



Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e
Sustentabilidade na Amazônia
PPGTEC – Mestrado

Rodrigo Silva Marques

SELEÇÃO DE ALTERNATIVA PARA MACRODRENAGEM DE
BACIAS URBANAS: Aplicação de um Método Multicritério TOPSIS-AHP
para Auxílio à Decisão



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e
Sustentabilidade na Amazônia PPGTEC – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
<http://ccnt.uepa.br/ppgtec/>



Rodrigo Silva Marques

SELEÇÃO DE ALTERNATIVA PARA MACRODRENAGEM DE
BACIAS URBANAS: Aplicação de um Método Multicritério TOPSIS-AHP
para Auxílio à Decisão

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Alberto Carlos de Melo Lima
Coorientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Marco Valério de Albuquerque Vinagre

Belém
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

M357s Marques, Rodrigo Silva

Seleção de alternativa para macrodrenagem de bacias urbanas: aplicação de um método multicritério TOPSIS-AHP para auxílio à decisão. / Rodrigo Silva Marques; Orientador Alberto Carlos de Melo Lima; Coorientador Marco Valério de Albuquerque Vinagre. -- Belém, 2023.

53 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2023.

1. Drenagem. 2. Bacias hidrográficas urbanas. 3. Inundações. 4. Escoamento urbano. I. Lima, Alberto Carlos de Melo. II. Vinagre, Marco Valério de Albuquerque. III. Título.

CDD 627.54

Rodrigo Silva Marques

SELEÇÃO DE ALTERNATIVA PARA MACRODRENAGEM DE
BACIAS URBANAS: Aplicação de um Método Multicritério TOPSIS-AHP
para Auxílio à Decisão

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação:

Banca Examinadora


alberto Carlos de Melo Lima:22410171249
71249
Assinado digitalmente por alberto Carlos de Melo Lima:22410171249
NED: O-Valterio Carlos de Melo Lima:22410171249, OL=UEPA - Universidade do Estado do Pará, O=UEPA, C=BR
Razão: Eu concordo com os termos descritos por minha assinatura neste documento
Localização:
Data: 2023.07.04 19:50:58-0300
Fonte: PDF Reader Versão: 12.1.2
— Orientador(a)

Prof. Dr. Alberto Carlos de Melo Lima

Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP
Universidade do Estado do Pará


Assinado de forma digital por Eng. Marco Valério de Albuquerque Vinagre, PhD
DN: cn=Eng. Marco Valério de Albuquerque Vinagre, PhD, ou=CPQ 083.601.542-87, ou=CREA-PA 5.063.D, email=valeriovinagre@gmail.com, c=BR
Dados: 2023.07.04 15:39:01 -0300
— Coorientador(a)

Prof. Dr. Marco Valério de Albuquerque Vinagre

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia - UFPA
Universidade da Amazônia

Documento assinado digitalmente
 HERIBERTO WAGNER AMANAJAS PENA
— Examinador(a)
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Heriberto Wagner Amanajas Pena

Doutor em Ciências Agrárias - UFRA
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
 ERICO GASPAR LISBOA
Data: 05/07/2023 00:08:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>
— 2º Examinador(a)

Prof. Dr. Érico Gaspar Lisboa

Doutor em Engenharia Civil – Universidade do Porto
Universidade da Amazônia

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo à minha família, aos meus professores e a todos que me apoiaram nesta caminhada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Uma tese de mestrado é um desafio percorrido em várias etapas, onde há uma mistura de sentimentos: tristeza, raiva, alegria e alívio. Muitas vezes neste processo, pensa-se em desistir, mas apesar de ser um trabalho muitas vezes solitário, existem inúmeros amigos que devem ser reconhecidos nesta trajetória vencedora.

Então nesta trajetória existem inúmeros agradecimentos.

Início agradecendo a Deus, que sem Ele nada é possível. Nos momentos de angústia e vontade de desistir, sempre recorri a Ele para me dá forçar e seguir neste caminho árduo da construção do trabalho e excelência na entrega

Especialmente ao meu orientador, Professor Doutor Alberto Carlos de Melo Lima, que sempre acreditou em mim, e mesmo com sua forma rigorosa e assertiva me possibilitou aprofundar níveis de conhecimento acadêmicos que não conhecia.

Ao meu coorientador, Professor Doutor Marco Valério de Albuquerque Vinagre, que gentilmente cedeu dados para a minha pesquisa e contribui sobremaneira para o sucesso do meu trabalho.

Ao Professor Doutor Érico Gaspar Lisboa, que deu uma luz sem igual ao meu trabalho, possibilitando conhecer novos modelos de hierarquização e me auxiliando de forma impar a atingir os resultados de meu trabalho.

Ao meu irmão Professor Doutor Rodolfo Silva Marques, que se mostrou disponível a me ajudar sempre que chorava com ele após as reuniões com meu orientador. Teve toda a paciência em meu auxiliar na parte escrita e organização textual.

Aos meus colegas de turma que sempre se mostraram dispostos a ajudar e auxiliar no que eu precisasse.

A minha esposa, Professora Mestra Simone do Socorro Fernandes Marques, pelo apoio e auxílio também ao meu trabalho com seu conhecimento em ABNT e regras gerais. E também pelo amor incondicional ao nosso filho por me permitir dedicar mais tempo ao meu trabalho.

Ao meu amado filho, Murilo, que amo incondicionalmente e que com seu sorriso me dá o alento de continuar minhas batalhas por mim e por ele. Espero que todo tempo dedicado a este trabalho seja compensado por mim com ele em brincadeira e diversões.

E finalizando, o meu sincero agradecimento a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho que é a conclusão de um mestrado.

EPÍGRAFE

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. **(Albert Einstein)**

RESUMO

O crescimento urbano desordenado tem afetado consideravelmente o ciclo hidrológico, devido as mudanças no processo de infiltração da água no solo e as alterações naturais do escoamento da água no meio urbano. Desta forma, para avaliar a eficiência dos diferentes tipos de sistemas de drenagem atuais é relevante considerar a adoção de critérios no âmbito socioambiental, técnico e econômico, de forma a possibilitar a escolha do mais adequado à drenagem de uma área dentre alternativas projetos possíveis para o sistema de drenagem. Assim, este estudo tem como objetivo principal estruturar um modelo de apoio à tomada de decisão de alternativas de sistemas de drenagem, a partir de uma abordagem multicritério, que podem ser concebidas para uma bacia urbana. Para tanto, recorreu-se a um procedimento metodológico que utilizou um método multicritério TOPSIS-AHP para selecionar qual a alternativa de projeto de macrodrenagem urbana da área em estudo pode ser utilizada para mitigar os impactos das inundações. Aplicado na bacia hidrográfica da Estrada Nova (BHEN), situada na cidade de Belém/PA, adotou-se cinco sistemas de drenagem propostas, em função de critérios técnicos, econômicos e socioambientais para a funcionalidade da BHEN. Os resultados apontaram que um conjunto de ações, o sistema de drenagem proposto, as dimensões dos canais e os custos estimados de manutenção e operação de comportas foram eficientes para uma alternativa que se apresentou como a “ideal” para a mitigação dos impactos das inundações na BHEN.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Análise Multicritério; TOPSIS-AHP

ABSTRACT

Disorderly urban growth has considerably affected the hydrological cycle, due to changes in the process of water infiltration into the soil and natural changes in water flow in the urban environment. Thus, in order to assess the efficiency of the different types of current drainage systems, it is important to consider the adoption of criteria in the socio-environmental, technical and economic scope, in order to enable the choice of the most suitable one for the drainage of an area among alternative possible projects for the drainage system. Thus, the main objective of this study is to structure a model to support decision-making on alternative drainage systems, based on a multicriteria approach, which can be designed for an urban watershed. To do so, a methodological procedure was used that used a multicriteria TOPSIS-AHP method to select which alternative urban macro drainage project in the area under study can be used to mitigate the impacts of floods. Applied to the Estrada Nova (BHEN) watershed, located in the city of Belém/PA, five proposed drainage systems were adopted, based on technical, economic and socio-environmental criteria for the functionality of the BHEN. The results showed that a set of actions, the proposed drainage system, the dimensions of the channels and the estimated costs of maintenance and operation of the gates were efficient for an alternative that was presented as the "ideal" for mitigating the impacts of floods in the area. BHEN.

Keywords: Urban Drainage; Multicriteria Analysis; TOPSIS-AHP.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Escala Fundamental de Saaty | 30 |
| Tabela 2. Aspectos e critérios técnicos, econômico-financeiros e socioambientais..... | 33 |
| Tabela 3. Características das alternativas de estudo | 34 |
| Tabela 4: Alternativas de Macrodrenagem..... | 36 |
| Tabela 5: Alternativas e Critérios..... | 40 |
| Tabela 6: Matriz de importância entre critérios (Julgamento de importância)..... | 41 |
| Tabela 7: Ponderação de critérios..... | 41 |
| Tabela 8: Matriz Geométrica | 42 |
| Tabela 9: Matriz Normalizada e Ponderada | 42 |
| Tabela 10: Distâncias em relação a cada critério e distância total ($D_i +$) entre as alternativas e $A+$ | 42 |
| Tabela 11: Distâncias em relação a cada critério e distância total ($D_i -$) entre as alternativas e A | 43 |
| Tabela 12: Hierarquização das alternativas | 43 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapas do Brasil-Pará-Belém | 24 |
| Figura 2: Localização da área de estudo..... | 24 |
| Figura 3: Imagem de satélite da Sub-bacia 02 da BHEN. | 25 |
| Figura 4: Imagem de moradias as proximidades da Sub-bacia 02 da BHEN..... | 25 |
| Figura 5: Etapas metodológicas seguidas | 26 |
| Figura 6: Trecho de interligação não executado..... | 27 |
| Figura 7: Alternativas de Sistemas de Drenagem estudadas | 29 |
| Figura 8: Etapas metodológicas seguidas..... | 32 |
| Figura 9: Fluxo de utilização da ferramenta TOPSIS-AHP | 32 |
| Figura 10: Gráficos ilustrativos dos critérios e alternativas | 43 |
| Figura 11: Gráficos ilustrativos dos critérios e alternativas | 44 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(BHEN) (Bacia Hidrográfica da Estrada Nova)

(EPA) (*Environment Protection Agency*)

(PROMABEN II) (Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova)

(SWMM) (*Storm Water Modelling Management*)

(TOPSIS) (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 14 |
| 2 | OBJETIVO GERAL | 15 |
| 3 | ARTIGO | 17 |
| | SELEÇÃO DE ALTERNATIVA PARA MACRODRENAGEM DE BACIAS | |
| | URBANAS: Aplicação de um Método Multicritério TOPSIS-AHP para Auxílio à | |
| | Decisão | 17 |
| | RESUMO..... | 17 |
| | ABSTRACT | 18 |
| | 3.1 INTRODUÇÃO | 19 |
| | 3.2 METODOLOGIA..... | 22 |
| | 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| | 4 CONCLUSÃO | 44 |
| | 5 REFERÊNCIAS | 45 |
| 5 | CONCLUSÕES GERAIS | 49 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 51 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento desordenado dos centros urbanos traz consequências que afetam, principalmente, aqueles que habitam zonas marginais de canais fluviais abertos. Tal processo, em consequência, tende a trazer impactos sociais e ambientais com a ocorrência de alagamentos e desastres diversos.

Problemas relacionados ao escoamento das águas pluviais estão entre os mais críticos do desenvolvimento urbano, pois o processo de urbanização altera sobremaneira os processos de escoamento natural da bacia hidrográfica, isso acontece devido ao aumento do escoamento superficial e das vazões de pico dos corpos d'água, diminuição da recarga subterrânea, degradação da qualidade da água e da geração de sedimentos (VILLANUEVA, TASSI, PICCILLI, BEMFICA e TUCCI, 2011).

