LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

MODELO DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS QUANTO À ACIDENTALIDADE NO TRÂNSITO URBANO

Damirys Maria Lucena de Lima
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário BR-101, Lagoa Nova, Natal/RN
damirys.lu.lima@gmail.com

Joyce Abreu Maia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFPE
Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE
joycemaia7373@gmail.com

Abel Lameque Silva Damasceno
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário BR-101, Lagoa Nova, Natal/RN
abellameque2@gmail.com

Sabrina Karla Rodrigues de Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário BR-101, Lagoa Nova, Natal/RN
sabrinakroliveira@gmail.com

Ricardo Pires de Souza
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFRN
Campus Universitário BR-101, Lagoa Nova, Natal/RN
ricardo.pires@ufrn.br

RESUMO

A cidade de Mossoró/RN apresenta uma série de problemas urbanos ocasionados pelo crescimento populacional e consequentemente, a intensificação de veículos no sistema viário, o que muitas vezes, causam acidentes de trânsito. Tendo em vista tais adversidades, este trabalho propõe um modelo multicritério de apoio à decisão em grupo quanto a identificação das áreas urbanas mais críticas para ocorrência de acidentes. O modelo proposto é composto por um conjunto de etapas que devem ser seguidos, de modo a se obter um ranking das avenidas e bairros da cidade, com base nas posições expressas por cada tomador de decisão utilizando o método PROMETHEE II. A utilização dos métodos multicritério de apoio à tomada de decisão são de grande relevância para os gestores públicos, pois a partir dos resultados obteve-se uma avaliação mais consistente a fim de priorizar os trechos com maior criticidade.

PALAVRAS CHAVE. Métodos multicritério de apoio à tomada de decisão; Tomada de decisão em grupo; Acidentes de trânsito.

Tópicos (indique, em ordem de PRIORIDADE, o(s) tópicos(s) de seu artigo)
2. ADM – Apoio à Decisão Multicritério
12. L&T – Logística e Transportes

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

ABSTRACT

The city of Mossoró/RN faces a series of urban problems caused by population growth and, consequently, the intensification of vehicles in the road system, which often leads to traffic accidents. Considering these adversities, this work proposes a multicriteria group decision support model for identifying the most critical urban areas for the occurrence of accidents. The proposed model comprises a set of steps to be followed in order to obtain a ranking of the city's avenues and neighborhoods, based on the positions expressed by each decision-maker using the PROMETHEE II method. The use of multicriteria methods to support decision-making is of great relevance for public managers, since the results provide a more consistent assessment in order to prioritize the most critical sections.

KEYWORDS. Multi-criteria methods to support decision making; Group decision making; Traffic-accidents.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

1. Introdução

De acordo com a Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012 que institui as diretrizes da Política Nacional da Mobilidade Urbana, a mobilidade urbana é definida como a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano. Já conforme o Ministério das Cidades [2006], a mobilidade urbana é o resultado da interação dos deslocamentos de pessoas e bens entre si e com a própria cidade. Demonstrando que o conceito de mobilidade urbana vai além do deslocamento de veículos ou do conjunto de serviços implantados para estes deslocamentos, ou seja, pensar a mobilidade urbana é mais que tratar apenas transporte e trânsito.

Ainda segundo o Ministério das Cidades [2004], o termo mobilidade urbana reúne os aspectos físicos, ou seja, a infraestrutura viária (geometria, pavimentação, largura das vias, número de faixas, rampas, sinalização) necessária para que os deslocamentos aconteçam e também os sistemas e modos de transportes envolvidos, como: os motorizados individuais (automóveis, motocicletas, etc.), transporte coletivo urbano, e modos não motorizados (pedestres, ciclistas, veículos de propulsão humana ou animal).

Porém, devido à grande popularização em meio urbano, passamos diariamente por vários problemas relacionados à mobilidade urbana. Congestionamentos, acidentes de trânsito, problemas ambientais, só são alguns das adversidades causadas em virtude da superlotação de veículos nas ruas. Além da deficiência na infraestrutura viária, que muitas vezes são relevantes causadores de acidentes de trânsito.

