério teve início com a análise de conteúdo do portfólio bibliográfico, onde decidiu-se dar foco à seleção de projetos de mobilidade, baseado no que era estudado pelos autores e numa proposta que pudesse ter utilidade prática para os gestores públicos. A partir do portfólio foram delimitados os aspectos a serem analisados na cidade, e selecionados: (i) os métodos linguísticos e multicritério; (ii) os especialistas em mobilidade; (iii) os critérios de avaliação.

3.1.1 Seleção dos critérios de avaliação

A etapa inicial de construção foi a escolha dos critérios que fariam parte do modelo. Nesse sentido, identificou-se os critérios relacionados à avaliação de projetos utilizados pelos autores, bem como os indicadores utilizados para avaliar a mobilidade urbana nas cidades (não necessariamente projetos). O objetivo de utilizar indicadores de mobilidade, em conjunto com critérios de avaliação, é possibilitar que o decisor que utilizará o modelo possa, em paralelo, analisar quais aspectos da cidade poderão ser impactados com a implementação de um projeto.

Dessa forma, entende-se que o modelo será capaz de considerar tanto as características internas do projeto, quanto seus impactos na mobilidade e na estrutura urbana. Foi analisada a possibilidade de separar os critérios dos indicadores (criando um novo critério isolado dos demais), mas percebeu-se que, para aplicar o modelo por meio dos instrumentos de coleta de dados, as perguntas a serem feitas aos especialistas seriam as mesmas, o que geraria uma etapa a mais na pesquisa, sem, necessariamente, agregar ao modelo.

Ainda na etapa de seleção dos critérios, seguindo a recomendação da banca de qualificação, foi incluído o estudo de Costa (2008) que desenvolveu o IMUS – Índice de Mobilidade Urbana Sustentável, composto por 9 domínios, 37 temas e 87 indicadores. Assim, a base de dados para seleção dos critérios que fariam parte do modelo foi composta por 30 artigos, resultando em 1.104 critérios de avaliação, que estavam distribuídos em diversas nomenclaturas (grupos, domínios, classes, categorias, indicadores, critérios, etc.). Essa base foi construída no período de agosto de 2020 a julho de 2021.

Considerando a inviabilidade de utilizar todos os critérios, foram adotados alguns parâmetros de exclusão e inclusão para determinar o conjunto que seria escolhido. O primeiro deles foi a unificação de critérios semelhantes ou que tinham a mesma finalidade, chegando em 355 critérios. O segundo foi a relevância direta para avaliação de projetos de mobilidade, considerando que haviam diversos indicadores que não faziam sentido para o objetivo do modelo (por exemplo “número de estações de tratamento de água”, “metas de entrega

cumpridas pelas organizações logísticas”, e “nível de formação de técnicos e gestores públicos”). O terceiro foi a relevância para as cidades de porte médio, incluindo critérios que fazem sentido para este contexto, e excluindo os não aplicáveis (por exemplo uso de metrô, VLT e bondes).

Com isso foram definidos os critérios que fariam parte do modelo multicritério, agrupados em quatro dimensões, conforme sugerido por Awasthi e Chauhan (2012) e Awasthi, Omrani e Gerber (2018): social, ambiental, econômica e aspectos técnicos do sistema de transporte. Ainda, para viabilizar os julgamentos dos especialistas, criou-se grupos menores de até 4 critérios dentro das dimensões. O resultado da seleção e agrupamento é apresentado no Quadro 5. As referências de cada critério podem ser vistas no APÊNDICE A.

Quadro 5 – Critérios de avaliação selecionados para compor o modelo

DIMENSÃO ECONÔMICA		
Grupo	Critério	Descrição
Orçamento	Custos de investimento inicial	Custos iniciais relacionados à execução do projeto
	Custos de operação	Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto
	Receitas de operação	Receitas geradas pelo funcionamento do projeto
	Despesas municipais com investimento em transporte	Impactos que o projeto trará nos custos de investimentos em sistemas de transportes e mobilidade urbana feitos pelo município no ano de referência
Socioeconômico	Custo da passagem do Transporte Público	Impactos que o projeto trará para a redução do custo da passagem aos usuários do Transporte Público
	Preço do bilhete de estacionamento	Impactos que o projeto trará para a redução do custo do estacionamento regulamentado aos usuários
	Custos do ciclo de vida do projeto	Relacionado à durabilidade do projeto e solução da demanda
DIMENSÃO SOCIAL		
Grupo	Critério	Descrição
Equidade social e inclusão	Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade de locomoção (pessoas com capacidade de locomoção reduzida) e/ou financeira (população de baixa renda)
	Acessibilidade espacial	Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade aos sistemas de transporte e serviços essenciais
	Acessibilidade à paradas de Transporte Público	Impactos do projeto na quantidade e qualidade das paradas de Transporte Público
Sociocultural	Aceitação pública ao projeto	Grau em que o projeto é entendido pela população como necessário e viável de ser implementado
	Uso de veículos sustentáveis	Contribuição do projeto para promover o uso de veículos mais sustentáveis
	Redução de veículos não sustentáveis	Contribuição do projeto para promover a redução de veículos não sustentáveis
	Turismo local	Contribuição do projeto para promover o turismo local
Qualidade e segurança	Número de acidentes	Contribuição do projeto para a redução do número de acidentes no trânsito
	Qualidade do serviço de Transporte Público	Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

	Confiança no serviço de Transporte Público	Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público
	Segurança das pessoas	Contribuição do projeto para o aumento da segurança das pessoas (relacionado à redução de crimes)
DIMENSÃO AMBIENTAL		
Grupo	Critério	Descrição
Emissão de poluentes	Emissões de poluentes atmosféricos	Contribuição do projeto para redução das emissões de poluentes no ar
	Consumo de combustíveis fósseis	Contribuição do projeto para redução no consumo de combustíveis fósseis
	Consumo de combustíveis não fósseis	Contribuição do projeto para aumento no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)
	Poluição sonora	Contribuição do projeto para redução dos níveis de ruídos emitidos pelo transporte
Consumo de recursos	Consumo de energia	Impactos do projeto no consumo de energia (relativa ao sistema de transporte)
	Ocupação de espaço público	Área física consumida para a execução do projeto
	Proximidade com áreas legais	Proximidade da área ocupada pelo projeto com áreas e/ou reservas legais
DIMENSÃO TÉCNICA		
Grupo	Critério	Descrição
Eficiência	Tempo de viagem	Contribuição do projeto na redução do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)
	Congestionamentos e níveis de tráfego	Contribuição do projeto para redução nos níveis de tráfego e congestionamentos
	Tempo de estacionamento	Impactos do projeto na redução do tempo médio de estacionamento, tanto de busca por vagas quanto estadia no local
	Deslocamento de pessoas e cargas	Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades
Transporte Público	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público
	Passageiros do Transporte Público	Impactos do projeto no número de passageiros transportados pelos serviços de transporte público urbano no município no ano de referência
	Capacidade do Transporte Público	Contribuição do projeto para aumentar a capacidade de utilização do Transporte Público
	Bilhetagem eletrônica	Contribuição do projeto para facilitar a compra de passagens de transporte público online e sistema de bilhetagem eletrônica
Modos de transporte	Rede de ciclovias	Contribuição do projeto para o aumento da rede de ciclovias
	Divisão modal	Contribuição do projeto para melhoria da divisão modal e aumento da integração entre diversos modais (Transporte público, particular, por aplicativo, viagens a pé, bicicletas, táxi)
	Idade média da frota de veículos	Impactos do projeto na idade média da frota de veículos da cidade, seja ela pública ou privada
Sistemas de informação	Uso de aplicativos	Contribuição do projeto para promover o uso de aplicativos de transporte e mobilidade entre os cidadãos
	Estacionamentos inteligentes	Contribuição do projeto para implementação de sistemas de estacionamento que auxiliam no sensoriamento e localização de vagas em tempo real, e facilitam o processo de pagamento para utilização das vagas
	Digitalização das paradas do Transporte Público	Contribuição do projeto na digitalização das paradas do Transporte Público com informações sobre rotas e horários das linhas de transporte

	Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	Contribuição do projeto na digitalização dos ônibus do Transporte Público com sistemas de rotas e localização em tempo real
Gerenciamento	Gerenciamento de tráfego	Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego
	Maturidade tecnológica da Rede Viária	Impactos do projeto para aumentar o nível de maturidade tecnológica do sistema de transporte e mobilidade urbana, tornando a rede viária mais inteligente
	Informações de viagens em tempo real	Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Após a definição, o conjunto foi apresentado para um especialista do contexto que já havia participado da pesquisa em um momento inicial, na época pelo Departamento de Trânsito de Pato Branco. Na reunião foram realizados alguns apontamentos para melhoria da descrição dos critérios, abrangência dos aspectos da mobilidade e relevância para o contexto (cidades de médio porte). A conclusão foi de que alguns critérios necessitavam de mais explicação, mas que o conjunto representava grande parte do que deveria ser considerado pelos decisores para a seleção dos projetos, não sendo realizada exclusão ou inclusão de critérios.

3.1.2 Seleção dos métodos linguísticos e multicritério

Ao mesmo tempo em que eram refinados e definidos os critérios de avaliação, foram selecionados: o modelo linguístico (para processamento das informações qualitativas) e os métodos multicritério (para atribuição de pesos aos critérios e avaliação das alternativas). Com base nos conhecimentos prévios acerca da operacionalização dos métodos, e nos estudos de Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009) e Awasthi, Omrani e Gerber (2018), decidiu-se por selecionar os métodos AHP e TOPSIS para atribuição de pesos e resolução da matriz de decisão. Ainda, optou-se pelo modelo computacional linguístico *2-tuple* para o processamento das informações qualitativas. Essa seleção foi realizada no período de outubro de 2020 a dezembro de 2020.

Como explicitado no Capítulo 2.5, os métodos multicritério são amplamente utilizados como ferramenta de pesquisa na área de Engenharia de Produção, subsidiando a tomada de decisão. Em decorrência disso, a escolha dos métodos mais apropriados deve ser cautelosa, assegurando a consecução dos objetivos. Conforme demonstrado nas revisões de Mardani, Jusoh e Zavadskas (2015) e Watróbski *et al.* (2019) os métodos AHP e TOPSIS, bem como

suas combinações, são os mais utilizados nas técnicas de tomada de decisão e resolução de problemas de transporte.

Ho e Ma (2018) afirmam que a principal aplicação do método AHP é para atribuição de pesos aos critérios de um determinado problema, pois a comparação em pares no AHP convencional evita problemas com imprecisão ou ambiguidade. Na visão de Roghanian, Rahimi e Ansari (2010), quando se tem um número finito de alternativas, o TOPSIS é aplicado com sucesso para resolver problemas de seleção e avaliação porque é intuitivo, fácil de entender e implementar. Os autores entendem que esse método provou ser um dos melhores para lidar com questões de classificação e *rankings*. Assim, o uso combinado do AHP com outros métodos multicritério, neste caso o TOPSIS, emprega o que de melhor cada um oferece (HO; MA, 2018).

Optou-se pela utilização do modelo computacional linguístico *2-tuple*, ao invés dos números *fuzzy* triangular e/ou trapezoidal pois, de acordo com Malhotra e Gupta (2020), apesar desses números *fuzzy* serem muito utilizados nas pesquisas de tomada de decisão, eles enfrentam falta de precisão devido à perda de informação durante o processamento. Para os autores, essa perda de informação é superada pelo modelo *2-tuple*, além deste último facilitar o processamento das informações.

3.1.3 Determinação dos especialistas

Tendo escolhido os métodos que seriam utilizados para processamento, fez-se o levantamento dos possíveis especialistas que fariam parte do estudo. A escolha ocorreu entre os meses de janeiro e maio de 2021. Com base nos especialistas utilizados pela literatura, na abrangência de perspectivas da mobilidade que pretendia ser obtida, e na disponibilidade dos atores do contexto, foram convidados os seguintes especialistas:

- Diretor do Departamento de Trânsito de Pato Branco, em 2021;
- Ex-Diretor do Departamento de Trânsito de Pato Branco (2019–2020);
- Ex-Coordenador do Órgão gestor do Transporte Público (2017–2020);
- Secretário de Planejamento Urbano de Pato Branco, em 2021;
- Ex-Secretário de Planejamento Urbano de Pato Branco (2015 – 2020);
- Docente da UTFPR Campus Pato Branco, do departamento de engenharia civil;
- Comandante da 1ª Companhia do 3º Batalhão da Polícia Militar, em 2021;

Todos os convidados aceitaram o convite, e participaram das seguintes etapas da pesquisa: (i) análise de relação de preferência entre os critérios; (ii) atribuição de pesos aos critérios; (iii) seleção de critérios para avaliação de um conjunto específico de projetos; (iv)

avaliação do desempenho das alternativas em relação aos critérios. É importante ressaltar que esta pesquisa encontra-se aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR, sob número CAAE 46728821.3.0000.5547.

3.1.4 Escolha das alternativas

Por fim, foi selecionado um conjunto de alternativas no período de abril a junho de 2021, para realizar a aplicação do modelo proposto. Para tanto, foram feitas reuniões individuais com o Secretário de Planejamento Urbano, com a diretora do programa Cidade Inteligente em Pato Branco, o ex-coordenador do transporte público, bem como análise documental do município.

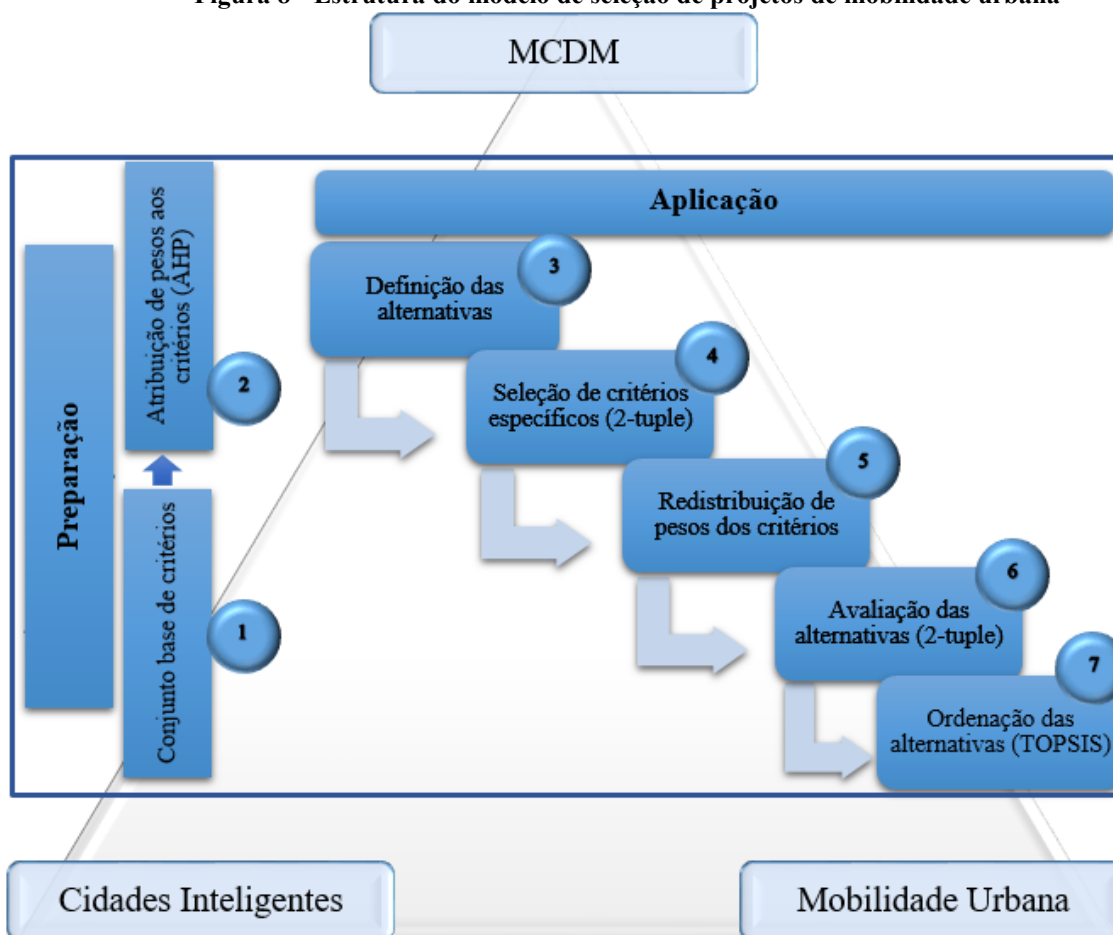
Considerando que a cidade de Pato Branco não possuía um Plano de Mobilidade Urbana elaborado até 2021, analisou-se o Plano Diretor Participativo Pato Branco 2030, um “instrumento organizado e realizado pela equipe de técnicos da prefeitura e que tem como objetivo definir o padrão de desenvolvimento da ocupação urbana da cidade” (PATO BRANCO, 2020, p. 25). No Plano são previstos projetos e ações de curto, médio e longo prazos para o setor de Infraestrutura Urbana, dentre os quais podem ser citados “Retirada do estacionamento na área central em determinados trechos [...] Criação de estacionamento privados [...] Criação de faixas exclusivas para o transporte coletivo [...] Criação de um terminal urbano na Zona Norte e Zona Sul” (PATO BRANCO, 2020, p. 350).

Assim, foram elencados 4 projetos potenciais, que poderiam ser implementados pelo município, com o objetivo de reduzir os congestionamentos e melhorar o fluxo de tráfego: (1) retirada do estacionamento na área central em determinados trechos; (2) implementação de sinalização semafórica inteligente; (3) criação de faixas exclusivas para o transporte coletivo; (4) extensão dos binários de tráfego.

3.2 Como aplicar o modelo e como cada método é utilizado

A Figura 8 apresenta a estrutura do modelo proposto, demonstrando os métodos utilizados para cada etapa. O modelo é composto pelas fases de: (i) preparação, que se divide nas etapas de (1) definição dos critérios e (2) atribuição de pesos; e (ii) aplicação, compreendendo as etapas 3 a 7.

Figura 8 - Estrutura do modelo de seleção de projetos de mobilidade urbana



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

- Etapa 1: Seleção dos critérios de avaliação

A seleção do conjunto base de critérios de avaliação que compõem o modelo ocorreu conforme já descrito no Capítulo 3.1.1.

- Etapa 2: Atribuição de pesos aos critérios

A primeira parte da atribuição de pesos aos critérios consistiu em analisar a relação de preferência entre os critérios, isto é, se os critérios dentro de cada dimensão possuíam a mesma importância ou se havia diferença de importância entre eles. Para tanto, utilizou-se um formulário online, conforme APÊNDICE B, apresentando os critérios aos especialistas e questionando se havia diferença de importância entre os critérios utilizados. Após essa

verificação, realizou-se a atribuição de pesos às dimensões, grupos e critérios, por meio do roteiro de entrevista constante no APÊNDICE C.

Assim, os pesos dos critérios foram obtidos com uso do método AHP, que tem como principal função a atribuição de pesos aos critérios de um determinado problema, pois sua comparação em pares evita problemas com imprecisão ou ambiguidade (HO; MA, 2018). Criado por Saaty (1977), o AHP se preocupa em mensurar os pesos das alternativas disponíveis em relação aos critérios de avaliação que atendem aos objetivos, em uma hierarquia onde os elementos de nível inferior (alternativas) são dimensionadas quanto aos de nível superior (critérios e objetivos).

Seguindo a descrição de Saaty (1977), na Etapa 1 organiza-se os elementos (ou critérios, chamados de C) em uma matriz, nomeada matriz recíproca, para calcular o peso (w) de cada um frente aos demais. Assim, os critérios são dispostos em linhas e colunas da matriz, onde todos os elementos são comparados com os demais. Para fazer a comparação, faz-se julgamentos subjetivos de importância entre os critérios, utilizando-se os valores expressos no Quadro 6, que representa a Escala Fundamental de Saaty (1977).

Quadro 6 - Escala Fundamental de Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Importância Igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério
9	Importância Absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima

Fonte: Saaty (1977).