Com o objetivo de subsidiar o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Gestão dos Recursos Hídricos no Estado, que foi descrito no parágrafo anterior, foi criada a delimitação e codificação das bacias hidrográficas do Estado do Pará, alinhadas com a Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 004 de 03/09/2008 (baseada nas Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 30 de 11/12/2002 e nº32 de 15/10/2003).

A Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, atualmente está sofrendo intervenção da Prefeitura Municipal de Belém (BELÉM, 2022), através do PROMABEN II (Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova) que é uma iniciativa que está sendo desenvolvida por esta Prefeitura desde 2019 com o intuito de solucionar os diversos problemas de alagamentos e mudanças que ocupam nos bairros que fazem parte da bacia da Estrada Nova, onde possui o financiamento do Banco Internacional de Desenvolvimento (BID) e de recursos da prefeitura.

Nesse cenário surgiram trabalhos técnicos científicos com o intuito de subsidiar informações relevantes quanto as tomadas de decisão da Prefeitura de Belém no desenvolvimento do PROMABEN II como o desenvolvido por Vinagre (2020).

Neste processo de sistema de apoio à decisão estão os sistemas de análise multicritério, que é uma ferramenta muito útil na análise de vários critérios para auxiliar na escolha de uma solução ótima incorporando assim informações qualitativas ao processo.

Como exemplo de uma ferramenta multicritério que pode auxiliar na tomada de decisão aplicou-se, neste trabalho, o método AHP (Analytic Hierarchy Process),

ponderando as importâncias dos critérios; e, para o selecionamento aplicou-se o método TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution).

Este trabalho utilizará o modelo TOPSIS-AHP como análise multicriterial para hierarquizar alternativas de drenagem da Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN), na cidade de Belém/PA.

2. OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo central utilizar análise multicriterial para hierarquizar alternativas de drenagem proposta para a Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, em Belém-PA, para auxiliar no apoio à tomada de decisão utilizando o modelo TOPSIS-AHP.

3. Artigo à ser submetido e construído conforme as normas da Revista ACTA

Geográfica

<https://revista.ufr.br/actageo/about/submissions>

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Versão impressa ISSN: 1980-5772 Versão on-line ISSN: 2177-4307

3. ARTIGO

SELEÇÃO DE ALTERNATIVA PARA MACRODRENAGEM DE BACIAS URBANAS: Aplicação de um Método Multicritério TOPSIS-AHP para Auxílio à Decisão.

ALTERNATIVE SELECTION FOR MACRO DRAINAGE OF URBAN BASINS: Application of a TOPSIS-AHP Multicriteria Method for Decision Aiding.

RESUMO

O crescimento urbano desordenado tem afetado consideravelmente o ciclo hidrológico, devido as mudanças no processo de infiltração da água no solo e as alterações naturais do escoamento da água no meio urbano. Desta forma, para avaliar a eficiência dos diferentes tipos de sistemas de drenagem atuais é relevante considerar a adoção de critérios no âmbito socioambiental, técnico e econômico, de forma a possibilitar a escolha do mais adequado à drenagem de uma área dentre alternativas projetos possíveis para o sistema de drenagem. Assim, este estudo tem como objetivo principal estruturar um modelo de apoio à tomada de decisão de alternativas de sistemas de drenagem, a partir de uma abordagem multicritério, que podem ser concebidas para uma bacia urbana. Para tanto, recorreu-se a um procedimento metodológico que utilizou um método multicritério TOPSIS-AHP para selecionar qual a alternativa de projeto de macrodrenagem urbana da área em estudo pode ser utilizada para mitigar os impactos das inundações. Aplicado na bacia hidrográfica da Estrada Nova (BHEN), situada na cidade de Belém/PA, adotou-se cinco sistemas de drenagem propostas, em função de critérios técnicos, econômicos e socioambientais para a funcionalidade da BHEN. Os resultados apontaram que um conjunto de ações, o sistema de drenagem proposto, as dimensões dos canais e os custos estimados de manutenção e operação de comportas foram eficientes para uma alternativa que se apresentou como a “ideal” para a mitigação dos impactos das inundações na BHEN.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Análise Multicritério; TOPSIS-AHP

ABSTRACT

Disorderly urban growth has considerably affected the hydrological cycle, due to changes in the process of water infiltration into the soil and natural changes in water flow in the urban environment. Thus, in order to assess the efficiency of the different types of current drainage systems, it is important to consider the adoption of criteria in the socio-environmental, technical and economic scope, in order to enable the choice of the most suitable one for the drainage of an area among alternative possible projects for the drainage system. Thus, the main objective of this study is to structure a model to support decision-making on alternative drainage systems, based on a multicriteria approach, which can be designed for an urban watershed. To do so, a methodological procedure was used that used a multicriteria TOPSIS-AHP method to select which alternative urban macro drainage project in the area under study can be used to mitigate the impacts of floods. Applied to the Estrada Nova (BHEN) watershed, located in the city of Belém/PA, five proposed drainage systems were adopted, based on technical, economic and socio-environmental criteria for the functionality of the BHEN. The results showed that a set of actions, the proposed drainage system, the dimensions of the channels and the estimated costs of maintenance and operation of the gates were efficient for an alternative that was presented as the "ideal" for mitigating the impacts of floods in the area. BHEN.

Keywords: Urban Drainage; Multicriteria Analysis; TOPSIS-AHP.

3.1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acarreta diversas alterações no meio ambiente natural e conseqüentemente no ciclo hidrológico trazendo consigo problemas como alagamentos com frequência em capitais e municípios brasileiros, e agravam-se ainda mais quando ocorrem, simultaneamente, altos índices pluviométricos e maré alta ou cheia dos rios (BORGES, 2020). Esse cenário evidencia a necessidade de se planejar ações concretas de escoamento correto das águas urbanas e da busca por novas alternativas de mitigação de impactos socioambientais. O crescimento desordenado dos centros urbanos traz conseqüências que afetam, principalmente, aqueles que habitam zonas marginais de canais fluviais abertos. Com o objetivo de evitar os desastres acima citados, é fundamental um bom planejamento urbano que seja adequado ao crescimento da população. Tal processo, em conseqüência, tende a trazer impactos sociais e ambientais com a ocorrência de alagamentos e desastres diversos.

A urbanização no Brasil acontece de forma descontrolada, não obedecendo a nenhum planejamento urbano, e como resultado ocorre ocupações sem a mínima ordem, cenários como impermeabilização do solo, modificações da topografia natural, retificação dos cursos d'água, a não consideração do escoamento pluvial, todas essas condições trazem problemas ambientais para as cidades (SILVA, 2016).

Problemas relacionados ao escoamento das águas pluviais estão entre os mais críticos do desenvolvimento urbano, pois o processo de urbanização altera sobremaneira os processos de escoamento natural da bacia hidrográfica, isso acontece devido ao aumento do escoamento superficial e das vazões de pico dos corpos d'água, diminuição da recarga subterrânea, degradação da qualidade da água e da geração de sedimentos (VILLANUEVA, TASSI, PICCILLI, BEMFICA e TUCCI, 2011).

O aumento do escoamento superficial sobrecarrega os sistemas de drenagem que são projetados para um determinado tempo de retorno de chuva, deste modo, a capacidade do sistema de drenagem não é capaz de suportar as grandes vazões causadas pela impermeabilização do solo na expansão urbana, e isso tem como conseqüência as constantes inundações (VILLANUEVA, TASSI, PICCILLI, BEMFICA e TUCCI, 2011; FERREIRA, 2019).

Com isto, para a minimização do impacto das vazões, muitas cidades priorizam instalar diversos dispositivos de retenção de água, como os reservatórios de retenção e as bacias subterrâneas, além da ampliação do sistema de macrodrenagem. Também são utilizados outros dispositivos como, bacias de detenção e acumulação de água (SILVA, 2016).

Com o objetivo de subsidiar o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Gestão dos Recursos Hídricos no Estado, que foi descrito no parágrafo anterior, foi criada a delimitação e codificação das bacias hidrográficas do Estado do Pará, alinhadas com a Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 004 de 03/09/2008 (baseada nas Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 30 de 11/12/2002 e nº32 de 15/10/2003).

Os problemas causados por enchentes na capital do estado do Pará têm uma relação direta com o clima, com a geomorfologia e com as características de uso e ocupação do solo. Em Belém esses alagamentos são frequentes no período mais chuvoso, pois suas características físicas e naturais que favorecem, a topografia pode ser considerada um exemplo, já que, grande parte do seu território encontra-se em áreas rebaixadas, apresentando, portanto, baixa altitude em relação ao nível do mar (FRAGOSO et. al., 2016).

Ainda assim, a cidade de Belém enfrenta outro fator que contribui para eventos de alagamentos e inundações: a coincidência das estações de chuva intensa com o período de cheia do Rio Guamá, acarretando assim o agravamento destas inundações e alagamentos ao longo do Igarapé Tucunduba ocasionado pela entrada das águas de maré altas no canal (MARTINS, 2015).

Os processos de chuva intensas e cheias do rio Guamá são os principais processos hidrológicos que contribuem para os regimes de vazões nos igarapés de Belém. Estes fatores juntos podem ocasionar grandes eventos de alagamento na cidade, em especial nas áreas mais baixas da cidade.

A interferência humana no território, com desvio de rios, mudança de drenagem natural por artificial, poluição, etc., acarretam no solo, que por sua vez, sofre impermeabilização (pavimentos, edificações, etc.), alterando assim o escoamento hidrológico natural, dado que parcela significativa de precipitação passa a escoar superficialmente, necessitando de sistemas eficientes de drenagem de águas pluviais urbanas, para prevenir inundações, alagamentos, deslizamentos de terra, etc. Assim os sistemas de drenagens urbanos precisam ser constantemente avaliados, na perspectiva

de se conseguir dados que aludam pontos críticos passíveis de transbordos e, desta forma, colaborar para a criação de medidas preventivas à incidente de alagamentos (VINAGRE et. al., 2017).

Belém tem, atualmente, o total de 47 bacias hidrográficas, com a maior parte da área continental do município em cotas inferiores a quatro metros. Assim, o espaço está sob influência direta dessas bacias, o que, em consequência, impõe a elas uma condição de terrenos alagados e/ou sujeitos a inundações – de forma intermitente ou permanente (BELÉM, 2021).

Neste sentido, a urbanização crescente e desordenada das principais cidades brasileiras – como a capital do Pará, Belém –, aliada ao crescimento populacional desregrado, tem gerado a expressiva impermeabilização dos solos urbanos em cidades brasileiras (TARGA *et al.*, 2012; SANTOS JÚNIOR e SANTOS, 2014; SANTOS *et al.*, 2017).

Estão definidos no plano diretor da cidade, por meio da Lei nº 8.655 de 2008, obras de saneamento para a capital do Estado do Pará, onde podem ser encontradas orientações quanto ao planejamento e execução de projetos deste enorme porte, conforme versa o art. 37: devem ser implantados obras e planos de prevenção de alagamentos, adicionando-se o controle de erosão, principalmente em movimentos de terra, deposição de resíduos sólidos; investir nas melhorias das calhas fluviais e na recuperação dos sistemas de macro e micro drenagem (SOUSA, 2016).

Além do plano diretor, a cidade de Belém pode dispor de planos setoriais que tratam da questão do uso e ocupação do solo, envolvendo áreas gerais além das voltadas aos recursos hídricos. Planos de drenagem, habitação, transporte, saneamento básico e outras áreas. É fundamental que todos apresentem correspondências entre si, com o objetivo de haver articulações entre os setores interessados. Neste sentido, a Lei Nº 9.656, de 30 de dezembro de 2020, institui a Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Belém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), em atenção ao disposto no Art. 9º da Lei Federal nº 11.445/2007, com as atualizações trazidas pela Lei nº 14.026/2020, o Novo Marco do Saneamento Básico, e dá outras providências. (BELÉM, 2020).

A Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, atualmente está sofrendo intervenção da Prefeitura Municipal de Belém (BELÉM, 2022), através do PROMABEN II (Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova) que é uma iniciativa que está sendo desenvolvida por esta Prefeitura desde 2019 com o intuito de solucionar os diversos

problemas de alagamentos e mudanças que ocupam nos bairros que fazem parte da bacia da Estrada Nova, onde possui o financiamento do Banco Internacional de Desenvolvimento (BID) e de recursos da prefeitura.

Nesse cenário surgiram trabalhos técnicos científicos com o intuito de subsidiar informações relevantes quanto as tomadas de decisão da Prefeitura de Belém no desenvolvimento do PROMABEN II como o desenvolvido por Vinagre (2020).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo central selecionar uma alternativa de análise multicritério de apoio à decisão mais apropriada à macrodrenagem na bacia hidrográfica da Estrada Nova baseado no modelo TOPSIS-AHP.

Dentre as metodologias usadas para a elucidação das questões ora apresentadas estão as de suporte a apoio a decisão, que podem ser feitas de forma mais simples ou mais complexas e automatizadas.

Neste processo de sistema de apoio à decisão estão os sistemas de análise multicritério, que é uma ferramenta muito útil na análise de vários critérios para auxiliar na escolha de uma solução ótima incorporando assim informações qualitativas ao processo.

Um trabalho interessante foi desenvolvido por Tedesco (2018) que utilizou a aplicação do método de multicritério AHP e TOPSIS para avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas, onde o resultado propôs uma ordenação de doze poços que foram considerados os mais vulneráveis e que necessitavam de medidas de proteção e controle de degradação. A metodologia utilizada apresentou alternativas de maior vulnerabilidade e de menor vulnerabilidade de acordo com os critérios escolhidos na pesquisa mostrando que é útil e pode ajudar na tomada de decisão do planejamento urbano.

Assim é objetivo deste estudo utilizar o método TOPSIS-AHP como análise multicritério para hierarquizar alternativas de drenagem da Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN), na cidade de Belém/PA considerando os critérios técnicos, econômico-financeiros e ambientais.

3.2 METODOLOGIA

Classifica-se a presente pesquisa como de natureza aplicada, pois possibilita a aplicação do método para a hierarquização dos sistemas de drenagem em bacias

hidrográficas urbanas que estão sofrendo intervenção. Também pode ser classificada como exploratória, e apresenta abordagem quantitativa, pois as informações utilizadas e os resultados são apresentados de forma numérica e nos procedimentos metodológico como estudo de caso, pois avalia as particularidades de uma situação real e os fatores que a influenciam.

A etapa inicial deste trabalho a foi possível a partir do estudo de Vinagre *et al.* (2020), que simulou e hierarquizou alternativas de drenagem para encontrar a melhor solução para a funcionalidade da Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) localizada em Belém-PA. Com os dados da BHEN e a partir das cinco alternativas de sistemas de drenagem o autor fez simulação computacional do comportamento hidráulico dos sistemas de drenagem com o auxílio do software SWMM® (*Storm Water Management Model*), em conjunto com análise multicriterial que foram baseados em critérios técnicos, econômico-financeiros e ambientais para classificação e hierarquização de modo a obter-se a solução mais adequada.

Assim, com os dados obtidos da BHEN estabeleceu-se além dos critérios estudados por Vinagre *et al.* (2020) o critério social e aplicou-se o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ponderando as importâncias de cada um dos critérios escolhidos; e, para o selecionamento aplicou-se o método TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) desenvolvida por (HWANG; YOON, 1981) e que avalia o desempenho das alternativas através da similaridade com a melhor solução conforme hierarquização multicriterial das alternativas é a que mais se aproxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. A solução ideal positiva maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo, enquanto a solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício.

Local de Estudo

O local em estudo é a Sub-Bacia 02 da BHEN dentro do Programa de Saneamento Básico da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN II na cidade de Belém/PA. A cidade possui uma área territorial correspondente a 1.059,458 km² e população estimada em 2019 de 1.492.745 habitantes, com densidade demográfica de 1.315,26 hab./km², de acordo com dados de 2011 e 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A Figura 1, mostra a localização de Belém no mapa. A

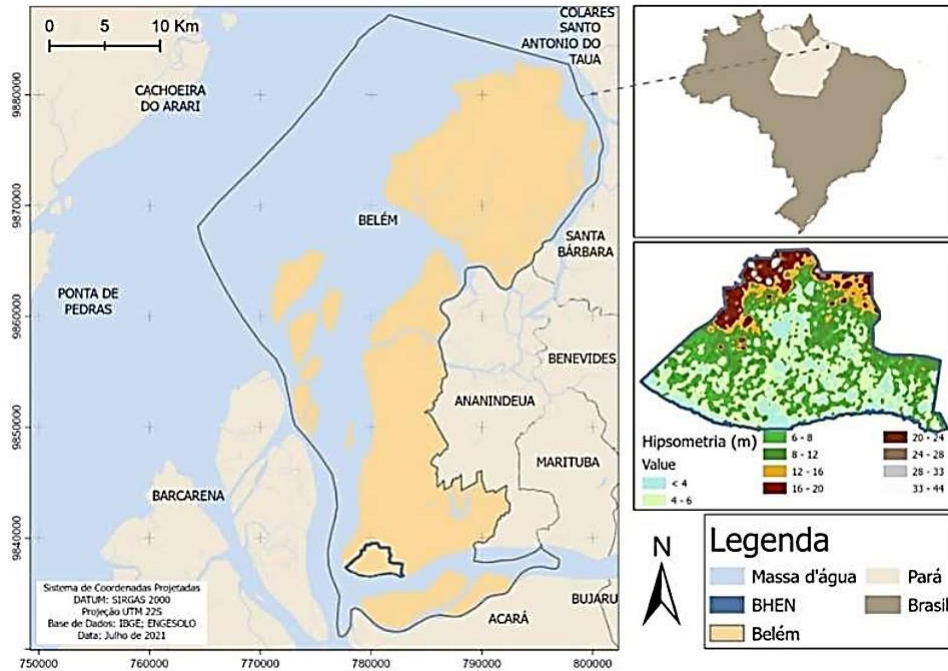
Figura 2 a seguir apresenta a localização da cidade de Belém-PA e a hipsometria da BHEN de acordo com Vinagre et al (2021). E a Figura 3 mostra uma imagem da sub-bacia 02 na BHEN.

Figura 1 – Mapas do Brasil-Pará-Belém



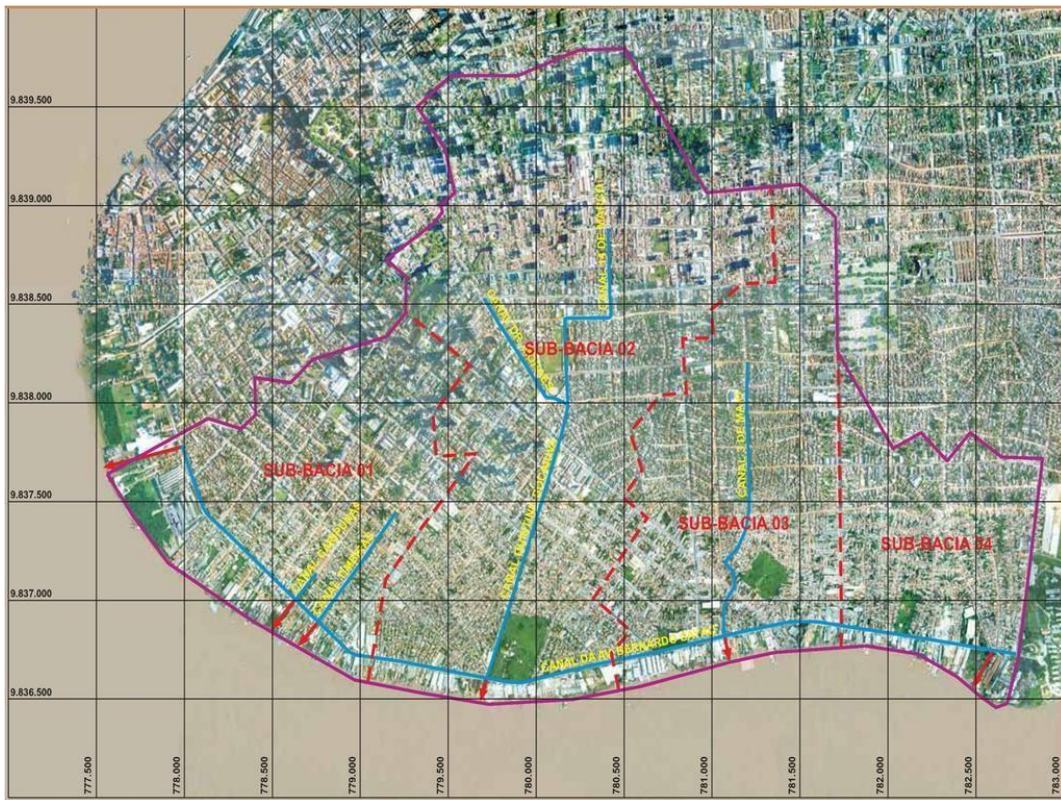
Fonte: Google (2023)

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Adaptado de Vinagre (2021)

Figura 3 – Imagem de satélite da Sub-bacia 02 da BHEN.



Fonte: Google Maps (2023)

Na Figura 4 podem ser observados os diversos problemas que a população enfrenta por morar as margens dos canais da sub-bacia 02.

Figura 4 – Imagem de moradias as proximidades da Sub-bacia 02 da BHEN.



Fonte: Google (2023)

A Sub-Bacia 02 da BHEN encontra-se parcialmente implantada, com trechos em canais naturais e sem canal de descarga e comportas, com ocorrência de alagamentos em pontos críticos dos canais, com picos de cheias durante as estações de chuva intensa nos primeiros meses do ano, de janeiro a maio. A Figura 5 mostra a delimitação da Sub-Bacia 2 da BHEN.

Figura 5 – Área delimitada da Sub-Bacia 2 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) localizada em Belém (PA)



Fonte: Adaptado de Vinagre *et al.* (2021)

A área em estudo é uma área completamente urbanizada, sendo em sua maioria por residências unifamiliares. A área é delimitada pelos canais:

- Canal 1 – Tv. Doutor Moraes e Rua São Miguel (cor verde na Figura 5)
- Canal 2 – Tv. 14 de Março, Rua dos Caripunas, Av. Generalíssimo e Passagem Pinheiro (cor azul na Figura 5).
- Canal 3 – Tv. Quintino Bocaiúva (cor amarela na Figura 5).

Os Canais 1 e 2 apresentam alagamentos recorrentes devido a existência de trecho intermediário não escavado e nem revestido, com fundo elevado, que se constitui em obstáculo ao escoamento, na junção dos canais da Rua Dr. Moraes/Rua São Miguel e Av. Generalíssimo/Passagem Pinheiro com o canal da Tv. Quintino Bocaiúva.

O Sistema de Macrodrenagem da Sub bacia 02 da BHEN apresenta trechos de canais implantados e a implantar, sendo necessário interligar os trechos já revestidos de montante da Rua Dr. Moraes e da Av. Generalíssimo Deodoro com os de jusante da Tv. Quintino Bocaiúva. A Figura 6 a seguir mostra uma imagem de satélite com o trecho de interligação não executado.

Figura 6: Trecho de interligação não executado



Fonte: Adaptado de Vinagre et al (2021)

Vale destacar que a interligação dos trechos de canais de montante, ou seja, Rua Dr. Moraes e Av. Generalíssimo Deodoro, com o de jusante, Tv. Quintino Bocaiuva, apresenta-se em terreno natural, sem escavação e sem revestimento, constituindo-se em importante obstáculo ao escoamento da Sub-bacia 2 da BHEN (VINAGRE et al, 2021).

