



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARIA KAROLINY COSTA ALMEIDA

**ANÁLISE DA CONDIÇÃO FINANCEIRA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE
PERNAMBUCO BASEADA EM UMA ABORDAGEM DE CLUSTERIZAÇÃO
ORDENADA**

Caruaru

2022

MARIA KAROLINY COSTA ALMEIDA

**ANÁLISE DA CONDIÇÃO FINANCEIRA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE
PERNAMBUCO BASEADA EM UMA ABORDAGEM DE CLUSTERIZAÇÃO
ORDENADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientador: Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva

Caruaru

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira - CRB/4 - 2309

A447a Almeida, Maria Karoliny Costa.
Análise da condição financeira dos Municípios do Estado de Pernambuco baseada em uma abordagem de clusterização ordenada. / Maria Karoliny Costa Almeida. – 2022.
107 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Lucimário Gois de Oliveira Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, 2022.
Inclui Referências.

1. Despesa pública – Política governamental. 2. Processo decisório por critério múltiplo. 3. Indicadores econômicos - Análise. 4. Finanças municipais. I. Silva, Lucimário Gois de (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.) UFPE (CAA 2022-048)

MARIA KAROLINY COSTA ALMEIDA

**ANÁLISE DA CONDIÇÃO FINANCEIRA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE
PERNAMBUCO BASEADA EM UMA ABORDAGEM DE CLUSTERIZAÇÃO
ORDENADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Aprovada em: 24 / 08 /2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucio Camara e Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Leão e Silva Filho (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, que guia sempre meus passos, me dando força para enfrentar os obstáculos e por permitir o fechamento de mais um ciclo em minha vida.

Aos meus pais, Edilene Costa e Geraldo Almeida, e minha companheira, Jéssica Lopes, por toda luta, dedicação, apoio e incentivo. Essa conquista é nossa. E aos meus avós, Maria José, Maria gercina e Paulo Silva, por todo carinho, amor e orações.

Ao meu orientador, Lucimário Gois, pelos ensinamentos, paciência, amizade e incentivo. A quem sempre serei grata e por quem tenho imensa admiração e respeito.

Aos amigos que o mestrado me proporcionou, Laís de Moura , Layanne Parente, Isloana Karla, “ a patotinha” e Nicolas Bomfim, meu agradecimento a vocês, pelo companheirismo, pelas conversas, aprendizados e apoio nos trabalhos, construímos juntos essa conquista.

Quero agradecer também aos amigos que a vida me presenteou e que sempre estão presentes, torcendo, aconselhando, apoiando e vibrando comigo, Miguel Barreto, Vitória Corte, Milena Araújo, Jefferson, Jane Kelly e Andreza Melo.

E por fim, agradeço a todo o corpo de docentes do programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, da UFPE, principalmente aqueles que fizeram parte da minha caminhada e que deram suas contribuições para minha formação. Meus agradecimentos a todos vocês pela dedicação e habilidade em transferir conhecimentos.

“Por isso não tema, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão vitoriosa” (BÍBLIA, A.T., Isaías 41:10).

RESUMO

A utilização de indicadores de desempenho financeiro traduz a realidade do setor público, de forma que auxiliam no processo decisório a fim de garantir a resolução de problemas da sociedade de forma efetiva. A presente pesquisa propõe a utilização de um modelo que associa a modelagem multicritério, por meio da aplicação do método PROMETHEE II, com a técnica de análise de cluster ordinal, a partir de índices propostos na literatura, para verificar a condição financeira dos municípios pernambucanos nos anos de 2019 e 2020, sendo este último o ano da maior crise sanitária dos últimos anos. Os resultados apontaram os índices mais relevantes e decisivos para este estudo e confirmaram a importância na divisão dos municípios conforme sua população, uma vez que foi possível verificar que quanto menor a quantidade de habitantes de um município maior sua dependência dos recursos externos provindos do governo estadual e federal. Apresentaram principalmente variações significativas na condição financeira municipal de 2019 para 2020.

Palavras-chave: condição financeira municipal; despesas públicas; decisão multicritério; PROMETHEE; análise de cluster.

ABSTRACT

The use of financial performance indicators reflects the reality of the public sector, so that they help in the decision-making process in order to guarantee the resolution of society's problems effectively. The present research proposes the use of a model that associates the multicriteria modeling, through the application of the PROMETHEE II method, with the technique of ordinal cluster analysis, from indexes proposed in the literature, to verify the financial condition of the municipalities of Pernambuco in the years 2019 and 2020, the latter being the year of the biggest health crisis in recent years. The results showed the most relevant and decisive indices for this study and confirmed the importance of dividing the municipalities according to their population, since it was possible to verify that the smaller the number of inhabitants of a municipality, the greater its dependence on external resources from the state government and federal. They mainly presented significant variations in the municipal financial condition from 2019 to 2020.

Keywords: municipal financial condition; public expenditures; multicriteria decision; PROMETHEE; cluster analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1 - | Definição da condição financeira..... | 20 |
| Figura 2 - | Estruturas da MCDA com abordagem de clusterização... | 37 |
| Figura 3 - | Classificação da pesquisa em engenharia de produção.. | 49 |
| Figura 4 - | Curso de execução geral da pesquisa..... | 50 |
| Figura 5 - | Configurações dos clusters para K partições..... | 66 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-------------|---|----|
| Quadro 1 - | Indicadores de Brown..... | 27 |
| Quadro 2 - | Relações de preferência..... | 30 |
| Quadro 3 - | Funções básicas de preferência..... | 33 |
| Quadro 4 - | Termos de busca..... | 41 |
| Quadro 5 - | Resumo das pesquisas na área de análise de condição financeira municipal..... | 45 |
| Quadro 6 - | Alternativas da pesquisa e grupo populacional relativo..... | 54 |
| Quadro 7 - | Resultado da partição ordenada $K=5$, do Grupo 1..... | 69 |
| Quadro 8 - | Resultado da partição ordenada $K=5$, do Grupo 2..... | 70 |
| Quadro 9 - | Resultado da partição ordenada $K=5$, do Grupo 3..... | 71 |
| Quadro 10 - | Resultado da partição ordenada $K=5$, do Grupo 4..... | 73 |
| Quadro 11 - | Resultado da partição ordenada $K=5$, do Grupo 5..... | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabela 1 - | Índice de consistência..... | 61 |
| Tabela 2 - | Pesos dos critérios..... | 62 |
| Tabela 3 - | Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 1..... | 63 |
| Tabela 4 - | Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 2..... | 63 |
| Tabela 5 - | Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 3..... | 64 |
| Tabela 6 - | Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 4..... | 64 |
| Tabela 7 - | Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 5..... | 65 |
| Tabela 8 - | Melhor partição ordenada para os anos de 2019 e 2020. | 68 |
| Tabela 9 - | Matriz confusão Grupo 1 para K=5, no ano de 2019..... | 76 |
| Tabela 10 - | Matriz confusão Grupo 1 para K=5, no ano de 2020..... | 76 |
| Tabela 11 - | Matriz confusão Grupo 2 para K=5, no ano de 2019..... | 77 |
| Tabela 12 - | Matriz confusão Grupo 2 para K=5, no ano de 2020..... | 77 |
| Tabela 13 - | Matriz confusão Grupo 3 para K=5, no ano de 2019..... | 78 |
| Tabela 14 - | Matriz confusão Grupo 3 para K=5, no ano de 2020..... | 78 |
| Tabela 15 - | Matriz confusão Grupo 4 para K=5, no ano de 2019..... | 79 |
| Tabela 16 - | Matriz confusão Grupo 4 para K=5, no ano de 2020..... | 79 |
| Tabela 17 - | Matriz confusão Grupo 5 para K=5, no ano de 2019..... | 80 |
| Tabela 18 - | Matriz confusão Grupo 5 para K=5, no ano de 2020..... | 80 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| ACP | Análise de componentes principais |
| AHP | Analytic Hierarchy Process |
| DEA | Análise Envoltória de Dados |
| ELECTRE | Elimination et Choix Traduisant la réalité |
| FAHP | Fuzzy Analytic Hierarchy Process |
| FUNDEB | Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IFGF | Índice Firjan de Gestão Fiscal |
| IQM | Índice de qualidade municipal |
| LDO | Lei de Diretrizes Orçamentárias |
| LOA | Lei Orçamentária Anual |
| LRF | Lei de Responsabilidade Fiscal |
| MAUT | Multi – Attribute Utility Theory |
| MCASP | Manual de contabilidade ao setor público |
| MCDA | Multi- Criteria Decision Analysis |
| MDCA | Multicriteria Decision Analysis |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PPA | Plano Plurianual |
| PROMETHEE | Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation |
| ROC | Rank Order Centroid |
| SICONFI | Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro |
| SSM | <i>Soft Systemss Metodology</i> |
| STN | Secretaria do Tesouro Nacional |
| UFPE | Universidade Federal de Pernambuco |

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | Justificativa..... | 16 |
| 1.2 | Objetivos do trabalho..... | 17 |
| 1.2.1 | <i>Objetivo geral.....</i> | 17 |
| 1.2.2 | <i>Objetivos específicos.....</i> | 17 |
| 1.3 | Estrutura do trabalho..... | 17 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 19 |
| 2.1 | Condição financeira e administração pública orçamentária..... | 19 |
| 2.1.1 | <i>Condição financeira.....</i> | 19 |
| 2.1.2 | <i>Administração pública orçamentária.....</i> | 21 |
| 2.1.2.1 | <i>Sistema de planejamento orçamentário brasileiro.....</i> | 21 |
| 2.1.2.2 | <i>Lei de responsabilidade fiscal.....</i> | 22 |
| 2.2 | Avaliação de desempenho e indicadores..... | 22 |
| 2.2.1 | <i>Indicadores de Brown.....</i> | 24 |
| 2.3 | Metodologia multicritério..... | 29 |
| 2.3.1 | <i>Método PROMETHEE II.....</i> | 32 |
| 2.4 | Análise de cluster..... | 35 |
| 2.4.1 | <i>Clusterização ordinal.....</i> | 36 |
| 3 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 40 |
| 3.1 | Metodologia..... | 40 |
| 3.2 | Artigos que abordam o contexto da análise de condição financeira municipal..... | 42 |
| 3.2.1 | <i>Artigos obtidos pela pesquisa na plataforma google academics</i> | 42 |
| 3.2.2 | <i>Artigos obtidos pela pesquisa na plataforma SCOPUS.....</i> | 47 |
| 4 | METODOLOGIA..... | 49 |
| 4.1 | Caracterização da pesquisa..... | 49 |
| 4.2 | Delineamento da pesquisa..... | 50 |
| 4.2.1 | <i>Primeira etapa.....</i> | 52 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 4.2.1.1 | <i>Pesquisa teórica e seleção dos indicadores.....</i> | 52 |
| 4.2.1.2 | <i>Estabelecimento das alternativas.....</i> | 53 |
| 4.2.2 | <i>Segunda etapa.....</i> | 56 |
| 4.2.2.1 | <i>Escolha do método.....</i> | 56 |
| 4.2.2.2 | <i>Elaboração do questionário.....</i> | 56 |
| 4.2.2.3 | <i>Coleta de dados.....</i> | 56 |
| 4.2.2.4 | <i>Identificação do decisor.....</i> | 57 |
| 4.2.3 | <i>Terceira etapa.....</i> | 57 |
| 4.2.3.1 | <i>Entrevista ao decisor.....</i> | 57 |
| 4.2.3.2 | <i>Estabelecimento de pesos.....</i> | 58 |
| 4.2.3.3 | <i>Aplicação do método e análise dos resultados.....</i> | 59 |
| 5 | PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO..... | 61 |
| 5.1 | Aplicação do método multicritério com abordagem de clusterização ordenada..... | 61 |
| 5.1.1 | <i>Determinação da matriz de preferência.....</i> | 63 |
| 5.1.2 | <i>Resultados.....</i> | 65 |
| 5.1.2.1 | <i>Análise das partições ordenadas K.....</i> | 65 |
| 5.1.2.2 | <i>Diagnóstico da condição financeira para o grupo 1 de cidades.....</i> | 68 |
| 5.1.2.3 | <i>Diagnóstico da condição financeira para o grupo 2 de cidades.....</i> | 70 |
| 5.1.2.4 | <i>Diagnóstico da condição financeira para o grupo 3 de cidades.....</i> | 71 |
| 5.1.2.5 | <i>Diagnóstico da condição financeira para o grupo 4 de cidades.....</i> | 72 |
| 5.1.2.6 | <i>Diagnóstico da condição financeira para o grupo 5 de cidades.....</i> | 73 |
| 5.1.3 | <i>Matrizes de confusão e análise de desempenho dos métodos FAHP e ROC.....</i> | 75 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 81 |
| 6.1 | Limitações e propostas para trabalhos futuros..... | 82 |
| | REFERÊNCIAS..... | 84 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA..... | 95 |
| | APÊNDICE B - PASSOS PARA O CÁLCULO DOS PESOS E DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA (RC)..... | 102 |
| | ANEXO A – ALGORITMO UTILIZADO NO ESTUDO..... | 107 |