Conforme a Organização Mundial de Saúde [2016], todo ano, a vida de cerca de 1,25 milhão de pessoas são encurtadas devido a acidentes de trânsito. Entre 20 e 50 milhões de pessoas sofrem lesões não fatais e muitas delas ficam temporária ou permanentemente incapacitadas por estas lesões. A Organização Mundial de Saúde ressalta ainda que, as lesões e mortes no trânsito são responsáveis por consideráveis perdas econômicas às vítimas, suas famílias e aos países em geral. Essas perdas decorrem dos custos com tratamentos (incluindo reabilitação e investigação do acidente), bem como da redução/perda de produtividade.

A cidade de Mossoró/RN apresenta uma série de complicações urbanas ocasionadas devido ao crescimento populacional e consequentemente, a grande lotação de veículos no sistema viário. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [2010], a cidade de Mossoró-RN possui cerca de 259.815 habitantes. Já segundo o Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN [2016] há no município, uma frota com 149.429 veículos, desde automóveis a motocicletas e outros tipos de veículos. Dessa forma pode-se retratar que no município há 01 veículo para cada 1,74 habitantes, evidenciando a grande quantidade de veículos na cidade e consequentemente o vasto prejuízo à qualidade de vida da população.

Pensando na deficiência viária e o número elevado de acidentes de trânsito, propõe-se a utilização de métodos multicritério de apoio à tomada de decisão de modo a se identificar quais as áreas mais críticas para a ocorrência de acidentes.

Para Vincke [1992], os métodos multicritério de apoio à tomada de decisão têm por objetivo dar ao tomador de decisão ferramentas para solução de problemas de decisão onde diversos pontos de vista devem ser levados em consideração. Dentre os diversos métodos propostos, destaca-se o método PROMETHEE GDSS (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations – Group Decision Support System) que pertence à família dos métodos PROMETHEE (Preference Method for Enrichment Evaluation). Este método procura estabelecer uma relação de sobreclassificação de valores, superação ou prevalência de alternativas em relação às demais (BRANS; VINCKE, 1985). De acordo com Vincke [1992], a grande aplicabilidade desse método é devido a sua simplicidade quando comparado a outros métodos de análise multicritério, onde busca envolver conceitos e parâmetros os quais têm alguma interpretação física ou econômica facilmente entendida pelo decisor.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

Propor um método multicritério de apoio à tomada de decisão em grupo para identificação das áreas urbanas mais críticas para a ocorrência de acidentes.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar estudo acerca da mobilidade urbana na cidade de Mossoró-RN;
- Identificar os impactos causados devido aos acidentes de trânsito;
- Identificar os acidentes de trânsito ocorridos com mais frequência;
- Identificar os agentes envolvidos na gestão da mobilidade urbana;
- Identificar critérios que possam ser utilizados para mensurar as possibilidades de acidentes.

3. Referencial Teórico

3.1. Mobilidade Urbana

Segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos [ANTP, 2003], a mobilidade é um atributo dos agentes econômicos no momento em que buscam assegurar os deslocamentos de que necessitam, levando em conta as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades nele desenvolvidas.

Ainda de acordo com a ANTP [2003], o tratamento da mobilidade pode ser entendido como função pública a garantir acessibilidade para todos e que, para tal, exige à obediência as normas e as prioridades as quais respondam às diferentes necessidades de deslocamento, contribuindo para a redução dos efeitos negativos provocados pelo uso predominante do automóvel, podendo afetar à mobilidade fatores como: a renda, a idade, o sexo e os fatores permanentes ou provisórios que limitam a capacidade do indivíduo.

3.2. Políticas e diretrizes da mobilidade urbana

Durante um longo período, não houve política consistente e permanente no desenvolvimento urbano do Brasil. Na falta de uma legislação abrangente e consensual, e diante da ausência ou da ineficácia do Estado na regulação dos conflitos de ocupação e uso do solo, tanto os grupos sociais de baixa renda quanto os de renda média e alta usaram estratégias para gerar o novo espaço urbano que lhes interessava. Na maior parte dos casos, o Estado acompanhou o processo sem intervir. Além disso, deve-se enfatizar que o processo de urbanização e de intenso crescimento populacional esteve ligado a situações de grande disparidade de oportunidades de vida para a população do país, ligada a processos muito antigos de geração de desigualdades e assimetrias entre suas regiões [Vasconcellos, 2013].