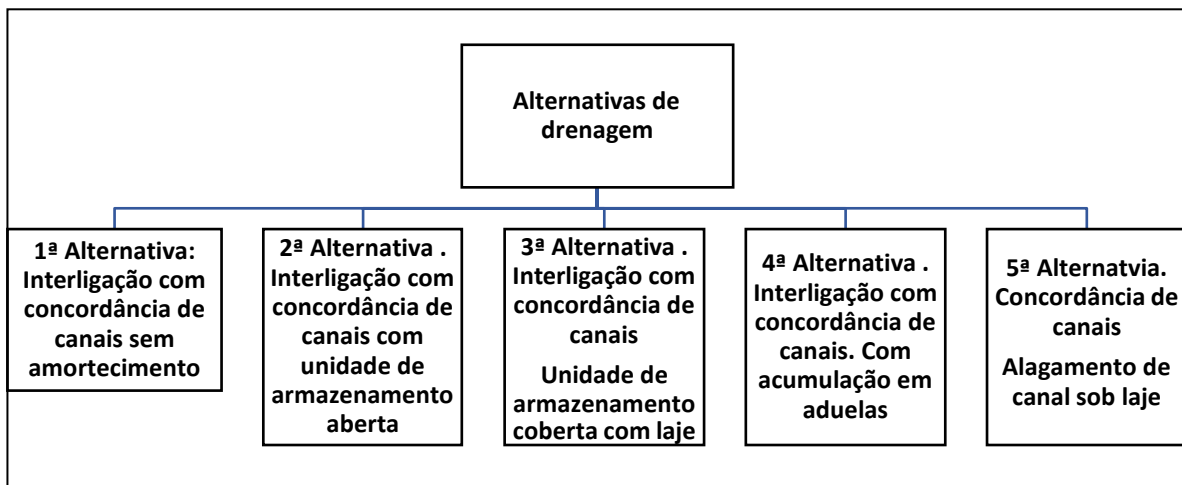
Com os dados técnicos cedidos por Vinagre (2020) sobre as soluções alternativas para o Sistema de Macrodrenagem da Sub-bacia 02 da BHEN, no qual fez simulação com o uso do SWMM® e usou como dados de entrada na simulação dos canais estudados a série temporal da precipitação de cinquenta anos de retorno, a curva de maré com preamar e baixa-mar, os comprimentos e geometria das seções dos canais, galerias e pontes existentes, e os coeficientes de Manning segundo as características de seus revestimentos. As condições de contorno de cada sistema de drenagem proposto foram consubstanciadas em maximizar a funcionalidade do sistema de macrodrenagem da Sub-bacia 02 da BHEN sob intensa chuva e maré cheia, considerando ou não o aproveitamento das obras implantadas e a disponibilidade de áreas para implantação dos componentes necessários à funcionalidade do sistema, como novos canais, volumes de acumulação e comportas.

Dessa forma, Vinagre (2020) destacou inicialmente os alagamentos a montante da Rua Eng. Fernando Guilhon, principalmente no canal Tv. 14 de Março-Rua dos Caripunas, e resultou que para prevenir os alagamentos era necessário substituir galeria existente na Rua Eng. Fernando Guilhon por uma nova ponte que não obstrua o escoamento. Enfatizou que também deveria ser substituído a ponte existente na Passagem Silva por outra ponte que não obstruísse o escoamento. Ressaltou também a necessidade de revestir as curvas da Tv.14 de Março/Rua dos Caripunas e Rua dos Caripunas/Av. Generalíssimo Deodoro. E ainda construir uma ponte na Rua dos Timbiras sobre o canal da Av. Generalíssimo Deodoro. Essas são as obras de montante do canal Av. Generalíssimo Deodoro/Rua dos Caripunas/Tv. 14 de Março. Em seguida fez uma análise da integração entre os trechos construídos a montante da Rua Eng. Fernando Guilhon e a jusante da Tv. Padre Eutíquio.

Ao final das etapas foram obtidas a hierarquização geral das alternativas segundo critérios técnicos, econômicos e ambientais, tendo sido atribuídos pesos de acordo com sua importância na efetividade do projeto. Desta forma, para o critério técnico atribuiu-se peso 3, para o critério econômico também foi atribuído peso 3. Para o critério ambiental, atribuiu-se o peso 4, pela relevância desse tema. A Figura 7 apresenta de forma simplificada as alternativas estudadas.

Os dados referentes as características físicas (dimensões dos canais), custos de implantação das alternativas de sistemas de drenagem e que foram utilizados neste trabalho são oriundos do trabalho de Vinagre (2020), que estudou as possíveis alternativas de sistemas de drenagem para a Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) e foram utilizados neste trabalho para a escolha, a partir da hierarquização com o uso da metodologia TOSIS-AHP, das alternativas apresentadas dentre as cinco possíveis soluções de sistemas de drenagem propostas.

Figura 7 - Alternativas de Sistemas de Drenagem estudadas



Fonte: Autores (2022)

Modelo TOPSIS-AHP

Neste item apresentam-se as definições do modelo TOPSIS e os procedimentos para aplicação do método na hierarquização dos sistemas de drenagem.

Proposto por Hwang e Yoon (1981), o modelo TOPSIS é descrito por seis etapas.

- (i) Definir uma matriz de decisão, k , correspondente ao desempenho de n -alternativas (linhas) (A_i , sendo $i = 1, 2, \dots, n$) associado a m -critérios (colunas) de decisão (C_j , sendo $j = 1, 2, \dots, m$), expressa por:

$$k = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_j \dots & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,j} & \dots & x_{1,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i,1} & x_{i,2} & \dots & x_{i,j} & \dots & x_{i,m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,j} & \dots & x_{n,m} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

(ii) Definir as importâncias (w_j) de cada critério C_j , de modo que seja satisfeito:

$$w_j = [w_1, w_2, \dots, w_m] \quad (2)$$

As importâncias dos critérios foram atribuídos pelo método AHP (Saaty, 2008). Assim, efetua-se os seguintes procedimentos: (a) Estruturação da matriz hierárquica, K , definido os julgamentos paritários de importância:

$$K = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,2}' & \dots & x_{1,j}' \\ \frac{1}{x_{1,2}'} & 1 & \dots & x_{2,j}' \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{x_{i,1}'} & \frac{1}{x_{i,2}'} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Os termos $x_{i,j}'$ foram relacionados a escala fundamental de Saaty (Tabela 1).

Tabela 1 - Escala fundamental de Saaty

| $x_{i,j}'$ | Grau de importância entre critérios |
|------------|--|
| 1 | Um critério C_j , é de igual importância a outro |
| 3 | Um critério C_j é ligeiramente mais importante que outro |
| 5 | Um critério C_j é mais importante que outro |
| 7 | Um critério C_j é muito mais importante que outro |
| 9 | Um critério C_j é extremamente mais importante que outro |

A força da importância relativa da i -ésima variável, comparada com o j -ésimo atributo são os valores nos lados esquerdo e direito da diagonal da matriz K . Normaliza-se a matriz K calculando a média geométrica (GM) da i -ésima linha e normalizando as médias geométricas das linhas na matriz de comparação por:

$$GM_i = \left[\prod_{j=1}^n x_{i,j} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

$$w_j = \frac{GM_i}{\left(\sum_{i=1}^m GM_i \right)_i} \quad (5)$$

Onde $i, j = 1, 2, \dots, n$. Finalmente atribui-se os pesos de cada um dos critérios considerados. Para garantir que a avaliação da matriz de comparação por pares seja aceitável, verifica-se a consistência da atribuição de julgamentos. O termo C denotar um vetor de coluna m -dimensional que descreve a soma dos valores ponderados para os graus de importância dos critérios C_j por:

$$C = [C_j]_{m \times 1} = KW^T, j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$KW^T = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,2}' & \dots & x_{1,j}' \\ \frac{1}{x_{1,2}'} & 1 & \dots & x_{2,j}' \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{x_{i,1}'} & \frac{1}{x_{i,2}'} & \dots & 1 \end{bmatrix} [w_1, w_2, \dots, w_m] = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_m \end{bmatrix} \quad (7)$$

O valor da consistência para os atributos pode ser representado pelo vetor $CV=[cv_j]_{1 \times m}$, cujo elemento cv_j é definido pela relação entre c_j e w_j ($j = 1, 2, \dots, m$). No entanto, para evitar inconsistência na matriz de comparação por pares, Saaty (2008) sugeriu o uso do valor próprio máximo λ_{max} para calcular a eficácia do julgamento:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^m cv_j}{m} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

A partir do valor de λ_{max} , calcula-se um índice de consistência (IC), estimado pela relação entre $(\lambda_{max} - m)$ e $(m - 1)$, em que m é o número de critérios. Depois disso, uma taxa de consistência (CR) pode ser usada como um guia para verificar a consistência. A taxa CR é estimada pela relação entre IC e o índice de aleatoriedade (RI). O índice RI é função do número de critérios (m). Se a $CR \leq 0,20$ (20%) os julgamentos de importância entre os critérios são consistentes. Caso contrário, os especialistas devem reavaliar os julgamentos (Saaty, 2008). Se consistente, os pesos dos critérios C_j (w_j) são integrados aos cálculos do método TOPSIS. Assim, o processo de cálculo do método TOPSIS é continuado pelas seguintes etapas:

(iii) Normalização e ponderação da matriz k torna-o como matriz $k_n = [n_{i,j}]_{m \times n}$, pela seguinte formulação:

$$n_{i,j} = \frac{w_j \cdot x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n w_j \cdot x_{i,j}^2}} \quad (9)$$

(iv) Determinar o *positive ideal solution* – PIS (A_i^+ , benefícios) e *negative ideal solution* – NIS (A_i^- , custo):

$$A^+ = \{Max_j n_{i,j} \mid j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^+, \dots, n_j^+, \dots, n_m^+\} \quad (10)$$

$$A^- = \{Min_j n_{i,j} \mid j = 1, 2, \dots, m\} = \{n_1^-, \dots, n_j^-, \dots, n_m^-\} \quad (11)$$

(v) Calcular as distâncias euclidianas D_i^+ (benefícios) e D_i^- (benefícios) entre os elementos da matriz k_n :

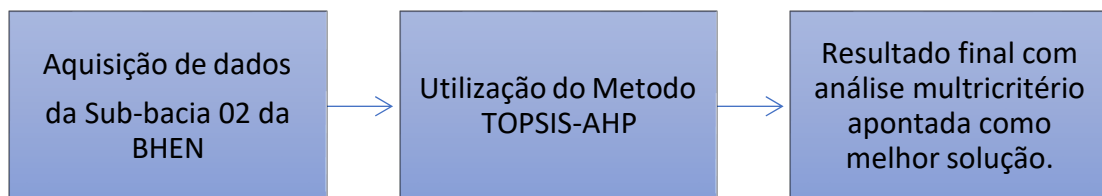
$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (n_{i,j} - n_j^+)^2} \quad (12)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (n_{i,j} - n_j^-)^2} \quad (13)$$

(vi) Calcular o índice *Closeness Coefficient* (CC_i) pela razão entre D_i^+ e $(D_i^+ + D_i^-)$.
 A alternativa “ideal” é quando o CC_i é igual a 1, e a não “ideal” é quando o CC_i é igual a 0.

A Figura 8 apresenta um fluxograma das etapas metodológicas utilizadas neste trabalho para uso da análise multicritério.

Figura 8 - Etapas metodológicas seguidas.



Fonte: autores (2023)

Em relação as etapas adotadas na utilização do método TOPSIS-AHP para a hierarquização das alternativas de drenagem para a Sub-bacia 02 da BHEN foi construído um fluxograma para melhor visualização como apresentado na Figura 9.

Figura 9: Fluxo de utilização da ferramenta TOPSIS-AHP



Fonte: autores (2023)

“Nas fases de trabalho com metodologia TOPSIS-AHP os dados de entradas numéricos a serem coletados foram obtidos a partir da Elaboração de estudos e projetos básicos necessários à preparação do programa de macrodrenagem da Bacia da Estrada Nova”, conforme estudo desenvolvido por Vinagre (2018). Assim, para hierarquizar as alternativas de drenagem, também foram avaliados além do critério técnico, o critério econômico-financeiro e o critério socioambiental.