1 INTRODUÇÃO

No início da década de 90 com a redemocratização do país, houve uma reformulação na Constituição Federal e com isso, a gestão pública no Brasil começou a ganhar novas formas principalmente pela descentralização da administração pública e inserção da participação da sociedade no controle da ação governamental (AMORIM, 2014).

Neste contexto, a população passou a ser mais ativa na fiscalização dessas ações exigindo uma melhor atuação pública. Consequentemente, foram criadas normas para nortear os gestores fiscais a prevenir riscos que afetariam o equilíbrio financeiro, um exemplo é a Lei Complementar nº101/2000 ou Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) (BRASIL, 2000).

Porém, a maioria dos municípios brasileiros tem uma baixa capacidade de arrecação e desta forma, depende diretamente das transferências do Estado e da União, sendo difícil esta prevenção (DANTAS et. al, 2019). De acordo com o Índice Firjan de Gestão Fiscal 2019, 34,8% das prefeituras brasileiras não geram receita suficiente para a manutenção da estrutura administrativa, sendo a folha de pessoal responsável por 54% da receita.

Conforme Pitangueira (2021), muitos municípios brasileiros têm passado por constantes desequilíbrios financeiros agravados pela recessão econômica de 2015/2016 e pela pandemia em 2020, COVID-19, que exigiu uma grande intervenção nas contas públicas, com o uso das reservas de emergência a fim de possibilitar a criação de políticas de auxílio financeiro, a construção de hospitais de campanha, campanhas de vacinação, entre outras medidas, ou seja, assegurando as obrigações básicas do governo para com a população (RAMALHO, 2020).

Fujiwara, Chropacz e Offmann (2020), complementam que no Brasil, principalmente em municípios pequenos se já havia conflito em acordar os recursos arrecadados com as demandas da população por bens e serviços públicos, o isolamento social e as restrições de circulação tiveram alto impacto nas receitas e nas despesas.

O cenário durante e após uma crise econômica exige uma avaliação detalhada das contas públicas, senão, podem gerar aumento de desemprego, falência de empresas e estagnação de investimentos (BRASIL, 2000).

Conforme Oliveira (2019) apud Azevedo (2016), os gestores precisam identificar as áreas que mais demandam da alocação dos recursos públicos para assim atender as necessidades sociais e econômicas da população, e para isso, é fundamental levantar um diagnóstico da situação financeira real do município utilizando índices que servem como ferramenta administrativa para tomada de decisão.

Diante de uma alta quantidade de critérios as decisões se tornam mais complexas exigindo a aplicação de métodos para trazer mais clareza e transparência ao processo decisório. Os métodos de decisão multicritério tem sido amplamente aplicados a diversas problemáticas, entre essas aplicações observa-se a utilização relacionada a estudos sobre indicadores de desempenho (THOMÉ et al., 2016).

A análise multicritério é de grande importância na avaliação do desempenho da gestão municipal, pois possibilita comparações, enquanto a análise de cluster agrupa um conjunto de dados heterogêneos em grupos com homogeneidade conforme um critério fixado. Segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), a análise de cluster acrescenta muitas informações importantes para a análise que poderiam não ser descobertas por outros meios.

Dentre os métodos multicritério aplicados na análise da gestão pública, diversos estudos utilizaram o PROMETHEE, pois evidencia a proposta mais favorável diante de um leque de opções disponíveis pelo desempenho das alternativas (COURA; CARVALHO E SOUSA, 2017).

Enquanto a técnica de análise de cluster é mais recente para áreas de investimento, economia e financeira. Nesta pesquisa, será utilizada a análise de cluster ordinal, uma vez que existe a necessidade na pesquisa em agrupar as cidades conforme uma ordem de classificação de acordo com a condição financeira.

Por fim, o trabalho proposto tem como objetivo auxiliar os gestores municipais do estado de Pernambuco acerca da condição financeira, utilizando uma abordagem baseada na associação do método multicritério, PROMETHEE e na análise de cluster ordinal, do modelo proposto por Smet et. al (2012), para melhor compreensão do processo de análise financeira municipal.

1.1 Justificativa

Observando a desigualdade econômica e social, iniciaram-se debates a respeito do uso eficiente de recursos públicos, motivando a criação de indicadores de desenvolvimento para avaliação da qualidade do crescimento econômico, assim como, os resultados de políticas públicas e sociais (LINHARES, 2019).

A avaliação da saúde financeira municipal é muito importante, principalmente no cenário de crise econômica que diversas cidades brasileiras vêm apresentando nos últimos anos (MORAIS, 2018). A COVID-19 influenciou diretamente nas receitas e despesas de todos os entes. Municípios que já tinham dificuldade de gerenciar seus recursos foram fortemente impactados (FUJIWARA, CHROPACZ E OFFMANN, 2020).

Segundo Ribeiro (1997), a grande maioria dos municípios brasileiros não tem condições técnicas de medir a eficiência financeira devido a gama de dados presentes no setor público, pela falta de capacitação técnica, pelo sistema de informação contábil não ser orientado para fornecer as informações desta finalidade e à tendência do gestor não mensurar a sua própria eficiência, pois o resultado poderia ser uma ameaça para pretensões políticas.

Além disso, conforme Diniz, Macedo e Corrar (2012), existem poucas pesquisas que abordam a eficiência financeira na Administração Pública Municipal no Brasil. Dessa forma, estudos na área mostram-se substanciais.

Principalmente, na região Nordeste, que sofre limitação na capacidade de suprimento de bens públicos e oportunidades de desenvolvimento, pois seus municípios dependem dos repasses de receitas do poder central (CASTRO E VIDAL, 2011).

A justificativa deste estudo tem como principal fundamento a entrega de informações aos gestores municipais, do estado de Pernambuco, presente na região Nordeste, com o intuito de auxiliar na tomada de decisão de ações públicas e no planejamento governamental, possibilitando uma melhor análise das áreas que mais demandam de recursos, e assim, promover melhorias na ação dos municípios, na garantia dos direitos básicos da população e na qualidade do serviço público prestado a sociedade. Além de gerar avanços na pesquisa sobre Administração Pública, contribuindo para o adensamento do arcabouço teórico acerca da avaliação de desempenho no setor público.

1.2 Objetivos do trabalho

Esta seção integra o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

Propor um modelo para a avaliação da condição financeira das cidades do estado de Pernambuco utilizando uma associação da modelagem multicritério com a análise de cluster e realizar o comparativo da situação financeira dos municípios nos anos de 2019 e 2020.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar os principais conceitos associados ao estudo de condição financeira dos municípios, administração pública orçamentária e análise de cluster;
- Realizar uma revisão da literatura com o intuito de apresentar os principais métodos e abordagens na utilização de clusters e na avaliação da condição financeira de municípios;
- Estruturar um modelo de decisão multicritério para analisar as consequências das decisões do decisor, em virtude da condição financeira do município, ajustado para considerar a diferenciação existente entre esses entes.
- Apresentar uma análise acerca do agrupamento das cidades do estado de Pernambuco em relação a condição financeira nos anos de 2019 e 2020;
- Realizar um comparativo da condição financeira, discutindo a posição final dos municípios pernambucanos dos anos de 2019 e 2020.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em 5 capítulos, a discursão de cada segue abaixo:

- O capítulo 1, Introdução, apresenta os aspectos introdutórios da pesquisa, de forma a contextualizar o assunto, seguido da justificativa para o

desenvolvimento do trabalho e sua relevância, além da descrição dos objetivos gerais e específicos que se deseja alcançar;

- O capítulo 2, apresenta a fundamentação teórica. Se Subdivide em tópicos que tratam dos temas relacionados a esta pesquisa, são eles: condição financeira e administração pública orçamentária, avaliação de desempenho e indicadores da gestão financeira, a metodologia multicritério, análise de cluster. Os tópicos foram elaborados com base na literatura disponível, de forma que forneça uma boa base conceitual;
- O capítulo 3, da literatura acerca dos trabalhos com temas relacionados à análise da condição financeira municipal;
- No capítulo 4, é descrita a metodologia utilizada na dissertação. Definem-se também a caracterização que melhor consolida a sua estrutura, assim como, o delineamento da pesquisa, de forma que possibilite o entendimento da realização da pesquisa;
- O capítulo 5, aponta os resultados da pesquisa obtidos a partir da aplicação do método proposto aos municípios do estado de Pernambuco, assim como uma comparação entre os anos de 2019 e 2020;
- Por último, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões, limitações, perspectivas para futuros trabalhos e impactos sociais do trabalho.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas que embasam o trabalho, tal como apêndice e anexo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a base conceitual para o trabalho. Na seção 2.1, são explanados conceitos introdutórios acerca da condição financeira, da administração pública, do sistema de planejamento orçamentário brasileiro e da lei de responsabilidade fiscal; na seção 2.2 é discutida a avaliação do desempenho e indicadores para análise financeira, na qual são apresentados os indicadores de Brown; na seção 2.3 são abordados conceitos de decisão multicritério, principalmente o método PROMETHEE, e por fim, na 2.4 conceitos de análise de cluster, dando enfoque para o cluster ordinal.

1.1 Condição financeira e administração pública orçamentária

Estudos sobre a condição financeira iniciaram na década de 70 quando foram divulgadas informações a respeito das dificuldades econômicas de cidades estadunidenses, no entanto, apenas em 1990, que medidas de monitoramento financeiro passaram a ser implementadas (LIMA E DINIZ, 2016).