Na Etapa 2 transforma-se as medidas dos critérios em uma mesma base de valor, processo chamado de normalização, que é necessário pois nem sempre os critérios são exibidos nas mesmas unidades de medida (JAHAN; EDWARDS, 2015). Foi utilizado o Método da

Normalização Aditiva, dado seu desenvolvimento simplificado, e os resultados obtidos serem igualmente válidos em relação aos demais métodos (SRDJEVIC, 2005). As Equações 3 e 4 apresentam o desenvolvimento da normalização aditiva.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Tendo em mãos os pesos de cada critério, na Etapa 3 verifica-se a razão de consistência (RC), ou seja, identifica-se se a matriz possui alguma inconsistência derivada dos julgamentos realizados. Para determinar a RC, quando for empregada a Normalização Aditiva, utiliza-se o Índice de Consistência Harmônica (ICH) (STEIN; MIZZI, 2007), apresentado na Equação 5.

$$ICH = \frac{[(MH_s - n) \cdot (n - 1)]}{n \cdot (n - 1)} \quad (5)$$

$$RC = \frac{ICH}{HRI}$$

Em que:

MH_s é a média harmônica dos elementos;

n é o número de critérios;

HRI é o Índice de consistência harmônica aleatório, que é padronizado de acordo com o número de critérios (Tabela 1).

Tabela 1 - Índice de consistência harmônica aleatória (HRI)

	n										
	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
HRI	0,550	0,859	1,061	1,205	1,310	1,381	1,437	1,484	1,599	1,650	1,675

Fonte: Stein e Mizzi (2007).

Para saber se o RC é considerado válido há uma tabela de valores padrão, que varia com o tamanho de cada matriz. Em matrizes de Ordem 3x3 o RC=0,05; matrizes de Ordem 4x4 RC=0,08; e Ordem superior a 4x4 RC=0,10 (STEIN; MIZZI, 2007). Se, após o cálculo do RC, o valor for menor ou igual ao $RC_{máx}$, a matriz é considerada consistente, e seus resultados válidos. Caso o valor seja maior que o estipulado, é necessário refazer os julgamentos da matriz, até que o valor de RC esteja dentro dos padrões máximos.

Tratando-se de um processo de decisão em grupo, a agregação dos julgamentos individuais dos especialistas é feita com a média geométrica, conforme Equação 6.

$$a'_{ij} = \sqrt[n]{a_{ij1} * a_{ij2} * [...] * a_{ijn}} \quad (6)$$

Em que:

a_{ij} São os pesos obtidos nos julgamentos iniciais

n é o número de elementos

Por fim, aplica-se uma normalização linear para que a soma dos pesos de cada matriz seja igual a 1, conforme Equação 7.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

- Etapa 3: Definir as alternativas que serão avaliadas, a partir do contexto específico

Para a definição das alternativas, sugere-se a escolha de projetos que envolvam aceitações, custos, estudos, impactos diretos e características relativamente similares, mas guardando alguma distinção que justifique a aplicação do modelo. Para isso, todos os projetos devem possuir potencial para auxiliar na resolução do problema relacionado. A questão central

a ser analisada é: "Qual o melhor projeto para tratar o problema? Considerando as condições atuais da cidade, qual deve ser implementado primeiro?".

Apesar da sugestão de que sejam projetos distintos, é preciso ter em mente que eles também devem guardar similaridades entre si, de tal modo que permitam comparação. Entende-se que, se os projetos forem muito parecidos, o modelo perde sua função, e análises mais simples podem suprir a necessidade. Mas, se forem projetos que não têm nada em comum, corre-se o risco de invalidar o uso do modelo por conta dos critérios que serão utilizados.

A grande flexibilidade do modelo proposto é permitir que o decisor escolha quais são os critérios mais adequados para avaliar um conjunto de projetos. Não é possível utilizar todos os 43 critérios, pois isso inviabiliza as avaliações individuais. Por outro lado, quando os projetos são muito diferentes, o conjunto de critérios escolhido pode favorecer mais um tipo de projeto do que o outro, distorcendo a avaliação. Nesse sentido, sugere-se que sejam criados grupos de projetos com relativa similaridade entre si (infraestrutura, tecnologia, valores, etc.), mitigando essas nuances que decorrem da escolha de critérios.

- Etapa 4: Selecionar o conjunto de critérios para avaliar as alternativas.

Conforme já mencionado, a grande flexibilidade do modelo proposto é permitir que o decisor/especialista selecione os critérios mais adequados do modelo para avaliar um conjunto de projetos específicos. Para dar conta desse processo, criou-se uma etapa de seleção de critérios baseada em avaliações linguísticas de importância, seguida do processamento utilizando variáveis *2-tuple*, e finalizando com a escolha daqueles critérios que foram considerados como mais adequados (importância decrescente) para avaliar as alternativas.

Assim, utilizou-se o formulário online constante no APÊNDICE D. Apresentou-se as alternativas e critérios aos especialistas, e solicitou-se que eles atribuíssem importâncias aos critérios com a seguinte lógica: "Quanto cada critério é importante para avaliar esse conjunto

de alternativas?”. Para obter as preferências dos especialistas sobre a importância de cada critério, utilizou-se o conjunto linguístico de granularidade cinco, apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Conjunto de termos linguísticos e variáveis 2-tuple para avaliação dos critérios

Regra semântica	Termos linguísticos	Equivalente 2-tuple
MB	Importância muito baixa	$(S_0, 0)$
B	Importância baixa	$(S_1, 0)$
M	Importância média	$(S_2, 0)$
A	Importância alta	$(S_3, 0)$
MA	Importância muito alta	$(S_4, 0)$

Fonte: adaptado de Awasthi, Omrani e Gerber (2018, p. 251)

Depois que foram obtidas as avaliações de importância de cada especialista, os termos foram convertidos para 2-tuple e depois para números reais, e foi utilizada a média aritmética (Equação 2) para agregar as avaliações dos especialistas. Então os critérios foram organizados em ordem decrescente de importância, e os mais importantes de cada dimensão foram escolhidos para a aplicação. Ou seja, esses critérios formaram o “conjunto menor” que é proposto pelo modelo, e somente eles foram utilizados para avaliar as alternativas.

- Etapa 5: Redistribuir os pesos dos critérios selecionados.

Considerando a alteração na quantidade de critérios para a aplicação do modelo, é necessário redistribuir os pesos dos critérios selecionados, mantendo a proporção de pesos do conjunto original. Salienta-se que esse processo não faz parte dos métodos multicritério AHP e TOPSIS, e trata-se também de uma etapa criada para o modelo proposto.

A redistribuição dos pesos ocorre por meio da normalização linear, conforme Equação 8 (JAHAN; EDWARDS, 2015).

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Em que:

a'_{ij} = peso do critério no novo conjunto;

a_{ij} = peso original do critério selecionado;

$\sum_{i=1}^n a_{ij}$ = soma dos pesos originais dos critérios selecionados;

Para exemplificar, considere que na Dimensão Econômica tenham sido escolhidos os critérios “C1 – Custos de investimento inicial” e “C2 – Custos de operação”. Suponha que, no modelo original, os pesos desses critérios eram 0,15 e 0,25, respectivamente. Quando eles passam a compor o novo conjunto de critérios, o peso do critério C1 passa a ser: $0,15/(0,15+0,25) = 0,375$; e o peso do critério C2 passa a ser: $0,25/(0,15+0,25) = 0,625$.

- Etapa 6: Avaliar o desempenho das alternativas

Para a avaliação de desempenho das alternativas, a partir dos critérios específicos, utilizou-se o formulário *online* constante no APÊNDICE E. Quando se tem um número finito de alternativas, o TOPSIS é aplicado com sucesso para resolver problemas de seleção e avaliação porque é intuitivo, fácil de entender e implementar, e provou ser um dos melhores para lidar com problemas de ordenação (ROGHANIAN; RAHIMI; ANSARI, 2010).

O TOPSIS é um método amplamente utilizado e reconhecido, que foi desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) com base no conceito da menor distância da solução “positiva ideal” e maior distância da solução “negativa ideal”. Porém, considerando o modelo linguístico escolhido, e a existência de diversas abordagens do TOPSIS com o modelo *2-tuple*, o desenvolvimento do método foi adaptado de Wei (2010).

São propostas duas alterações no método de Wei (2010): (i) uso do AHP para atribuição prévia de pesos aos critérios de avaliação; (ii) as informações coletadas em forma de variável linguística serão convertidas em *2-tuple*, e depois em números reais para fazer o processamento no TOPSIS. Feitas essas considerações, a preparação dos dados consiste em estabelecer o conjunto de termos linguísticos a ser utilizado no processamento das informações $S = \{S_0, \dots, S_g\}$, que é apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Conjunto de termos linguísticos e variáveis 2-tuple para avaliação das alternativas

Regra semântica	Termos linguísticos	Equivalente 2-tuple
MR	Muito Ruim	$(S_0, 0)$
R	Ruim	$(S_1, 0)$
M	Médio	$(S_2, 0)$
B	Bom	$(S_3, 0)$
MB	Muito Bom	$(S_4, 0)$

Fonte: adaptado de Awasthi, Omrani e Gerber (2018, p. 251)

Na Etapa 1 do TOPSIS 2-tuple adotado, obtém-se os julgamentos de cada especialista quanto a avaliação das alternativas (A_m) nas linhas, em relação aos critérios (C_n) nas colunas, com X_{mn} sendo os resultados das alternativas em relação aos critérios. Os termos linguísticos obtidos são convertidos em variáveis 2-tuple, que, por sua vez, são transformadas no seu equivalente de informação (números reais), dado por $\Delta^{-l} = (S_i, \alpha) = \beta_{ij}$. Assim, as matrizes de julgamento $R_k = (r_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ são transformadas em matrizes linguísticas 2-tuple $R_k = (r_{ij}^{(k)}, 0)_{m \times n}$.

Na segunda Etapa, a partir das matrizes de julgamentos individuais contendo os números reais, a agregação dos julgamentos será feita pela média aritmética dos valores obtidos, dada pela Equação 2 (HERRERA; MARTÍNEZ, 2000).

- Etapa 7: Resolução da matriz de decisão

Na sequência, utilizando a matriz agregada, faz-se a determinação das soluções Positiva (r^+, a^+) e Negativa (r^-, a^-) ideais, calculados a partir das Equações 9 e 10.

$$(r_j^+, a_j^+) = ((r_1^+, a_1^+), (r_2^+, a_2^+), \dots, (r_n^+, a_n^+)) = \left\{ \left(\max_i \{(r_{ij}, a_{ij})\} \right), j = 1, 2, \dots, n \right\} \quad (9)$$

$$(r_j^-, a_j^-) = ((r_1^-, a_1^-), (r_2^-, a_2^-), \dots, (r_n^-, a_n^-)) = \left\{ \left(\min_i \{(r_{ij}, a_{ij})\} \right), j = 1, 2, \dots, n \right\} \quad (10)$$

A Etapa 4 é calcular a medida de separação (distância) entre cada alternativa e as soluções Positiva (ξ_i^+, η_i^+) e Negativa (ξ_i^-, η_i^-) ideais, conforme Equações 11 e 12.

$$(\xi_i^+, \eta_i^+) = \Delta \left(\sum_{j=1}^n |\Delta^{-1}(r_{ij}, a_{ij}) - \Delta^{-1}(r_j^+, a_j^+)| w_j \right) \quad (11)$$

$$(\xi_i^-, \eta_i^-) = \Delta \left(\sum_{j=1}^n |\Delta^{-1}(r_{ij}, a_{ij}) - \Delta^{-1}(r_j^-, a_j^-)| w_j \right) \quad (12)$$

Na Etapa 5, calcula-se a semelhança de cada alternativa com a solução Positiva Ideal, dada por (ξ_i, η_i) , utilizando-se a Equação 13.

$$(\xi_i, \eta_i) = \Delta \left(\frac{\Delta^{-1}(\xi_i^-, \eta_i^-)}{\Delta^{-1}(\xi_i^+, \eta_i^+) + \Delta^{-1}(\xi_i^-, \eta_i^-)} \right) * g, i = 1, 2, \dots, m. \quad (13)$$

Na Etapa 6, obtém-se a variável linguística correspondente ao (ξ_i, η_i) calculado na etapa anterior, conforme Equação 14.

$$c^* = (\xi_i, \eta_i) * g \quad (14)$$

Em que g é o número do maior termo linguístico do conjunto.

Na Etapa 7, faz-se o *ranking* final das alternativas em ordem decrescente do índice de similaridade com a solução ideal, considerando que se deseja selecionar a alternativa com o melhor resultado.

A seguir caracteriza-se o contexto da aplicação do teste do modelo de seleção, bem como as alternativas elencadas.

3.3 Contexto aplicado e projetos de mobilidade

Pato Branco foi elevado à categoria de município em 1951, está localizado na região Sudoeste do Paraná, com um território de 539,087 km², e população atual estimada em 83.843 habitantes (IBGE, 2021). Segundo dados do Departamento de Trânsito de Pato Branco – Depatran, o município possuía, em 2020, 436,67 km de vias urbanas para circulação, sendo 279,43 km de pavimentação asfáltica, 145,69 km em paralelepípedos para caminhada, 11,55 km de solo natural e 13,64 km de estacionamento regulamentado.

O município se destaca regional e nacionalmente nas áreas científica e tecnológica, com diversas ações e projetos voltados ao desenvolvimento inteligente. Podem ser citados os eventos de tecnologia TecSul e Inventum, existência de uma Lei de Incentivo Tecnológico, gestão da Incubadora Tecnológica Municipal, criação da Secretaria Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação (BORTOLLI; DUTRA, 2020), bem como destaque entre as Melhores Cidades para se envelhecer no Brasil segundo a Revista Exame.

No *Connected Smart Cities 2021*, Pato Branco classificou-se na 66^a posição do *ranking* geral, 16^a na região Sul do país, e 3^a colocação nas cidades de 50 a 100 mil habitantes. A cidade está entre as 100 primeiras colocadas em 7 eixos temáticos: meio ambiente (9^o), economia (10^o), tecnologia e inovação (56^o), governança (79^o), empreendedorismo (85^o), saúde (91^o), e mobilidade (98^o).

Baseado nas reuniões realizadas ao longo de 2020 e 2021 com os decisores do contexto, bem como análise documental do município, identificou-se 4 projetos potenciais para avaliação, tendo como objetivo reduzir os congestionamentos e melhorar o fluxo de tráfego nas vias do município. O Quadro 9 descreve os projetos selecionados.

Quadro 9 – Projetos selecionados para avaliação

A1: Retirada do estacionamento na área central em determinados trechos
Esse tipo de projeto visa retirar os estacionamentos localizados em vias públicas, e destinar o espaço para outros projetos de mobilidade, incluindo os vários modos de transporte. Pode ser citada a destinação às faixas exclusivas de transporte coletivo, ciclovias ou ciclofaixas, expansão das calçadas para pedestres, e criação de faixa dupla para fluxo de veículos (mantendo o duplo sentido da via).
A2: Sinalização Semafórica Inteligente
Trata-se de implementar um sistema de controle autogerenciável nos cruzamentos, por meio de semáforos integrados, com tecnologias que regulam a passagem prioritária dos fluxos de veículos, de forma sincronizada e analisando a capacidade do sistema viário. Com o sincronismo do sistema semafórico podem ser solucionados diversos pontos de conflitos, principalmente relacionados ao fluxo dos veículos e diferença de demanda entre vias distintas.

A3: Criação de faixas exclusivas para o transporte coletivo

Estabelecimento de faixas exclusivas para o transporte coletivo, sinalizadas de forma vertical e horizontal, normalmente à direita da pista. Deve ser proibida a circulação de automóveis individuais e, em geral, táxis sem passageiros, nessas faixas. Outros veículos, que não do transporte público coletivo, só podem utilizar essas faixas para sair da via ou entrar em outras vias, sem poder circular dentro delas. Nesse sentido, é dada prioridade ao transporte em massa, em detrimento ao uso dos veículos individuais.

A4: Extensão dos binários de tráfego

Esse sistema de circulação está relacionado à mudança de sentido de determinadas ruas, estabelecendo duas vias paralelas, ambas com sentido único, e em direções opostas. Nessas vias deve haver o mínimo de duas faixas de circulação de veículos em cada sentido, permitindo que o trânsito flua tão livre quanto for possível. Essa é uma medida que envolve, além de mudança de sinalização horizontal e vertical, a publicação de Portaria em Diário Oficial para comunicar a alteração de sentido das vias.

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Observa-se que nem todos os projetos elencados são ligados fortemente às tecnologias, base que caracteriza as cidades inteligentes (ALAVI *et al.*, 2018; BIBRI, 2018). Todavia, considerando que o cenário brasileiro em geral não dispõe de desenvolvimento tecnológico como dos países de primeiro mundo (URBAN SYSTEMS, 2021), os atributos das cidades médias (OLIVEIRA; CALIXTO; SOARES, 2017), e o contexto de Pato Branco, os projetos foram selecionados com base no planejamento municipal e nas tecnologias que poderiam ter condições de serem implementadas pela cidade.

São projetos distintos, que envolvem aceitação, custos, estudos e impactos diretos diferentes, mas que têm potencial para auxiliar na resolução do problema relacionado. O ideal seria uma combinação de vários projetos, abarcando várias faces do problema. Entretanto, entende-se que a questão central que o modelo proposto busca auxiliar seja: "Qual o melhor projeto para tratar o problema? Considerando as condições atuais da cidade, qual deve ser implementado primeiro?".

Dadas as limitações do pesquisador, não foi possível fazer o levantamento dos custos ou da viabilidade de implementação dos projetos nas vias municipais, tendo em vista que seriam necessários outros estudos técnicos para obter precisão. Apesar disso, considera-se que os especialistas selecionados possuem conhecimento, ao menos parcial, sobre a possibilidade de implementação desses tipos de projetos no contexto em que estão inseridos. Assim, optou-se por apresentar aos especialistas a descrição constante no Quadro 9, entendendo que seria suficiente para suas avaliações.

Descritos os procedimentos metodológicos adotados, no Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos.

4 RESULTADOS

Este capítulo visa apresentar os resultados da etapa final de construção do modelo de seleção de projetos (atribuição de pesos), e do teste do modelo, por meio da avaliação dos projetos de mobilidade. Os resultados dividem-se em: (i) atribuição dos pesos aos critérios do modelo; (ii) demonstração dos resultados da aplicação do modelo.

4.1 Pesos atribuídos aos critérios de avaliação

Nessa etapa foram verificadas a existência relação de preferência entre os critérios, e a atribuição de pesos, ambas por meio das avaliações dos especialistas. Na análise de relação de preferência, os 7 especialistas julgaram que havia diferença de importância entre os critérios dentro de cada dimensão, levando à necessidade de realizar as entrevistas individuais para atribuição de pesos. Realizou-se as entrevistas individuais, obtendo os julgamentos dos especialistas com uso do método AHP, e resultando nos pesos apresentados no Quadro 10.

A coluna “Peso” identifica o valor atribuído ao critério dentro do grupo, enquanto a coluna “Peso final” se refere ao valor do critério dentro do modelo (calculado por: peso do critério * peso do grupo * peso da dimensão). Os pesos gerados pelas avaliações individuais dos especialistas, e as Razões de Consistência, podem ser verificados no APÊNDICE F.