Em 2012, no Brasil, ocorreu um grande avanço em termos de políticas públicas de mobilidade ao entrar a vigor a Lei de Mobilidade Urbana Nacional (Lei n° 12.587), de 03 de janeiro de 2012. A aprovação dessa lei representa a ampliação tanto no conceito quanto na legislação sobre a mobilidade urbana nacional ao impor o enfrentamento dos problemas relacionados à mobilidade urbana de forma sustentável e inclusiva, aplicando restrições ao uso de automóveis.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana é um instrumento de desenvolvimento urbano que objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do município. De acordo com as competências definidas pela Constituição Federal, a lei; que estabelece princípios, diretrizes e objetivos; atribui à União a responsabilidade de organizar e disponibilizar informações sobre o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana – SIMU e a qualidade e produtividade dos serviços de transporte público coletivo. Por sua vez fica a cargos dos municípios à responsabilidade de planejar, executar e avaliar a política de mobilidade urbana [Brasil, 2012].

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

A Lei 12.587 de 2012 tem como objetivo central propor mudanças nos municípios brasileiros na medida em que dispõe como foco das ações, os modos não motorizados e o transporte público em detrimento dos motorizados e individuais, automóveis e motocicletas, reduzindo congestionamentos e aumentando a qualidade de vida dos brasileiros [Sudário e Alves, 2013].

3.3. PROMETHEE GDSS

Moreira [2007] aborda que a seleção do método a ser aplicado deve levar em consideração um resultado da avaliação dos parâmetros escolhidos, do tipo e da precisão dos dados, forma de pensar do decisor, do conhecimento sobre o problema, os resultados esperados (seleção, ordenação ou classificação) e da necessidade de decisão em grupo. Onde todos esses pontos são de suma importância para a escolha, visto que todos eles aumentam substancialmente a confiança nos resultados obtidos, evitando-se assim o retrabalho e o desperdício de tempo.

O PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evoluation) é um método de sobreclassificação que permite ordenar as alternativas da melhor para a pior (Araz e Ozkarahan, 2007]. Este método baseia-se na construção de uma relação de sobreclassificação valorada, envolvendo conceitos e parâmetros que possuem interpretações físicas e econômicas mais facilmente entendidas pelos decisores [Vincke,1992]. Para Le Teno e Mareschal [1998], o princípio básico dos métodos de sobreclassificação é que se uma alternativa apresenta um desempenho maior que outra na maioria dos critérios, e não apresenta um desempenho fortemente menor em outro, então a primeira alternativa será a alternativa preferida. Segundo Vincke [1992], esses métodos de sobreclassificação consideram que pequenas diferenças nas avaliações das alternativas nem sempre significam um impacto significativo para o decisor.

O PROMETHEE (I, II, III, IV, V, VI e GDSS) se diferencia dos demais métodos em virtude da maneira como cada critério é avaliado através de funções de preferência, possibilitando captar as modificações de percepção do decisor nas avaliações de cada alternativa, além de não permitir uma compensação ilimitada de grandes vantagens entre as alternativas [Silva; Morais; Almeida, 2010].

Para a sua realização, dois tipos de informações são fundamentais, são elas as informações entre critérios e as informações dentro de cada critério. Para Brans e Mareschal [2005], as informações entre critérios são constituídas pelos pesos atribuídos a cada um deles e as informações dentro de cada critério referem-se às funções de preferência relativas a cada critério e seus parâmetros.

Brans e Mareschal [1994] ainda ressaltam que, embora a noção de critérios generalizados seja introduzida para levar em consideração as amplitudes dos desvios entre avaliações, trazendo a necessidade de vários parâmetros adicionais, tais parâmetros são facilmente entendidos devido ao seu significado econômico, confirmando a simplicidade em que o método dispõe.

No modelo proposto foi adotado o método PROMETHEE GDSS (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations – Group Decision Support System) que permite a todos os decisores expressarem suas preferências através de uma função, e integrar as respectivas avaliações em uma decisão em grupo. O PROMETHEE GDSS, que foi proposto por Macharis et al. [1998] é um método de decisão em grupo que objetiva apoiar os decisores em situações nas quais os objetivos individuais são fortemente conflitantes.