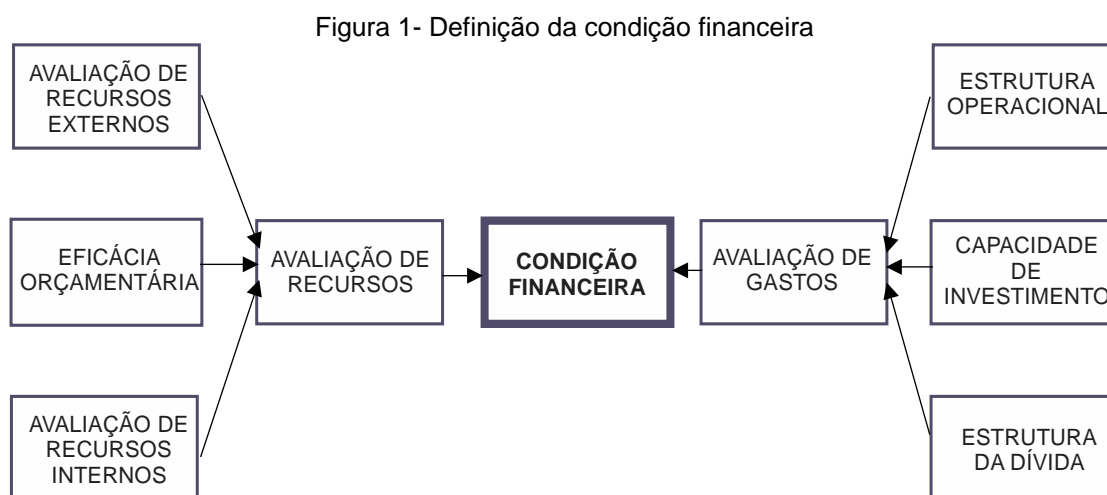
2.1.1 Condição financeira

Condição financeira pode ser estabelecida como a viabilidade que um governo tem de controlar suas obrigações financeiras, e isso, depende do nível de despesas demandadas e dos recursos disponíveis (MILLER, 2001). Beauregard (1998) complementa que a situação financeira de um município representa a sua capacidade em captar receita satisfatória para arcar com suas responsabilidades presentes e futuras.

Para Wang, Dennis e Tu (2007), é a habilidade de uma organização cumprir suas obrigações financeiras dentro de um prazo estabelecido abrangendo as seguintes dimensões: solvência de caixa, é o ato de gerar receitas; solvência orçamentária, quando gera receitas além do orçamento planejado para o período; solvência de longo prazo, é o pagamento de todos os custos a longo prazo; e solvência em nível de serviços, é o fornecimento de serviços de educação, saúde, segurança e bem-estar, requeridos pelos cidadãos.

Como apresentado acima, dentro da literatura diversos autores conceituam

condição financeira, porém eles convergem para a mesma ideia, a qual devem-se combinar recursos externos, internos e eficácia orçamentária com disponibilidade para investimentos, equilíbrio entre receita e despesas e gastos assumidos no passado, que foram apresentados por Groves e Valente (1964), Ladd e Yinger (1991), Berne e Schramm (1986), Mead (2000), Petro (1998), Brown (1993) e Stallings (1978) (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Miller (2001).

Podemos definir então, a partir da Figura 1, condição financeira como o resultado financeiro após uma avaliação de suas fontes de recursos e gastos.

- 1) A avaliação de recursos, é composta pelos seguintes elementos:
 - a. recursos internos e externos, são insumos utilizados nas ações governamentais, responsáveis por trazer impacto à sociedade; e
 - b. a eficiência orçamentária, é o equilíbrio nas contas.
- 2) Avaliação de gastos, é a combinação:
 - a. da estrutura da dívida, subsiste a partir do déficit não coberto pelas receitas e a busca por recursos com terceiros, dentro dos limites estabelecidos por lei (HERBER, 1983);
 - b. da capacidade de investimento, sinalizador do comprometimento e da capacidade dos municípios em planejar, governar e alterar a realidade (GALDINO, 2012); e
 - c. estrutura operacional, relativa ao *status* do equilíbrio orçamentário no âmbito dos resultados de previsão e execução, e à solvência

orçamentária, relativa às reservas financeiras e liquidez (LIMA E DINIZ, 2016).

2.1.2 Administração pública orçamentária

A administração pública gerencia os bens de todos os setores e atividades administrativas desenvolvidas pelo governo (MARX, 1968). No Brasil, ela é orientada por normas e leis instituídas na Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988 e outras leis, como a Lei 4.320/64, Lei de Orçamento e na Lei de Responsabilidade Fiscal.

Ainda assim, é necessário um sistema de controle para promover maior transparência, alocar os recursos da melhor forma e apoiar os administradores nas tomadas de decisão visando alcançar os objetivos e metas prefixados pelos gestores, principalmente considerando a instabilidade econômica brasileira (GERIGK; CLEMENTE E RIBEIRO, 2013).

No Brasil, o sistema de planejamento orçamentário é o responsável por determinar formas de controle dos gastos públicos e garantir a supervisão das atividades do governo.

2.1.2.1 Sistema de planejamento orçamentário brasileiro

O Sistema de planejamento orçamentário brasileiro é composto por três ferramentas regidas pela CF, pela Lei nº 4.320/1964, são elas:

- a) O Plano Plurianual (PPA), estabelecido pelo art. 165 da Constituição Federal de 1988, é elaborado no primeiro ano de mandato e apresenta os objetivos e as metas da administração pública (PAULO E ALEXANDRINO, 2015)
- b) A Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), é elaborado anualmente, reconhecido por ser um planejamento de curto prazo que tem o objetivo de determinar prioridades com a finalidade que elas recebam os recursos financeiros para execução do planejado. Servirá de base para elaboração da LOA (CAVALCANTE, 2012).

- c) A Lei Orçamentária Anual (LOA), realizada com base no PPA e na LDO, indica como o planejamento deve ser executado, são previstas as receitas e fixadas as despesas para o ano em exercício (PRUX, BALSAN E MOURA, 2012).

Os valores anuais determinados pela LOA para os municípios variam conforme sua população e são repassados de acordo com o Tribunal de Contas da União (2008) como recursos, por exemplo, o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB). Além disso, os municípios recebem também a receita tributária municipal ou receita própria.

2.1.2.2 *Lei de responsabilidade fiscal*

Com o objetivo de fortalecer o processo orçamentário, e conseqüentemente, uma estabilidade nas dívidas públicas, o governo brasileiro incorporou ao seu sistema uma nova ferramenta administrativa, a Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF, que procura assegurar o equilíbrio das finanças públicas por meio do estabelecimento de restrições para despesas e endividamento (MORA, 2016; PELICIOLI, 2000). A LRF também se preocupa com o orçamento geral, determinando normas para sua construção, aplicação e análise (GIUBERTI, 2005).

Segundo Lima e Diniz (2016), o orçamento público é um método de planejamento de ações que deve buscar garantir o atendimento das necessidades da população. Sendo assim, mensurar o desempenho dos municípios é imprescindível, para isso, são utilizados indicadores que reconhecem a situação financeira municipal, assunto abordado a seguir.

2.2 Avaliação de desempenho e indicadores

“Os indicadores de desempenho são grandezas que possibilitam a comparação de metas numéricas preestabelecidas com os resultados alcançados” (SILVA, LEAL E FERREIRA, 2011). Secchi (2013), afirma que os indicadores são recursos criados para medir *input* (recurso utilizado em um processo), *output* (produto ou valor gerado por um processo) e *outcome* (resultado – efeito da política pública sobre os seus destinatários), desta forma, proporcionam visão dos resultados do negócio e de cada área específica assessorando o processo decisório (BREITENBACH, ALVES E

DIEHL, 2010).

De acordo com Gitman (1997), a escolha dos índices para análise financeira de uma entidade depende das suas necessidades e objetivos e deve ser realizada com base nas suas demonstrações contábeis. Desta forma, ele faz algumas recomendações: a) o uso de mais de um único índice para obter informações suficientes para julgar o empenho da instituição; b) no comparativo com outras instituições, verificar se os dados foram coletados no mesmo período; e c) se utilizaram os mesmos critérios, observar que tratamentos contábeis diferentes podem distorcer os resultados.

No âmbito do setor público Gapinski et al. (2010), defende que os indicadores revelam relações de gastos e investimentos do poder público com aspectos selecionados as funções básicas do governo, visando evidenciar as relações de causa e efeito.

Ainda no contexto do setor público, os indicadores são fundamentados na identificação e dimensionamento dos resultados alcançados e metas traçadas, na averiguação da qualidade dos serviços fornecidos e na eficiência da ação governamental (MORA, 2019; ZHONGHUA E YE, 2012). O uso de indicadores auxilia na identificação e avaliação de questões da realidade social, como acesso à educação, a saúde, as condições de moradia, entre outros (MARRA, 2013), e assim, conduzem os decisores a iniciação, continuidade, correção ou suspensão de uma determinada política ou programa.

Para avaliações de modo geral, existem modelos previamente formulados que utilizam um conjunto de indicadores pré-estabelecidos para obter os resultados ao qual cada método é orientado.

Um exemplo, é o FIRJAN (IFGF), com a finalidade de analisar a capacidade de pagamento pela classificação da situação fiscal associada ao risco de crédito e pelo enquadramento da operação de acordo com sua correspondente situação fiscal.

A pontuação que cada cidade pode atingir varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1, melhor a gestão fiscal para o ano em observação. Os índices são divididos em quatro conceitos: Conceito A (gestão de excelência), resultados superiores a 0,8 pontos; B (boa gestão), entre 0,6 e 0,8; C (gestão em dificuldade), entre 0,4 e 0,6 e conceito D (gestão crítica), inferiores a 0,4 (FIRJAN, 2017).

Ainda conforme o FIRJAN (2017), a pontuação é baseada nos indicadores: Receita Própria, Gastos com Pessoal, Investimentos, Liquidez e o Custo da Dívida.

Diante desses elementos, foram definidos quatro fatores financeiros básicos para uma cidade: receita, despesa, estrutura operacional e estrutura da dívida, que servem de base para diversos modelos de análise financeira.

Na escolha de indicadores financeiros públicos, é necessária a observação da Lei 4.320/64, pois ela evidencia informações básicas que devem compor a análise, como dados relacionados ao balanço orçamentário, balanço financeiro, balanço patrimonial e variações patrimoniais, definidas a seguir.

De acordo com a Lei 4.320/64, art. 102: “O Balanço Orçamentário demonstrará as receitas e despesas previstas em confronto com as realizadas”. Ainda conforme a Lei 4.320/64, art. 103: “O Balanço Financeiro demonstrará a receita e despesa orçamentárias, bem como os recebimentos e os pagamentos de natureza extra-orçamentária, conjugados com os saldos em espécie provenientes do exercício anterior, e os que transferem para o exercício seguinte”. Ou seja, ele permite observar o resultado financeiro do exercício e o saldo em espécie que se transfere para o exercício seguinte.