Quadro 10 – Agregação dos pesos atribuídos às dimensões, grupos e critérios

DIMENSÃO ECONÔMICA (D1) = 0,205			
Grupo	Critério	Peso	Peso final
Orçamento (G1) 0,461	(C1) Custos de investimento inicial	0,309	0,029
	(C2) Custos de operação	0,277	0,026
	(C3) Receitas de operação	0,222	0,021
	(C4) Despesas municipais com investimento em transporte	0,193	0,018
Socioeconômico (G2) 0,539	(C5) Custo da passagem do Transporte Público	0,625	0,069
	(C6) Preço do bilhete de estacionamento	0,111	0,012
	(C7) Custos do ciclo de vida do projeto	0,264	0,029
DIMENSÃO SOCIAL (D2) = 0,309			
Grupo	Critério	Peso	Peso final
Equidade social e inclusão (G3) 0,363	(C8) Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	0,397	0,045
	(C9) Acessibilidade espacial	0,385	0,043
	(C10) Acessibilidade à paradas de Transporte Público	0,218	0,024
Sociocultural (G4) 0,318	(C11) Aceitação pública ao projeto	0,513	0,050
	(C12) Uso de veículos sustentáveis	0,196	0,019
	(C13) Redução de veículos não sustentáveis	0,140	0,014

	(C14) Turismo local	0,151	0,015
Qualidade e segurança (G5) 0,319	(C15) Número de acidentes	0,233	0,023
	(C16) Qualidade do serviço de Transporte Público	0,325	0,032
	(C17) Confiança no serviço de Transporte Público	0,275	0,027
	(C18) Segurança das pessoas	0,167	0,017
DIMENSÃO AMBIENTAL (D3) = 0,235			
Grupo	Critério	Peso	Peso final
Emissão de poluentes (G6) 0,484	(C19) Emissões de poluentes atmosféricos	0,294	0,033
	(C20) Consumo de combustíveis fósseis	0,185	0,021
	(C21) Consumo de combustíveis não fósseis	0,323	0,037
	(C22) Poluição sonora	0,198	0,022
Consumo de recursos (G7) 0,516	(C23) Consumo de energia	0,327	0,040
	(C24) Ocupação de espaço público	0,409	0,050
	(C25) Proximidade com áreas legais	0,264	0,032
DIMENSÃO TÉCNICA (D4) = 0,251			
Grupo	Critério	Peso	Peso final
Eficiência (G8) 0,253	(C26) Tempo de viagem	0,234	0,015
	(C27) Congestionamentos e níveis de tráfego	0,351	0,022
	(C28) Tempo de estacionamento	0,120	0,008
	(C29) Deslocamento de pessoas e cargas	0,295	0,019
Transporte Público (G9) 0,287	(C30) Cobertura da área de serviço do Transporte Público	0,360	0,026
	(C31) Passageiros do Transporte Público	0,238	0,017
	(C32) Capacidade do Transporte Público	0,227	0,016
	(C33) Bilhetagem eletrônica	0,176	0,013
Modos de transporte (G10) 0,129	(C34) Rede de ciclovias	0,131	0,004
	(C35) Divisão modal	0,691	0,022
	(C36) Idade média da frota de veículos	0,178	0,006
Sistemas de informação (G11) 0,131	(C37) Uso de aplicativos	0,252	0,008
	(C38) Estacionamentos inteligentes	0,177	0,006
	(C39) Digitalização das paradas do Transporte Público	0,262	0,009
	(C40) Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	0,309	0,010
Gerenciamento (G12) 0,199	(C41) Gerenciamento de tráfego	0,416	0,021
	(C42) Maturidade tecnológica da Rede Viária	0,365	0,018
	(C43) Informações de viagens em tempo real	0,219	0,011

Fonte: dados da pesquisa (2022).

A partir das avaliações individuais, e da sua agregação, a dimensão social foi considerada a mais importante, seguida das dimensões técnica, ambiental e econômica. Os critérios mais importantes na dimensão econômica foram: custo da passagem do transporte público, custos do ciclo de vida do projeto, custos de investimento inicial e custos de operação.

Para a dimensão social foram: aceitação pública ao projeto, acessibilidade espacial, acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira), e qualidade do serviço de transporte público. Os mais importantes na dimensão ambiental: ocupação de espaço público, consumo de energia, consumo de combustíveis não fósseis, e emissões de poluentes atmosféricos. Já na dimensão técnica foram: cobertura da área de serviço do transporte público, congestionamentos e níveis de tráfego, divisão modal, e gerenciamento de tráfego.

A proposta do modelo é que os decisores do contexto selecionem um conjunto de critérios reduzido para avaliar determinadas alternativas que se pretende implementar. Dos 43 critérios que são propostos, sugere-se o uso de cerca de 12 critérios para aplicação. O uso desse número justifica-se por três razões: (i) alinha-se aos resultados de Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), de que o número de critérios utilizados pelos autores é, em geral, reduzido para dez; (ii) segue a quantia proposta em Curiel-Esparza *et al.* (2016), Pamucar *et al.* (2020) e Shiau e Liu (2013); (iii) mantém a proporção de critérios de cada dimensão do conjunto original: econômica (16%), social (26%), ambiental (16%) e técnica (42%).

4.2 Aplicação do modelo

Na etapa seguinte da pesquisa, apresentou-se os projetos de mobilidade aos especialistas do contexto, para seleção do conjunto de critérios específicos. Para operacionalizar os julgamentos de importância, utilizou-se o conjunto de termos linguísticos *2-tuple* listados no Quadro 7. Os resultados do processamento e agregação das avaliações individuais são apresentados no Quadro 11. As tabelas completas com os julgamentos linguísticos, processamento *2-tuple* e em números reais de cada especialista, constam no APÊNDICE G.

Quadro 11 – Agregação das avaliações de importância dos critérios

Dimensão	Nome	Cód.	<i>2-tuple</i>	Agregação
Econômica	Custos de investimento inicial	C1	(S ₃ , 0,29)	3,286
	Custos de operação	C2	(S ₃ , 0,14)	3,143
	Receitas de operação	C3	(S ₂ , 0,14)	2,143
	Despesas municipais com investimento em transporte	C4	(S ₃ , -0,14)	2,857
	Custo da passagem do Transporte Público	C5	(S ₂ , 0,43)	2,429
	Preço do bilhete de estacionamento	C6	(S ₂ , 0,29)	2,286
	Custos do ciclo de vida do projeto	C7	(S ₃ , -0,29)	2,714
Social	Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	C8	(S ₃ , -0,29)	2,714
	Acessibilidade espacial	C9	(S ₃ , -0,14)	2,857
	Acessibilidade à paradas de Transporte Público	C10	(S ₃ , -0,14)	2,857

	Aceitação pública ao projeto	C11	(S ₃ , -0,29)	2,714
	Uso de veículos sustentáveis	C12	(S ₃ , -0,29)	2,714
	Redução de veículos não sustentáveis	C13	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Turismo local	C14	(S ₂ , -0,29)	1,714
	Número de acidentes	C15	(S₃, 0,43)	3,429
	Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	(S₃, 0,14)	3,143
	Confiança no serviço de Transporte Público	C17	(S₃, 0)	3,000
	Segurança das pessoas	C18	(S ₃ , -0,29)	2,714
Ambiental	Emissões de poluentes atmosféricos	C19	(S₃, -0,29)	2,714
	Consumo de combustíveis fósseis	C20	(S ₂ , 0,43)	2,429
	Consumo de combustíveis não fósseis	C21	(S₃, -0,29)	2,714
	Poluição sonora	C22	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Consumo de energia	C23	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Ocupação de espaço público	C24	(S ₂ , 0,43)	2,429
	Proximidade com áreas legais	C25	(S ₂ , 0,29)	2,286
Técnica	Tempo de viagem	C26	(S₃, 0)	3,000
	Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	(S₃, 0,29)	3,286
	Tempo de estacionamento	C28	(S ₂ , 0,29)	2,286
	Deslocamento de pessoas e cargas	C29	(S₃, -0,14)	2,857
	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	(S₃, 0)	3,000
	Passageiros do Transporte Público	C31	(S ₃ , -0,29)	2,714
	Capacidade do Transporte Público	C32	(S ₃ , -0,29)	2,714
	Bilhetagem eletrônica	C33	(S ₂ , 0,14)	2,143
	Rede de ciclovias	C34	(S ₂ , 0,43)	2,429
	Divisão modal	C35	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Idade média da frota de veículos	C36	(S ₂ , 0)	2,000
	Uso de aplicativos	C37	(S ₂ , 0,43)	2,429
	Estacionamentos inteligentes	C38	(S ₂ , 0,29)	2,286
	Digitalização das paradas do Transporte Público	C39	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	C40	(S ₃ , -0,43)	2,571
	Gerenciamento de tráfego	C41	(S₃, 0,14)	3,143
	Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42	(S ₃ , -0,29)	2,714
Informações de viagens em tempo real	C43	(S₃, -0,14)	2,857	

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Os critérios destacados em negrito foram selecionados para a avaliação das alternativas, sendo considerados de maior importância para esse conjunto de projetos, na visão dos especialistas. Nota-se que foram selecionados 13 critérios, tendo em vista que alguns critérios da dimensão técnica tiveram a mesma pontuação final, mantendo-se, assim, os 6 primeiros desta dimensão. O Quadro 12 sintetiza os critérios selecionados.

Quadro 12 – Critérios selecionados para avaliação das alternativas

Dimensão	Nome	Código
Econômica	Custos de investimento inicial	C1
	Custos de operação	C2
Social	Número de acidentes	C15
	Qualidade do serviço de Transporte Público	C16
	Confiança no serviço de Transporte Público	C17
Ambiental	Emissões de poluentes atmosféricos	C19
	Consumo de combustíveis não fósseis	C21
Técnica	Tempo de viagem	C26
	Congestionamentos e níveis de tráfego	C27
	Deslocamento de pessoas e cargas	C29
	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30
	Gerenciamento de tráfego	C41
	Informações de viagens em tempo real	C43

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Obtidos os critérios, realizou-se a redistribuição dos pesos, por meio da normalização linear, tomando como base os pesos do conjunto original e a nova quantidade de indicadores de cada dimensão. O resultado da redistribuição é apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 – Pesos dos critérios selecionados para avaliação das alternativas

Dimensão	Nome	Código	Peso original	Novo peso
Econômica	Custos de investimento inicial	C1	0,029	0,108
	Custos de operação	C2	0,026	0,097
Social	Número de acidentes	C15	0,023	0,087
	Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	0,032	0,121
	Confiança no serviço de Transporte Público	C17	0,027	0,102
Ambiental	Emissões de poluentes atmosféricos	C19	0,033	0,112
	Consumo de combustíveis não fósseis	C21	0,037	0,123
Técnica	Tempo de viagem	C26	0,015	0,033
	Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	0,022	0,049
	Deslocamento de pessoas e cargas	C29	0,019	0,041
	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	0,026	0,057
	Gerenciamento de tráfego	C41	0,021	0,046
	Informações de viagens em tempo real	C43	0,011	0,024

Fonte: dados da pesquisa (2022).

A etapa de avaliação das alternativas, por meio do método TOPSIS, inicia-se com a criação das matrizes de julgamento individuais para cada especialista. A partir das alternativas elencadas e dos critérios selecionados, utilizou-se o conjunto linguístico *2-tuple* listado no Quadro 8 para avaliar o desempenho dos projetos. As tabelas individuais completas dos julgamentos linguísticos, processamento *2-tuple* e em números reais (equivalente de informação β), podem ser verificadas no APÊNDICE H.

É necessário salientar que, nos julgamentos de desempenho dos projetos, a matriz do especialista E1 foi desconsiderada. Isso porque os julgamentos realizados não levaram em conta as diferenças de cada alternativa em relação a cada critério, atribuindo desempenho “Médio” para a alternativa A1 em todos os critérios, “Bom” para a alternativa A2, “Muito Bom” para a alternativa A3, e “Muito Bom” para a alternativa A4 em todos os critérios.

Posto isto, obtidas as avaliações individuais, criou-se as matrizes agregadas *2-tuple* e equivalente de informação β . A Tabela 2 demonstra a agregação das avaliações individuais em *2-tuple*.

Tabela 2 - Agregação 2-tuple das avaliações das alternativas em relação aos critérios

	A1	A2	A3	A4
C1	(S ₂ , 0,43)	(S ₁ , 0,43)	(S ₂ , -0,14)	(S ₂ , 0,43)
C2	(S ₃ , -0,43)	(S ₂ , 0,29)	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , 0)
C15	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,29)	(S ₃ , 0,14)
C16	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0,14)	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , -0,14)
C17	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,14)
C19	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,14)
C21	(S ₂ , 0,43)	(S ₂ , 0,43)	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , -0,14)
C26	(S ₃ , 0,14)	(S ₃ , 0,14)	(S ₄ , -0,43)	(S ₃ , 0,43)
C27	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , 0,29)	(S ₃ , 0,14)	(S ₃ , 0,43)
C29	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , 0,14)	(S ₂ , 0,43)	(S ₃ , 0,14)
C30	(S ₃ , -0,14)	(S ₂ , 0,43)	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , -0,43)
C41	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , 0,29)	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , 0,29)
C43	(S ₃ , -0,43)	(S ₃ , -0,14)	(S ₃ , 0,14)	(S ₃ , -0,29)

Fonte: dados da pesquisa (2022).

A etapa 3 consistiu em determinar as soluções positiva (r^+, a^+) e negativa (r^-, a^-) ideais. É importante mencionar que todos os critérios foram considerados como sendo de benefício. A Tabela 3 apresenta os dados em *2-tuple*.

Tabela 3 - Soluções positiva e negativa ideais

	<i>2-tuple</i>	
	(r^+, a^+)	(r^-, a^-)
C1	(S ₃ , -0,5)	(S ₁ , 0,17)
C2	(S ₃ , -0,17)	(S ₂ , 0,17)
C15	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,5)
C16	(S ₃ , 0,17)	(S ₂ , 0,33)
C17	(S ₃ , 0,17)	(S ₃ , -0,33)
C19	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,5)
C21	(S ₃ , -0,33)	(S ₂ , 0,33)
C26	(S ₃ , 0,5)	(S ₃ , 0,17)
C27	(S ₃ , 0,33)	(S ₃ , 0,0)
C29	(S ₃ , 0,17)	(S ₂ , 0,17)
C30	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0,33)
C41	(S ₃ , 0,33)	(S ₃ , -0,33)
C43	(S ₃ , 0)	(S ₃ , -0,5)

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Na etapa 4 calculou-se as distâncias às soluções positiva (ξ_i^+, η_i^+) e negativa (ξ_i^-, η_i^-) ideais. A Tabela 4 apresenta os dados em *2-tuple*.

Tabela 4 - Distâncias às soluções positiva e negativa ideais

	<i>2-tuple</i>	
	(ξ_i^+, η_i^+)	(ξ_i^-, η_i^-)
A1	(S ₀ , 0,52)	(S ₀ , 0,13)
A2	(S ₀ , 0,26)	(S ₀ , 0,39)
A3	(S ₀ , 0,19)	(S ₀ , 0,46)
A4	(S ₀ , 0,40)	(S ₀ , 0,26)

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Na etapa 5 calculou-se a semelhança de cada alternativa com a solução Positiva Ideal, dada por (ξ_i, η_i) . A Tabela 5 apresenta os dados em *2-tuple* e seus equivalentes β .

Tabela 5 - Semelhança à solução positiva ideal

	<i>2-tuple</i>	Equivalente β
	(ξ_i^+, η_i^+)	C^*
A1 - Retirada de estacionamentos	(S ₀ , 0,80)	0,798
A2 - Semáforos inteligentes	(S ₀ , 0,40)	0,396
A3 - Faixas exclusivas do transporte público	(S ₀ , 0,30)	0,292
A4 - Binários de tráfego	(S ₀ , 0,61)	0,608

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Por fim, na etapa 6 fez-se o *ranking* final das alternativas em ordem decrescente do índice de similaridade com a solução ideal, obtendo-se o seguinte ordenamento: $A1 > A4 > A2 > A3$. Ou seja, a alternativa de Retirada de estacionamentos foi considerada a melhor opção, a partir das avaliações deste grupo de especialistas, e considerando o conjunto de critérios selecionado.

O Capítulo 5 traz a discussão dos resultados à luz da literatura pesquisada.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo será dividido em 2 momentos: discussões gerais sobre a construção do modelo e suas contribuições; e análise dos resultados obtidos com a aplicação nos projetos de mobilidade no contexto estudado.

5.1 Construção do modelo de seleção de projetos

Como considerações iniciais a respeito do modelo proposto nesta pesquisa, retoma-se os três pontos principais que o diferenciam dos modelos prévios da literatura: (i) o estudo de projetos de mobilidade no contexto das cidades médias; (ii) uso do modelo linguístico *2-tuple* para o processamento das informações, ao invés dos números *fuzzy*; (iii) a proposição de um conjunto predefinido de critérios de avaliação, para permitir aos decisores a seleção de um conjunto menor de critérios, mais adequados às alternativas do problema.

Na literatura internacional, a maioria dos estudos é desenvolvida em contextos urbanos de grande porte populacional, tais como Luxemburgo, Istambul, Taipei e São Paulo. Entretanto, entende-se que as cidades de médio porte possuem relevância para os âmbitos locais e regionais em que estão inseridas, pois possuem potencial para alcançar índices de desenvolvimento elevados, sem enfrentar os problemas encontrados nas metrópoles com o mesmo grau de dificuldade (DALL’O *et al.*, 2017). Não significa que os problemas em pequenas e médias cidades não existem, mas a complexidade dos obstáculos não é, necessariamente, a mesma (DANIELIS; ROTARIS; MONTE, 2018).

Apesar dos critérios selecionados para compor o modelo serem, em sua maioria, provenientes de trabalhos desenvolvidos em grandes centros, o processo de análise e filtragem de relevância para o contexto de cidades médias contribuiu pra que o conjunto esteja mais próximo da realidade desses locais. A fala de um dos especialistas é consoante a esta análise de relevância, quando diz que os responsáveis por gerenciar o transporte público e a mobilidade da cidade estão sempre “apagando incêndio”, isto é, resolvendo problemas urgentes e de mais prioridade, dedicando-se pouco às soluções de longo prazo e com inserção de tecnologias.

Verificou-se, também nas entrevistas, menções ao interesse de implementar projetos nos próximos anos relacionados a veículos elétricos (públicos e privados), transporte público por aplicativos, eliminação de rotatórias em cruzamentos, implementação do sistema binário e alternativas ao uso dos veículos particulares. Com isso, constata-se que haverá necessidade de decisões sobre a implementação ou não de determinadas iniciativas, que implicarão no

envolvimento de vários atores e critérios, e em análises fundamentadas. Por mais que a cidade, no momento atual, não visualize a implementação de determinados tipos de projetos, ela deve pensar no longo prazo (como citado pelos próprios entrevistados), analisando questões críticas que vão impactar as condições de mobilidade no futuro.

No segundo ponto, o uso do modelo linguístico *2-tuple*, e não dos números *fuzzy*, o *2-tuple* vem sendo aplicado em diversos casos no campo da tomada de decisão, e em áreas relacionadas, devido à sua simplicidade e preservação da informação (MALHOTRA; GUPTA, 2020). Nesse sentido, seu uso permitiu o processamento simplificado das informações obtidas de forma qualitativa, e apreensão da incerteza existente no processo decisório em grupo.

O uso de especialistas faz com que o modelo não seja afetado, diretamente, pela ausência de dados quantitativos a respeito da cidade ou dos projetos a serem avaliados. Diversos autores mencionam a disponibilidade de dados como um fator chave nos modelos, que acabam reduzindo a abrangência das avaliações por conta disso (REISI *et al.*, 2014; VIDOVIĆ; ŠOŠTARIĆ; BUDIMIR, 2019).

Entende-se que, caso fossem apresentados mais detalhes dos projetos aos especialistas, como custos de investimento, local de aplicação (rua/avenida/cruzamento), número e tipo indivíduos afetados, contagens de tráfego etc., as avaliações poderiam ser mais assertivas. Entretanto, este não é um fator que invalida ou torna o modelo menos relevante, levando em conta que a expertise dos atores selecionados é tida como uma fonte de dados confiável e que considera aspectos subjetivos do contexto.

Como terceira contribuição, a flexibilidade do modelo em dispor de uma base inicial de 43 critérios, e permitir que seja selecionado conjunto menor para avaliar os projetos de mobilidade, tem como objetivo levar os especialistas à seguinte reflexão: há esse conjunto inicial de critérios que abrangem diversas questões de mobilidade, mas, para esses projetos que serão avaliados, quais são os critérios mais importantes para tomar a decisão?

Isso faz com que os projetos sejam avaliados a partir de critérios que sejam realmente relevantes, buscando uma decisão fundamentada. Ainda, como o TOPSIS é um método do tipo compensatório, mesmo que uma alternativa tenha baixo desempenho em um critério, se ela vai melhor em outros, o desempenho final pode ser compensado.