4. Metodologia

Devido a vários problemas relacionados à mobilidade urbana, como congestionamentos, acidentes de trânsito, e diversos outros transtornos causados em virtude da superlotação de veículos nas ruas, foi proposto um modelo multicritério para apoiar a tomada de decisão, em um contexto de tomada de decisão em grupo. O modelo é composto por um conjunto de etapas, de modo a se identificar quais áreas mais críticas para a ocorrência de acidentes. O modelo proposto foi, então,

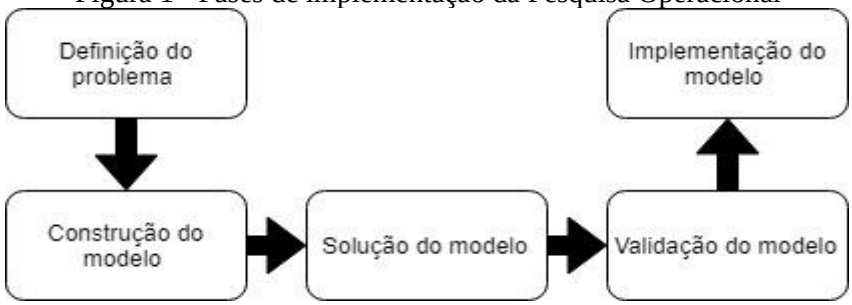
DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

testado em laboratório, de modo a se identificar potenciais problemas que venham a surgir para a futura aplicação no contexto real.

Para a aplicação do modelo, foi utilizado o método PROMETHEE GDSS. Para o caso em estudo, foi selecionada a metodologia PROMETHEE GDSS, em razão ao seu caráter não compensatório. Além disso, o método que vai ser utilizado facilita o julgamento das prioridades dos tomadores de decisão através das funções de preferência e considera a incerteza dos decisores por meio de limiares de preferência e indiferença. O PROMETHEE GDSS ainda utiliza de estruturas metodológicas similares tanto nas avalições de desempenho individuais quanto na avaliação em grupo, o que facilita a compreensão do procedimento e sua aceitação.

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica e documental acerca dos temas de mobilidade urbana, métodos multicritério e tomada de decisão em grupo, bem como suas diversas aplicações. Houve o aprofundamento na Pesquisa Operacional e outros métodos de estruturação de problemas. De acordo com Taha [2008], as principais fases de implementação da PO na prática incluem definição de problema, construção do modelo, solução do modelo, validação do modelo e implementação do modelo, como visto na Figura 1.

Figura 1 - Fases de implementação da Pesquisa Operacional



Fonte: Autoria própria, 2018.

Para a definição do problema, envolve definir o escopo do problema sob investigação. A meta é identificar os três elementos principais de um problema de decisão: descrição das alternativas de decisão, determinação do objetivo do estudo e especificação das limitações sob as quais o sistema modelado funciona. A construção do modelo implica em uma tentativa de traduzir a definição do problema em relações matemáticas. Já a solução do problema é de longe a fase mais simples de todas as fases da PO porque se baseia na utilização de algoritmos de otimização bem definidos. Um aspecto importante da fase de solução do modelo é a análise de sensibilidade, que trata de obter informações adicionais sobre o comportamento da solução ótima quando o modelo passa por algumas mudanças de parâmetros. A análise de sensibilidade é particularmente necessária quando os parâmetros do modelo não podem ser estimados com precisão. Para a validação do modelo, somente é possível sob condições similares de entradas, que reproduz razoavelmente o desempenho anterior. Se o modelo proposto representar um novo sistema pode-se validar utilizando a simulação como uma ferramenta independente para verificar os resultados do modelo matemático. Finalmente, na implementação da solução de um modelo validado envolve a tradução dos resultados em instruções operacionais inteligíveis que serão emitidas para as pessoas que administrarão o sistema recomendado.

5. Modelo multicritério de apoio à tomada de decisão para identificação de áreas críticas quanto à acidentalidade

Conforme discutido anteriormente, foi proposto um modelo multicritério para identificação das áreas críticas quanto à acidentalidade. O primeiro passo do modelo proposto é a definição do problema pelos tomadores de decisão, cujas escolhas serão consideradas durante o processo e terá um impacto direto no resultado. A avaliação individual se inicia com a geração de