O Balanço Patrimonial é o demonstrativo contábil constituído pelo ativo (bens e direitos) e o passivo (compromisso com terceiros), por meio das variações patrimoniais é possível observar as alterações sofridas pelo patrimônio durante o decorrer de um período, indicando os recursos financeiros obtidos e os aplicados nas diversas atividades executadas pela administração. Nesse contexto, o art. 104 da Lei nº. 4.320/64, afirma: “[...] a demonstração das Variações Patrimoniais evidenciará as alterações verificadas no patrimônio, resultantes ou independentes da execução orçamentária, e indicará o resultado patrimonial do exercício”.

A seguir, são apresentados os indicadores para aplicação na análise da gestão pública, utilizados nesta pesquisa.

2.2.1 Indicadores de Brown

De acordo com Lima (2016), o modelo de Brown (1993) é o mais utilizado para análise de condição financeira, ele identifica dez indicadores importantes e é indicado para avaliações de curto prazo e para municípios com até 100.000 habitantes, divididos em 4 subgrupos, por motivos de economia de escala e outras características que diferenciam cidades por causa do tamanho da sua população. Alguns autores que utilizaram os indicadores de Brown (1993) em pesquisas no Brasil foram, Oliveira

(2019), Moraes (2018) e Diniz, Macedo e Corrar (2011), apresentados no Quadro 5.

O método é composto por três passos: 1) Cálculo dos 10 indicadores, são de mesma importância; 2) Atribuição de notas, dividindo a classificação em quartis a cada município, respeitando a escala, crescente ou decrescente; e 3) É atribuído um escore para cada indicador, que depois são somados resultando em escore geral, determinando em qual grupo o município será enquadrado: para escore de 10 ou mais, condição entre as melhores, de 5 a 9, condição financeira melhor que a maioria, no intervalo de 1 a 4, possuem condição na média, entre -4 e 0, são piores que a maioria, e por fim, para escores de -5 ou menos, estão entre as piores. Os índices de brown são apresentados na Quadro 1.

É importante conceituar primeiramente, alguns termos orçamentários importantes para compreensão desta pesquisa e dos indicadores de Brown (1993) apresentados no Quadro 1. Estes conceitos são descritos a seguir, conforme a Lei 4.320/64, a LRF e ao manual de contabilidade ao setor público (MCASP, 2019):

De acordo com a Lei 4.320/64, no art. 11º, inciso 1: “São Receitas Correntes as receitas tributária, de contribuições, patrimonial, agropecuária, industrial, de serviços e outras e, ainda, as provenientes de recursos financeiros recebidos de outras pessoas de direito público ou privado, quando destinadas a atender despesas classificáveis em Despesas Correntes.”

Enquanto no art. 12º, inciso 2, são classificadas as transferências correntes como “as dotações para despesas as quais não corresponda contraprestação direta em bens ou serviços, inclusive para contribuições e subvenções destinadas a atender à manutenção de outras entidades de direito público ou privado.”

Também é importante conceituar o superávit financeiro, o qual entendesse no art. 41º, inciso 2, como “a diferença positiva entre o ativo financeiro e o passivo financeiro, conjugando-se, ainda, os saldos dos créditos adicionais transferidos e as operações de crédito a eles vinculadas”

Na Lei 4.320, também é descrita a dívida consolidada, no art. 98: “A dívida consolidada compreende os compromissos de exigibilidade superior a doze meses, contraídos para atender a desequilíbrio orçamentário ou a financeiro de obras e serviços públicos”.

Outras definições importantes que constam na lei 4.320/64, estão no art. 57, “Receita orçamentária, todas as receitas arrecadadas, inclusive as provenientes de operações de crédito, ainda que não previstas no Orçamento”; e no art. 11, parágrafo

2: “Receitas de Capital são as provenientes da realização de recursos financeiros oriundos de constituição de dívidas; da conversão, em espécie, de bens e direitos; os recursos recebidos de outras pessoas de direito público ou privado”. A lei 4.320/64 distingue, ativo financeiro aquele que compreende os créditos e valores realizáveis independentemente de autorização orçamentária; ativo permanente corresponde aos bens, créditos e valores, cuja mobilização ou alienação dependa de autorização legislativa; passivo financeiro engloba as dívidas fundadas e outros pagamentos que independa de autorização orçamentária; e passivo permanente contém as dívidas fundadas e outras que dependam de autorização legislativa para amortização ou resgate.

Pela Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), no art. 1º, caput IV, receita corrente líquida é o: “somatório das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, industriais, agropecuárias, de serviços, transferências correntes e outras receitas também correntes”. A LRF, complementa no art. 2º, inciso 3: “ A receita corrente líquida será apurada somando-se as receitas arrecadadas no mês em referência e nos onze anteriores, excluídas as duplicidades.” Desta forma, observa-se que sobre ela é que serão calculados os percentuais de gasto de pessoal, de despesas previdenciárias, de serviços de terceiros, da reserva de contingência e da dívida consolidada (JÚNIOR, 2011).

O Congresso Nacional (s/n), define despesa corrente, os “gastos de manutenção e funcionamento dos serviços públicos em geral que não contribuem, diretamente, para a formação ou aquisição de um bem de capital. São exemplos: vencimentos e encargos com pessoal, juros da dívida, compra de matérias-primas e bens de consumo, serviços de terceiros, manutenção de equipamentos, subvenções a entidades e transferência a entes públicos”. E despesa total é a despesa pública que consiste na utilização de recursos por entidades públicas na aquisição de bens ou serviços para a satisfação das necessidades públicas.

Por fim, conceituamos as obrigações fiscais a curto prazo que “compreende as obrigações das entidades com o governo relativas a impostos, taxas e contribuições com vencimento no curto prazo” e também as demais Obrigações a Curto Prazo que são “as obrigações da entidade junto a terceiros não inclusas nos subgrupos anteriores com vencimento no curto prazo, inclusive os precatórios decorrentes dessas obrigações” (MCASP, 2019).

Quadro 1 - Indicadores de Brown

| INDICADORES | | | RESULTADO ESPERADO |
|-------------|---|---|----------------------|
| | DESCRIÇÃO | FÓRMULA | |
| 1 | Receita per capita | $\frac{Receita\ total}{População}$ | Quanto maior, melhor |
| 2 | Representatividade da receita própria | $\frac{Receita\ corrente\ total - Transferências\ correntes}{Receita\ total}$ | Quanto maior, melhor |
| 3 | Participação das receitas de transferência | $\frac{Receita\ de\ transferências\ correntes}{Receita\ total}$ | Quanto menor, melhor |
| 4 | Participação dos gastos operacionais | $\frac{Despesa\ corrente}{Despesa\ total}$ | Quanto menor, melhor |
| 5 | Cobertura de despesas | $\frac{Receita\ total}{Despesa\ total}$ | Quanto maior, melhor |
| 6 | Recursos para cobertura de queda de arrecadação | $\frac{Superávit\ financeiro}{Receita\ total}$ | Quanto maior, melhor |
| 7 | Recursos para cobertura de obrigações de Curto Prazo | $\frac{Disponibilidades}{Obrigações\ de\ Curto\ da\ Prazo}$ | Quanto maior, melhor |
| 8 | Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de Curto Prazo | $\frac{Obrigações\ de\ Curto\ Prazo}{Receita\ Corrente\ Líquida}$ | Quanto menor, melhor |
| 9 | Dívida per capita | $\frac{Dívida\ consolidada}{População}$ | Quanto menor, melhor |
| 10 | Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | $\frac{Dívida\ consolidada}{Receita\ Corrente\ Líquida}$ | Quanto menor, melhor |

Fonte: Oliveira (2019) adaptado de Lima e Diniz (2016).

Os indicadores de Brown, são definidos a seguir:

- 1) **Receita per capita**, corresponde ao quociente da receita total com a população do município, um resultado alto revela a capacidade maior de obter rendimento adicional, desta forma, quanto maior, melhor será a condição financeira (BROWN, 1993).
- 2) **Representatividade da receita própria**, apresenta os recursos disponíveis e a renda de fontes próprias, os quais a cidade controla diretamente, em contraste com o que ela recebe de fontes externas, como as dos governos federais e estaduais. O índice, avalia o grau de independência que a cidade tem das fontes externas. Se o índice for baixo, a cidade possui grande dependência de outras esferas governamentais (DINIZ et. al, 2012).

- 3) **Participação das receitas de transferências**, uma taxa baixa mostra que a cidade não tem que confiar em transferências operacionais para financiar operações do governo geral no fundo geral, por isso que quanto menor mais favorável (BROWN, 1993).
- 4) **Participação dos gastos operacionais**, ressalta o quanto da despesa total é consumida pela despesa corrente. Um índice elevado comprova que o município tem uma margem pequena para ampliar os serviços prestados a população, ou seja, sua estrutura já consome quase todos os recursos disponíveis, impossibilitando novos investimentos. Desta forma, quanto menor for esta relação mais favorável será a situação financeira do município (DINIZ et. al, 2012), pois uma taxa baixa sugere que a infraestrutura está sendo mantido de forma adequada (BROWN, 1993).
- 5) **Cobertura de despesas**, é necessário examinar o equilíbrio orçamentário para definir a situação financeira de um município, conhecer se ele tem receitas suficientes para cobrir suas despesas. Desta forma, um índice maior favorece a um bom desempenho financeiro, caso contrário, as receitas são inferiores às despesas, e a situação será deficitária (DINIZ et. al, 2012).
- 6) **Recursos para cobertura de queda de arrecadação**, um alto resultado indica a presença de recursos que podem ser utilizados para superar uma escassez temporária de receitas (BROWN, 1993).
- 7) **Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo**, um índice alto sugere que existe no ente dinheiro suficiente para pagar obrigações de curto prazo (BROWN, 1993).
- 8) **Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo**, valores altos para dívidas de curto prazo, comprometem a eficácia orçamentária em um dado período, e assim, uma situação financeira desfavorável (DINIZ et. al, 2012), ou seja, um índice baixo evidencia que obrigações de curto prazo podem ser facilmente atendidas pelas receitas anuais (BROWN, 1993).
- 9) **Dívida per capita**, uma taxa baixa sugere a cidade tem a capacidade de reembolsar a sua dívida de longo prazo (BROWN, 1993).
- 10) **Comprometimento das receitas correntes com o endividamento**, é uma das taxas mais utilizadas, ela calcula o quanto da Receita Corrente Líquida está comprometida com o montante da dívida consolidada (DINIZ et. al, 2012), porque uma taxa baixa

sugere que a cidade é capaz de pagar suas obrigações de serviço da dívida no vencimento (BROWN, 1993).

A gestão fiscal é uma questão de crescente interesse da sociedade, tendo em vista que ela é encarregada do recolhimento e aplicação pelos governos dos recursos vindos da sociedade, como sua avaliação é complexa, métodos multicritérios são utilizados para dar apoio ao processo decisório. A metodologia multicritério é abordada a seguir.