A respeito disso, os especialistas comentaram, ao final das entrevistas, que percebem o modelo como pertinente principalmente por ter a visão do todo, e não partes fragmentadas. Para um deles, a mobilidade é como uma colcha de retalhos, onde puxar um fio faz com que todo o conjunto seja alterado. Desta forma, o modelo consegue captar os principais pontos da mobilidade que devem ser avaliados.

Um elemento que não foi inserido no modelo, e que dois especialistas pontuaram que possui relevância, é a influência política no setor de mobilidade. Eles reconhecem que é difícil mensurar a interferência que a política possui, mas que ela poderia estar presente em algum critério do modelo. Alguns critérios do modelo refletem, mesmo que indiretamente, na intenção política de implementar determinado projeto, tais como: “Despesas municipais com investimento em transporte”, “Custos do ciclo de vida do projeto”, “Aceitação pública ao projeto”, “Turismo local”, “Ocupação de espaço público”, “Congestionamentos e níveis de tráfego”, “Gerenciamento de tráfego”.

Nesse sentido, talvez possa ser analisada a possibilidade de inclusão de algum(s) critério(s) no modelo, ou um novo grupo, tais como: cooperação governamental, efetivação e continuidade das ações, transparência do processo de planejamento, contratos e licitações, buscando abarcar aspectos políticos que possam influenciar o processo decisório (BUENK; GROBBELAAR; MEYER, 2019; COSTA, 2008; FAROOQ *et al.*, 2019).

Em outra análise, os pesos que foram atribuídos aos 43 critérios do modelo, a partir dos julgamentos dos especialistas, nota-se que aqueles relacionados aos aspectos tecnológicos da mobilidade (uso de aplicativos, estacionamentos inteligentes, digitalização das paradas do transporte público, digitalização dos ônibus do transporte público) foram alguns dos que receberam as menores importâncias na composição geral.

Não é possível afirmar que os aspectos tecnológicos são menos importantes para a mobilidade das cidades médias. O que ocorre é que, para os especialistas escolhidos, esse grupo de critérios possui menor relevância quando comparado com outros critérios apresentados na dimensão técnica. O contexto em que os especialistas estão inseridos pode ser um fator que contribui para essa avaliação, pois a cidade não possui um desenvolvimento tecnológico em aspectos de mobilidade urbana tão elevado, e os projetos relacionados à tecnologias passaram a ser implementadas de forma relativamente recente na cidade.

Ainda em relação aos pesos e importâncias, partir das avaliações individuais e da sua agregação, a dimensão social foi considerada a mais importante, seguida das dimensões técnica, ambiental e econômica. A priorização da dimensão social corrobora, na literatura, somente com Lopez-Carreiro e Monzon (2018), isto é, os demais estudos utilizados como base da pesquisa não indicam maior importância para os aspectos sociais em relação aos demais.

A dimensão técnica, na literatura, aparece em geral como primeira ou segunda em ordem de importância (AWASTHI; OMRANI, 2019; AWASTHI; OMRANI; GERBER, 2018; CURIEL-ESPARZA *et al.*, 2016; FAROOQ *et al.*, 2019; SHIAU; LIU, 2013). Por fim, as dimensões econômica (BUENK; GROBBELAAR; MEYER, 2019; PAMUCAR *et al.*, 2020),

e ambiental (AWASTHI; CHAUHAN, 2012; MARLETTO; MAMELI, 2012). Em suma, os estudos indicam que há, na maioria dos casos, uma importância maior para os aspectos técnicos e econômicos, em detrimento de questões sociais e ambientais.

Em vista disso, o modelo proposto apresenta uma contribuição diferente da maioria dos estudos, indicando a priorização da dimensão social para seleção dos projetos de mobilidade. Isso é enfatizado por um dos especialistas quando menciona a recusa de algumas pessoas à implementação de um terminal rodoviário urbano: “Vou atender 16 mil pessoas que utilizam o transporte coletivo, ou vou atender 10 pessoas que acham que colocar o terminal ali prejudica eles?”. Observa-se ainda, nesse exemplo, o papel do gestor público em determinar a execução de um projeto que atenderá a coletividade de forma mais adequada.

Entretanto, não se pode dizer que as demais dimensões são menos importantes, essa inferência seria simplória. A viabilidade econômica dos projetos é citada por 3 especialistas como um fator relevante para a decisão final, e em conjunto com a viabilidade de execução, apontam as questões técnicas que dirão se o projeto pode ou não ser executado. Desta forma, entende-se que o modelo atribui prioridades diferentes para selecionar os projetos, mas considera a importância de todas as dimensões. Essa análise se estende para os critérios individuais que, apesar de possuírem pesos com valores próximos, mantém uma priorização relativa dentro de cada dimensão.

Como análise final da construção do modelo, analisou-se a possibilidade de aplicar análises de sensibilidade buscando verificar sua consistência, como proposto por Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Bandeira *et al.* (2018), Pamucar *et al.* (2020). Contudo, entende-se que pode haver restrições em relação a essa prática, pois, com a mudança de pesos dos critérios, haverá, logicamente, alterações nas prioridades das alternativas. Adotando a perspectiva de que os pesos atribuídos resultam das preferências dos especialistas que participam e conhecem o contexto, e essas podem mudar ao longo do tempo, optou-se por não realizar as análises de sensibilidade do modelo.

5.2 Discussões sobre a aplicação do modelo

No que tange à aplicação do modelo, o primeiro ponto a ser analisado são os critérios selecionados para avaliar as alternativas. É possível afirmar que os 13 critérios utilizados para a avaliação foram adequados para a aplicação do modelo, tendo em vista que todos estavam alinhados com os tipos de projetos que seriam avaliados. Caso fossem escolhidos critérios sem relação com os projetos, as avaliações poderiam ser distorcidas e prejudicariam a aplicação. O

único critério que poderia ter gerado algum tipo de dúvida no momento da avaliação era o “C21 – Consumo de combustíveis não fósseis”, pois nenhum dos projetos estava diretamente relacionado ao uso de combustíveis renováveis. Contudo, entende-se que isso não afetou negativamente os julgamentos dos especialistas nem os resultados do *ranking*.

Quanto à coleta das informações por meio do modelo linguístico *2-tuple* e posterior processamento com o método TOPSIS, entende-se que há poucas análises a serem feitas. O uso de escalas linguísticas existentes na literatura (ruim/médio/bom), acrescidas de termos para facilitar o entendimento dos especialistas (os custos são elevados/contribuição baixa), auxiliou na coleta de dados de desempenho. Como as fórmulas do processamento do TOPSIS já estavam organizadas em planilhas eletrônicas, só foi necessário inserir os dados de entrada (julgamentos de desempenho), e verificar o *ranking* final.

Como resultado, a alternativa “A1 – Retirada de estacionamentos” ficou como primeira colocada no *ranking*, seguida da alternativa “A4 – Binários de tráfego”, “A2 – Semáforos inteligentes”, e por último “A3 – Faixas exclusivas do Transporte público”. Isso aponta a alternativa A1 como sendo a melhor opção, considerando o conjunto de critérios escolhido, mas não significa que deva ser a única para implementação.

Ressalta-se que, apesar do modelo proposto ser uma ferramenta de apoio à decisão, há outros fatores e estudos que devem ser considerados pelos decisores, como impactos na estrutura urbana, no comércio das vias atingidas, durabilidade, eficácia (resolução do problema), disponibilidade de recursos no momento, e etc. Pamucar *et al.* (2020) apontam que projetos com caráter de incentivo e encorajamento tem desempenhos, geralmente, melhores, pois causam menos reação pública e envolvem menos custos quando comparados com projetos de penalização e restrição.

A alternativa A1 teve desempenho constante, isto é, não teve desempenhos muitos baixos em alguns critérios e muito altos em outros, contribuindo de forma linear para todos critérios analisados. Pode-se dizer que o mesmo se aplica às demais alternativas, pois nenhuma teve oscilações que possam ter contribuído para um desempenho final bom ou ruim. Os piores desempenhos gerais foram em relação aos “custos iniciais”, sendo a alternativa A2 a pior; enquanto os melhores foram relacionados ao “tempo de viagem”, com a alternativa A3 tendo o melhor desempenho.

O baixo desempenho dos semáforos inteligentes em relação aos custos é explicado pelo valor necessário para adquirir e implementar esse tipo de projeto, visto como mais elevado quando comparado aos demais. Já o alto desempenho dos binários de tráfego para o tempo de

viagem está diretamente ligado ao tipo de distribuição de tráfego que o projeto possui, permitindo a passagem simultânea de veículos em sentido único, na mesma via.

Como o método TOPSIS é do tipo compensatório, o baixo ou alto desempenho em um critério é balanceado pelos demais. Ainda assim, os resultados indicam que ter um desempenho linear (e elevado) em todos os critérios faz a diferença no *ranking* final. Como mencionado anteriormente, havendo outros fatores e estudos para análise, é provável que sejam priorizados projetos bem avaliados em mais de uma dimensão (MILLER *et al.*, 2016). Portanto, entende-se que os projetos a serem elencados devem estar alinhados às estratégias da cidade, de modo que possam contribuir para a resolução do problema e trazer benefícios para diversas áreas, e não somente para aspectos específicos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo propor um modelo para seleção de projetos de mobilidade urbana em cidades de médio porte, sob a perspectiva da inteligência e da sustentabilidade, a partir de métodos de decisão multicritério. O primeiro objetivo específico foi atendido por meio da seleção de um conjunto de critérios para avaliação de projetos de mobilidade; o segundo foi alcançado pela identificação dos problemas enfrentados nas cidades de médio porte e projetos de mobilidade aplicáveis; e o terceiro objetivo específico foi o desenvolvimento e aplicação do modelo multicritério.

O modelo é composto por 43 critérios de avaliação, provenientes da literatura, classificados em 4 dimensões: social, ambiental, técnica e econômica. Para a atribuição de pesos aos critérios utilizou-se o método multicritério AHP e entrevistas com 7 especialistas da cidade de Pato Branco – PR, das áreas de mobilidade urbana, planejamento urbano, Polícia Militar e academia. A coleta de informações qualitativas foi feita por meio de formulários online, e seu processamento com o modelo computacional linguístico *2-tuple*. O processamento dos dados e geração do *ranking* das alternativas foi operacionalizado pelo método multicritério TOPSIS *2-tuple*.

A aplicação do modelo consistiu na avaliação de quatro projetos de mobilidade alinhados ao Plano Diretor de Pato Branco: A1 – Retirada de estacionamentos; A2 – Semáforos inteligentes; A3 – Faixas exclusivas do transporte público; A4 – Binários de tráfego. O *ranking* final ($A1 > A4 > A2 > A3$) apontou a alternativa A1 com o melhor desempenho.

A contribuição da pesquisa, no âmbito científico, reside em contemplar: (i) o estudo da mobilidade urbana no contexto das cidades médias; (ii) uso do modelo linguístico *2-tuple* para o processamento das informações; (iii) existência de um conjunto predefinido de critérios, permitindo que os decisores definam um conjunto menor de critérios pertinentes às alternativas. A vantagem do uso de escalas linguísticas é que o modelo não é afetado, de forma direta, pela ausência de dados quantitativos a respeito dos projetos a serem avaliados.

Como contribuições práticas, o modelo possibilita identificar os projetos mais apropriados para os objetivos municipais; priorizar investimentos para definição de planejamentos de curto, médio e longo prazo; verificar em quais critérios os projetos têm melhor pontuação; e a tomada de decisão em grupo envolvendo múltiplos critérios.

Mesmo trazendo as contribuições apontadas, algumas limitações da pesquisa precisam ser levadas em conta: (i) as percepções do próprio pesquisador que interferem no processo de filtragem e seleção dos critérios que fazem parte do modelo; (ii) a construção do

modelo no contexto de apenas uma cidade, influenciando diretamente nos pesos e importâncias atribuídos aos critérios de avaliação; (iii) a aplicação do modelo em apenas uma cidade, não permitindo considerá-la como uma validação mas, sim, como um teste; (iv) a quantidade e tipos de projetos que foram elencados para a aplicação, permitindo extrapolar as análises para um número limitado de alternativas e somente para o contexto estudado.

A partir dos resultados obtidos, podem ser feitas algumas sugestões de trabalhos futuros. Embora uma lista abrangente de critérios tenha sido obtida, a literatura indica que indicadores confiáveis também precisam ser claros e mensuráveis, levando à possibilidade de agregar-se alguns critérios quantitativos ao modelo para trazer maior qualidade e confiabilidade. Sugere-se, também, aplicar o modelo proposto em outros contextos similares (cidades de médio porte), tentando validar sua aplicabilidade e replicabilidade. Outra possibilidade é incluir dados de *Big Data* para facilitar a coleta de informações e melhorar o modelo, considerando o contexto das Cidades Inteligentes.

Além da aplicação em outros contextos, o modelo pode ser aplicado com outros projetos de mobilidade ou utilizar outro grupo de especialistas, buscando verificar se o *ranking* final é influenciado por determinados pontos de vista ou projetos com determinadas características. Ainda, os resultados podem ser validados por comparação com outros métodos multicritério, como VIKOR e o próprio AHP (em sua aplicação total), podendo, inclusive, incluir esses métodos no modelo como forma de comparar se o projeto melhor colocado em um *ranking* mantém o desempenho nos demais.

Acredita-se que o modelo proposto pode ser implementado na prática pelos gestores municipais, e que seu potencial reside em dispor de conjunto maior e predefinido de critérios de avaliação, e deixar que os decisores do contexto julguem quais são mais adequados, mantendo a apreensão do conhecimento tácito. Nessa perspectiva, o modelo proposto utiliza critérios validados na literatura, mantendo a autonomia dos decisores para selecionar aqueles que melhor satisfazem o problema. Busca-se agregar aos estudos de mobilidade urbana e à investigação do papel das pequenas e médias cidades no desenvolvimento das regiões.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. H. F. et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 47–62, 2011.
- ALAVI, A. H. et al. Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. **Measurement**, v. 129, p. 589–606, 2018.
- ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of urban technology**, v. 22, n. 1, p. 3–21, 2015.
- ANSARI, S. H.; MEHROTRA, M. Development of Smart Cities and Its Sustainability: A Smart City framework. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, v. 8, n. 11, p. 646–655, 2019.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S. A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning. **Applied Mathematical Modelling**, v. 36, n. 2, p. 573–584, 2012.
- AWASTHI, A.; OMRANI, H. A hybrid approach based on AHP and belief theory for evaluating sustainable transportation solutions. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 9, n. 3, p. 212–226, 2009.
- AWASTHI, A.; OMRANI, H. A goal-oriented approach based on fuzzy axiomatic design for sustainable mobility project selection. **International Journal of Systems Science: Operations and Logistics**, v. 6, n. 1, p. 86–98, 2019.
- AWASTHI, A.; OMRANI, H.; GERBER, P. Investigating ideal-solution based multicriteria decision making techniques for sustainability evaluation of urban mobility projects. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 116, p. 247–259, 2018.
- BANDEIRA, R. A. M. et al. A fuzzy multi-criteria model for evaluating sustainable urban freight transportation operations. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 727–739, 2018.
- BELLINI, F. et al. Business Models Innovation for Sustainable Urban Mobility in Small and Medium-Sized European Cities. **Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society**, v. 14, n. 3, p. 266–277, 2019.
- BENEVOLO, C.; DAMERI, R. P.; D'AURIA, B. **Smart Mobility in Smart City Action Taxonomy, ICT Intensity and Public Benefits**. (Torre, T and Braccini, AM and Spinelli, R, Ed.)EMPOWERING ORGANIZATIONS: ENABLING PLATFORMS AND ARTEFACTS. **Anais...: Lecture Notes in Information Systems and Organization**.2016
- BIBRI, S. E. The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability. **Sustainable cities and society**, v. 38, p. 230–253, 2018.
- BORTOLLI, M. V. DE; DUTRA, G. N. Trajetória de construção de uma cidade inteligente: o caso de Pato Branco. In: TEIXEIRA, C. S.; DEPINÉ, Á. (Eds.). **Inovação em cidades**. São Paulo: Perse, 2020. p. 101–120.
- BRAGA, I. P. C. et al. Urban mobility performance indicators: A bibliometric analysis. **Gestao e Producao**, v. 26, n. 3, 2019.
- BRASIL. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga

dispositivos dos Decretos-Leis n^os 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n^o 5.452, de 1. . 2012.

BRASIL. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/planmob.pdf>>.

BRASIL. Altera a Lei n^o 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, para dispor sobre a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana pelos Municípios. . 2020, p. 1.

BUENK, R.; GROBBELAAR, S. S.; MEYER, I. A framework for the sustainability assessment of (Micro)transit systems. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 21, 2019.

BULDEO RAI, H. et al. An indicator approach to sustainable urban freight transport. **Journal of Urbanism**, v. 11, n. 1, p. 81–102, 2018.

BUTLER, L.; YIGITCANLAR, T.; PAZ, A. How Can Smart Mobility Innovations Alleviate Transportation Disadvantage? Assembling a Conceptual Framework through a Systematic Review. **Applied Sciences**, v. 10, n. 18, p. 40, 2020.

BUZÁSI, A.; CSETE, M. Sustainability indicators in assessing urban transport systems. **Periodica Polytechnica Transportation Engineering**, v. 43, n. 3, p. 138–145, 2015.

CAMPOS, V. B. G.; RAMOS, R. A. R.; DE MIRANDA E SILVA CORREIA, D. Multi-criteria analysis procedure for sustainable mobility evaluation in urban areas. **Journal of Advanced Transportation**, v. 43, n. 4, p. 371–390, 2009.

CAVALCANTI, C. DE O. et al. Sustainability assessment methodology of urban mobility projects. **Land Use Policy**, v. 60, p. 334–342, 2017.

CONTERNO, R. C.; TOMAZONI, J. C. A Qualidade do Transporte Público Coletivo na Cidade de Pato Branco/PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 950–966, 2015.

COSTA, M. DA S. **UM ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL**. [s.l.] Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

COSTA, P. B.; NETO, G. C. M.; BERTOLDE, A. I. Urban mobility indexes: A brief review of the literature. **Transportation research procedia**, v. 25, p. 3645–3655, 2017.

CURIEL-ESPARZA, J. et al. Prioritization by consensus of enhancements for sustainable mobility in urban areas. **Environmental Science and Policy**, v. 55, p. 248–257, 2016.

DA SILVA, E. M. et al. A systematic review of empirical and normative decision analysis of sustainability-related supplier risk management. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118808, 2020.

DALL’O, G. et al. Evaluation of cities’ smartness by means of indicators for small and medium cities and communities: A methodology for Northern Italy. **Sustainable cities and society**, v. 34, p. 193–202, 2017.

DANIELIS, R.; ROTARIS, L.; MONTE, A. Composite indicators of sustainable urban mobility: Estimating the rankings frequency distribution combining multiple methodologies. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 12, n. 5, p. 380–395, 2018.

DENATRAN, D. N. DE T. **Estatísticas - Frota de Veículos - DENATRAN**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021>>. Acesso em: 28 maio. 2021.

DONAIS, F. M. et al. A review of cost–benefit analysis and multicriteria decision analysis from the perspective of sustainable transport in project evaluation. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 7, n. 3, p. 327–358, 2019.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PINTO, H. DE M. Processo de investigação e Análise bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos Serviços Bancários. **Revista de administração contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 325–349, 2013.

FAROOQ, A. et al. The application of smart urban mobility strategies and initiatives: Application to Beijing. **European Transport - Trasporti Europei**, n. 71, 2019.

GIFFINGER, R. ET AL. **City-ranking of European medium-sized cities**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONZALEZ-URANGO, H. et al. Planning for Pedestrians with a participatory multicriteria approach. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146, n. 3, p. 05020007, 2020.

HAMMI, B. et al. IoT technologies for smart cities. **IET Networks**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 2017.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words. **IEEE Transactions on fuzzy systems**, v. 8, n. 6, p. 746–752, 2000.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision-making. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)**, v. 31, n. 2, p. 227–234, 2001.

HO, W.; MA, X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 267, n. 2, p. 399–414, 2018.

HOGLUND, L. et al. Strategic management in the public sector: how tools enable and constrain strategy making. **International Public Management Journal**, v. 21, n. 5, p. 822–849, 2018.