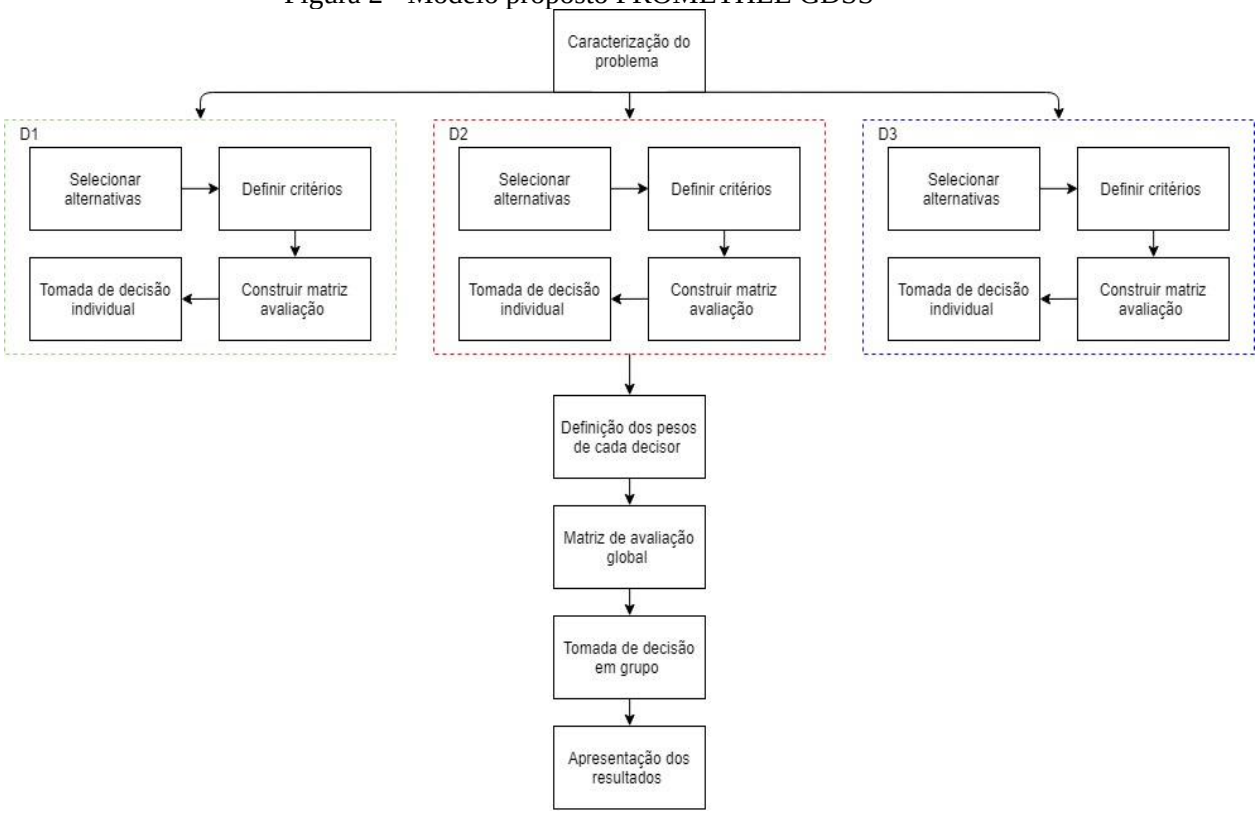
DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

alternativas de priorização que foram agrupadas conforme os dados do mês de junho de 2017, disponibilizados pelo grupo de pesquisa na cidade de Mossoró-RN.

Posteriormente, os critérios são definidos e cada tomador de decisão, determina os pesos e outros parâmetros necessários, elaborando sua matriz de avaliação. A avaliação individual é realizada, obtendo-se a classificação das alternativas para cada tomador de decisão, bem como suas pontuações relativas.

Em seguida, os pesos de cada tomador de decisão devem ser definidos de acordo com seu poder para essa decisão. A matriz de avaliação global das alternativas é então elaborada. A Figura 2 demonstra as etapas de aplicação do modelo proposto por esse estudo.

Figura 2 - Modelo proposto PROMETHEE GDSS



Fonte: Autoria própria (2018).

Para Macharis, Brans e Mareschal [1998], a etapa de avaliação individual recomenda o uso da metodologia PROMETHEE para cada tomador de decisão envolvido. Em seguida, as opiniões do grupo de tomadores de decisão devem ser avaliadas, conforme proposto por Macharis, Brans e Mareschal [1998]. A matriz de avaliação é configurada utilizando os fluxos líquidos gerados a partir da aplicação do PROMETHEE II para cada tomador de decisão. Assim, cada tomador de decisão pode ser atribuído um peso, definindo o poder de cada um. A metodologia PROMETHEE II é aplicada para gerar a ordenação de alternativas com base nas posições expressas por cada tomador de decisão.