2.3 Metodologia multicritério

Constantemente, as pessoas precisam tomar decisões tanto no dia-a-dia, quanto dentro das organizações, como a compra de um apartamento dentre diversas alternativas disponíveis. O comprador gostaria de um apartamento com boa localização, tamanho compacto, baixo custo e com excelente arborização. Todos esses atributos são critérios utilizados na decisão desta compra. Considerando que o apartamento mais barato não tenha a melhor localização, os critérios preço e localização são conflitantes. Desta forma, se o preço for um atributo determinante na compra do apartamento, o comprador pode não ter o apartamento mais bem localizado. Por outro lado, se uma boa localização é o mais importante, o comprador precisará investir em um apartamento mais caro. Essa é uma situação de tomada de decisão multicritério.

Isso vai de encontro ao que ocorre dentro da administração pública, uma vez que os gestores precisam tomar decisões diante da análise financeira, por exemplo, para qual área do município os recursos devem ser alocados? Como minimizar as despesas e aumentar a arrecadação? Como gerar maior índice de condição financeira? São indagações assim, que demandam da aplicação de métodos multicritério para obtenção da melhor solução, entre as disponíveis.

Um problema de decisão multicritério caracteriza-se pela escolha de uma alternativa baseada nas preferências de um decisor e nas variáveis de decisão (DE ALMEIDA, 2013). A análise de decisão multicritério tem o objetivo de construir ferramentas matemáticas e computacionais para auxiliar na decisão do melhor resultado dentro de um conjunto de alternativas, nas quais, cada situação tem uma problemática diferente, e com isso, um conjunto de métodos e modelagem matemática

específica (JERÔNIMO, 2013).

Os métodos multicritérios são ferramentas que permitem aos decisores avaliar um conjunto de alternativas considerando múltiplos critérios que são geralmente conflitantes entre si, elucidando a estrutura de preferência do decisor, além de considerar o desempenho das alternativas em cada critério estabelecido, uma vez que, cada objetivo está associado a um critério (ALMOGHATHAWI et al., 2017).

O método de decisão multicritério deve ser escolhido levando em conta umas séries de fatores como os tipos de problemáticas. A problemática é a forma de classificar o tipo de problema de decisão baseado na maneira como o decisor pretende ter uma decisão comparativa sobre um conjunto de alternativas. Roy (1996) apresenta quatro tipos de problemáticas que são:

- Problemática de Escolha (**P.α**): Informa ao decisor qual a ação representa melhor seus objetivos, indicando um subconjunto de alternativas;
- Problemática de Classificação (**P.β**): Estabelece um conjunto de ações que pertence a cada uma das categorias que foram predeterminadas;
- Problemática de Ordenação (**P.γ**): Ordena as alternativas;
- Problemática de Descrição (**P.δ**): Apoiar decisões por meio de descrição das ações e suas consequências.

Segundo De Almeida (2013), um dos elementos básicos em decisão multicritério é o sistema de preferências, pois este considera a estrutura de preferências do decisor. Através da modelagem de preferências, pode-se representar a estrutura de preferências do decisor em relação às consequências, na análise do problema de decisão. Neste contexto, as relações binárias são utilizadas para estabelecer um conjunto de pares ordenados. Estas relações são comumente denominadas de relações de preferências e estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Relações de preferência

| RELAÇÃO | DESCRIÇÃO |
|----------------------------|---|
| INDIFERENÇA | Corresponde à existência de razões claras para o decisor, que justificam equivalência entre dois elementos. |
| PREFERÊNCIA ESTRITA | Corresponde à existência de razões claras p/ o decisor, que justificam a preferência significativa em favor de um dos dois elementos. |
| PREFERÊNCIA FRACA | Corresponde à existência de razões claras para o decisor, que invalidam a preferência estrita em favor de um dos dois elementos, mas essas razões são insuficientes para distinguir, seja uma preferência |

| | |
|---------------------------------|--|
| | estrita em favor do outro, seja uma indiferença entre esses dois elementos. |
| INCOMPARABILIDADE | Corresponde à ausência de razões claras para o decisor, que justificam quaisquer das três situações precedentes. |
| NÃO PREFERÊNCIA | Corresponde à ausência de situações claras para o decisor, para justificar a preferência estrita ou preferência fraca em favor de um dos elementos. Consiste numa situação de indiferença ou incomparabilidade, sem que seja capaz de diferenciar. |
| PRESUNÇÃO DE PREFERÊNCIA | Corresponde à existência de razões claras para o decisor, que justificam a preferência fraca, sem se preocupar quão fraca, em favor de um dos dois elementos. |
| SOBRECLASSIFICAÇÃO | Corresponde à existência de razões claras para o decisor, que justifiquem a preferência estrita ou presunção de preferência em favor de um dos dois elementos. |

Fonte: De Almeida (2013).

Os métodos MDCA podem ser compensatórios, quando uma consequência ruim em um critério pode ser compensada por uma boa em outro, ou não compensatórios, no qual o desempenho da alternativa depende apenas do grau de importância (peso) dos critérios (VINCKE, 1992). Desta forma, para aplicação do método de decisão multicritério é importante analisar o peso dos critérios, pois impactam sobre a diferenciação das alternativas (DE ALMEIDA *et al.*, 2016). A definição dos pesos dos critérios pode ser efetuada de forma direta, junto ao decisor, ou por metodologias de elicitación de preferências.

Na maioria dos MCDA, o vetor de pesos precisa ser elicitado de maneira que cada peso seja diferente de zero e a soma de todos seja igual a 1, ou seja, é necessário que o decisor entregue valores nítidos dos pesos, porém, em muitos casos, os decisores não conseguem fornecer esses dados (VETSCHERA, 2017), e assim, há uma preferência do uso da elicitación indireta sob a direta (ANGILELLA *et al.*, 2016), pois nela, é possível obter informações por meio da utilização de abordagens matemáticas e estatísticas, agregando uma maior liberdade ao decisor, podendo ele fornecer informações incompletas ou não ter, ou apenas definir uma ordem de importância (INFANTE, 2019).

Para a resolução de problemas que abrangem múltiplos critérios, existem diversos métodos tais como AHP, PROMETHEE, ELECTRE, MAUT. Destacam-se para análise do desempenho municipal os métodos de sobreclassificação (GOMES E

GOMES, 2014), esse destaque se dá, pois, esses métodos enfocam a análise comparativa através de rankings. Eles tem como o principal objetivo a construção de relações binárias que representem as preferências do decisor com base na informação disponível entre critérios com a comparação par a par entre as alternativas, neste caso, não se obtém um score das alternativas mediante seu desempenho em cada critério (LÉGER E MARTEL, 2002). Os principais métodos multicritério que utilizam a abordagem de sobreclassificação são os métodos da família ELECTRE, PROMETHEE, Qualiflex, Oreste e Melchior (ALMEIDA, 2013; GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004).

Benzadian et al. (2010) apresentaram em sua revisão, a grande aplicação do método PROMETHEE na área de gestão financeira, focando principalmente nos aspectos de gestão, medição de desempenho, e análise de investimento. Para este trabalho, foi adotado para a elicitación das preferências do decisor gerado pelo grau de sobreclassificação, o método PROMETHEE II, será apresentado no tópico seguinte.

2.3.1 Método PROMETHEE II

O método PROMETHEE tem muitas variantes que se diferenciam: pelo uso de alternativas infinitas, pela estrutura de preferência por intervalos e a consideração da hipótese de incomparabilidade (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004), por exemplo, o PROMETHEE II, considera a inexistência de incomparabilidade e utiliza um indicador denominado fluxo de superação líquido. O método verifica o nível de superação de uma alternativa em relação às outras (BEZERRA E CARVALHO, 2018), ou seja, ordena as alternativas e as compara para cada critério em pares, segundo uma função de preferência.

A ideia fundamental dessa abordagem é a definição do grau de sobreclassificação, $\pi(a_i, a_j)$ para cada par de alternativas a_i e a_j , refletindo a intensidade de preferência de a_i sobre a_j de acordo com todos os critérios (EDWARDS, 1977; CLEMENTE, DE ALMEIDA E DE ALMEIDA FILHO, 2015; BOUJELBEN, 2017).

O PROMETHEE II, se mostra importante para essa pesquisa, uma vez que é de fácil entendimento, potencializando a transparência no processo decisório, e por isso é muito utilizado em análises públicas (JANNUZZI, MIRANDA E SILVA, 2009).

A aplicação do método, exige alguns passos e procedimentos específicos, detalhados a seguir, com base em Gomes, Araya e Carignano (2004).

1) Definição da matriz de desempenho

A matriz apresenta o desempenho obtido por cada alternativa em relação a cada critério, para construí-la, o decisor precisa definir uma matriz contendo, n, alternativas e, m, critérios, e os pesos (W_j) relativos a cada um dos critérios, j.

2) Definição do tipo de função de preferência

As funções de preferências são utilizadas para avaliar se uma alternativa supera, ou não, outra, em determinado critério. No PROMETHEE existem seis formas básicas para as funções de preferência $P_j(x_i, x_k)$, expressas no Quadro 3.

Quadro 3 - Funções básicas de preferência

| CRITÉRIOS | | CONDIÇÕES | RESULTADOS |
|-----------|---|---|---|
| 1 | Critério Usual: Não há parâmetro a ser definido | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > 0$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq 0$ | $P_j(x_i, x_k) = 1$ $P_j(x_i, x_k) = 0$ |
| 2 | Quase critério: Define-se o parâmetro q | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > q$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq q$ | $P_j(x_i, x_k) = 1$ $P_j(x_i, x_k) = 0$ |
| 3 | Limiar de Preferência: Define-se o parâmetro p | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > p$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq p$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq 0$ | $P_j(x_i, x_k) = 1$ $P_j(x_i, x_k) = \frac{u_j(x_i) - u_j(x_k)}{p}$ $P_j(x_i, x_k) = 0$ |
| 4 | Pseudo critério: Definem-se os parâmetros q e p | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > p$ $q < u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq p$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq q$ | $P_j(x_i, x_k) = 1$ $P_j(x_i, x_k) = 1/2$ $P_j(x_i, x_k) = 0$ |
| 5 | Área de Indiferença: Definem-se os parâmetros q e p | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > p$ $q < u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq p$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq q$ | $P_j(x_i, x_k) = 1$ $P_j(x_i, x_k) = \frac{u_j(x_i) - u_j(x_k) - q}{(p - q)}$ $P_j(x_i, x_k) = 0$ |
| 6 | Critério Gaussiano: O desvio padrão deve ser fixado | $u_j(x_i) - u_j(x_k) > 0$ $u_j(x_i) - u_j(x_k) \leq 0$ | A preferência aumenta segundo uma distribuição normal ($P_j(x_i, x_k) = 0$) |

Fonte: A autora (2022) adaptado de Almeida (2013).

3) Cálculo das diferenças (δ_{ik})

Deve-se calcular as diferenças, δ_{ik} , quando no par, a primeira alternativa for superior a segunda em um critério, j . O cálculo é feito entre os critérios de cada um dos pares de alternativas, x_i e x_k . A expressão para calcular as diferenças (δ_{ik}) é:

$$\delta_{ik} = | u_j(x_i) - u_j(x_k) | \quad (1)$$

Sendo, $u_j(x_i)$, o desempenho que a alternativa, x_i , apresenta para o critério j , e $u_j(x_k)$, da alternativa (x_k), para o critério j .