HWANG, C.-L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making methods and applications: A State-of-the-Art Survey**. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1981.

IBGE. **Estimativas da População**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultados>>. Acesso em: 28 maio. 2021a.

IBGE. **IBGE: Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

IBGE, C. DE G. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil, 2 ed.** Rio de Janeiro: [s.n.].

IBGE, C. DE G. **Regiões de influência das cidades : 2018**. Rio de Janeiro: [s.n.].

IBGE, I. B. DE G. E E. **Indicadores Sociais Municipais: Uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv54598.pdf>>.

IVALDI, E. et al. Smart Sustainable Cities and the Urban Knowledge-Based Economy: A NUTS3 Level Analysis. **Social Indicators Research**, v. 150, n. 1, p. 45–72, 2020.

JAHAN, A.; EDWARDS, K. L. A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process in engineering design. **Materials & Design (1980-2015)**, v. 65, p. 335–342, 2015.

JAIN, D.; TIWARI, G. Sustainable mobility indicators for Indian cities: Selection methodology and application. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 310–322, 2017.

JAKIMAVIČIUS, M.; BURINSKIENE, M. Assessment of Vilnius city development scenarios based on transport system modelling and multicriteria analysis. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 15, n. 4, p. 361–368, 2009.

JUNIOR, C. M. et al. Do Brazilian cities want to become smart or sustainable? **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 214–221, 2018.

LOPES, I. M.; OLIVEIRA, P. **Can a small city be considered a smart city?** Procedia Computer Science. **Anais...2017**

LOPEZ-CARREIRO, I.; MONZON, A. Evaluating sustainability and innovation of mobility patterns in Spanish cities. Analysis by size and urban typology. **Sustainable Cities and Society**, v. 38, p. 684–696, 2018.

MACHARIS, C.; BERNARDINI, A. Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. **Transport policy**, v. 37, p. 177–186, 2015.

MALHOTRA, T.; GUPTA, A. A systematic review of developments in the 2-tuple linguistic model and its applications in decision analysis. **Soft Computing**, p. 1–35, 2020.

MAMELI, F.; MARLETTO, G. Can National Survey Data be Used to Select a Core Set of Sustainability Indicators for Monitoring Urban Mobility Policies? **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 8, n. 5, p. 336–359, 2014.

MANGIARACINA, R. et al. A comprehensive view of intelligent transport systems for urban smart mobility. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 20, n. 1, p. 39–52, 2017.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, v. 42, p. 4126–4148, 2015.

MARLETTO, G.; MAMELI, F. A participative procedure to select indicators of policies for sustainable urban mobility. Outcomes of a national test. **European Transport Research Review**, v. 4, n. 2, p. 79–89, 2012.

MARTÍNEZ, L.; RODRIGUEZ, R. M.; HERRERA, F. **The 2-tuple Linguistic Model: Computing with Words in Decision Making**. 1. ed. eBook: Springer International Publishing, 2015.

MENDOZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms. **Forest ecology and management**, v. 230, n. 1–3, p. 1–22, 2006.

- MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- MILLER, P. et al. Analyzing the sustainability performance of public transit. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 44, p. 177–198, 2016.
- MIRANDA, H. DE F.; DA SILVA, A. N. R. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. **Transport Policy**, v. 21, p. 141–151, 2012.
- OLIVEIRA, H. C. M. DE; CALIXTO, M. J. M. S.; SOARES, B. R. (EDS.). **Cidades Médias e Região**. 1ª ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017.
- OLOFSSON, Z.; HISELIUS, L.; VÁRHELYI, A. Development of a tool to assess urban transport sustainability: The case of Swedish cities. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 10, n. 7, p. 645–656, 2016.
- ORLOWSKI, A.; ROMANOWSKA, P. Smart Cities Concept: Smart Mobility Indicator. **Cybernetics and Systems**, v. 50, n. 2, p. 118–131, 2019.
- OSSES, U. et al. Multiple-criteria decision-making tool for local governments to evaluate the global and local sustainability of transportation systems in Urban Areas: Case study. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 144, n. 1, 2018.
- PAMUCAR, D. et al. A fuzzy Full Consistency Method-Dombi-Bonferroni model for prioritizing transportation demand management measures. **Applied Soft Computing Journal**, v. 87, p. 105952, 2020.
- PATO BRANCO. **Plano Diretor Participativo Pato Branco 2030**. Pato Branco: [s.n.]. Disponível em: <<http://patobranco.pr.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/ATI-PATO-BRANCO-03-09.pdf>>.
- PEDROSO, G.; BERMANN, C.; SANCHES-PEREIRA, A. Combining the functional unit concept and the analytic hierarchy process method for performance assessment of public transport options. **Case Studies on Transport Policy**, v. 4, n. 722–736, 2018.
- PEPRAH, C.; AMPONSAH, O.; ODURO, C. A system view of smart mobility and its implications for Ghanaian cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 739–747, 2019.
- PINNA, F.; MASALA, F.; GARAU, C. Urban policies and mobility trends in Italian smart cities. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 4, 2017.
- PUJADAS, P. et al. MIVES multi-criteria approach for the evaluation, prioritization, and selection of public investment projects. A case study in the city of Barcelona. **Land Use Policy**, v. 64, p. 29–37, 2017.
- RASHID, Z. et al. Using Augmented Reality and Internet of Things to Improve Accessibility of People with Motor Disabilities in the Context of Smart Cities. **Future Generation Computer Systems**, v. 76, p. 248–261, 2017.
- REISI, M. et al. Transport sustainability index: Melbourne case study. **Ecological Indicators**, v. 43, p. 288–296, 2014.
- ROGHANIAN, E.; RAHIMI, J.; ANSARI, A. Comparison of first aggregation and last aggregation in fuzzy group TOPSIS. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, p. 3754–3766, 2010.
- ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. 12. ed. [s.l.] Springer Science &

Business Media, 1996.

ROY, J. Mobility and Service Innovation: A Critical Examination of Opportunities and Challenges for the Canadian Public Sector. In: INFORMATION RESOURCES MANAGEMENT ASSOCIATION (Ed.). . **Open Government: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications**. [s.l.] IGI Global, 2020. p. 2581.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SANCHEZ, L. et al. SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. **Computer Networks**, v. 61, p. 217–238, 2014.

SCHMALE, J.; VON SCHNEIDEMESSER, E.; DÖRRIE, A. An integrated assessment method for sustainable transport system planning in a middle sized German city. **Sustainability**, v. 7, n. 2, p. 1329–1354, 2015.

SEPASGOZAR, S. M. . et al. Implementing citizen centric technology in developing smart cities: A model for predicting the acceptance of urban technologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 105–116, 2019.

SETTI, D. et al. Materials Selection Using a 2-tuple Linguistic Multi-criteria Method. **Materials Research**, v. 22, p. 6, 2019.

SHIAU, T.-A.; LIU, J.-S. Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. **Ecological Indicators**, v. 34, p. 361–371, 2013.

SILVA, B. N.; KHAN, M.; HAN, K. Big Data Analytics Embedded Smart City Architecture for Performance Enhancement through Real-Time Data Processing and Decision-Making. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2017, p. 12, 2017.

SILVA, A. N. R. DA et al. A comparative evaluation of mobility conditions in selected cities of the five Brazilian regions. **Transport Policy**, v. 37, p. 147–156, 2015.

SINDIPEÇAS E ABIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante - Edição 2021**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2021/RelatorioFrotaCirculante_Marco_2021.pdf>.

SIQUEIRA, G. D. P. DE; LIMA, J. P.; SANTOS, J. B. DOS. Políticas públicas de mobilidade urbana e as práticas de priorização de projetos: Uma abordagem multicritério. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, 2021.

SRDJEVIC, B. Combining different prioritization methods in the analytic hierarchy process synthesis. **Computers & Operations Research**, v. 32, n. 7, p. 1897–1919, 2005.

STEIN, W. E.; MIZZI, P. J. The harmonic consistency index for the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 177, p. 488–497, 2007.

TOMASZEWSKA, E. J.; FLOREA, A. Urban smart mobility in the scientific literature - Bibliometric analysis. **Engineering Management in Production and Services**, v. 10, n. 2, p. 41–56, 2018.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2021**. Disponível em: <<http://ranking.connectedsmartcities.com.br>>. Acesso em: 27 out. 2021.

UTFPR, U. T. F. DO P. **Área de concentração e linhas de pesquisa**. Disponível em:

<<http://www.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/stricto-sensu/ppgeps/sobre>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

VIDOVIĆ, K.; ŠOŠTARIĆ, M.; BUDIMIR, D. An overview of indicators and indices used for urban mobility assessment. **Promet - Traffic - Traffico**, v. 31, n. 6, p. 703–714, 2019.

WATRÓBSKI, J. et al. Generalised framework for multi-criteria method selection. **Omega**, v. 86, p. 107–124, 2019.

WEI, G.-W. Extension of TOPSIS method for 2-tuple linguistic multiple attribute group decision making with incomplete weight information. **Knowledge and information systems**, v. 25, n. 3, p. 623–634, 2010.

ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. **Information sciences**, v. 8, n. 3, p. 199–249, 1975.

ZITO, P.; SALVO, G. Toward an urban transport sustainability index: An European comparison. **European Transport Research Review**, v. 3, n. 4, p. 179–195, 2011.

APÊNDICE A – Critérios de avaliação que compõem o modelo

Critérios de avaliação que compõem o modelo

DIMENSÃO	CRITÉRIO	REFERÊNCIAS
Impacto Econômico	Custos de investimento inicial	Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Miller <i>et al.</i> (2016), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Costa (2008).
	Custos de operação	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Miller <i>et al.</i> (2016), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Receitas de operação	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Lopez-Carreiro e Monzon (2018).
	Despesas municipais com investimento em transporte	Jakimavičius e Burinskiene (2009), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Marletto e Marni (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Zito e Salvo (2011), Braga <i>et al.</i> (2019), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Custo da passagem do Transporte Público	Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Jain e Tiwari (2017), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Costa (2008).
	Preço do bilhete de estacionamento	Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Costa (2008), Osés <i>et al.</i> (2018).
	Custos do ciclo de vida do projeto	Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019)
Impacto Social	Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Shiao e Liu (2013), Miller <i>et al.</i> (2016), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Braga <i>et al.</i> (2019), Jain e Tiwari (2017), Osés <i>et al.</i> (2018), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Acessibilidade espacial	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Zito e Salvo (2011), Braga <i>et al.</i> (2019), Jain e Tiwari (2017), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Acessibilidade à paradas de Transporte Público	Awasthi e Omrani (2019), Miller <i>et al.</i> (2016), (2009), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Gonzalez-Urango <i>et al.</i> (2020).
	Aceitação pública ao projeto	Pamucar <i>et al.</i> (2020), Awasthi e Omrani (2009).

	Uso de veículos sustentáveis	Marletto e Mameli (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Orłowski e Romanowska (2019).
	Redução de veículos não sustentáveis	Marletto e Mameli (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Orłowski e Romanowska (2019), Costa (2008).
	Turismo local	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019).
	Número de acidentes	Bandeira <i>et al.</i> (2018), Shiao e Liu (2013), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Awasthi e Omrani (2019), Miller <i>et al.</i> (2016), Oses <i>et al.</i> (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Marletto e Mameli (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Zito e Salvo (2011), Braga <i>et al.</i> (2019), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Qualidade do serviço de Transporte Público	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Confiança no serviço de Transporte Público	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Braga <i>et al.</i> (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Segurança das pessoas	Awasthi e Omrani (2009), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Braga <i>et al.</i> (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Costa (2008).
Impacto Ambiental	Emissões de poluentes atmosféricos	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Shiao e Liu (2013), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Marletto e Mameli (2012), Oses <i>et al.</i> (2018), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Jain e Tiwari (2017), Zito e Salvo (2011), Braga <i>et al.</i> (2019), Farooq <i>et al.</i> (2019), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Costa (2008).
	Consumo de combustíveis fósseis	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Shiao e Liu (2013), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Oses <i>et al.</i> (2018), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Consumo de combustíveis não fósseis	Awasthi e Omrani (2009), Shiao e Liu (2013), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Miller <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Oses <i>et al.</i> (2018), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Poluição sonora	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Curiel-Esparza <i>et al.</i>

		(2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Marletto e Mameli (2012), Jakimavičius e Burinskiene (2009) Miller <i>et al.</i> (2016), Jain e Tiwari (2017), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Oses <i>et al.</i> (2018), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Consumo de energia	Shiau e Liu (2013), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Miller <i>et al.</i> (2016), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Jain e Tiwari (2017), Oses <i>et al.</i> (2018), Zito e Salvo (2011), Costa (2008).
	Ocupação de espaço público	Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Miller <i>et al.</i> (2016), Marletto e Mameli (2012), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Farooq <i>et al.</i> (2019), Jain e Tiwari (2017), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Braga <i>et al.</i> (2019).
	Proximidade com áreas legais	Shiau e Liu (2013), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019).
Impacto Técnico	Tempo de viagem	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Pamucar <i>et al.</i> (2020), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Oses <i>et al.</i> (2018), Jain e Tiwari (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Congestionamentos e níveis de tráfego	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Marletto e Mameli (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Farooq <i>et al.</i> (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Tempo de estacionamento	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019).
	Deslocamento de pessoas e cargas	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Costa (2008).
	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Shiau e Liu (2013), Miller <i>et al.</i> (2016), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Zito e Salvo (2011), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Farooq <i>et al.</i> (2019), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
	Passageiros do Transporte Público	Braga <i>et al.</i> (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Shiau e Liu (2013), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Pinna, Masala e Garau (2017), Buzási e Csete (2015), Costa (2008).
	Capacidade do Transporte Público	Awasthi e Chauhan (2012), Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019),

	Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Bandeira <i>et al.</i> (2018), Miller <i>et al.</i> (2016), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
Bilhetagem eletrônica	Oses <i>et al.</i> (2018), Orłowski e Romanowska (2019), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Costa (2008).
Rede de ciclovias	Awasthi e Omrani (2009), Curiel-Esparza <i>et al.</i> (2016), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Shiau e Liu (2013), Jain e Tiwari (2017), Zito e Salvo (2011), Olofsson, Hiselius e Várhelyi (2016), Braga <i>et al.</i> (2019), Pinna, Masala e Garau (2017), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Campos, Ramos e De Miranda e Silva Correia (2009), Costa (2008).
Divisão modal	Awasthi e Omrani (2009), Awasthi e Omrani (2019), Awasthi, Omrani e Gerber (2018), Jakimavičius e Burinskiene (2009), Miller <i>et al.</i> (2016), Shiau e Liu (2013), Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Jain e Tiwari (2017), Zito e Salvo (2011), Lopez-Carreiro e Monzon (2018), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
Idade média da frota de veículos	Buzási e Csete (2015), Jain e Tiwari (2017), Costa (2008).
Uso de aplicativos	Oses <i>et al.</i> (2018), Marletto e Mameli (2012), Danielis, Rotaris e Monte (2018), Orłowski e Romanowska (2019).
Estacionamentos inteligentes	Orłowski e Romanowska (2019).
Digitalização das paradas do Transporte Público	Lopez-Carreiro e Monzon (2018).
Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	Lopez-Carreiro e Monzon (2018).
Gerenciamento de tráfego	Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Braga <i>et al.</i> (2019), Costa (2008).
Maturidade tecnológica da Rede Viária	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Vidović, Šoštarić e Budimir (2019), Orłowski e Romanowska (2019).
Informações de viagens em tempo real	Buenk, Grobbelaar e Meyer (2019), Orłowski e Romanowska (2019), Costa (2008).

**APÊNDICE B – Instrumento utilizado na obtenção de opinião dos especialistas sobre
existência de preferência na importância dos critérios**

Prezado(a) participante!

Conforme mencionado no convite que lhe foi enviado, este estudo pretende diagnosticar a classificação e seleção de projetos de Mobilidade Urbana na cidade de Pato Branco, e elaborar um modelo de apoio à tomada de decisão que auxilie este processo. Nesse sentido, identificamos, na literatura científica, os principais critérios que são utilizados para avaliar e selecionar projetos que serão implementados nas cidades. A primeira etapa de sua participação em nossa pesquisa busca identificar se existe relação de preferência entre estes critérios, ou seja, se um critério é mais ou menos importante em relação aos outros. Os critérios de avaliação estão divididos em 4 dimensões: Econômica, Social, Ambiental e Técnica.

Desta forma, solicitamos que você indique, com base no seu entendimento, se há diferença de importância entre os critérios utilizados para seleção de projetos de mobilidade urbana apresentados a seguir:

CRITÉRIOS DA DIMENSÃO ECONÔMICA:

Critério: Custos de investimento inicial

Descrição: Representa os Custos iniciais relacionados à execução do projeto

Critério: Custos de operação

Descrição: Representa os Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

Critério: Receitas de operação

Descrição: Representa as Receitas geradas pelo funcionamento do projeto

Critério: Custos do ciclo de vida do projeto

Descrição: Relacionado à durabilidade do projeto e solução da demanda

Critério: Custo da passagem do Transporte Público

Descrição: Impactos que o projeto trará para a redução do custo da passagem aos usuários do Transporte Público

Critério: Preço do bilhete de estacionamento

Descrição: Impactos que o projeto trará para a redução do custo do estacionamento regulamentado aos usuários

Critério: Despesas municipais com investimento em transporte

Descrição: Impactos que o projeto trará nos custos de investimentos em sistemas de transportes e mobilidade urbana feitos pelo município no ano de referência

Sim. Entendo que há diferença de importância entre os critérios (alguns são mais importantes que outros)

Não. Entendo que todos os critérios possuem a mesma importância

CRITÉRIOS DA DIMENSÃO SOCIAL:

Critério: Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)

Descrição: Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade de locomoção (pessoas com capacidade de locomoção reduzida) e/ou financeira (população de baixa renda)

Critério: Acessibilidade espacial

Descrição: Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade aos sistemas de transporte e serviços essenciais

Critério: Acessibilidade à paradas de Transporte Público

Descrição: Impactos do projeto na quantidade e qualidade das paradas de Transporte Público

Critério: Aceitação pública ao projeto

Descrição: Grau em que o projeto é entendido pela população como necessário e viável de ser implementado

Critério: Uso de veículos sustentáveis

Descrição: Contribuição do projeto para promover o uso de veículos mais sustentáveis

Critério: Redução de veículos não sustentáveis

Descrição: Contribuição do projeto para promover a redução de veículos não sustentáveis

Critério: Turismo local

Descrição: Contribuição do projeto para promover o turismo local

Critério: Número de acidentes

Descrição: Contribuição do projeto para a redução do número de acidentes no trânsito

Critério: Qualidade do serviço de Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

Critério: Confiança no serviço de Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público

Critério: Segurança das pessoas

Descrição: Contribuição do projeto para o aumento da segurança das pessoas (relacionado à redução de crimes)

Sim. Entendo que há diferença de importância entre os critérios (alguns são mais importantes que outros)

Não. Entendo que todos os critérios possuem a mesma importância

CRITÉRIOS DA DIMENSÃO AMBIENTAL:

Critério: Emissões de poluentes atmosféricos

Descrição: Contribuição do projeto para redução das emissões de poluentes no ar

Critério: Poluição sonora

Descrição: Contribuição do projeto para redução dos níveis de ruídos emitidos pelo transporte

Critério: Consumo de combustíveis fósseis

Descrição: Contribuição do projeto para redução no consumo de combustíveis fósseis

Critério: Consumo de combustíveis não fósseis

Descrição: Contribuição do projeto para aumento no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

Critério: Consumo de energia

Descrição: Impactos do projeto no consumo de energia (relativa ao sistema de transporte)

Critério: Ocupação de espaço público

Descrição: Área física consumida para a execução do projeto

Critério: Proximidade com áreas legais

Descrição: Proximidade da área ocupada pelo projeto com áreas e/ou reservas legais

Sim. Entendo que há diferença de importância entre os critérios (alguns são mais importantes que outros)

Não. Entendo que todos os critérios possuem a mesma importância

CRITÉRIOS DA DIMENSÃO TÉCNICA:

Critério: Tempo de viagem

Descrição: Contribuição do projeto na redução do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

Critério: Cobertura da área de serviço do Transporte Público

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

Critério: Rede de ciclovias

Descrição: Contribuição do projeto para o aumento da rede de ciclovias

Critério: Capacidade do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para aumentar a capacidade de utilização do Transporte Público

Critério: Divisão modal

Descrição: Contribuição do projeto para melhoria da divisão modal e aumento da integração entre diversos modais (Transporte público, particular, por aplicativo, viagens a pé, bicicletas, táxi, etc.)