A Tabela 2 apresenta os critérios técnicos, econômicos e socioambientais que foram considerados neste trabalho para as alternativas de drenagem estudadas.

Tabela 2. Aspectos e critérios técnicos, econômico-financeiros e socioambientais.

| ASPECTOS | CRITÉRIOS | |
|-----------------------|-----------|--|
| TÉCNICOS | C1 | Demanda de área |
| | C2 | Risco de transbordamento |
| | C3 | Grau de dificuldade (manutenção/limpeza) |
| | C4 | Abrangência da rede coletora de esgoto |
| | C5 | Falha operacional das comportas |
| ECONOMICO-FINANCEIROS | C6 | Custo de implantação de canais |
| | C7 | Custo de operação e manutenção |
| SOCIO-AMBIENTAL | C8 | Impacto socioambiental |

Fonte: Autores

O critério (C1), que está associado a demanda de área, adotou-se três classes que estão associadas a códigos ajustados: Baixo (C1 = 1); Média (C1 = 2); e, Alta (C1 = 3).

O critério (C2), que está associado a risco de transbordamento, adotou-se três classes que estão associadas a códigos ajustados: Baixo (C2 = 1); Média (C2 = 2); e, Alta (C2 = 3).

O critério (C3), que está associado ao grau de dificuldade (manutenção/limpeza), adotou-se três classes que estão associadas a códigos ajustados: Baixo (C3 = 1); Média (C3 = 2); e, Alta (C3 = 3).

O critério (C4), que está associado a abrangência da rede coletora de esgoto, adotou-se duas classes que estão associadas a códigos ajustados: Existente = 1; Não Existente = 0.

O critério (C5), que está associado à falha operacional das comportas, adotou-se três classes que estão associadas a códigos ajustados: Baixo (C5 = 1); Média (C5 = 2); e, Alta (C5 = 3).

Como critério de entrada econômico-financeiro, foram considerados os custos de instalação e de operação. Em custos de instalação foram analisados a aquisição de áreas, implantação de canais e unidade de armazenamento. E em custos de operação foram considerados operação e manutenção. Todos os valores serão mostrados na tabela 4.

Como critério ainda de entrada socioambiental (C8), foram consideradas qualidade e quantidade das águas. Na qualidade de água foi analisada a opção de poluição por esgoto sanitário. E em relação a quantidade de água foi considerado a opção com alagamentos. O critério (C8), que está associado a impacto socioambiental, adotou-se três classes que estão associadas a códigos ajustados: Baixo (C1 = 1); Média (C1 = 2); e, Alta (C1 = 3). Estes valores estão discriminados na tabela 4.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método TOPSIS, dentro do contexto da AHP, aplicada para obtenção da hierarquização das alternativas de sistemas de drenagem para a Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova em Belém/PA mostrou-se desafiadora face as importâncias (ponderações) consideradas nos critérios estudados e que podem conduzir a diferentes resultados nos cenários estudados.

3.3.1 Alternativas de Sistemas de Drenagem para a BHEN

A Tabela 3 a seguir sintetiza as principais características das alternativas em estudo, conforme os resultados das simulações efetuadas com o uso do SWMM®. Segundo Teixeira, Rodrigues, Crispim, Fernandes e Bittencourt (2020) os processos de avaliação devem conter comparações entre as alternativas a fim de obter as vantagens e desvantagens de cada alternativa estudada em relação aos objetivos já definidos.

Tabela 3. Características das alternativas de estudo.

| Alternativas | Ação | Amortecimento | Transbordamentos | Vantagens | Desvantagens |
|--------------|---|---|------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Interligação com concordância de canais | Sem | Sim | Menor área | Dificuldade de manutenção, risco de lançamento de esgotos, risco por falta de comportas |
| 2 | Interligação com concordância de canais | Unidade de armazenamento aberta | Não | Menor dificuldade de manutenção | Menor área, risco por falha de comportas e lançamentos de esgotos. |
| 3 | Interligação com concordância de canais | Unidade de armazenamento coberta com laje | Não | Menor risco de lançamento de esgotos | Menor área, risco por falha de comportas, dificuldade de manutenção |
| 4 | Interligação com concordância de canais | Acumulação em aduelas | Não | Médio risco de lançamento de esgotos | |
| 5 | Concordância de canais | Alagamento de canal sob laje | Não | Médio risco de | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------|--|
| | | | | lançamento de esgotos | |
|--|--|--|--|-----------------------|--|

Fonte: Adaptado pelos autores (2023)

No estudo apresentado por Vinagre et al (2021) e utilizado neste trabalho pode-se observar na tabela 3, que quatro alternativas propõem a utilização de interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções, ou seja, sugeriu-se a implantação na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até Avenida Generalíssimo, de um conduto com extensão de 198 m, seção retangular aberta, com largura de 8 m e revestimento lateral em concreto, profundidade 2,80 m, fundo em terreno natural. Para a quinta alternativa foi sugerido a concordância de seções no trecho de Implantação na Tv. Quintino Bocaiuva, da Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão, de alargamento do canal existente na extensão de 1.275 m, alargamento este coberto com laje, largura de 3 m, altura útil de 2,80 m, em paralelo ao canal existente.

Para melhor detalhamento das alternativas de sistemas de drenagem é apresentado a Tabela 4 que mostra os dados técnicos referentes a cada uma das cinco alternativas de drenagem e que foi utilizado na análise dos critérios empregados no método TOPSIS-AHP.

Tabela 4: Alternativas de Macro drenagem

| Alternativa | Ação | Sistema de Drenagem Proposto | Localização | Dimensões dos canais | Custo Estimado | Custo Anual Estimado (manutenção/operação) 1% a.a sem considerar comportas |
|-------------|---|--|--|---|----------------------|--|
| 1 | Interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções | Canal Retangular | Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo Deodoro até a Tv. Padre Eutíquio | C- 208,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | R\$ 16.686.454,88 | R\$ 662.668,19 |
| | | | Av. Generalíssimo Deodoro até a Rua Eng. Fernando Guilhon até a passagem Pinheiro | C- 142,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | | |
| | | | Rua Dr. Moraes até a Rua Eng. Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo Deodoro | C- 138,0 m L- 8,0 m H- 2,8 m | | |
| 2 | Interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções e amortecimento com uso de unidade armazenamento (Bacia de acumulação) | Canal Retangular Aberto | Rua Dr. Moraes da Rua Eng. Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo Deodoro | C- 1198,0 m L-8,0 m H- 2,8 m | R\$ 19.948.278,36 | R\$ 783.931,17 |
| | | | Av. Generalíssimo Deodoro e Passagem Pinheiro da Rua Eng. Fernando Guilhon até a Trv. Padre Eutíquio | C- 350 m L- 14,25 m H- 2,8 m | | |
| | | Unidade de Armazenamento | Da confluência da Av. Generalíssimo Deodoro até a Rua Dr. Moraes | Área de 11.249 m ² H- 2,8 m | | |
| 3 | Interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções e amortecimento com uso de unidade armazenamento (Bacia de acumulação) | Canal Retangular Aberto | Rua Dr. Moraes da Rua Eng. Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo Deodoro | C- 198,0 m L-8,0 m H- 2,80 m | R\$ 48.209.436,12 | R\$ 1.931.577,44 |
| | | | Av. Generalíssimo Deodoro até a passagem Pinheiro da Rua Eng. Fernando Guilhon até Passagem Pinheiro | C- 142,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | | |
| | | Unidade de Armazenamento (com laje de vedação) Esp. 15 cm. | Na confluência da Av. Generalíssimo Deodoro com a Rua Dr. Moraes | Área de 11.249 m ² H- 2,8 m | | |
| 4 | Interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções e amortecimento com Acumulação em Aduelas em Paralelo na Tv. Quintino Bocaiuva | Canal Retangular Aberto | Rua Dr. Moraes até a Rua Eng. Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo Deodoro | C- 198,0 m L- 8,0 m H- 2,80 m | R\$ 48.209.436,12 | R\$ 1.931.577,44 |
| | | | Av. Generalíssimo Deodoro até a passagem Pinheiro | C- 142,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | | |
| | | | Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo até Tv. Padre Eutíquio | C- 206,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | | |
| | | Canal Retangular Aberto com Aduelas | Na Tv. Quintino Bocaiuva da Av. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão | C- 1.275,0 m L- 3,0 m H- 2,80 m | | |
| 5 | Concordância de seções no trecho de implantação na Tv. Quintino, da Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão, de alargamento do canal existente na extensão 1.275,0 m coberto com laje, largura de 3,0 m, altura útil de 2,80 m, em paralelo ao canal existente. | Canal Retangular Aberto | Rua Dr. Moraes até a Rua Eng. Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo Deodoro | C- 198,0 m L- 8,0 m H- 2,80 m | R\$ 57.741.776,43 | R\$ 2.300.671,06 |
| | | | Av. Generalíssimo Deodoro e passagem Pinheiro da Rua Eng. Fernando Guilhon até Tv. Padre Eutíquio | C- 350,0 m L- 14,25 m H- 2,80 m | | |
| | | Canal Retangular Fechado com Placas de concreto sob laje | Tv. Quintino Bocaiuva entre Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão | C- 1.275,0 m L- 3,0 m H- 2,80 m | | |

Fonte: Adaptado de Vinagre et al (2021)

Na Tabela 4, a Alternativa 1 é exploratória e permite conhecer o problema e caso tivesse funcionalidade seria excelente. Implantação na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até Av. Generalíssimo, com extensão de 198m, seção retangular aberta, com largura de 8m e revestimento lateral em concreto, profundidade 2,80m, fundo em terreno natural. Implantação na Av. Generalíssimo da Rua Fernando Guilhon até a Passagem Pinheiro, com extensão de 142m de canal retangular aberto, com largura de 14,25m e revestimento lateral em concreto, profundidade 2,80m fundo em terreno natural. Implantação na Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo até a Tv. Padre Eutíquio, com extensão de 208 m de canal retangular aberto, com largura de 14,25m e revestimento lateral em concreto, profundidade 2,80m, fundo em terreno natural. Esta alternativa apresenta diversos transbordamentos simulados no SWMM® (VINAGRE, 2020).

A Alternativa 2 apresentada para ser construída com a interligação com concordância de canais, o amortecimento acumulação em aduelas e sem transbordamento (Tabela 4). Tem como vantagem menor dificuldade de manutenção e desvantagem menor área, risco por falha de comportas e lançamentos de esgotos. Esta alternativa possui baixo risco de transbordamentos e da baixa dificuldade de operação/manutenção.

Vinagre (2020) mostrou que foi realizada a interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções e amortecimento com uso de unidade de armazenamento (bacia de acumulação). Esta alternativa acresce sobre a 1ª alternativa uma Unidade de Armazenamento. Implantar na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até Av. Generalíssimo, com extensão de 198m de canal retangular aberto com largura de 8m e revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na Av. Generalíssimo e Pass. Pinheiro, da Rua Fernando Guilhon até a Av. Padre Eutíquio, canal retangular aberto, extensão de 350m, largura de 14,25m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na confluência da Av. Generalíssimo e Rua Dr. Moraes, Unidade de Armazenamento, com área de 11.749m², fundo em terreno natural, profundidade útil 2,60m. Implantação na Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo até Tv. Padre Eutíquio, extensão de 208m, canal retangular aberto, largura 14,25m e revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m.

Nos resultados de Vinagre et al (2021) sobre as simulações feitas realizadas com o SWMM®, não se observou transbordamentos, e a série temporal das capacidades dos

trechos de canais mais críticos comprovou essa simulação. Assim, essa alternativa representou o aproveitamento de todos os canais implantados e sem transbordos nos canais de interligação alargados para armazenamento.

Como observado na Tabela 4, a Alternativa 3 foi apresentada para ser construída com a interligação com concordância de canais, o amortecimento Unidade de armazenamento coberta com laje e sem transbordamento. Tem como vantagem menor risco de lançamento de esgotos e desvantagem maior área, risco por falha de comporta, dificuldade de manutenção.