4) Obter os valores das funções de preferência, $P_j(\delta_{ik})$

5) Cálculo do índice de preferência ($\pi(a_i, a_j)$)

O índice, $\pi(a_i, a_j)$, representa a preferência da alternativa, x_i , sobre a alternativa, x_k , considerando todos os critérios simultaneamente. Expresso pela equação:

$$\pi(a_i, a_j) = \frac{\sum_j w_j P_j(x_i, x_k)}{\sum_j w_j} \quad (2)$$

6) Cálculo dos fluxos de superação (Phi_i^+ e Phi_i^-)

Os fluxos de superação positivos, Phi_i^+ , expressa o quanto a alternativa, x_i , supera as outras, e os negativos, Phi_i^- , o quanto a alternativa, x_i , é superada pelas outras. O cálculo dos fluxos positivos e negativos, são determinados pelas equações, I e II, respectivamente:

$$Phi_i^+ = \sum \pi(a_i, a_j) \quad (3)$$

$$Phi_i^- = \sum \pi(a_i, a_j) \quad (4)$$

7) Cálculo do Fluxo de superação líquido (Phi_i)

Obtidos os valores de Phi_i^+ e Phi_i^- , são calculados os fluxos de superação líquido Phi_i de cada uma das alternativas. Ele representa a maior diferença entre o método PROMETHEE II e o I. O cálculo de Phi_i , é representado pela seguinte equação:

$$Phi_i = Phi_i^+ - Phi_i^- \quad (5)$$

Obtido o valor dos fluxos de superação líquido, é exposto um ranking ou ordenação das alternativas. Quanto maior o Phi_i de uma alternativa, melhor sua classificação

O PROMETHEE II, tem como objetivo a avaliação e comparação de alternativas de decisão, e assim, a comparação de desempenho entre organizações. Desta forma,

essa pesquisa, utilizou o método em conjunto com a análise de cluster para avaliar o desempenho de municípios dos estados de PE, nos anos de 2019 e 2020.

No algoritmo utilizado é considerado um conjunto de alternativas, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ e de critérios, $F = \{f_1, \dots, f_m\}$, onde assume-se que o modelo tem como entrada o número de clusters, K e uma matriz de preferência, π , onde, π_{ij} corresponde a intensidade de preferência da alternativa a_i sobre a alternativa a_j .

Conforme Smet et al (2012) ao considerar uma dada partição ordenada de A , são fornecidas informações sobre a atribuição das alternativas no cluster ordenado. Intuitivamente:

- Duas alternativas pertencentes ao mesmo cluster devem ser consideradas como indiferentes ou semelhantes. Portanto, seus valores de preferência mútua devem ser os mais baixos possíveis;
- Se uma alternativa a_i for atribuída a um cluster de classificação mais baixa do que outra alternativa a_j , a_i é considerada melhor que a_j , portanto, π_{ij} deve ser o mais baixo possível.

Entre todas as possíveis partições ordenadas de A , procura-se aquela mais compatível com as informações de preferência contidas em π . Em outras palavras, identifica-se a partição ordenada que minimiza as inconsistências em relação às duas condições anteriores. Podem existir dois tipos de inconsistências:

- $a_i \in C_m$ e $a_j \in C_l$, com $l > m$ enquanto $\pi_{ij} > 0$. Em um caso ideal, deve-se ter: $\pi_{ij} > 0$ e $\pi_{ji} = 0$.
- a_i e $a_j \in C_l$ enquanto $\pi_{ij} > 0$ ou $\pi_{ji} > 0$. Em um caso ideal, deve-se ter: $\pi_{ij} - \pi_{ji} = 0$.

2.4 Análise de cluster

Agrupar dados semelhantes é uma das características primitivas e básicas do ser humano, por exemplo, uma ida ao supermercado onde existe uma divisão de setores, e assim, o armazenamento dos mais variados produtos em cada um deles, ou, biólogos que classificam microorganismos nos grupos de bactérias, fungos, algas e vírus.

Porém, no cenário competitivo atual, é importante extrair conhecimento útil do conjunto de dados e para isso são utilizadas técnicas como regressão, classificação,

sumarização, modelo de dependência e clusterização (MORENO, 2020 apud TURBIN et al., 2005; KANTARDIZIC, 2020). Nesse estudo utilizou-se a técnica de clusterização.

De acordo com Quintal (2006), a clusterização é usada para descobrir uma estrutura nos dados sem uma explicação prévia, ou seja, apenas em função das informações existentes esperando que o resultado apresente clusters com significado e forneçam uma boa interpretação das características do grupo de forma que os objetos pertencentes a um mesmo cluster sejam o mais semelhantes possível e os pertencentes a clusters diferentes sejam o mais dissemelhantes possível.

Conforme Santana e Malinovski (2002), o processo de agrupamento envolve duas etapas. A primeira se refere à estimação da medida de dissemelhança entre os indivíduos e a segunda, à adoção de uma técnica de formação de grupos. Para esta, existe um número alto de métodos, dos quais, o pesquisador deve escolher o mais adequado ao seu objetivo, pois diferentes técnicas podem levar a diferentes soluções (SOUZA et al., 1997).

Há dois métodos para a análise de cluster: o hierárquico, que consiste em formar grupos conforme o número de observações da matriz, depois com o critério de similaridade obter apenas a formação de um único grupo, e o não hierárquico, que adiciona a priori o número de grupos desejável. Em ambos, os agrupamentos são formados de acordo com algum critério de dissimilaridade (JOHNSON E WICHERN, 2007).

Se destaca para esse trabalho a Clusterização Ordinal, abordada na seção a seguir.

2.4.1 Clusterização ordinal

A necessidade de uma abordagem de clusterização sob perspectiva de multicritério resultou no estudo de novos procedimentos (CAILLOUX, LAMBORAY E NEMERY, 2007), uma vez que a combinação das duas técnicas, permite obter grupos homogêneos de alternativas de acordo com vários critérios, pois, a análise multicritério agrega informações a respeito das preferências do decisor, e assim, é possível comparar as alternativas de uma forma mais significativa. Esses grupos, são denominados clusters, e são considerados desconhecidos a priori, isto é, não se tem nenhuma informação sobre eles (BOUJELBEN, 2017).

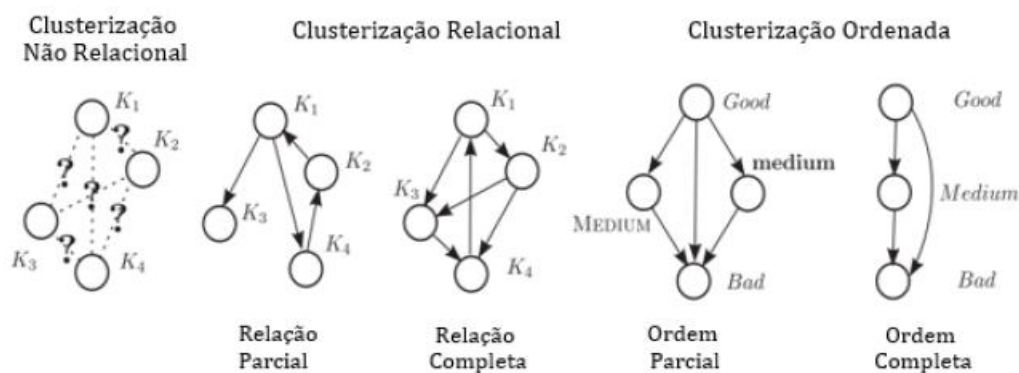
Os autores subdividem esses problemas MCDA em três tipos:

1) **Com abordagem de clusterização não relacional**, as alternativas indiferentes são agrupadas e separadas das que não são indiferentes (preferência estrita e incomparabilidade), ou seja, a abordagem se baseia na relação de indiferença.

2) **Com abordagem de clusterização relacional**, busca agrupar alternativas indiferentes, separando ao mesmo tempo, os grupos que são estritamente preferidos dos outros. Ou seja, essa abordagem tem o intuito de obter as relações entre estes grupos com base nas relações de incomparabilidade ou preferência estrita, e não apenas na relação de indiferença. É dividida em duas subclasses de acordo com as estruturas dos clusters: relação parcial e relação completa;

3) **Com abordagem de clusterização ordenada**, agrupa alternativas indiferentes, ao mesmo tempo que, separa os grupos estritamente preferidos, para que uma ordem entre eles seja encontrada. Nessa abordagem, também existem duas subclasses conforme os tipos de estruturas que podem ser encontradas: ordem parcial ou completa dos clusters.

Figura 2 - Estruturas da MCDA com abordagem de clusterização



Fonte: Meyer e Oleteanu (2013).

A abordagem utilizada nessa pesquisa, foi baseada no método desenvolvido por Smet et al. (2012), que propuseram um algoritmo para o problema de agrupamento multicritério ordenado, baseado na definição de uma matriz de inconsistências, assumindo que o número de grupos é definido a priori e utilizando apenas propriedades ordinais das relações de preferências entre os pares, com o objetivo de encontrar a partição ordenada. Eles defendem que a identificação de clusters pode ajudar na decisão para identificar perfis ou protótipos, mas técnicas de agrupamento ordenado por múltiplos critérios podem oferecer uma nova perspectiva onde rankings

são considerados.

A matriz de inconsistências (I) possibilita a identificação de todos que não são compatíveis com a clusterização das alternativas e a ordem obtida entre as categorias, ela é dada por:

$$I(\pi, P_K(A))_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{se } a_i \in C_l, a_j \in C_m, l < m \\ \pi_{ij} & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

Observa-se que o valor da matriz de inconsistências é igual a π , exceto quando os valores de preferência entre as alternativas são compatíveis com a clusterização e ordenação de $PK(A)$. Para estes elementos, o valor é igual a zero, e assim têm-se um modelo ideal, por isso, o objetivo é encontrar a partição ordenada K que caracterize a melhor matriz de inconsistência, para isso, são feitas comparações com todas as partições ordenadas K com base na matriz de inconsistência.

O método apresenta um grande diferencial, uma vez que utiliza a intensidade de preferência, ou seja, utiliza medidas assimétricas, diferente de outras técnicas que utilizam apenas medidas de distância, que são simétricas. Ou seja, a capacidade de diferenciar a intensidade das preferências de π_{ij} e π_{ji} permite considerar uma ordem completa dos clusters.

Outro diferencial do modelo é o fato de que não se procura uma partição ótima com base em apenas um valor escalar, mas a comparação das partições ordenadas K é baseada em uma ordem lexicográfica, que assegura que primeiro há a tentativa de minimizar o valor de preferência mais elevado que não seja compatível com as informações fornecidas na partição ordenada de K, então, em caso de igualdade, busca-se minimizar o segundo maior valor de preferência, e assim por diante.

No Anexo A, deste estudo, é apresentado o algoritmo base utilizado para desenvolvimento desta pesquisa. Inicialmente, assume-se que todos os valores de π_{ij} são diferentes, exceto se forem nulos. Caso sejam iguais, adicionasse uma constante ϵ , que corresponde ao menor valor da diferença entre π_{ij} e π .

E tem-se M, uma matriz binária n x n, inicialmente nula. Novos elementos, π_{ij} , são considerados, testando $M_{ij} = 1$, ou seja, colocando a_i em um cluster melhor do que a_j , criando um caminho mais longo que K-1, na nova matriz M. Todos os elementos da matriz π são considerados sucessivamente em ordem decrescente.