Critério: Passageiros do Transporte Público

Descrição: Impactos do projeto no número de passageiros transportados pelos serviços de transporte público urbano no município no ano de referência

Critério: Congestionamentos e níveis de tráfego

Descrição: Contribuição do projeto para redução nos níveis de tráfego e congestionamentos

Critério: Deslocamento de pessoas e cargas

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

Critério: Tempo de estacionamento

Descrição: Impactos do projeto na redução do tempo médio de estacionamento, tanto de busca por vagas quanto estadia no local

Critério: Idade média da frota de veículos

Descrição: Impactos do projeto na idade média da frota de veículos da cidade, seja ela pública ou privada

Critério: Estacionamentos inteligentes

Descrição: Contribuição do projeto para implementação de sistemas de estacionamento que auxiliam no sensoriamento e localização de vagas em tempo real, e facilitam o processo de pagamento para utilização das vagas

Critério: Informações de viagens em tempo real

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

Critério: Bilhetagem eletrônica

Descrição: Contribuição do projeto para facilitar a compra de passagens de Transporte Público online e sistema de bilhetagem eletrônica

Critério: Uso de aplicativos

Descrição: Contribuição do projeto para promover o uso de aplicativos de transporte e mobilidade entre os cidadãos

Critério: Digitalização das paradas do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto na digitalização das paradas do Transporte Público com informações sobre rotas e horários das linhas de transporte

Critério: Digitalização dos Ônibus do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto na digitalização dos ônibus do Transporte Público com sistemas de rotas e localização em tempo real

Critério: Maturidade tecnológica da Rede Viária

Descrição: Impactos do projeto para aumentar o nível de maturidade tecnológica do sistema de transporte e mobilidade urbana, tornando a rede viária mais inteligente

Critério: Gerenciamento de tráfego

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego

Sim. Entendo que há diferença de importância entre os critérios (alguns são mais importantes que outros)

Não. Entendo que todos os critérios possuem a mesma importância

APÊNDICE C – Instrumento utilizado na obtenção dos julgamentos dos especialistas sobre a importância dos critérios

Com base no conjunto de variáveis linguísticas apresentados abaixo, e considerando os critérios listados no lado direito e no lado esquerdo, indique a importância relativa entre eles.

Critério A	A é mais importante que B								1	B é mais importante que A								Critério B
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	
Definição																		Definição

Descrições de cada escala:

Valor	Definição	Explicação
1	Importância Igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para um critério
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de um critério
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de um critério
9	Importância Absoluta	Dominância comprovada de um critério
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima

JULGAMENTOS INICIAIS: CRITÉRIOS INDIVIDUAIS

GRUPO 1 – ORÇAMENTO		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C1	Custos de investimento inicial	Custos iniciais relacionados à execução do projeto
C2	Custos de operação	Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto
C3	Receitas de operação	Receitas geradas pelo funcionamento do projeto
C4	Despesas municipais com investimento em transporte	Impactos que o projeto trará nos custos de investimentos em sistemas de transportes e mobilidade urbana feitos pelo município no ano de referência

Investimento Inicial	C1 é mais importante que C2									C2 é mais importante que C1									Custos de Operação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Investimento Inicial	C1 é mais importante que C3									C3 é mais importante que C1									Receitas de operação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Investimento Inicial	C1 é mais importante que C4									C4 é mais importante que C1									Despesas municipais Com investimento em transporte
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Custos de Operação	C2 é mais importante que C3									C3 é mais importante que C2									Receitas de operação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Custos de Operação	C2 é mais importante que C4									C4 é mais importante que C2									Despesas municipais Com investimento em transporte
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Receitas de operação	C3 é mais importante que C4									C4 é mais importante que C3									Despesas municipais Com investimento em transporte
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 2 – SOCIOECONOMIA		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C5	Custo da passagem do Transporte Público	Impactos que o projeto trará para a redução do custo da passagem aos usuários do Transporte Público
C6	Preço do bilhete de estacionamento	Impactos que o projeto trará para a redução do custo do estacionamento regulamentado aos usuários
C7	Custos do ciclo de vida do projeto	Relacionado à durabilidade do projeto e solução da demanda

Custo da passagem do Transporte Público	C5 é mais importante que C6									1	C6 é mais importante que C5									Preço do bilhete de estacionamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Custo da passagem do Transporte Público	C5 é mais importante que C7									1	C7 é mais importante que C5									Custos do ciclo de vida do projeto
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Preço do bilhete de estacionamento	C6 é mais importante que C7									1	C7 é mais importante que C6									Custos do ciclo de vida do projeto
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 3 - EQUIDADE SOCIAL E INCLUSÃO		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C8	Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade de locomoção (pessoas com capacidade de locomoção reduzida) e/ou financeira (população de baixa renda)
C9	Acessibilidade espacial	Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade aos sistemas de transporte e serviços essenciais
C10	Acessibilidade à paradas de Transporte Público	Impactos do projeto na quantidade e qualidade das paradas de Transporte Público

Acessibilidade para usuários Vulneráveis (física e financeira)	C8 é mais importante que C9										C9 é mais importante que C8									Acessibilidade espacial
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Acessibilidade para usuários Vulneráveis (física e financeira)	C8 é mais importante que C10										C10 é mais importante que C8									Acessibilidade à paradas de Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Acessibilidade espacial	C9 é mais importante que C10										C10 é mais importante que C9									Acessibilidade à paradas de Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

GRUPO 4 – SOCIOCULTURAL		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C11	Aceitação pública ao projeto	Grau em que o projeto é entendido pela população como necessário e viável de ser implementado
C12	Uso de veículos sustentáveis	Contribuição do projeto para promover o uso de veículos mais sustentáveis
C13	Redução de veículos não sustentáveis	Contribuição do projeto para promover a redução de veículos não sustentáveis
C14	Turismo local	Contribuição do projeto para promover o turismo local

Aceitação pública ao projeto	C11 é mais importante que C12										C12 é mais importante que C11									Uso de veículos sustentáveis
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Aceitação pública ao projeto	C11 é mais importante que C13										C13 é mais importante que C11									Redução de veículos não Sustentáveis
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Aceitação pública ao projeto	C11 é mais importante que C14										C14 é mais importante que C11									Turismo local
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Uso de veículos sustentáveis	C12 é mais importante que C13										C13 é mais importante que C12									Redução de veículos não Sustentáveis
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Uso de veículos sustentáveis	C12 é mais importante que C14										C14 é mais importante que C12									Turismo local
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Redução de veículos não Sustentáveis	C13 é mais importante que C14										C14 é mais importante que C13									Turismo local
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

GRUPO 5 – QUALIDADE E SEGURANÇA		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C15	Número de acidentes	Contribuição do projeto para a redução do número de acidentes no trânsito
C16	Qualidade do serviço de Transporte Público	Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)
C17	Confiança no serviço de Transporte Público	Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público
C18	Segurança das pessoas	Contribuição do projeto para o aumento da segurança das pessoas (relacionado à redução de crimes)

Número de acidentes	C15 é mais importante que C16									1	C16 é mais importante que C15									Qualidade do serviço de Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Número de acidentes	C15 é mais importante que C17									1	C17 é mais importante que C15									Confiança no serviço de Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Número de acidentes	C15 é mais importante que C18									1	C18 é mais importante que C15									Segurança das pessoas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Qualidade do serviço de Transporte Público	C16 é mais importante que C17									1	C17 é mais importante que C16									Confiança no serviço de Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Qualidade do serviço de Transporte Público	C16 é mais importante que C18									1	C18 é mais importante que C16									Segurança das pessoas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Confiança no serviço de Transporte Público	C17 é mais importante que C18									1	C18 é mais importante que C17									Segurança das pessoas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 6 – EMISSÃO DE POLUENTES																
CÓD	CRITÉRIO	Descrição														
C19	Emissões de poluentes atmosféricos	Contribuição do projeto para redução das emissões de poluentes no ar														
C20	Consumo de combustíveis fósseis	Contribuição do projeto para redução no consumo de combustíveis fósseis														
C21	Consumo de combustíveis não fósseis	Contribuição do projeto para aumento no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)														
C22	Poluição sonora	Contribuição do projeto para redução dos níveis de ruídos emitidos pelo transporte														

Emissões de poluentes atmosféricos	C19 é mais importante que C20								1	C20 é mais importante que C19								Consumo de combustíveis fósseis
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

Emissões de poluentes atmosféricos	C19 é mais importante que C21								1	C21 é mais importante que C19								Consumo de combustíveis Não fósseis
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

Emissões de poluentes atmosféricos	C19 é mais importante que C22								1	C22 é mais importante que C19								Poluição sonora
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

Consumo de combustíveis fósseis	C20 é mais importante que C21								1	C21 é mais importante que C20								Consumo de combustíveis Não fósseis
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

Consumo de combustíveis fósseis	C20 é mais importante que C22								1	C22 é mais importante que C20								Poluição sonora
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

Consumo de combustíveis Não fósseis	C21 é mais importante que C22								1	C22 é mais importante que C21								Poluição sonora
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	

GRUPO 7 – CONSUMO DE RECURSOS		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C23	Consumo de energia	Impactos do projeto no consumo de energia (relativa ao sistema de transporte)
C24	Ocupação de espaço público	Área física consumida para a execução do projeto
C25	Proximidade com áreas legais	Proximidade da área ocupada pelo projeto com áreas e/ou reservas legais

Consumo de energia	C23 é mais importante que C24									1	C24 é mais importante que C3									Ocupação de espaço público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Consumo de energia	C23 é mais importante que C25									1	C25 é mais importante que C23									Proximidade com áreas legais
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Ocupação de espaço público	C24 é mais importante que C25									1	C25 é mais importante que C24									Proximidade com áreas legais
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 8 – EFICIÊNCIA		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C26	Tempo de viagem	Contribuição do projeto na redução do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)
C27	Congestionamentos e níveis de tráfego	Contribuição do projeto para redução nos níveis de tráfego e congestionamentos
C28	Tempo de estacionamento	Impactos do projeto na redução do tempo médio de estacionamento, tanto de busca por vagas quanto estadia no local
C29	Deslocamento de pessoas e cargas	Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

Tempo de viagem	C26 é mais importante que C27									1	C27 é mais importante que C26									Congestionamentos e níveis de Tráfego
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Tempo de viagem	C26 é mais importante que C28									1	C28 é mais importante que C26									Tempo de estacionamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Tempo de viagem	C26 é mais importante que C29									1	C29 é mais importante que C26									Deslocamento de pessoas e cargas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Congestionamentos e níveis de Tráfego	C27 é mais importante que C28									1	C28 é mais importante que C27									Tempo de estacionamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Congestionamentos e níveis de Tráfego	C27 é mais importante que C29									1	C29 é mais importante que C27									Deslocamento de pessoas e cargas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Tempo de estacionamento	C28 é mais importante que C29									1	C29 é mais importante que C28									Deslocamento de pessoas e cargas
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 9 – TRANSPORTE PÚBLICO		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C30	Cobertura da área de serviço do Transporte Público	Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público
C31	Passageiros do Transporte Público	Impactos do projeto no número de passageiros transportados pelos serviços de transporte público urbano no município no ano de referência
C32	Capacidade do Transporte Público	Contribuição do projeto para aumentar a capacidade de utilização do Transporte Público
C33	Bilhetagem eletrônica	Contribuição do projeto para facilitar a compra de passagens de transporte público online e sistema de bilhetagem eletrônica

Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30 é mais importante que C31									1	C31 é mais importante que C30									Passageiros do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30 é mais importante que C32									1	C32 é mais importante que C30									Capacidade do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30 é mais importante que C33									1	C33 é mais importante que C30									Bilhetagem eletrônica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Passageiros do Transporte Público	C31 é mais importante que C32									1	C32 é mais importante que C31									Capacidade do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Passageiros do Transporte Público	C31 é mais importante que C33									1	C33 é mais importante que C31									Bilhetagem eletrônica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Capacidade do Transporte Público	C32 é mais importante que C33									1	C33 é mais importante que C32									Bilhetagem eletrônica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 10 – MODAIS DE TRANSPORTE		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C34	Rede de ciclovias	Contribuição do projeto para o aumento da rede de ciclovias
C35	Divisão modal	Contribuição do projeto para melhoria da divisão modal e aumento da integração entre diversos modais (Transporte público, particular, por aplicativo, viagens a pé, bicicletas, táxi, etc.)
C36	Idade média da frota de veículos	Impactos do projeto na idade média da frota de veículos da cidade, seja ela pública ou privada

Rede de ciclovias	C34 é mais importante que C35										C35 é mais importante que C34									Divisão modal
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Rede de ciclovias	C34 é mais importante que C36										C36 é mais importante que C34									Idade média da frota de veículos
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

Divisão modal	C35 é mais importante que C36										C36 é mais importante que C35									Idade média da frota de veículos
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

GRUPO 11 – SISTEMAS DE INFORMAÇÃO																		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição																
C37	Uso de aplicativos	Contribuição do projeto para promover o uso de aplicativos de transporte e mobilidade entre os cidadãos																
C38	Estacionamentos inteligentes	Contribuição do projeto para implementação de sistemas de estacionamento que auxiliam no sensoriamento e localização de vagas em tempo real, e facilitam o processo de pagamento para utilização das vagas																
C39	Digitalização das paradas do Transporte Público	Contribuição do projeto na digitalização das paradas do Transporte Público com informações sobre rotas e horários das linhas de transporte																
C40	Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	Contribuição do projeto na digitalização dos ônibus do Transporte Público com sistemas de rotas e localização em tempo real																

Uso de aplicativos	C37 é mais importante que C38									1	C38 é mais importante que C37									Estacionamentos inteligentes
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Uso de aplicativos	C37 é mais importante que C39									1	C39 é mais importante que C37									Digitalização das paradas do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Uso de aplicativos	C37 é mais importante que C40									1	C40 é mais importante que C37									Digitalização dos Ônibus do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Estacionamentos inteligentes	C38 é mais importante que C39									1	C39 é mais importante que C38									Digitalização das paradas do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Estacionamentos inteligentes	C38 é mais importante que C40									1	C40 é mais importante que C38									Digitalização dos Ônibus do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Digitalização das paradas do Transporte Público	C39 é mais importante que C40									1	C40 é mais importante que C39									Digitalização dos Ônibus do Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 12 – GERENCIAMENTO		
CÓD	CRITÉRIO	Descrição
C41	Gerenciamento de tráfego	Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego
C42	Maturidade tecnológica da Rede Viária	Impactos do projeto para aumentar o nível de maturidade tecnológica do sistema de transporte e mobilidade urbana, tornando a rede viária mais inteligente
C43	Informações de viagens em tempo real	Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

Gerenciamento de tráfego	C41 é mais importante que C42									1	C42 é mais importante que C41									Maturidade tecnológica da Rede Viária
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Gerenciamento de tráfego	C41 é mais importante que C43									1	C43 é mais importante que C41									Informações de viagens em Tempo real
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42 é mais importante que C43									1	C43 é mais importante que C42									Informações de viagens em Tempo real
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

JULGAMENTOS FASE 2: GRUPOS DE CRITÉRIOS

IMPACTO ECONÔMICO		
CÓD	GRUPO	Descrição
G1	GRUPO 1 - Orçamento	Custos de investimento inicial Custos de operação Receitas de operação Despesas municipais com investimento em transporte
G2	GRUPO 2 - Socioeconomia	Custo da passagem do Transporte Público Preço do bilhete de estacionamento Custos do ciclo de vida do projeto

GRUPO 1 - Orçamento	G1 é mais importante que G2									G2 é mais importante que G1									GRUPO 2 - Socioeconomia
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

IMPACTO SOCIAL																		
CÓD	GRUPO	Descrição																
G3	GRUPO 3 - Equidade Social e Inclusão	Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira) Acessibilidade espacial Acessibilidade à paradas de Transporte Público																
G4	GRUPO 4 - Sociocultural	Aceitação pública ao projeto Uso de veículos sustentáveis Redução de veículos não sustentáveis Turismo local																
G5	GRUPO 5 - Qualidade e segurança	Número de acidentes Qualidade do serviço de Transporte Público Confiança no serviço de Transporte Público Segurança das pessoas																

GRUPO 3 - Equidade Social e Inclusão	G3 é mais importante que G4									G4 é mais importante que G3									GRUPO 4 - Sociocultural
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 3 - Equidade Social e Inclusão	G3 é mais importante que G5									G5 é mais importante que G3									GRUPO 5 - Qualidade e segurança
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 4 - Sociocultural	G4 é mais importante que G5									G5 é mais importante que G4									GRUPO 5 - Qualidade e segurança
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

IMPACTO TÉCNICO		
CÓD	GRUPO	Descrição
G8	GRUPO 8 - Eficiência	Tempo de viagem Congestionamentos e níveis de tráfego Tempo de estacionamento Deslocamento de pessoas e cargas
G9	GRUPO 9 - Transporte Público	Cobertura da área de serviço do Transporte Público Passageiros do Transporte Público Capacidade do Transporte Público Bilhetagem eletrônica
G10	GRUPO 10 - Modais de Transporte	Rede de ciclovias Divisão modal Idade média da frota de veículos
G11	GRUPO 11 - Sistemas de Informação	Uso de aplicativos Estacionamentos inteligentes Digitalização das paradas do Transporte Público Digitalização dos Ônibus do Transporte Público
G12	GRUPO 12 - Gerenciamento	Gerenciamento de tráfego Maturidade tecnológica da Rede Viária Informações de viagens em tempo real

GRUPO 8 - Eficiência	G8 é mais importante que G9									G9 é mais importante que G8									GRUPO 9 - Transporte Público
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 8 - Eficiência	G8 é mais importante que G10									G10 é mais importante que G8									GRUPO 10 - Modais de Transporte
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 8 - Eficiência	G8 é mais importante que G11									G11 é mais importante que G8									GRUPO 11 - Sistemas de Informação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 8 - Eficiência	G8 é mais importante que G12										G12 é mais importante que G8									GRUPO 12 - Gerenciamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 9 - Transporte Público	G9 é mais importante que G10										G10 é mais importante que G9									GRUPO 10 - Modais de Transporte
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 9 - Transporte Público	G9 é mais importante que G11										G11 é mais importante que G9									GRUPO 11 - Sistemas de Informação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 9 - Transporte Público	G9 é mais importante que G12										G12 é mais importante que G9									GRUPO 12 - Gerenciamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 10 - Modais de Transporte	G10 é mais importante que G11										G11 é mais importante que G10									GRUPO 11 - Sistemas de Informação
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 10 - Modais de Transporte	G10 é mais importante que G12										G12 é mais importante que G10									GRUPO 12 - Gerenciamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

GRUPO 11 - Sistemas de Informação	G11 é mais importante que G12										G12 é mais importante que G11									GRUPO 12 - Gerenciamento
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

JULGAMENTOS FASE 3: DIMENSÕES

CÓD	DIMENSÃO
D1	Econômica
D2	Social
D3	Ambiental
D4	Técnica

Econômica	D1 é mais importante que D2									1	D2 é mais importante que D1									Social
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Econômica	D1 é mais importante que D3									1	D3 é mais importante que D1									Ambiental
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Econômica	D1 é mais importante que D4									1	D4 é mais importante que D1									Técnica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Social	D2 é mais importante que D3									1	D3 é mais importante que D2									Ambiental
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Social	D2 é mais importante que D4									1	D4 é mais importante que D2									Técnica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
Ambiental	D3 é mais importante que D4									1	D4 é mais importante que D3									Técnica
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

APÊNDICE D – Instrumento utilizado para obtenção de opinião dos especialistas sobre os critérios de avaliação relevantes para alternativas específicas

Prezado(a) participante!