A seguir é proposta uma simulação, de modo a se verificar a aplicabilidade do modelo proposto.

5.1. Aplicação numérica da proposta do modelo

Neste contexto, foram considerados três tomadores de decisão, representados por um Especialista em Mobilidade Urbana e dois motoristas e moradores da cidade, sendo estes D1, D2

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

e D3. Os decisores, por serem residentes na cidade, mostraram-se conhecedores dos problemas caracterizados pelas ruas selecionadas.

Para a seleção das alternativas utilizou-se dos dados disponibilizados pelo grupo de pesquisa da cidade de Mossoró-RN. Dessa forma, foram selecionadas as 10 (dez) avenidas e ruas mais críticas do mês de junho de 2017 acerca de acidentes sem vítimas na cidade de Mossoró-RN, como consta no Quadro 1.

Quadro 1 - Avenidas e ruas selecionadas

Código	Avenidas/Ruas
A1	Avenida Alberto Maranhão
A2	Avenida Augusto Severo
A3	Avenida João da Escóssia
A4	Avenida Presidente Dutra
A5	Avenida Rio Branco
A6	Rua Antônio Vieira de Sá
A7	Rua Frei Miguelinho
A8	Rua Lopes Trovão
A9	Rua Melo Franco
A10	Rua Seis de Janeiro

Fonte: Autoria própria (2018).

Em seguida foram definidos 8 critérios, dos quais 5 de caráter quantitativo representaram os tipos de colisões ocorridas em cada avenida e rua e 3, de caráter qualitativo caracterizaram o fluxo de veículos e as condições quanto a via e a pavimentação da rua ou avenida estudada. O Quadro 2 apresenta os critérios que foram considerados pelos tomadores de decisão.

Quadro 2 - Critérios utilizados na proposta do modelo

Código	Critério	Descrição do critério	Máx/Mín	Escala
C1	Colisão Frontal	Número de colisões frontais ocorridas na rua ou avenida verificada	Máx	Quantitativa
C2	Colisão Lateral	Número de colisões laterais ocorridas na rua ou avenida verificada	Máx	Quantitativa
C3	Colisão Transversal	Número de colisões transversais ocorridas na rua ou avenida verificada	Máx	Quantitativa
C4	Colisão Traseira	Número de colisões traseiras ocorridas na rua ou avenida verificada	Máx	Quantitativa
C5	Engavetamento	Número de engavetamentos ocorridos na rua ou avenida verificada	Máx	Quantitativa
C6	Fluxo de veículo	Quantidade de veículos que cruza a rua ou avenida verificada	Máx	Qualitativa
C7	Condição da via	Qualidade da via quanto a sinalização, iluminação, entre outros aspectos, da rua ou avenida verificada	Máx	Qualitativa
C8	Condição da pavimentação	Qualidade da pavimentação da rua ou avenida verificada	Máx	Qualitativa

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

Fonte: Autoria própria (2018).

Todos os critérios escolhidos seguem a função preferência usual, ou seja, qualquer diferença no desempenho aponta preferência. Além disso, observa-se que foi adotado um critério de maximização para todos os critérios. Para os critérios qualitativos, foi utilizada uma escala de 5 pontos, indo de Muito Baixo até Muito Alto.

Para a construção da matriz avaliação foi coletado, as quantidades de colisões que houve em cada rua e avenida selecionada no mês de junho de 2017. Já para os dados qualitativos simulou, através de entrevista com três discentes da UFERSA, qual seria a opção tomada por cada decisor.

Cada decisor, por sua vez, estabeleceu pesos para cada critério considerado na avaliação. Esses valores são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Pesos dos critérios de cada decisor

D/C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
D1	80	70	70	80	50	100	100	100
D2	10	5	8	3	6	6	6	7
D3	8	8	8	8	8	10	6	10

Fonte: Autoria própria (2018).

Determinado os pesos, critérios e outros parâmetros, foi executado o método PROMETHEE II por meio do software Visual PROMETHEE. O software realiza os cálculos dos fluxos líquidos individuais para cada decisor, e os ordena em ordem decrescente, sendo os primeiros colocados, as ruas e avenidas que demandam de uma maior atenção das autoridades públicas, por adquirirem um grau de criticidade maior.