Se nenhuma dessas condições forem satisfeitas, o valor de π_{ij} será compatível com a partição ordenada K, e assim, o valor de inconsistência será igual a zero. Se pelo menos uma das condições anteriores for satisfeita, não é possível colocar a_i em

um cluster melhor que a_j sem criar um novo ciclo ou um caminho mais longo que $K - 1$, portanto o valor de preferência é inserido na matriz de inconsistência.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é realizada uma revisão da literatura a fim de apresentar e analisar estudos sobre a análise da condição financeira municipal. Inicia-se com o detalhamento da metodologia utilizada para a obtenção dos artigos e formação do banco de dados, depois verifica-se as tendências das publicações.

De acordo com Jin et al. (2014), existem passos que definem uma boa análise do estado da arte para posicionamento da pesquisa, são eles:

1. Formular as questões e palavras chaves;
2. Escolher a base de dados a ser utilizada e o método de pesquisa;
3. Analisar qualitativamente para excluir os documentos que não estão dentro do escopo da pesquisa; e
4. Iniciar a extração e sintetização dos dados.

A presente pesquisa buscou identificar de que maneira são realizadas as análises de condição financeira dos municípios, pelas abordagens multicritério e análise de *cluster*. Para a condução da pesquisa, foram determinadas as problemáticas da pesquisa. A partir delas, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa:

Q1: Quais os principais tipos de abordagem de decisão?

Q2: Quais os critérios/indicadores considerados no processo de decisão?

Q3: Quais métodos foram utilizados no contexto de análise da condição financeira de municípios?

Para coletar os dados bibliográficos, foram realizadas buscas na base de dados SCOPUS e *google Academics*, pois oferecem uma cobertura abrangente de periódicos, anais e volumes editados.

3.1 Metodologia

Inicialmente a pesquisa foi realizada na plataforma *google academics*, na qual foram obtidos 15 artigos, abrangendo o período de publicação de 2009 até 2020. A fim de complementar o estudo, também foi utilizada a plataforma SCOPUS, para trabalhos realizados nos últimos 5 anos, devido a plataforma retornar um alto quantitativo de trabalhos associados as palavras-chave pesquisadas, porém poucos possuem vínculo com a área em estudo.

A pesquisa na plataforma SCOPUS foi baseada em uma combinação de palavras relevantes para pesquisa. Estas palavras são mostradas no Quadro 4, abaixo.

Quadro 4 - Termos de busca

| Grupo relacionado a desempenho municipal | Grupo relacionado a decisão multicritério | Grupo relacionado a Análise de Cluster |
|---|---|---|
| "Municipal budget management" OR "Municipal financial condition" OR "Municipal financial indicator" OR "Municipal financial performance" OR "financial condition" OR "municipal public". | "Multicriteria decision" OR "multicriteria analysis" OR "multicriteria analyses". | "Clustering" OR "Ordinal Cluster" OR "Clustering Analyses" OR "Cluster Analyses" OR "cluster analysis". |

Fonte: A autora (2022).

Inicialmente foram combinadas as palavras chaves: "cluster analysis", "multicriteria decision" e "municipal financial condition". Contudo, não foi obtido nenhum resultado, desta forma, optou-se por dividir as palavras do escopo em três grupos e utilizar seus sinônimos para abranger a pesquisa (Quadro 4). A busca foi realizada novamente, desta vez, com base na combinação das palavras chaves em pares, relacionando os grupos, Análise de cluster com desempenho municipal e Decisão multicritério com desempenho municipal.

A combinação na pesquisa avançada da plataforma SCOPUS foi: ALL=(((("ordinal cluster" OR "cluster analysis" OR "cluster analyses" OR "clustering" OR "clustering analyses" OR "clustering analysis") AND ("municipal" OR "municipal financial condition" OR "municipal budget management" OR "municipal financial condition" OR "municipal financial indicator" OR "municipal financial performance" OR "financial condition" OR "municipal public"))) OR (("municipal financial condition" OR "municipal budget management" OR "municipal financial condition" OR "municipal financial indicator" OR "municipal financial performance" OR "financial condition" OR "municipal public") AND ("multicriteria decision" OR "multicriteria analyses" OR "multicriteria analyses")))).

A busca retornou um total de 463 artigos associados as palavras-chave em pesquisa, nos últimos 5 anos. Após a utilização desses critérios, foi feita uma análise do conteúdo dos artigos por meio dos títulos e abstracts para selecionar apenas estudos dentro da área da pesquisa, totalizando 4 artigos, Lesnischaya (2021), Kuta

et al. (2020), Morales et al. (2020) e Romera (2020), que passaram a ser analisados de maneira mais detalhada.

3.2 Artigos que abordam o contexto da análise de condição financeira municipal

3.2.1 Artigos obtidos pela pesquisa na plataforma google academics

Os artigos obtidos no *google academics* são apresentados a seguir em ordem decrescente conforme o ano de publicação.

Pitangueira (2020) teve como objetivo a construção de indicadores de condição financeira, com base no estudo de 804 municípios mineiros, no ano de 2018, utilizando variáveis orçamentárias e contábeis. Para isto, foram utilizados 11 indicadores de condição financeira propostos por Wang, Dennis e Tu (2007) e por Gonçalves (2018). Os resultados da regressão múltipla, indicaram que a qualidade da educação, a gestão fiscal e a densidade populacional influenciam de forma positiva a condição financeira municipal, enquanto a taxa de emprego formal e a taxa de urbanização influenciam de maneira oposta.

Linhares (2019) avaliou a eficiência financeira dos municípios portugueses, bem como identificou os fatores que a determinam, e verificou de que forma a eficiência financeira dos municípios influencia a qualidade de vida dos cidadãos, de 308 municípios portugueses. Como resultado pôde-se observar que a dimensão, a localização, o índice de poder de compra têm um impacto positivo na eficiência financeira municipal. Enquanto, o turismo e a taxa de desemprego influenciam negativamente. Quanto aos determinantes políticos, não apresentam significância estatística.

Oliveira (2019) propôs um novo modelo de análise da condição financeira das cidades utilizando abordagem multicritério, SMAA-2. O modelo foi aplicado nos municípios do estado de Pernambuco, no ano de 2018, para o qual considerou os indicadores de Brown (1993). O modelo se comportou de forma eficiente e foi possível perceber uma diferença entre o *ranking* proposto pelo modelo apresentado e os resultados do PIB per capta, justamente porque na pesquisa, Oliveira (2009), utiliza o modelo de Brown, e assim, divide as cidades pela sua quantidade de habitantes. Por fim, conclui-se que a condição financeira das cidades não depende apenas de

questões monetárias.

Bezerra e Carvalho (2018) fizeram uma avaliação de desempenho municipal, utilizando a técnica multicritério, PROMETHEE II. Tomou como base os indicadores de gasto per capita em 28 funções do governo, e foi aplicado nas microrregiões paraibanas de Campina Grande e Esperança, nos anos 2014 e 2015. Dividiram o trabalho em duas análises, a primeira realiza uma divisão das funções em três grupos: administrativos, sociais e infraestrutura e a segunda, engloba todos os grupos, o que tornou a análise mais abrangente e permitiu uma síntese da ação governamental. A pesquisa mostrou o método suficiente para análises no contexto de avaliação de desempenho municipal.

Morais (2018) teve como objetivo verificar o comportamento das receitas nas capitais brasileiras em relação à diversificação e elasticidade, utilizou os indicadores e o modelo propostos por Brown (1993), além do modelo econômico estatístico para definir a elasticidade. A pesquisa foi aplicada em 26 capitais brasileiras, nos anos de 2013 a 2015. Os resultados obtidos demonstram que mudanças nas bases econômicas quando se diz respeito a arrecadação pode fazer com que a condição financeira dos municípios apresente tendenciosamente uma melhoria, principalmente nos casos, onde os municípios arrecadam muito ISS, pois há forte correlação entre o aumento da condição e a diversificação.

A pesquisa de Coura, Carvalho e Souza (2017), teve como objetivo demonstrar o desempenho de 10 municípios paraibanos, no período de 2010 a 2015. Foi aplicado o método PROMETHEE II e 8 indicadores financeiros. O programa se mostrou eficiente na avaliação e comparação da evolução ou retrocesso do desempenho municipais.

Silva e Silva (2015) avaliaram o desempenho da execução orçamentária por funções de governo dos 50 municípios mais populosos do Brasil, no ano de 2012, com a utilização de índices de desempenho, elaborados com a técnica da Análise de Componentes Principais (ACP). No estudo, as funções de governo foram agrupadas em três subgrupos (funções administrativas, funções sociais e funções de infraestrutura), levando em conta as similaridades existentes entre elas, para facilitar a avaliação. Os dados da pesquisa evidenciaram que os governos dos municípios selecionados deixaram de executar, no ano de 2012, funções relevantes para o atendimento do bem-estar dos municípios e muitos não aplicaram nenhum recurso na função saneamento.

A ideia norteadora da pesquisa de Souza et al. (2015), é que as pessoas querem investir em negócios nos municípios que proporcionam gastos públicos na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e que tenham infraestrutura adequada realizada pelo serviço público. Desta forma, tem como objetivo avaliar o desempenho dos gastos públicos, dos 30 municípios classificados no ranking de melhores cidades para investir, elaborado pela Urban Systems, utilizando a técnica de Análise de Componentes Principais.

Diniz, Macedo e Corrar (2011) avaliaram a eficiência na gestão dos recursos públicos dos municípios brasileiros com população superior a 200 mil habitantes, um total de 112 municípios. Considerou os indicadores de Brown (1993) e aplicou a metodologia DEA, em dois estágios, primeiro para definir os escores de eficiência e depois para realizar uma regressão linear. Os resultados revelaram que, dentre as 28 funções de governo da execução orçamentária, apenas gastos per capita com saúde, urbanismo e saneamento se correlacionaram significativamente com os escores da eficiência financeira. E apenas 15 dos 112 municípios, apresentaram desempenho máximo, a maioria obteve baixa eficiência.

Gomes e Costa (2009) investigaram uma abordagem alternativa para a classificação ordenada que envolvam avaliações subjetivas dos municípios de acordo com seu desempenho municipal, utilizando dois grupos do Índice de Qualidade Municipal (IQM), riqueza e potencial de consumo, e a abordagem multicritério, com o método ELECTRE III. O estudo foi aplicado nos municípios do Rio de Janeiro que existiam em 1996. Como resultado, pode-se obter a classificação dos municípios em classes ordenadas, o método permitiu considerar a credibilidade da classificação e a identificação de incomparabilidades, que estavam presentes, mostrando que o sistema de classificação necessita de uma reavaliação, desta forma, os resultados podem apresentar distorções e precisam ser considerados com cautela.

Lima e Santos (2009) avaliaram o desempenho da gestão pública em 4 entidades do município de Manaus, no exercício de 2006. A avaliação foi realizada utilizando indicadores contábeis baseados no modelo de Kohama (2006). Ao fim da pesquisa, as quatro entidades apresentaram déficit, ou seja, despesa orçamentária executada maior que a receita orçamentária planejada.