Conforme mencionado no convite que lhe foi enviado, este estudo pretende diagnosticar a seleção de projetos de Mobilidade Urbana na cidade de Pato Branco, e elaborar um modelo de apoio à tomada de decisão que auxilie este processo. Com isso, a terceira etapa de sua participação em nossa pesquisa busca identificar quais critérios melhor representam a avaliação de alguns Projetos de Mobilidade Urbana em particular.

Para tanto, considere as seguintes Alternativas de Projetos que seriam avaliados pelo município (selecionados do Plano Diretor 2020 de Pato Branco), e que poderiam vir a ser implementados:

Alternativa A: Retirada do estacionamento na área central em determinados trechos

Descrição: Esse tipo de projeto visa retirar os estacionamentos localizados em vias públicas, para destinar o espaço ao fluxo dos modais de transporte. Pode ser citada a destinação às faixas exclusivas de transporte coletivo, ciclovias ou ciclofaixas, expansão das calçadas para pedestres, e criação de faixa dupla para fluxo de veículos (mantendo o duplo sentido da via).

Alternativa B: Sinalização Semafórica Inteligente

Descrição: Trata-se de implementar um sistema de controle autogerenciável nos cruzamentos, por meio de semáforos integrados, com tecnologias que regulam a passagem prioritária dos fluxos de veículos, de forma sincronizada e analisando a capacidade do sistema viário. Com o sincronismo do sistema semafórico podem ser solucionados diversos pontos de conflitos, principalmente relacionados ao fluxo dos veículos e diferença de demanda entre vias distintas.

Alternativa C: Criação de faixas exclusivas para o transporte coletivo

Descrição: Estabelecimento de faixas exclusivas para o transporte coletivo, sinalizadas de forma vertical e horizontal, normalmente à direita da pista. Deve ser proibida a circulação de automóveis individuais e, em geral, táxis sem passageiros, nessas faixas. Outros veículos, que não do transporte público coletivo, só podem utilizar essas faixas para sair da via ou entrar em outras vias, sem poder circular dentro delas. Nesse sentido, é dada prioridade ao transporte em massa, em detrimento ao uso dos veículos individuais.

Alternativa D: Extensão dos binários de tráfego

Descrição: Esse sistema de circulação está relacionado à mudança de sentido de determinadas ruas, estabelecendo duas vias paralelas, ambas com sentido único, e em direções opostas. Nessas vias deve haver o mínimo de duas faixas de circulação de veículos em cada sentido, permitindo que o trânsito flua tão livre quanto for possível. Essa é uma medida que envolve, além de mudança de sinalização horizontal e vertical, a publicação de Portaria em Diário Oficial para comunicar a alteração de sentido das vias.

Considere que tenha sido realizado um estudo prévio, que demonstrou que todos os 4 Projetos seriam possíveis de serem implementados pelo município. Agora, o município deve escolher qual deles será efetivamente implantado.

Com base no exposto acima, solicitamos que, a partir dessas 4 Alternativas de Projetos, você analise os critérios apresentados abaixo e indique qual a relevância de cada critério para avaliar os 4 Projetos.

SECÃO 1

Dimensão Econômica - Custos de investimento inicial

Descrição: Representa os Custos iniciais relacionados à execução do projeto

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Custos de operação

Descrição: Representa os Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Receitas de operação

Descrição: Representa as Receitas geradas pelo funcionamento do projeto

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Despesas municipais com investimento em transporte

Descrição: Impactos que o projeto trará nos custos de investimentos em sistemas de transportes e mobilidade urbana feitos pelo município no ano de referência

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Custo da passagem do Transporte Público

Descrição: Impactos que o projeto trará para a redução do custo da passagem aos usuários do Transporte Público

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Preço do bilhete de estacionamento

Descrição: Impactos que o projeto trará para a redução do custo do estacionamento regulamentado aos usuários

- Importância muito baixa
- Importância baixa

- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Econômica - Custos do ciclo de vida do projeto

Descrição: Relacionado à durabilidade do projeto e solução da demanda

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

SECÃO 2

Dimensão Social - Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)

Descrição: Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade de locomoção (pessoas com capacidade de locomoção reduzida) e/ou financeira (população de baixa renda)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Acessibilidade espacial

Descrição: Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade aos sistemas de transporte e serviços essenciais

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Acessibilidade à paradas de Transporte Público

Descrição: Impactos do projeto para melhorar a acessibilidade dos usuários às paradas de Transporte Público

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Aceitação pública ao projeto

Descrição: Grau em que o projeto é entendido pela população como necessário e viável de ser implementado

- Importância muito baixa
- Importância baixa

- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Uso de veículos sustentáveis

Descrição: Contribuição do projeto para promover o uso de veículos mais sustentáveis

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Redução de veículos não sustentáveis

Descrição: Contribuição do projeto para promover a redução de veículos não sustentáveis

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Turismo local

Descrição: Contribuição do projeto para promover o turismo local

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Número de acidentes

Descrição: Contribuição do projeto para a redução do número de acidentes no trânsito

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Qualidade do serviço de Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Confiança no serviço de Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a confiança e pontualidade do Transporte Público

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Social - Segurança das pessoas

Descrição: Contribuição do projeto para o aumento da segurança das pessoas (relacionado à redução de crimes)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

SECÃO 3**Dimensão Ambiental - Emissões de poluentes atmosféricos**

Descrição: Contribuição do projeto para redução das emissões de poluentes no ar

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Consumo de combustíveis fósseis

Descrição: Contribuição do projeto para redução no consumo de combustíveis fósseis

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Consumo de combustíveis não fósseis

Descrição: Contribuição do projeto para aumento no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Poluição sonora

Descrição: Contribuição do projeto para redução dos níveis de ruídos emitidos pelo transporte

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Consumo de energia

Descrição: Impactos do projeto no consumo de energia (relativa ao sistema de transporte)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Ocupação de espaço público

Descrição: Área física consumida para a execução do projeto

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Ambiental - Proximidade com áreas legais

Descrição: Proximidade da área ocupada pelo projeto com áreas e/ou reservas legais

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

SECÃO 4

Dimensão Técnica - Tempo de viagem

Descrição: Contribuição do projeto na redução do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Congestionamentos e níveis de tráfego

Descrição: Contribuição do projeto para redução nos níveis de tráfego e congestionamentos

- Importância muito baixa

- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Tempo de estacionamento

Descrição: Impactos do projeto na redução do tempo médio de estacionamento, tanto de busca por vagas quanto estadia no local

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Deslocamento de pessoas e cargas

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Cobertura da área de serviço do Transporte Público

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Passageiros do Transporte Público

Descrição: Impactos do projeto no número de passageiros transportados pelos serviços de transporte público urbano no município no ano de referência

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Capacidade do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto para aumentar a capacidade de utilização do Transporte Público

- Importância muito baixa

- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Bilhetagem eletrônica

Descrição: Contribuição do projeto para facilitar a compra de passagens de Transporte Público online, e sistema de bilhetagem eletrônica

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Rede de ciclovias

Descrição: Contribuição do projeto para o aumento da rede de ciclovias

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Divisão modal

Descrição: Contribuição do projeto para melhoria da divisão modal e aumento da integração entre diversos modais (Transporte público, particular, por aplicativo, viagens a pé, bicicletas, táxi, etc.)

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Idade média da frota de veículos

Descrição: Impactos do projeto na idade média da frota de veículos da cidade, seja ela pública ou privada

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Uso de aplicativos

Descrição: Contribuição do projeto para promover o uso de aplicativos de transporte e mobilidade entre os cidadãos

- Importância muito baixa

- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Estacionamentos inteligentes

Descrição: Contribuição do projeto para implementação de sistemas de estacionamento que auxiliam no sensoriamento e localização de vagas em tempo real, e facilitam o processo de pagamento para utilização das vagas

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Digitalização das paradas do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto na digitalização das paradas do Transporte Público com informações sobre rotas e horários das linhas de transporte

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Digitalização dos Ônibus do Transporte Público

Descrição: Contribuição do projeto na digitalização dos ônibus do Transporte Público com sistemas de rotas e localização em tempo real

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Gerenciamento de tráfego

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego, na perspectiva da Gestão

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Maturidade tecnológica da Rede Viária

Descrição: Impactos do projeto para aumentar o nível de maturidade tecnológica do sistema de transporte e mobilidade urbana, tornando a rede viária mais inteligente

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

Dimensão Técnica - Informações de viagens em tempo real

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do Transporte Público em tempo real

- Importância muito baixa
- Importância baixa
- Importância média
- Importância alta
- Importância muito alta

APÊNDICE E – Instrumento utilizado para obtenção da avaliação dos especialistas sobre o desempenho das alternativas em relação aos critérios

Prezado(a) participante!

Agradecemos sua atenção e disponibilidade até o presente momento.

A última etapa de sua participação em nossa pesquisa busca avaliar 4 opções de projetos de mobilidade que poderiam ser implementados no município de Pato Branco. Para isto, serão utilizados os 12 critérios de avaliação que foram considerados mais importantes na etapa anterior da pesquisa.

Este formulário está organizado da seguinte forma:

Cada página do formulário vai tratar de um projeto de mobilidade: 1ª página é Retirada dos Estacionamentos; 2ª página é Semáforos inteligentes; 3ª página Faixas exclusivas para o Transporte público; e 4ª página Extensão dos binários de tráfego. Cada pergunta do formulário se refere a 1 critério de avaliação, totalizando 12 perguntas em cada página do formulário.

Para responder as perguntas, você deverá analisar como o projeto se comporta em relação a cada critério.

Nesta página você deverá avaliar o desempenho do Projeto 1:

Projeto 1: Retirada do estacionamento na área central, em determinados trechos

Descrição: Esse tipo de projeto visa retirar os estacionamentos localizados em vias públicas, para destinar o espaço ao fluxo dos modais de transporte. Pode ser citada a destinação às faixas exclusivas de transporte coletivo, ciclovias ou ciclofaixas, expansão das calçadas para pedestres, e criação de faixa dupla para fluxo de veículos (mantendo o duplo sentido da via).

SECÃO 1

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Custos de investimento inicial"?

Descrição: Custos iniciais relacionados à execução do projeto

- Muito Ruim (os custos iniciais são muito elevados)
- Ruim (os custos iniciais são elevados)
- Médio (os custos iniciais não são baixos nem elevados)
- Bom (os custos iniciais são baixos)
- Muito bom (os custos iniciais são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Custos de operação"?

Descrição: Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

- Muito Ruim (os custos de operação são muito elevados)
- Ruim (os custos de operação são elevados)
- Médio (os custos de operação não são baixos nem elevados)
- Bom (os custos de operação são baixos)
- Muito bom (os custos de operação são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Número de acidentes"?

Descrição: Contribuição do projeto para a REDUÇÃO do número de acidentes no trânsito

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Qualidade do serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Confiança no serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Emissões de poluentes atmosféricos"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO das emissões de poluentes no ar

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Consumo de combustíveis não fósseis"?

Descrição: Contribuição do projeto para AUMENTO no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)

Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Tempo de viagem"?

Descrição: Contribuição do projeto na REDUÇÃO do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

Muito Ruim (contribuição baixíssima)

Ruim (contribuição baixa)

Médio (contribuição razoável)

Bom (contribuição alta)

Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Congestionamentos e níveis de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO nos níveis de tráfego e congestionamentos

Muito Ruim (contribuição baixíssima)

Ruim (contribuição baixa)

Médio (contribuição razoável)

Bom (contribuição alta)

Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Deslocamento de pessoas e cargas"?

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

Muito Ruim (contribuição baixíssima)

Ruim (contribuição baixa)

Médio (contribuição razoável)

Bom (contribuição alta)

Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Cobertura da área de serviço do Transporte Público"?

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

Muito Ruim (impacto baixíssimo)

Ruim (impacto baixo)

Médio (impacto razoável)

Bom (impacto alto)

Muito bom (impacto altíssimo)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Gerenciamento de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego

Muito Ruim (contribuição baixíssima)

Ruim (contribuição baixa)

- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Retirada de estacionamentos" quando analisado o critério "Informações de viagens em tempo real"?

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

SECÃO 2

Nesta página você deverá avaliar o desempenho do Projeto 2:

Projeto 2: Sinalização semafórica inteligente

Descrição: Trata-se de implementar um sistema de controle autogerenciável nos cruzamentos, por meio de semáforos integrados, com tecnologias que regulam a passagem prioritária dos fluxos de veículos, de forma sincronizada e analisando a capacidade do sistema viário. Com o sincronismo do sistema semafórico podem ser solucionados diversos pontos de conflitos, principalmente relacionados ao fluxo dos veículos e diferença de demanda entre vias distintas.

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Custos de investimento inicial"?

Descrição: Custos iniciais relacionados à execução do projeto

- Muito Ruim (os custos iniciais são muito elevados)
- Ruim (os custos iniciais são elevados)
- Médio (os custos iniciais não são baixos nem elevados)
- Bom (os custos iniciais são baixos)
- Muito bom (os custos iniciais são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Custos de operação"?

Descrição: Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

- Muito Ruim (os custos de operação são muito elevados)
- Ruim (os custos de operação são elevados)
- Médio (os custos de operação não são baixos nem elevados)
- Bom (os custos de operação são baixos)
- Muito bom (os custos de operação são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Número de acidentes"?

Descrição: Contribuição do projeto para a REDUÇÃO do número de acidentes no trânsito

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Qualidade do serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Confiança no serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Emissões de poluentes atmosféricos"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO das emissões de poluentes no ar

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Consumo de combustíveis não fósseis"?

Descrição: Contribuição do projeto para AUMENTO no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Tempo de viagem"?

Descrição: Contribuição do projeto na REDUÇÃO do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Congestionamentos e níveis de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO nos níveis de tráfego e congestionamentos

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Deslocamento de pessoas e cargas"?

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Cobertura da área de serviço do Transporte Público"?

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

- Muito Ruim (impacto baixíssimo)
- Ruim (impacto baixo)
- Médio (impacto razoável)
- Bom (impacto alto)
- Muito bom (impacto altíssimo)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Gerenciamento de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Semáforos inteligentes" quando analisado o critério "Informações de viagens em tempo real"?

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
 Ruim (contribuição baixa)
 Médio (contribuição razoável)
 Bom (contribuição alta)
 Muito bom (contribuição altíssima)

SECÃO 3

Nesta página você deverá avaliar o desempenho do Projeto 3:

Projeto 3: Criação de faixas exclusivas para o transporte público coletivo

Descrição: Estabelecimento de faixas exclusivas para o transporte coletivo, sinalizadas de forma vertical e horizontal, normalmente à direita da pista. Deve ser proibida a circulação de automóveis individuais e, em geral, táxis sem passageiros, nessas faixas. Outros veículos, que não do transporte público coletivo, só podem utilizar essas faixas para sair da via ou entrar em outras vias, sem poder circular dentro delas. Nesse sentido, é dada prioridade ao transporte em massa, em detrimento ao uso dos veículos individuais.

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Custos de investimento inicial"?

Descrição: Custos iniciais relacionados à execução do projeto

- Muito Ruim (os custos iniciais são muito elevados)
 Ruim (os custos iniciais são elevados)
 Médio (os custos iniciais não são baixos nem elevados)
 Bom (os custos iniciais são baixos)
 Muito bom (os custos iniciais são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Custos de operação"?

Descrição: Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

- Muito Ruim (os custos de operação são muito elevados)
 Ruim (os custos de operação são elevados)
 Médio (os custos de operação não são baixos nem elevados)
 Bom (os custos de operação são baixos)
 Muito bom (os custos de operação são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Número de acidentes"?

Descrição: Contribuição do projeto para a REDUÇÃO do número de acidentes no trânsito

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)

- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Qualidade do serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Confiança no serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Emissões de poluentes atmosféricos"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO das emissões de poluentes no ar

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Consumo de combustíveis não fósseis"?

Descrição: Contribuição do projeto para AUMENTO no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Tempo de viagem"?

Descrição: Contribuição do projeto na REDUÇÃO do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Congestionamentos e níveis de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO nos níveis de tráfego e congestionamentos

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Deslocamento de pessoas e cargas"?

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Cobertura da área de serviço do Transporte Público"?

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

- Muito Ruim (impacto baixíssimo)
- Ruim (impacto baixo)
- Médio (impacto razoável)
- Bom (impacto alto)
- Muito bom (impacto altíssimo)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Gerenciamento de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Faixas exclusivas do Transporte Público" quando analisado o critério "Informações de viagens em tempo real"?

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
 Ruim (contribuição baixa)
 Médio (contribuição razoável)
 Bom (contribuição alta)
 Muito bom (contribuição altíssima)

SECÃO 4

Nesta página você deverá avaliar o desempenho do Projeto 4:

Projeto 4: Extensão dos binários de tráfego

Descrição: Esse sistema de circulação está relacionado à mudança de sentido de determinadas ruas, estabelecendo duas vias paralelas, ambas com sentido único, e em direções opostas. Nessas vias deve haver o mínimo de duas faixas de circulação de veículos em cada sentido, permitindo que o trânsito flua tão livre quanto for possível. Essa é uma medida que envolve, além de mudança de sinalização horizontal e vertical, a publicação de Portaria em Diário Oficial para comunicar a alteração de sentido das vias.

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Custos de investimento inicial"?

Descrição: Custos iniciais relacionados à execução do projeto

- Muito Ruim (os custos iniciais são muito elevados)
 Ruim (os custos iniciais são elevados)
 Médio (os custos iniciais não são baixos nem elevados)
 Bom (os custos iniciais são baixos)
 Muito bom (os custos iniciais são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Custos de operação"?

Descrição: Custos relacionados ao funcionamento e manutenção do projeto

- Muito Ruim (os custos de operação são muito elevados)
 Ruim (os custos de operação são elevados)
 Médio (os custos de operação não são baixos nem elevados)
 Bom (os custos de operação são baixos)
 Muito bom (os custos de operação são muito baixos)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Número de acidentes"?

Descrição: Contribuição do projeto para a REDUÇÃO do número de acidentes no trânsito

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)

- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Qualidade do serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a qualidade da viagem ao usuário (ex. conforto, higienização)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Confiança no serviço de Transporte Público"?

Descrição: Contribuição do projeto para melhorar a pontualidade do Transporte Público

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Emissões de poluentes atmosféricos"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO das emissões de poluentes no ar

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Consumo de combustíveis não fósseis"?

Descrição: Contribuição do projeto para AUMENTO no consumo de combustíveis não fósseis (como Biocombustíveis, Etanol, Óleo Vegetal)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Tempo de viagem"?

Descrição: Contribuição do projeto na REDUÇÃO do tempo de viagem (tanto no deslocamento individual quanto no Transporte Público)

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Congestionamentos e níveis de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para REDUÇÃO nos níveis de tráfego e congestionamentos

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Deslocamento de pessoas e cargas"?

Descrição: Contribuição do projeto para facilitação de viagens dos usuários e condições de movimentação de mercadorias dentro das cidades

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Cobertura da área de serviço do Transporte Público"?

Descrição: Impactos na extensão da rede de cobertura, relacionada ao potencial de pessoas abrangidas pelo Transporte Público

- Muito Ruim (impacto baixíssimo)
- Ruim (impacto baixo)
- Médio (impacto razoável)
- Bom (impacto alto)
- Muito bom (impacto altíssimo)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Gerenciamento de tráfego"?

Descrição: Contribuição do projeto para aprimorar o sistema de gerenciamento de tráfego

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

Qual o desempenho do projeto "Binários de Tráfego" quando analisado o critério "Informações de viagens em tempo real"?

Descrição: Contribuição do projeto para aumento da disponibilidade e acessibilidade de informações de viagens do transporte público em tempo real

- Muito Ruim (contribuição baixíssima)
- Ruim (contribuição baixa)
- Médio (contribuição razoável)
- Bom (contribuição alta)
- Muito bom (contribuição altíssima)

APÊNDICE F – Pesos das dimensões, grupos e critérios atribuídos nas entrevistas individuais

Pesos das dimensões, grupos e critérios atribuídos nas entrevistas individuais

DIMENSÃO	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*	\bar{G}^{**}
Impacto Econômico	D1	0,250	0,079	0,079	0,300	0,250	0,250	0,219	0,181
Impacto Social	D2	0,250	0,617	0,201	0,100	0,250	0,250	0,594	0,274
Impacto Ambiental	D3	0,250	0,188	0,201	0,300	0,250	0,250	0,094	0,208
Impacto Técnico	D4	0,250	0,116	0,519	0,300	0,250	0,250	0,094	0,222
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,033	0,012	0,000	0,000	0,000	0,050	

* Especialistas.