Vinagre et al (2021) mostraram que nesta alternativa a interligação dos canais de montante com os de jusante com concordância de seções e amortecimento com uso de unidade de armazenamento (bacia de acumulação) coberta com laje com a implantação na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até a Av. Generalíssimo, com extensão de 198m, canal retangular aberto, largura de 8,0 m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade 2,80m. Na implantação na Av. Generalíssimo e Pass. Pinheiro da Rua Fernando Guilhon até Passagem Pinheiro, com extensão de 142m de canal retangular com largura de 14,25m e revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. A implantação na confluência das Av. Generalíssimo e Rua Dr. Moraes, de Unidade de Armazenamento, com área de 11.749m², laje superior de cobertura, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na confluência das Av. Generalíssimo e Rua Dr. Moraes, de Unidade de Armazenamento, com área de 11.749m², laje superior de cobertura, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m e por fim na implantação na Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo até Tv. Padre Eutíquio, extensão de 208m de canal retangular aberto, largura de 14,25m e revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Nesta Alternativa 3, os autores não observaram nas simulações realizadas com SWMM® transbordamentos e a série temporal das capacidades dos trechos de canais mais críticos foi comprovada nas simulações.

A Alternativa 4 de acordo com os dados apresentados na Tabela 4 foi proposta por Vinagre et al (2021) para ser construída com a interligação com concordância de canais, o amortecimento Unidade de armazenamento coberta com laje e sem transbordamento e obteve como vantagem o médio risco de lançamento e como desvantagem a menor área, risco por falha de comportas e dificuldade de manutenção. Esta alternativa de acordo com Vinagre et al (2021) prevê medidas estruturais e

aumenta, portanto, os custos, os quais não são geralmente viáveis economicamente. Segundo os autores a implantação de canais necessárias nessa alternativa eleva significativamente o custo do projeto.

Nessa alternativa 4 há a interligação dos canais de montante com os de jusante considerando concordância de seções e amortecimento com acumulação em aduelas em paralelo na Tv. Quintino Bocaiuva. Há a implantação na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até Av. Generalíssimo, com extensão de 198m, canal retangular aberto, largura 8m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na Av. Generalíssimo da Rua Fernando Guilhon até Passagem Pinheiro, com extensão de 142m de canal retangular com largura de 14,25m e revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural. Implantação na Passagem Pinheiro da Av. Generalíssimo até Tv. Padre Eutíquio, com extensão 208m, canal retangular aberto, largura 14,25m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na Tv. Quintino Bocaiuva, da Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão, com extensão de 1275m, canal retangular fechado (aduelas), largura de 3m, altura útil de 2,80m, em paralelo ao canal existente. Vinagre et al (2021) não observaram. Não se observa transbordamentos, e a série temporal das capacidades dos trechos de canais mais críticos mostrou esse resultado nas simulações.

A Alternativa 5 de acordo com a Tabela 4 foi proposta por Vinagre et al (2021) para ser construída com a concordância de canais, o amortecimento alagamento de canal sob laje. Essa alternativa teve como desvantagem o médio risco de lançamento de esgotos. Assim, de acordo com os resultados da simulação, os autores concluíram que essa alternativa por necessitar de medidas estruturais, aumenta os custos e geralmente e que não é viável economicamente.

Nesta alternativa 5 os autores utilizaram o alargamento do canal existente na extensão de 1275m na concordância de seções no trecho de Implantação na Tv. Quintino Bocaiuva, da Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão, alargamento este coberto com laje, largura de 3m, altura útil de 2,80m, em paralelo ao canal existente. Há de acordo com Vinagre et al (2021) a implantação na Rua Dr. Moraes da Rua Fernando Guilhon até Av. Generalíssimo, com extensão de 198m, canal retangular aberto, largura 8m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na Av. Generalíssimo e Passagem Pinheiro da Av. Eng. Fernando

Guilhon até Tv. Padre Eutíquio, com extensão 350m, de canal retangular aberto, largura 14,25m, revestimento lateral em concreto, fundo em terreno natural, profundidade útil 2,80m. Implantação na Tv. Quintino Bocaiuva, da Tv. Padre Eutíquio até Av. Bernardo Sayão, de alargamento do canal existente na extensão de 1275m, alargamento sob laje, largura de 3m, altura útil de 2,80m, em paralelo ao canal existente às 18h00'. Os autores não observaram transbordamentos, e a série temporal das capacidades dos trechos de canais mais críticos foi comprovada nas simulações com o software SWMM®.

3.3.2 TOPSIS-AHP

A seguir apresenta-se os resultados obtidos utilizando o método TOPSIS-AHP a partir dos dados obtidos das cinco alternativas mostradas neste trabalho. Inicialmente são apresentados os resultados em relação ao aspecto econômico, financeiro e socioambiental onde são descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Alternativas e Critérios

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|------------------|-----------|
| A1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | R\$ 16.566.454,68 | R\$ 662.658,19 | 3 |
| A2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | R\$ 19.848.279,35 | R\$ 793.931,17 | 2 |
| A3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | R\$ 48.289.436,12 | R\$ 1.931.577,44 | 2 |
| A4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | R\$ 60.221.651,43 | R\$ 2.408.866,06 | 2 |
| A5 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | R\$ 57.741.776,43 | R\$ 2.309.671,06 | 2 |

Fonte: Autores (2022)

Vale destacar que a Tabela 5 foi construída considerando-se o cruzamento dos dados das alternativas e critérios estabelecidos. Tais como: C1 (Demanda de área); C2 Risco de transbordamento; C3 grau de dificuldade (manutenção/limpeza); C4 (Abrangência da rede coletora de esgoto); C5 (Falha operacional das comportas); C6 (Custo de implantação de canais); C7 (Custo de operação e manutenção); C8 (Impacto socioambiental).

Na Tabela 5 foram utilizados a escala ponderada de Saaty no estabelecimento de critérios de importância conforme o seu grau. Esse método consiste na elaboração de um modelo que reflita o funcionamento da mente humana na avaliação das alternativas diante de um problema de decisão complexo. O julgamento deve ser baseado na escala de Saaty (1991) conforme a Tabela 2, buscando-se primeiro o julgamento conceitual e, em seguida, a conversão para a escala numérica a fim de registrá-lo na matriz, como também, o julgamento recíproco associado. É necessária a realização de $n(n-1) / 2$

comparações pelo decisor, sendo n o número de elementos comparados (Gomes et al., 2004).

Tabela 6: Matriz de importância entre critérios (Julgamento de importância).

| CRITÉRIOS | | | | | | | | | MÉDIA PONDERADA | RAZÃO ENTRE A MÉDIA PONDERADA E TOTAL |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|-----------------|---------------------------------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | | |
| C1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 1,715468145 | 18,39% |
| C2 | 1/5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1,14720269 | 12,30% |
| C3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1/3 | 1/3 | 9 | 1,316074013 | 14,11% |
| C4 | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 3 | 1/3 | 1/3 | 9 | 1 | 10,72% |
| C5 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/3 | 9 | 0,759835686 | 8,15% |
| C6 | 1/3 | 1/3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1/3 | 9 | 1,316074013 | 14,11% |
| C7 | 1 | 1/5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 9 | 1,864102078 | 19,99% |
| C8 | 1/5 | 1 | 1/9 | 1/9 | 1/9 | 1/9 | 1/9 | 1 | 0,207122453 | 2,22% |
| | 5,733333 | 10,53333 | 9,777778 | 12,44444 | 15,11111 | 11,11111 | 8,444444 | 52 | 9,325879078 | |

Fonte: autores (2023)

Para que a comparação entre as alternativas seja significativa, é realizada a normalização para transformar os dados em uma escala comum, conforme é apresentada da Tabela 6. A base de cálculo para os resultados foi a equação (3).

Após se calcular a matriz de importância aplica-se as fórmulas descritas na metodologia do método TOPSIS-AHP para se analisar os critérios e estabelecer a ponderação destes conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Ponderação de critérios.

| PESOS | CRITÉRIOS | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| W | 18,39 % | 12,30% | 14,11% | 10,72% | 8,15% | 14,11% | 19,99% | 2,22% |

Fonte: Autores (2023)

Para que a comparação entre as alternativas seja significativa, é realizada a normalização para transformar os dados em uma escala comum, conforme é apresentada da Tabela 8. A base de cálculo para os resultados foi a equação (9). E após a normalização é feito a ponderação conforme mostrado na Tabela 9.

Tabela 8: Matriz Geométrica

| ALTERNATIVAS | CRITÉRIOS | | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|--------------------------|-----------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| A1 | 0,183947 | 1,107115 | 1,270085 | 0,965056 | 0,733284 | R\$ 38.730.195.325.304,00 | R\$ 87.772.616.874,48 | 0,1998849 |
| A2 | 1,655523 | 0,123012 | 0,141120 | 0,965056 | 0,325904 | R\$ 55.595.067.413.177,60 | R\$ 125.992.768.979,90 | 0,0888377 |
| A3 | 1,655523 | 0,123012 | 1,270085 | 0,107228 | 0,325904 | R\$ 329.074.933.368.517,00 | R\$ 745.768.716.293,51 | 0,0888377 |
| A4 | 1,655523 | 0,492051 | 1,270085 | 0,428914 | 0,325904 | R\$ 511.794.783.867.687,00 | R\$ 1.159.859.048.101,03 | 0,0888377 |
| A5 | 1,655523 | 0,492051 | 1,270085 | 0,965056 | 0,325904 | R\$ 470.512.120.496.875,00 | R\$ 1.066.301.879.974,98 | 0,0888377 |
| | 2,608839 | 1,528804 | 2,285052 | 1,852380 | 1,427200 | 37492760,64 | 1784851,543 | 0,7451414 |

Fonte: autores (2023)

Tabela 9: Matriz Normalizada e Ponderada

| ALTERNATIVAS | CRITÉRIOS | | | | | | | |
|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|----------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| A1 | 0,07050917 | 0,24139 | 0,185275 | 0,173661 | 0,171264 | 0,062355202 | 0,074210845 | 0,089417 |
| A2 | 0,21152749 | 0,080463 | 0,061758 | 0,173661 | 0,114176 | 0,074707805 | 0,088912059 | 0,059611 |
| A3 | 0,21152749 | 0,080463 | 0,185275 | 0,057887 | 0,114176 | 0,181758717 | 0,216316644 | 0,059611 |
| A4 | 0,21152749 | 0,160927 | 0,185275 | 0,115774 | 0,114176 | 0,226670903 | 0,26976802 | 0,059611 |
| A5 | 0,211527498 | 0,160927 | 0,185275 | 0,173661 | 0,114176 | 0,217336793 | 0,258659208 | 0,059611 |
| custo | 0,211527498 | 0,24139 | 0,185275 | 0,173661 | 0,171264 | 0,226670903 | 0,26976802 | 0,089417 |
| benefício | 0,070509166 | 0,080463 | 0,061758 | 0,057887 | 0,114176 | 0,062355202 | 0,074210845 | 0,059611 |

Fonte: autores (2023)

Usando a Equação 10, obteve-se uma medida de separação $D_i +$ correspondente à distância entre A+ e a pontuação relacionada a cada critério, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10: Distâncias em relação a cada critério e distância total ($D_i +$) entre as alternativas e A+.

| ALTERNATIVAS | CRITÉRIOS | | | | | | | |
|--------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
| A1 | 0,0000 | 0,0259 | 0,0153 | 0,0134 | 0,0033 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0009 |
| A2 | 0,0199 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0134 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0000 |
| A3 | 0,0199 | 0,0000 | 0,0153 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0143 | 0,0202 | 0,0000 |
| A4 | 0,0199 | 0,0065 | 0,0153 | 0,0034 | 0,0000 | 0,0270 | 0,0382 | 0,0000 |
| A5 | 0,0199 | 0,0065 | 0,0153 | 0,0134 | 0,0000 | 0,0240 | 0,0340 | 0,0000 |

Fonte: autores (2023)

Analogamente, usando a Equação 11, obteve-se $D_i -$, que corresponde à distância entre A- e a pontuação relacionada a cada critério, conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 11: Distâncias em relação a cada critério e distância total (D_i) entre as alternativas e A_- .

| ALTERNATIVAS | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 0,0199 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0270 | 0,0382 | 0,0000 |
| A2 | 0,0000 | 0,0259 | 0,0153 | 0,0000 | 0,0033 | 0,0231 | 0,0327 | 0,0009 |
| A3 | 0,0000 | 0,0259 | 0,0000 | 0,0134 | 0,0033 | 0,0020 | 0,0029 | 0,0009 |
| A4 | 0,0000 | 0,0065 | 0,0000 | 0,0034 | 0,0033 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0009 |
| A5 | 0,0000 | 0,0065 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0033 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0009 |

Fonte: autores (2023)

O resultado obtido pelo método TOPSIS-AHP permitiu obter a hierarquização das alternativas de sistemas drenagem sendo a Alternativa 2 a que obteve melhor pontuação e a menos indicada como sendo a Alternativa 5.