A partir dos valores dos fluxos líquidos individuais obtidos na primeira fase do método é possível passar para o próximo passo, que consiste na produção da matriz de avaliação global, por meio da aplicação do método PROMETHEE GDSS. O método consiste em agregar as informações de cada decisor em uma nova matriz a fim de ordenar para uma decisão em grupo, atendendo, dessa forma, a todos os decisores. O objetivo aplicação dessa etapa é de minimizar os conflitos e insatisfações na tomada de decisão.

A matriz de avaliação global dispõe dos fluxos líquidos de cada rua ou avenida, obtidos através das avaliações individuais. Neste caso, todos os tomadores de decisão foram considerados como tendo o mesmo poder de decisão, adquirindo dessa forma, o mesmo peso para cada um deles. Assim, a matriz de avaliação da tomada de decisão do grupo é expressa na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz avaliação da tomada de decisão em grupo

Cód.	Alternativas	D1	D2	D3
A1	Av. Alberto Maranhão	0,1470	0,3309	0,1515
A2	Av. Augusto Severo	0,2222	0,2947	0,0438
A3	Av. João da Escóssia	-0,0547	0,0338	-0,0135
A4	Av. Presidente Dutra	0,2223	-0,0580	0,1178
A5	Av. Rio Branco	0,3043	0,2415	0,3401
A6	Rua Antônio Vieira de Sá	-0,2120	-0,2101	-0,1178
A7	Rua Frei Miguelinho	-0,2735	-0,2440	-0,2088
A8	Rua Lopes Trovão	-0,2427	-0,2512	-0,1717
A9	Rua Melo Franco	-0,1675	-0,0894	0,1549
A10	Rua Seis de Janeiro	0,0547	-0,0483	0,0135

Fonte: Autoria própria (2018).

Foi realizada análise de sensibilidade, alterando o valor dos pesos de cada critério em 20%, para mais e para menos, reduzindo-se os demais proporcionalmente, de modo a se verificar a robustez dos resultados obtidos. Observou-se que nos rankings para o D1, os critérios C1, C2 e

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

C3, quando aumentava 20% do peso a avenida Augusto Severo passava para a colocação 2 no ranking, deixando a avenida Presidente Dutra em terceiro. O mesmo acontecia quando diminuía 20% dos critérios C4, C5 e C8. Para o D2, observou-se que não houve alterações significativas nos rankings, exceto para os critérios C7 e C8, que quando aumentava 20% do peso a Rua Seis de Janeiro passava a colocação da avenida Presidente Dutra, o mesmo acontecia se diminuísse 20% do critério C6. Já para o D3 observou somente alteração quanto ao critério C6, quando se aumentava em 20% o peso, a Rua Seis de Janeiro ultrapassava a avenida Augusto Severo. Contudo deve-se ter atenção quanto aos pesos destes critérios, de modo a se prevenir respostas fora da estrutura de preferência dos decisores.

A partir dos resultados obtidos, procede-se a segunda fase da aplicação. Nesta, os tomadores de decisão formam considerados como critérios em uma nova aplicação do PROMETHEE II. Foram atribuídos pesos iguais a cada um dos decisores. Assim, de acordo com o PROMETHEE GDSS, a ordenação das ruas e avenidas com sua importância de priorização devido a acidentalidades para o grupo de decisores é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Ranking final

Rank	Avenidas/Ruas	Phi	Phi+	Phi-
1º	Av. Rio Branco	0,8519	0,9259	0,0741
2º	Av. Alberto Maranhão	0,7037	0,8519	0,1481
3º	Av. Augusto Severo	0,5556	0,7778	0,2222
4º	Av. Presidente Dutra	0,4074	0,7037	0,2963
5º	Rua Seis de Janeiro	0,1111	0,5556	0,4444
6º	Av. João da Escóssia	0,0370	0,5185	0,4815
7º	Rua Melo Franco	-0,4074	0,2963	0,7037
8º	Rua Antônio Vieira de Sá	-0,4815	0,2593	0,7407
9º	Rua Lopes Trovão	-0,8519	0,0741	0,9259
10º	Rua Frei Miguelinho	-0,9259	0,0370	0,9630

Fonte: Autoria própria (2018).