** Média geométrica

GRUPO	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*	\bar{G}^{**}
Orçamento	G1	0,500	0,500	0,600	0,700	0,400	0,250	0,300	0,439
Socioeconômico	G2	0,500	0,500	0,400	0,300	0,600	0,750	0,700	0,514
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Equidade Social e Inclusão	G3	0,333	0,111	0,200	0,633	0,600	0,260	0,333	0,305
Sociocultural	G4	0,333	0,778	0,200	0,260	0,200	0,106	0,333	0,267
Qualidade e segurança	G5	0,333	0,111	0,600	0,106	0,200	0,633	0,333	0,268
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,000	0,000	0,022	0,000	0,022	0,000	
Emissão de poluentes	G6	0,500	0,500	0,600	0,500	0,300	0,500	0,500	0,477
Consumo de recursos	G7	0,500	0,500	0,400	0,500	0,700	0,500	0,500	0,508
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Eficiência	G8	0,200	0,148	0,429	0,323	0,200	0,128	0,368	0,234
Transporte Público	G9	0,200	0,364	0,143	0,323	0,200	0,373	0,368	0,265
Modais de Transporte	G10	0,200	0,148	0,143	0,076	0,200	0,063	0,086	0,119
Sistemas de Informação	G11	0,200	0,148	0,143	0,139	0,200	0,063	0,053	0,122
Gerenciamento	G12	0,200	0,192	0,143	0,139	0,200	0,373	0,125	0,184
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,056	0,000	0,024	0,000	0,017	0,024	

* Especialistas.

** Média geométrica

(Continua)

CRITÉRIOS	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*	\bar{G}^{**}
Custos de investimento inicial	C1	0,133	0,110	0,577	0,300	0,525	0,621	0,062	0,243
Custos de operação	C2	0,133	0,605	0,085	0,300	0,158	0,183	0,398	0,218
Receitas de operação	C3	0,152	0,193	0,249	0,300	0,109	0,149	0,142	0,175
Despesas municipais com investimento em transporte	C4	0,582	0,092	0,090	0,100	0,208	0,047	0,398	0,152
Razão de Consistência da matriz	RC	0,013	0,042	0,078	0,000	0,020	0,056	0,029	
Custo da passagem do Transporte Público	C5	0,746	0,746	0,714	0,472	0,260	0,669	0,643	0,576
Preço do bilhete de estacionamento	C6	0,120	0,120	0,143	0,084	0,106	0,088	0,074	0,103
Custos do ciclo de vida do projeto	C7	0,134	0,134	0,143	0,444	0,633	0,243	0,283	0,243
Razão de Consistência da matriz	RC	0,005	0,005	0,000	0,002	0,022	0,003	0,028	

(Continuação)

CRITÉRIOS	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*	Ĝ**
Acessibilidade para usuários vulneráveis (física/financeira)	C8	0,333	0,655	0,480	0,333	0,193	0,429	0,193	0,343
Acessibilidade espacial	C9	0,333	0,158	0,115	0,333	0,724	0,429	0,724	0,333
Acessibilidade à paradas de Transporte Público	C10	0,333	0,187	0,405	0,333	0,083	0,143	0,083	0,188
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,018	0,021	0,000	0,024	0,000	0,024	
Aceitação pública ao projeto	C11	0,133	0,660	0,375	0,501	0,582	0,639	0,590	0,448
Uso de veículos sustentáveis	C12	0,582	0,081	0,125	0,219	0,212	0,132	0,118	0,171
Redução de veículos não sustentáveis	C13	0,212	0,104	0,125	0,219	0,133	0,056	0,090	0,122
Turismo local	C14	0,074	0,155	0,375	0,062	0,074	0,173	0,201	0,131
Razão de Consistência da matriz	RC	0,069	0,014	0,000	0,034	0,069	0,036	0,055	
Número de acidentes	C15	0,083	0,192	0,250	0,608	0,134	0,513	0,074	0,199
Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	0,417	0,242	0,250	0,172	0,426	0,118	0,582	0,277
Confiança no serviço de Transporte Público	C17	0,417	0,325	0,250	0,099	0,372	0,149	0,212	0,235
Segurança das pessoas	C18	0,083	0,242	0,250	0,122	0,067	0,219	0,133	0,143
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,067	0,000	0,027	0,020	0,065	0,069	
Emissões de poluentes atmosféricos	C19	0,241	0,159	0,530	0,250	0,172	0,179	0,510	0,260
Consumo de combustíveis fósseis	C20	0,341	0,159	0,070	0,250	0,099	0,129	0,260	0,164
Consumo de combustíveis não fósseis	C21	0,291	0,540	0,163	0,250	0,608	0,388	0,103	0,286
Poluição sonora	C22	0,128	0,141	0,237	0,250	0,122	0,304	0,127	0,175
Razão de Consistência da matriz	RC	0,076	0,012	0,057	0,000	0,027	0,067	0,068	
Consumo de energia	C23	0,091	0,751	0,714	0,200	0,143	0,480	0,106	0,255
Ocupação de espaço público	C24	0,455	0,168	0,143	0,600	0,714	0,115	0,633	0,320
Proximidade com áreas legais	C25	0,455	0,081	0,143	0,200	0,143	0,405	0,260	0,206
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,021	0,022	
Tempo de viagem	C26	0,313	0,300	0,111	0,250	0,128	0,097	0,481	0,206
Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	0,211	0,300	0,650	0,250	0,273	0,445	0,210	0,308
Tempo de estacionamento	C28	0,069	0,100	0,120	0,250	0,067	0,051	0,210	0,106
Deslocamento de pessoas e cargas	C29	0,407	0,300	0,120	0,250	0,533	0,407	0,098	0,259
Razão de Consistência da matriz	RC	0,068	0,000	0,004	0,000	0,048	0,010	0,050	
Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	0,250	0,217	0,582	0,250	0,408	0,201	0,426	0,310
Passageiros do Transporte Público	C31	0,250	0,123	0,212	0,250	0,117	0,590	0,134	0,205
Capacidade do Transporte Público	C32	0,250	0,525	0,133	0,250	0,408	0,090	0,067	0,195
Bilhetagem eletrônica	C33	0,250	0,136	0,074	0,250	0,067	0,118	0,372	0,152
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,053	0,069	0,000	0,014	0,055	0,020	

(Conclusão)

CRITÉRIOS	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*	\bar{G}^{**}
Rede de ciclovias	C34	0,081	0,106	0,106	0,182	0,260	0,120	0,106	0,128
Divisão modal	C35	0,751	0,633	0,633	0,703	0,633	0,746	0,633	0,674
Idade média da frota de veículos	C36	0,168	0,260	0,260	0,115	0,106	0,134	0,260	0,174
Razão de Consistência da matriz	RC	0,042	0,022	0,022	0,025	0,022	0,005	0,022	
Uso de aplicativos	C37	0,250	0,325	0,500	0,500	0,129	0,099	0,124	0,228
Estacionamentos inteligentes	C38	0,250	0,192	0,167	0,167	0,179	0,155	0,075	0,161
Digitalização das paradas do Transporte Público	C39	0,250	0,242	0,167	0,167	0,388	0,239	0,276	0,238
Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	C40	0,250	0,242	0,167	0,167	0,304	0,507	0,524	0,280
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,067	0,000	0,000	0,067	0,044	0,062	
Gerenciamento de tráfego	C41	0,333	0,714	0,633	0,333	0,600	0,106	0,260	0,363
Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42	0,333	0,143	0,260	0,333	0,200	0,633	0,633	0,318
Informações de viagens em tempo real	C43	0,333	0,143	0,106	0,333	0,200	0,260	0,106	0,191
Razão de Consistência da matriz	RC	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000	0,022	0,022	

* Especialistas.

** Média geométrica

APÊNDICE G – Avaliações linguísticas e processamento dos julgamentos de importância dos critérios para avaliar as alternativas específicas

Conjunto de termos linguísticos e variáveis 2-tuple para avaliação dos critérios

Regra semântica	Termos linguísticos	Equivalente 2-tuple
MB	Importância muito baixa	(S ₀ , 0)
B	Importância baixa	(S ₁ , 0)
M	Importância média	(S ₂ , 0)
A	Importância alta	(S ₃ , 0)
MA	Importância muito alta	(S ₄ , 0)

Fonte: adaptado de Awasthi, Omrani e Gerber (2018, p. 251)

Avaliações linguísticas

NOME	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*
Custos de investimento inicial	C1	MA	A	A	A	MA	M	MA
Custos de operação	C2	MA	M	A	MA	A	M	MA
Receitas de operação	C3	MA	MB	M	A	M	M	M
Despesas municipais com investimento em transporte	C4	MA	M	A	M	A	A	A
Custo da passagem do Transporte Público	C5	A	B	A	A	B	A	A
Preço do bilhete de estacionamento	C6	A	B	M	M	M	A	A
Custos do ciclo de vida do projeto	C7	A	M	M	A	A	A	A
Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	C8	MA	M	M	A	A	M	A
Acessibilidade espacial	C9	A	A	M	A	MA	M	A
Acessibilidade à paradas de Transporte Público	C10	MA	A	M	A	A	M	A
Aceitação pública ao projeto	C11	A	M	MA	M	A	M	A
Uso de veículos sustentáveis	C12	MA	M	A	A	A	B	A
Redução de veículos não sustentáveis	C13	MA	M	A	A	M	B	A
Turismo local	C14	M	B	A	B	A	B	B
Número de acidentes	C15	MA	A	MA	A	MA	A	A
Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	MA	A	A	A	MA	M	A
Confiança no serviço de Transporte Público	C17	MA	A	A	A	A	M	A
Segurança das pessoas	C18	MA	M	M	A	A	M	A
Emissões de poluentes atmosféricos	C19	A	A	A	M	A	M	A
Consumo de combustíveis fósseis	C20	A	M	A	M	A	B	A
Consumo de combustíveis não fósseis	C21	A	M	MA	M	MA	B	A
Poluição sonora	C22	A	B	A	M	MA	M	A
Consumo de energia	C23	A	M	A	M	MA	M	M
Ocupação de espaço público	C24	A	B	M	A	MA	M	M
Proximidade com áreas legais	C25	A	MB	MA	M	M	A	M
Tempo de viagem	C26	A	A	A	MA	A	M	A
Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	A	A	MA	MA	A	A	A
Tempo de estacionamento	C28	A	B	M	M	A	M	A
Deslocamento de pessoas e cargas	C29	A	M	M	A	MA	A	A
Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	A	A	A	A	MA	M	A
Passageiros do Transporte Público	C31	A	A	M	A	A	M	A
Capacidade do Transporte Público	C32	A	A	M	A	MA	M	M

Bilhetagem eletrônica	C33	A	M	M	M	M	B	A
Rede de ciclovias	C34	A	M	A	M	A	M	M
Divisão modal	C35	A	M	A	M	A	A	M
Idade média da frota de veículos	C36	A	B	M	M	A	B	M
Uso de aplicativos	C37	A	M	M	A	M	A	M
Estacionamentos inteligentes	C38	A	A	M	M	M	M	M
Digitalização das paradas do Transporte Público	C39	A	A	A	M	A	M	M
Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	C40	A	A	M	A	A	M	M
Gerenciamento de tráfego	C41	A	A	A	A	MA	A	A
Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42	A	M	M	A	A	A	A
Informações de viagens em tempo real	C43	A	A	A	A	A	A	M

* Especialistas

Processamento 2-tuple

(Continua)

NOME	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*
Custos de investimento inicial	C1	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)
Custos de operação	C2	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)
Receitas de operação	C3	(S ₄ , 0)	(S ₀ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Despesas municipais com investimento em transporte	C4	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Custo da passagem do Transporte Público	C5	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Preço do bilhete de estacionamento	C6	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Custos do ciclo de vida do projeto	C7	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	C8	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Acessibilidade espacial	C9	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Acessibilidade à paradas de Transporte Público	C10	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Aceitação pública ao projeto	C11	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Uso de veículos sustentáveis	C12	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)
Redução de veículos não sustentáveis	C13	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)
Turismo local	C14	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₁ , 0)
Número de acidentes	C15	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Confiança no serviço de Transporte Público	C17	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Segurança das pessoas	C18	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Emissões de poluentes atmosféricos	C19	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Consumo de combustíveis fósseis	C20	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)
Consumo combustíveis não fósseis	C21	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)
Poluição sonora	C22	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Consumo de energia	C23	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Ocupação de espaço público	C24	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Proximidade com áreas legais	C25	(S ₃ , 0)	(S ₀ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)

(Conclusão)

NOME	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*
Tempo de viagem	C26	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Tempo de estacionamento	C28	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Deslocamento de pessoas e cargas	C29	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Passageiros do Transporte Público	C31	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)
Capacidade do Transporte Público	C32	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Bilhetagem eletrônica	C33	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)
Rede de ciclovias	C34	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Divisão modal	C35	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
Idade média da frota de veículos	C36	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)
Uso de aplicativos	C37	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
Estacionamentos inteligentes	C38	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Digitalização das paradas do Transporte Público	C39	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	C40	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)
Gerenciamento de tráfego	C41	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Informações de viagens em tempo real	C43	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)

* Especialistas

Processamento em números reais

(Continua)

NOME	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*
Custos de investimento inicial	C1	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	4,00
Custos de operação	C2	4,00	2,00	3,00	4,00	3,00	2,00	4,00
Receitas de operação	C3	4,00	0,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00
Despesas municipais com investimento em transporte	C4	4,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
Custo da passagem do Transporte Público	C5	3,00	1,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00
Preço do bilhete de estacionamento	C6	3,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
Custos do ciclo de vida do projeto	C7	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Acessibilidade para usuários vulneráveis (física e financeira)	C8	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Acessibilidade espacial	C9	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00
Acessibilidade à paradas de Transporte Público	C10	4,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Aceitação pública ao projeto	C11	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	3,00
Uso de veículos sustentáveis	C12	4,00	2,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00
Redução de veículos não sustentáveis	C13	4,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00
Turismo local	C14	2,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00
Número de acidentes	C15	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Qualidade do serviço de Transporte Público	C16	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00

(Conclusão)

NOME	Cód.	E1*	E2*	E3*	E4*	E5*	E6*	E7*
Confiança no serviço de Transporte Público	C17	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Segurança das pessoas	C18	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Emissões de poluentes atmosféricos	C19	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00
Consumo de combustíveis fósseis	C20	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00
Consumo de combustíveis não fósseis	C21	3,00	2,00	4,00	2,00	4,00	1,00	3,00
Poluição sonora	C22	3,00	1,00	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00
Consumo de energia	C23	3,00	2,00	3,00	2,00	4,00	2,00	2,00
Ocupação de espaço público	C24	3,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,00
Proximidade com áreas legais	C25	3,00	0,00	4,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Tempo de viagem	C26	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	2,00	3,00
Congestionamentos e níveis de tráfego	C27	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Tempo de estacionamento	C28	3,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00
Deslocamento de pessoas e cargas	C29	3,00	2,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Cobertura da área de serviço do Transporte Público	C30	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00
Passageiros do Transporte Público	C31	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Capacidade do Transporte Público	C32	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,00
Bilhetagem eletrônica	C33	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	3,00
Rede de ciclovias	C34	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00
Divisão modal	C35	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00
Idade média da frota de veículos	C36	3,00	1,00	2,00	2,00	3,00	1,00	2,00
Uso de aplicativos	C37	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00
Estacionamentos inteligentes	C38	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Digitalização das paradas do Transporte Público	C39	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00
Digitalização dos Ônibus do Transporte Público	C40	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00
Gerenciamento de tráfego	C41	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Maturidade tecnológica da Rede Viária	C42	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Informações de viagens em tempo real	C43	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00

* Especialistas

APÊNDICE H – Avaliações linguísticas e processamento dos julgamentos de avaliação das alternativas em relação aos critérios

Conjunto de termos linguísticos e variáveis 2-tuple para avaliação das alternativas

Regra semântica	Termos linguísticos	Equivalente 2-tuple
MR	Muito Ruim	(S ₀ , 0)
R	Ruim	(S ₁ , 0)
M	Médio	(S ₂ , 0)
B	Bom	(S ₃ , 0)
MB	Muito Bom	(S ₄ , 0)

Fonte: adaptado de Awasthi, Omrani e Gerber (2018, p. 251)

Avaliações linguísticas

Dados Iniciais - E1*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dados Iniciais - E2*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	M	B	B	B	MB	B	B	MB	MB	MB	B	MB	MB
A2	R	M	B	MB	B	MB	B	MB	MB	MB	B	B	B
A3	R	M	B	B	B	MB	MB	MB	B	B	B	MB	MB
A4	M	B	B	B	B	B	B	MB	MB	MB	B	B	B
Dados Iniciais - E3*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	B	B	B	M	B	MB	B	B	B	M	MB	B	M
A2	M	M	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	M
A3	MR	M	B	M	R	B	M	B	MB	M	M	B	M
A4	B	B	B	M	M	B	B	B	B	M	M	B	M
Dados Iniciais - E4*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	B	B	M	MB	MB	B	M	MB	B	M	B	B	M
A2	R	M	B	B	B	R	R	B	B	B	M	MB	B
A3	MB	B	M	M	MB	M	M	MB	MB	M	B	B	MB
A4	M	B	B	M	M	M	M	B	B	M	R	B	M
Dados Iniciais - E5*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	B	MB	B	MB	B	MB	MB	B	MB	B	B	MB	B
A2	R	B	B	B	B	M	M	B	B	B	B	B	B
A3	R	B	B	B	B	M	B	MB	MB	B	B	B	B
A4	R	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Dados Iniciais - E6*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	M	R	M	B	M	R	R	B	R	M	M	R	M
A2	R	M	MB	B	B	B	B	B	MB	B	R	MB	B
A3	R	M	R	R	B	B	B	B	MR	MR	M	MR	M

A4	B	MB	B	B	B	B	B	MB	MB	MB	B	MB	M
Dados Iniciais - E7*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	M	M	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
A2	R	M	B	B	B	M	M	B	B	B	M	B	B
A3	M	M	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B	B
A4	M	M	B	B	B	M	M	B	B	B	M	B	B

* Especialistas

Processamento 2-tuple

(Continua)

Dados Iniciais - E1*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dados Iniciais - E2*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)
A2	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A3	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)
A4	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Dados Iniciais - E3*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
A2	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
A3	(S ₀ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
A4	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
Dados Iniciais - E4*													
Altern.	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)
A2	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)
A3	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)
A4	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)

(Conclusão)

Dados Iniciais - E5*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)
A2	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A3	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A4	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
Dados Iniciais - E6*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)
A2	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)
A3	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₁ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₀ , 0)	(S ₀ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₀ , 0)	(S ₂ , 0)
A4	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₄ , 0)	(S ₂ , 0)
Dados Iniciais - E7*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A2	(S ₁ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A3	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)
A4	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₂ , 0)	(S ₃ , 0)	(S ₃ , 0)

* Especialistas

Processamento em números reais

(Continua)

Dados Iniciais - E1*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dados Iniciais - E2*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00
A2	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00
A3	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00
A4	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Dados Iniciais - E3*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	2,00
A2	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
A3	0,00	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	3,00	4,00	2,00	2,00	3,00	2,00
A4	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Dados Iniciais - E4*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	3,00	3,00	2,00	4,00	4,00	3,00	2,00	4,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00
A2	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00
A3	4,00	3,00	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	4,00	4,00	2,00	3,00	3,00	4,00
A4	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00
Dados Iniciais - E5*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00
A2	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
A3	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
A4	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Dados Iniciais - E6*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00
A2	1,00	2,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	1,00	4,00	3,00
A3	1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00
A4	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	2,00

(Conclusão)

Dados Iniciais - E7*													
Alternativas	C1	C2	C15	C16	C17	C19	C21	C26	C27	C29	C30	C41	C43
A1	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
A2	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00
A3	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
A4	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00

* Especialistas