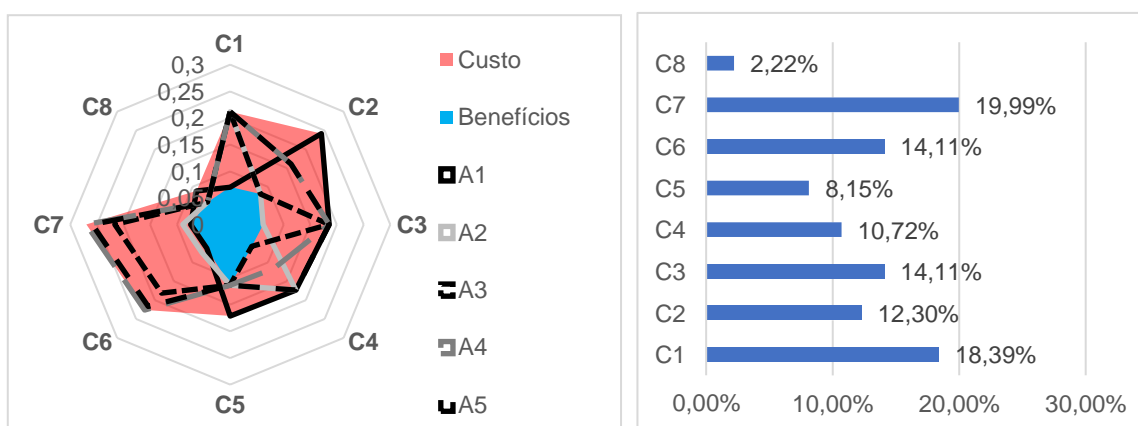
Tabela 12: Hierarquização das alternativas

| ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM | C_{ci} | Ranking |
|--------------------------------------|-------------|---------|
| A1 | 0,546321939 | 2 |
| A2 | 0,634120958 | 1 |
| A3 | 0,454529047 | 3 |
| A4 | 0,262572204 | 4 |
| A5 | 0,236367917 | 5 |

Fonte: autores (2023)

Nos gráficos da Figura 10 pode-se observar a comparação em relação as porcentagens dos critérios em comparação as alternativas sugeridas e observa-se também que os critérios 1 e 7 tiveram maior influência na escolha das alternativas.

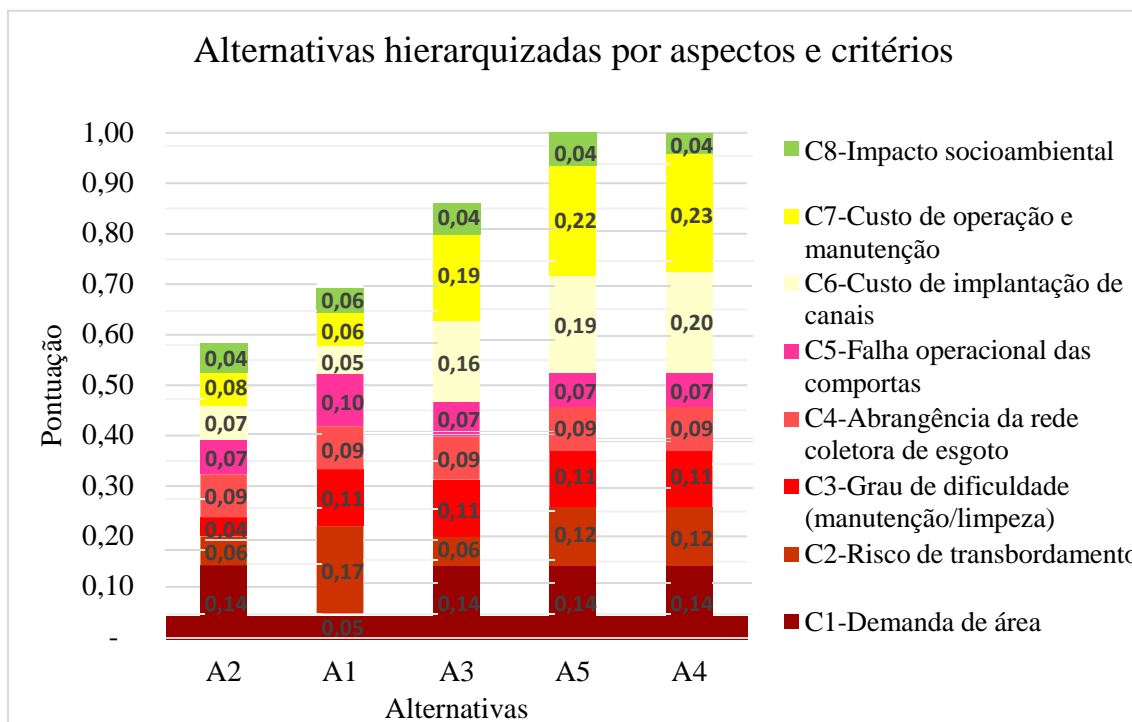
Figura 10: Gráficos ilustrativos dos critérios e alternativas



Fonte: Autores (2023)

No gráfico da Figura 11 pode-se observar a hierarquização das alternativas segundo as pontuações normalizadas dos aspectos e critérios estudados.

Figura 11: Quanto menos a pontuação, melhor a classificação.



Fonte: autores (2023)

Observa-se na Figura 11 a hierarquização das alternativas segundo aspectos técnicos com seus critérios (demanda de área, risco de transbordamento, grau de dificuldade de manutenção/limpeza, abrangência da rede coletora de esgoto, falha operacional de comportas), econômico-financeiros (custo de implantação de canais, custo de operação e manutenção) e socioambientais (impacto socioambiental) com aplicação do modelo multicritério híbrido TOPSIS-AHP, concluindo-se que a alternativa mais adequada é a A2, seguida pelas A1, A3, A5 e finalmente A4, para a macrodrenagem da Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma aplicação do modelo multicritério híbrido TOPSIS-AHP, para hierarquizar dentre cinco alternativas, a mais adequada para a macrodrenagem da Sub-bacia 02 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.

Utilizou-se três aspectos: técnicos com seus critérios (demanda de área, risco de transbordamento, grau de dificuldade de manutenção/limpeza, abrangência da rede coletora de esgoto, falha operacional de comportas); econômico-financeiros (custo de implantação de canais, custo de operação e manutenção) e socioambientais (impacto socioambiental)

A partir dos critérios e os graus de importância estabelecidos para estes critérios, realizou-se a aplicação do modelo TOPSIS-AHP seguindo as seis etapas com as aplicações fórmulas na sequência destas etapas.

O estudo apresentou resultados satisfatórios pois apontou dentre as 5 alternativas a “ideal” hierarquizando assim estas alternativas para a tomada de decisão.

Ressalta-se que, o processo de selecionamento proposto neste trabalho deve ser utilizado para integrar-se à uma fase inicial de planejamento, a fim de selecionar uma alternativa “ideal” de macrodrenagem.

Entretanto, diante de poucas contribuições científicas para este fim; a aplicação do modelo TOPSIS-AHP apresenta-se como uma ferramenta que pode ser utilizado por gestores de projetos e por projetistas. Desta forma, a modelagem multicriterial pode auxiliar as tomadas de decisões preliminares (estratégicas) para selecionar um tipo de alternativa, que possa minimizar custos e maximizar benefícios; alinhando-se com o princípio da eficiência na etapa de projeto (segurança, economia e funcionalidade).

5. REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Maria Lara Pinto. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002. 435 p.

BELÉM. **Lei Nº 9.656**, de 30 de dezembro de 2020. Institui a **Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Belém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS)**, em atenção ao disposto no Art. 9º da Lei Federal nº 11.445/2007, com as atualizações trazidas pela Lei nº 14.026/2020, o Novo Marco do Saneamento Básico, e dá outras providências.

BELÉM. **Revisão do plano municipal de saneamento básico, do plano de gestão integrada de resíduos sólidos e respectivas políticas municipais. caracterização geral do município de Belém**. Belém: Prefeitura Municipal de Belém do Pará. Relatório 3.1, Revisão 1. 2021. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/arbel/?page_id=723

BORGES, U. C. S. Alagamentos e Inundações na Bacia do Ribeirão Pirapitinga em Catalão-GO; Dissertação de Mestrado do Programa de Pós

Graduação em Geografia; Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Geografia, Catalão, 2020.

CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de. **Proposição de indicadores para avaliação de sistemas de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2002.

CHOW, Ven; MAIDMENT, David; MAYS, Larry. **Applied Hydrology**. 2.ed. McGraw-Hill Companies, 1988.

FERREIRA, Andrezza Marques. **Aplicação de ferramenta multicritério em um software de drenagem urbana para uso na previsão de eventos hidrológicos**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2019.

FRAGOSO, G. A; SILVA, F. P; SILVA, J. C. C; ALVES, A. F; CARVALHO, B. J. P. **Planeamento, ordenamento e gestão integrada diagnóstico do sistema de drenagem urbana da cidade de Belém, Pará: uma análise dos principais bairros da cidade**. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste, 2016.

JANNUZZI, Paulo de Martino; MIRANDA, Wilmer Lázaro de; SILVA, Daniela Santos Gomes da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, 11(1), pp. 69-87, 2009.

KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; RUAN, D. 2004. **Multi-attribute comparison of catering servisse companies using fuzzy AHP: the case of Turkey**. *Internacional Journal of Production Economics*, V. 87, 2004, p. 171-184.

KAYA, T.; KAHRAMAN, C. 2011. **An Integrated Fuzzy AHP-ELECTRE Methodology for Environmental Impact Assessment**. *Expert Systems with Applications*, V. 38, 2011, p. 8553- 8562.

MARRO, Alessandro Assi; SOUZA, Alyson Matheus de Carvalho; CAVALCANTE, Everton, R. de Sousa; BEZERRA, Guiliana Silva; NUNES, Rômulo de Oliveira. **Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações**. Departamento de informática e Matemática Aplicada (DIMAp). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2014.

MARTINS, Vânia Carla Dias. **Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em bacia de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA) para obtenção do Título de `Mestre em Engenharia Civil sob a orientação do Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira. Belém: UFPA, 2015.

MOREIRA, M. R. C. **Abordagem multiobjetiva de reabilitação de redes hidráulicas**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 2013.

PORTAL DA PREFEITURA DE BELÉM. PROMABEN II – Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova. Disponível em: <https://promaben.belem.pa.gov.br/subcoordacao-social/promaben-ii-programa-de-saneamento-da-bacia-da-estrada-nova/>. Acesso em: 20.jan.2022.

PORTAL DA PREFEITURA DE BELÉM, 2022. Disponível em www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=18&conteudo=4756. Acesso em: 04 set.2022.