Por fim, a última etapa de aplicação do modelo consiste na apresentação dos resultados e a realização de possíveis ações que possam resolver o transtorno causado por efeito dos acidentes de trânsito. Que será apresentada a seguir.

6. Resultados e discussões

A partir da análise dos resultados obtidos, conforme expresso na Tabela 2, a avenida Rio Branco e a avenida Alberto Maranhão, se destacam como os trechos que pedem maior atenção quanto aos acidentes, estando respectivamente no 1º e 2º lugar. Na avaliação da escala qualitativa dos decisores, a avenida Rio Branco teve somente dois resultados “ruim” para o critério fluxo de veículo dos decisores D2 e D3, com o restante dos critérios qualitativos entre “médio” e “bom”. Porém, somente no mês de avaliação dos resultados, houve na avenida, 4 tipos de acidentes com colisões lateral, traseira e transversal, que devido ao peso de importância que os decisores estabeleceram gerou dessa forma um resultado negativo para avenida de maior criticidade entre as verificadas. A avenida Alberto Maranhão também merece destaque na avaliação visto que o seu posicionamento no ranking final foi o segundo lugar e obteve resultados “muito ruim” no critério fluxo de veículo para os decisores D1 e D2. No ranking parcial a avenida Alberto Maranhão ficou em primeiro lugar como a avenida mais crítica somente para o decisor 2, estando em quarto par o decisor 1 e segundo para o decisor 3.

A seguir vem a avenida Augusto Severo e a avenida Presidente Dutra, que assumem respectivamente o 3º e 4º lugar no ranking.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

Ao comparar a classificação obtida globalmente com os resultados de cada tomador de decisão, observa-se que a avenida Rio Branco esteve em primeiro lugar no ranking do decisor 1 e do decisor 3. No ranking parcial do decisor 2, a avenida Alberto Maranhão se destacou como a mais crítica. No ranking final, o ponto de vista dos tomadores de decisão foi considerado prioritário, visto que seus pesos foram os mesmos. As considerações finais sobre o estudo são apresentadas abaixo.

Referências

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Mobilidade e Cidadania**. Coord.: Nazareno Stanilau Affonso, Cristina Badini, Fátima Gouvêa – São Paulo, 2003.

ARAZ, C.; OZKARAHAN. I. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure, **International Journal of Production Economics**, 2007. 106, 585-606.

BRANS, J. P. ; MARESCHAL, B. (1994), **The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid*, Decision Support System***,12, 297-310.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE methods. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys**, Springer Science, Boston, 2005.

BRANS J. P.; VINCKE P. **A preference ranking organization method: The PROMETHEE method**. Managment Science, 1985. v.31.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da União**, Brasília DF, 3 jan. 2012. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm> Acesso em: 16 janeiro 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável: Princípios e Diretrizes. Brasília, 2004.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em: 16 de mar. de 2018.

LE TÉNO, J. F.; MARESCHAL, B. (1998) An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality, **European Journal of Operations Research**, 109, p. 522-529.

MACHARIS, C. ; BRANS, J.; MARESCHAL, B. (1998), The GDSS PROMETHEE Procedure, **Journal of Decision Systems**, 7, 283-307.

Ministérios das Cidades, **Departamento Nacional de Trânsito** – DENATRAN – 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/pesquisa/22/0?indicador=28120>.Acesso em: 16 de mar. de 2018.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br

MOREIRA, R. A. **Análise multicritério dos projetos do SEBRAE/RJ através do ELECTRE IV.** Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmec, 2007.

OPAS/OMS. Organização Pan-Americana de Saúde/ Organização Mundial de Saúde, 2016. **Apresenta textos sobre segurança no trânsito e acidentes de trânsito.** Disponível em: <http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5147:acidentes-de-transito-folha-informativa&Itemid=779>. Acesso em: 14 mar. 2018.

SILVA, V. B. S.; MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. (2010) **A multicriteria group decision model to support watershed committees in Brazil**, Water Resource Management, 24, p. 4075-4091.

SUDÁRIO, N.C.S; ALVES, P. Mobilidade Urbana: utopia ou possibilidade? **Revista Vértice**, 2013.

TAHA, Hamdy A.. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Políticas de Transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2013.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**, Wiley, Bruxelas, 1992.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193413
https://proceedings.science/p/193413?lang=pt-br