RAMOS, Júlio Ramissés Ladeia; ELMIRO, Marcos Antônio Timbó; NERO, Marcelo Antonio; TEMBA, Plínio da Costa; ROSA, Gilmar. **Lógica Fuzzy associada ao risco de inundação no município de Nova Lima/MG**. Revista GEOgrafias, v. 14, n. 2, ISSN 2237-549X jul./dez. 2018.

SANTOS, Arthur Pereira dos; SANTIL, Fernando Luiz de Paula; OLIVEIRA, Petronio Silva de; ROVEDA, José Arnaldo Frutuoso. **Utilização da Lógica Fuzzy como suporte ao Zoneamento Ambiental: um estudo de caso em Paracatu – MG**. Revista Brasileira de Geografia Física. v.014, n.04 (2021) 2352-2368.

SANTOS, Karla Azevedo; RUFINO, Iana, Alexandra Alves; BARROS FILHO, Mauro Normando Macêdo. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22 (5):943–952, 2017.

SANTOS JR., Valdevino José; SANTOS, Carolina Oliveira. Aplicação de indicadores de fragilidade do sistema de natureza ambiental na bacia hidrográfica do rio Cintra-MG. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, 13 (5): 3872-3880, 2014.

SILVA, Narjara Rúbia Lima da Silva; VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque; BELLO, Leonardo Augusto Lobato; CUNHA, Mariane de Andrade. **Aplicação do modelo de gestão de drenagem urbana (SWMM) na Sub-bacia 02 da Estrada Nova em Belém do Pará**. Sustentare, Três Corações, v. 1, n. 1, p. 1-17, ago./dez. 2017.

SILVA, Ana Paula Moni. Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG. Itajubá, MG. UNIFEI. **Engenharia da Energia**. 2006.

SILVA, Tabatha Carvalho da. **Mapeamento das manchas de inundação para a cidade de Matias Barbosa-MG**. Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Juiz de Fora-MG, 2016.

SOUSA, Thâmara Martins Ismael de. **Avaliação da qualidade em redes de drenagem processadas a partir de modelos digitais de elevação**. Dissertação de Mestrado. UFPB, 2016.

SUI, Daniel Z. *Fuzzy GIS modeling approach for Urban land evaluation*. **Computers, Environment and Urban Systems**, 16(2): 101-115, 1992.

TARGA, Marcelo dos Santos.; BATISTA, Getulio Teixeira; DINIZ, Hélio Nóbile; DIAS, Nelson Wellausen; MATOS, Fernando Cardoso de. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

VILLANUEVA, Adolfo O. N.; TASSI, Rutinéia; ALASSIA, Daniel. G; BEMFICA, Daniela; TUCCI, Carlos. **Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. Revista de Gestão de Água da América Latina-REGA**, 2011. 8(1), 5-18.

VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque Vinagre. **Estudo Hidrológico e definições das premissas a serem adotadas para o sistema de macrodrenagem na sub-bacia 02 da bacia hidrográfica da Estrada Nova de Belém - PRODUTO 03/04 - RELATÓRIO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE MACRODRENAGEM-**, 2020.

VINAGRE, M. V. A. *et al.* Hierarquização multicritério de alternativas de macrodrenagem urbana na bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA, Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e76101119352, 2021. Disponível: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19352>

5. CONCLUSÕES GERAIS

As discussões apresentadas tendo como base o uso da técnica TOPSIS-AHP permitiram que fossem observadas ferramentas úteis para o acompanhamento e suporte à decisão para hierarquizar dentre 5 alternativas a alternativa mais adequada para a macrodrenagem da BHEN.

As condições encontradas do presente problema são estruturadas em maximizar a funcionalidade do sistema de macrodrenagem da Sub-bacia 02 da BHEN sob intensa chuva e maré cheia, considerando as obras implantadas e a disponibilidade de áreas para implantação dos componentes necessários à funcionalidade do sistema, como novos canais e comportas.

A utilização do modelo TOPSIS-AHP se mostrou viável para o exemplo utilizado além de ser de simples implementação computacional. Essa análise realizada à luz de um conjunto de critérios, utilizando ferramentas de apoio à decisão multicritério, sugere que as possibilidades de reduzir a subjetividade na tomada de decisão pode ser um caminho viável para avanços nas práticas e ações gerenciais.

Desta forma, a solução alternativa mais adequada foi a Alternativa 2, definida a partir do estudo de hierarquização e classificação considerando as avaliações técnica, econômico, financeira e ambiental entre as alternativas estudadas, mediante apresentação de diversas vantagens e desvantagens inerentes a cada aspecto em consideração, e sua pontuação.

Ela também representa a alternativa funcional de menor custo, pois a Alternativa 1 apresenta transbordos e alagamentos e por esta razão é descartada. Em segundo lugar classificou-se a alternativa 3, em terceiro lugar a alternativa 4, em quarto lugar a alternativa 5 e último lugar a alternativa 1, a qual não apresentou funcionalidade.

Conclui-se, portanto, que a ferramenta selecionada para análise da situação atual, o código computacional livre SWMM, mostrou-se adequado para a finalidade pretendida, e partir do modelo desenvolvido e com o uso de critérios técnicos, econômicos e ambientais, foi possível encontrar Solução Alternativa adequada e funcional, visando minimizar remanejamentos, e minimizar custos pelo aproveitamento de componentes existentes.

Neste trabalho não foi considerada análise de sensibilidade. Objetivou-se utilizar os parâmetros, pesos e critérios conforme planilha com o modelo TOPSIS-AHP. Em trabalhos futuros, recomenda-se utilizar a análise de sensibilidade para estimar

resultados gerados por mudanças de parâmetros, medindo o grau de sensibilidade do processo resultante desta alteração.

Como recomendações para os trabalhos futuros, propõe-se o aprofundamento dos estudos sobre as possibilidades do uso de outros métodos multicritérios para o apoio à tomada de decisão, como critérios sociais e comparação com outros modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Maria Lara Pinto. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002. 435 p.

BELÉM. **Lei Nº 9.656**, de 30 de dezembro de 2020. Institui a **Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Belém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS)**, em atenção ao disposto no Art. 9º da Lei Federal nº 11.445/2007, com as atualizações trazidas pela Lei nº 14.026/2020, o Novo Marco do Saneamento Básico, e dá outras providências.

BELÉM. **Revisão do plano municipal de saneamento básico, do plano de gestão integrada de resíduos sólidos e respectivas políticas municipais. caracterização geral do município de Belém**. Belém: Prefeitura Municipal de Belém do Pará. Relatório 3.1, Revisão 1. 2021. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/arbel/?page_id=723

BORGES, U. C. S. Alagamentos e Inundações na Bacia do Ribeirão Pirapitinga em Catalão-GO; Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia; Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Geografia, Catalão, 2020.

CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de. **Proposição de indicadores para avaliação de sistemas de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2002.

CHOW, Ven; MAIDMENT, David; MAYS, Larry. **Applied Hydrology**. 2.ed. McGraw-Hill Companies, 1988.

FERREIRA, Andrezza Marques. **Aplicação de ferramenta multicritério em um software de drenagem urbana para uso na previsão de eventos hidrológicos**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2019.

JANNUZZI, Paulo de Martino; MIRANDA, Wilmer Lázaro de; SILVA, Daniela Santos Gomes da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, 11(1), pp. 69-87, 2009.

KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; RUAN, D. 2004. **Multi-attribute comparison of catering servisse companies using fuzzy AHP: the case of Turkey**. *Internacional Journal of Production Economics*, V. 87, 2004, p. 171-184.

KAYA, T.; KAHRAMAN, C. 2011. **An Integrated Fuzzy AHP-ELECTRE Methodology for Environmental Impact Assessment**. *Expert Systems with Applications*, V. 38, 2011, p. 8553- 8562.

MARRO, Alessandro Assi; SOUZA, Alyson Matheus de Carvalho; CAVALCANTE, Everton, R. de Sousa; BEZERRA, Guiliana Silva; NUNES, Rômulo de Oliveira.

Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações. Departamento de informática e Matemática Aplicada (DIMAp). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2014.

MARTINS, Vânia Carla Dias. **Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em bacia de drenagem urbana.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA) para obtenção do Título de `Mestre em Engenharia Civil sob a orientação do Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira. Belém: UFPA, 2015.

MOREIRA, M. R. C. **Abordagem multiobjetiva de reabilitação de redes hidráulicas.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 2013.

PORTAL DA PREFEITURA DE BELÉM. PROMABEN II – Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova. Disponível em:

<https://promaben.belem.pa.gov.br/subcoordacao-social/promaben-ii-programa-de-saneamento-da-bacia-da-estrada-nova/>. Acesso em: 20.jan.2022.

PORTAL DA PREFEITURA DE BELÉM, 2022. Disponível em www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=18&conteudo=4756. Acesso em: 04 set.2022.

RAMOS, Júlio Ramissés Ladeia; ELMIRO, Marcos Antônio Timbó; NERO, Marcelo Antonio; TEMBA, Plínio da Costa; ROSA, Gilmar. **Lógica Fuzzy associada ao risco de inundação no município de Nova Lima/MG.** Revista GEOgrafias, v. 14, n. 2, ISSN 2237-549X jul./dez. 2018.

SANTOS, Arthur Pereira dos; SANTIL, Fernando Luiz de Paula; OLIVEIRA, Petronio Silva de; ROVEDA, José Arnaldo Frutuoso. **Utilização da Lógica Fuzzy como suporte ao Zoneamento Ambiental: um estudo de caso em Paracatu – MG.** *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.014, n.04 (2021) 2352-2368.

SANTOS, Karla Azevedo; RUFINO, Iana, Alexandra Alves; BARROS FILHO, Mauro Normando Macêdo. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22 (5):943–952, 2017.

SANTOS JR., Valdevino José; SANTOS, Carolina Oliveira. Aplicação de indicadores de fragilidade do sistema de natureza ambiental na bacia hidrográfica do rio Cintra-MG. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, 13 (5): 3872-3880, 2014.

SILVA, Narjara Rúbia Lima da Silva; VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque; BELLO, Leonardo Augusto Lobato; CUNHA, Mariane de Andrade. **Aplicação do modelo de gestão de drenagem urbana (SWMM) na Sub-bacia 02 da Estrada Nova em Belém do Pará.** *Sustentare, Três Corações*, v. 1, n. 1, p. 1-17, ago./dez. 2017.

SILVA, Ana Paula Moni. Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG. Itajubá, MG. UNIFEI. **Engenharia da Energia**. 2006.

SILVA, Tabatha Carvalho da. **Mapeamento das manchas de inundação para a cidade de Matias Barbosa-MG**. Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Juiz de Fora-MG, 2016.

SOUSA, Thâmara Martins Ismael de. **Avaliação da qualidade em redes de drenagem processadas a partir de modelos digitais de elevação**. Dissertação de Mestrado. UFPB, 2016.

SUI, Daniel Z. *Fuzzy GIS modeling approach for Urban land evaluation*. **Computers, Environment and Urban Systems**, 16(2): 101-115, 1992.

TARGA, Marcelo dos Santos.; BATISTA, Getulio Teixeira; DINIZ, Hélio Nóbile; DIAS, Nelson Wellausen; MATOS, Fernando Cardoso de. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

VILLANUEVA, Adolfo O. N.; TASSI, Rutinéia; ALASSIA, Daniel. G; BEMFICA, Daniela; TUCCI, Carlos. **Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação**. **Revista de Gestão de Água da América Latina-REGA**, 2011. 8(1), 5-18.

VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque Vinagre. **Estudo Hidrológico e definições das premissas a serem adotadas para o sistema de macrodrenagem na sub-bacia 02 da bacia hidrográfica da Estrada Nova de Belém - PRODUTO 03/04 - RELATÓRIO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE MACRODRENAGEM-**, 2020.

VINAGRE, M. V. A. *et al.* Hierarquização multicritério de alternativas de macrodrenagem urbana na bacia hidrográfica da Estrada Nova em Belém-PA, Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e76101119352, 2021. Disponível: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19352>