Silva e Januzzi (2009) avaliaram as condições de vida nos municípios da Baixada Fluminense, no ano de 2020, para isso, realizaram 13 simulações com variações nas quantidades de indicadores, nos pesos dos indicadores, na função de

preferência e na quantidade de decisores. O método PROMETHEE II se mostrou eficiente para as variações e suas soluções se mostraram mais balanceadas do que as medidas obtidas por meio de média. Conclui-se que, diferentes estruturas de ponderação aplicados em indicadores muito correlacionados não produzem ordenamentos muito diferentes e a mudança da função de preferência pode ter impacto na solução de ordenamento.

Zuccolotto (2009) buscou avaliar o planejamento municipal por meio das características do comportamento das finanças públicas de 26 capitais dos estados brasileiros, de acordo com os preceitos da Lei da Responsabilidade Fiscal. Aplicado nos anos de 1998 a 2006. Como resultado pode-se observar a melhoria da situação financeira ao longo dos anos, e que embora houve aumento expressivo da despesa com pessoal, o crescimento da dívida consolidada foi pequeno em relação à receita corrente líquida e teve também redução das dívidas de curto prazo. Houve uma melhora significativa na gestão fiscal dos municípios a partir de 2005 e aumento da dependência dos municípios de recursos de outras esferas do governo.

Faria, Jannuzzi e Silva (2009) analisaram a eficiência dos gastos públicos em 62 municípios fluminenses no período 1999/2000, por meio da aplicação da análise envoltória de dados, foram adotados os indicadores: educação e cultura; saúde e saneamento. Aplicou-se o modelo BCC da DEA para maximizar os *outputs* sem diminuir os *inputs*. O modelo DEA, mostrou-se satisfatório como técnica alternativa aos modelos econométricos em situações de avaliação de programas sociais.

Esses autores e suas pesquisas estão sintetizados no Quadro 5, distribuídos por ordem decrescente do ano de publicação.

Quadro 5 - Resumo das pesquisas na área de análise de condição financeira municipal

| Autor e ano | Aplicação | Ano | Metodologia | Objetivo | Indicadores |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------|---|---------------------------------|
| PITANGUEIRA (2020) | Municípios Mineiros | 2018 | Regressão múltipla | Construir indicadores de condição financeira | Orçamentários |
| LINHARES (2019) | 308 municípios de Portugal | 2014 A 2016 | Análise estatística | Analisar eficiência financeira municipal | Governamentais e financeiros |
| OLIVEIRA (2019) | Municípios Pernambucan os | 2018 | Multicritério e SMAA-2 | Propor modelo de análise de condição financeira | Brown (1993) adaptados |

| | | | | | |
|--------------------------------|--|-------------|-----------------------------------|---|---|
| BEZERRA E CARVALHO (2018) | Municípios Campina Grande e Esperança | 2014 E 2015 | PROMETHEE II | Verificar performance municipal | Orçamentários |
| MORAIS (2018) | 26 capitais brasileiras | 2013 A 2015 | Modelo econômico estatístico | Verificar receitas em relação à elasticidade da condição financeira | Brown (1993) |
| COURA, CARVALHO E SOUZA (2017) | Municípios da Paraíba (> 50 mil hab.) | 2010 A 2015 | PROMETHEE II | Abordagem alternativa para problemas de classificação ordenada | Financeiros, renda, PIB per capita, consumo de energia |
| SILVA E SILVA (2015) | Municípios populosos do Brasil | 2012 | Análise de Componentes Principais | Avaliar execução orçamentária por funções de governo | Orçamentários |
| SOUZA et al. (2015) | Municípios rotulados de melhores p/ investir | | Análise de Componentes Principais | Avaliar o desempenho dos gastos públicos | Saúde; trabalho; educação; habitação; entre outros |
| SMET et al. (2012) | 179 países das nações unidas | 2008 | PROMETHEE II + Proposto | Propõe um algoritmo para ordenamento | Expectativa de vida, educação e índice de renda |
| DINIZ, MACEDO E CORRAR (2011) | Municípios >200.000 hab. | 2007 | DEA (análise envoltória de dados) | Avaliar a eficiência financeira na gestão dos recursos públicos | Indicadores de Brown (1993) |
| GOMES E COSTA (2009) | Municípios do Rio de Janeiro | 1991 A 1996 | ELECTRE III | Demonstrar o desempenho dos municípios | saúde, educação transporte, segurança, entre outros. |
| LIMA SANTOS (2009) | 4 Entidades Federais do município de Manaus | 2006 | Técnicas de análise de balanço | Avaliar desempenho da gestão pública | Financeiros, Patrimoniais e Orçamentários |
| SILVA JANUZZI (2009) | Municípios da Baixada Fluminense | 2000 | PROMETHEE II | Construir indicador para identificar e comparar a condição de vida dos municípios | Condição de vida (renda, acesso a rede de esgoto, água, coleta de lixo, instrução, entre outros). |
| ZUCCOLOTTO | 26 capitais | 1998 | Técnicas de | Avaliar o | Financeiros e |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|--|
| (2009) | dos estados brasileiros | A 2006 | análise de balanço | planejamento municipal por meio do comportamento das finanças públicas | tributários |
| FARIA, JANNUZZI E SILVA (2008) | Municípios Fluminenses | 1999 A 2000 | DEA (análise envoltória de dados) | Analisar a eficiência dos gastos públicos municipais | Indicadores sociais e de gastos municipais |

Fonte: A autora (2022).

Com base nas pesquisas apresentadas acima, observa-se a grande utilização de estudos estatísticos nos processos de análise de condição financeira, e novas propostas de multicritério e de indicadores para avaliação. Algumas análises observam o ano de exercício, enquanto outras fazem a avaliação de um período maior, comparando seus resultados. Os indicadores mais utilizados são os 10 indicadores de Brown (1993), e indicadores orçamentários, como execução e despesa orçamentária, entre outros, como os presentes no modelo de Kohama (2006).

Destaca-se dentre os estudos apresentados, o ano de 2009, que foi o ano o qual houve o máximo de publicações de acordo com o Quadro 5. Também é interessante pontuar, a aplicabilidade tanto em municípios de um estado, como da Paraíba e Pernambuco, quanto em uma seleção de municípios específicas, como as capitais brasileiras, municípios com população de habitantes superior a 200 mil, ou ainda, municípios que entraram para o ranking de melhores municípios para investir.

3.2.2 Artigos obtidos pela pesquisa na plataforma SCOPUS

Lesnischaya (2021), trabalhou em uma metodologia de avaliação rápida que possibilita aos analistas realizar o monitoramento qualitativo dos padrões de vida de uma população, sendo necessário a utilização de uma grande quantidade de métodos de processamento estatístico, como por exemplo, análise fatorial e análise de cluster.

Kuta et al. (2020), avaliaram o nível de vida e o desenvolvimento econômico de dois municípios da Polônia. Os estudos foram realizados em uma amostra de 200 habitantes dos municípios selecionados aleatoriamente e 100 turistas. Os resultados da análise dos dados mostram que os municípios descritos têm chances significativas de desenvolvimento sistemático, apesar dos inúmeros problemas, como o

desemprego.

Morales et al. (2020), propuseram um modelo de classificação de gestão municipal nos municípios do Peru usando um algoritmo de agrupamento K-means baseado em 58 variáveis obtidas de diversas áreas.

Romera (2020), propôs um conjunto de indicadores baseados no Índice de Prosperidade de Cidades da ONU-Habitat, aplicados à municípios da Colômbia. A relação entre as variáveis territoriais e socioeconômicas, permitiu identificar, por meio de uma análise de clusters, quatro classes, auxiliando na identificação de quais municípios precisavam de mais investimentos, apesar do método proposto não ter um nível de detalhamento o bastante para uma análise a nível municipal.

4 METODOLOGIA

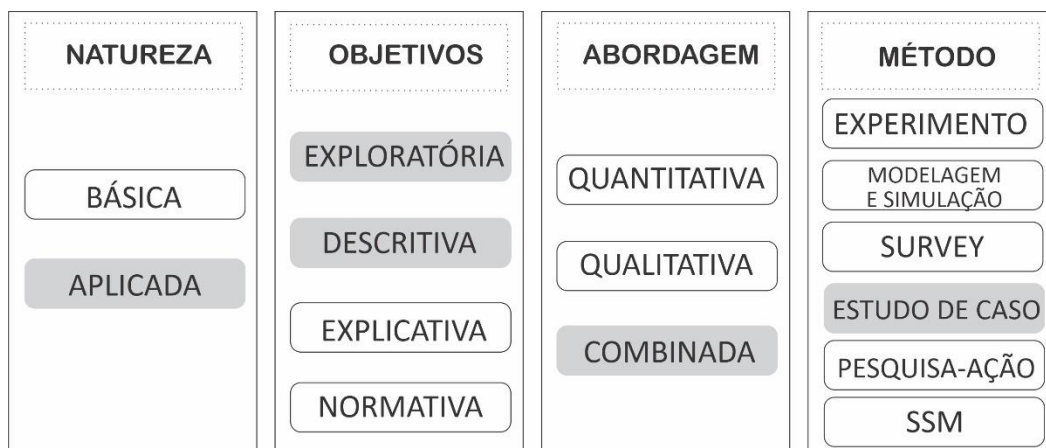
De acordo com Prodanov (2013, p.14) a metodologia “é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade”.

Desta forma, neste capítulo, estão dispostos os métodos de pesquisa utilizados no desenvolvimento deste trabalho, contendo a classificação da pesquisa segundo sua natureza, objetivo, assim como os procedimentos e abordagens utilizados, buscando explicar como a mesma foi conduzida.

4.1 Caracterização da pesquisa

Conforme Turrioni e Mello (2012), a caracterização da pesquisa científica é realizada de acordo com a natureza: básica ou aplicada; com os objetivos: exploratória, descritiva, explicativa ou normativa, com a abordagem: quantitativa, qualitativa ou combinada e com o método: experimento, modelagem, simulação, survey, estudo de caso, pesquisa-ação ou SSM (Soft Systems Methody). Sendo assim, esta pesquisa se classifica como aplicada, exploratória e descritiva, de abordagem combinada e estudo de caso. Essa divisão pode ser visualizada na Figura 3. Além disso, também se apresenta como uma pesquisa documental e bibliográfica.

Figura 3 - Classificação da pesquisa em engenharia de produção



Fonte: Adaptado de Turrioni e Melo (2012).

Este estudo, trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que os resultados obtidos são utilizados na solução de problemas reais. Descritiva, pois “envolve o uso

de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática” (MATIAS-PEREIRA, 2010, p.72). São pesquisas que expõem características de determinada população ou determinado fenômeno, ou estabelecem relações entre variáveis (MATIAS-PEREIRA, 2010; VERGARA, 2009). Sendo assim, este trabalho tem carácter descritivo, dado que procura descrever as características dos grupos de cidades estudados e realiza a aplicação de um questionário junto a um decisor.

Também se apresenta como exploratória, por utilizar métodos e critérios para aproximar o objeto estudado da realidade. Nesse tipo de pesquisa, existe poucas informações sobre o tema.

Apresenta uma abordagem combinada, pois de forma paralela busca obter informações e entendê-las, como também, busca transformar essas informações em números, a fim de analisá-los.

Por conseguinte, o método utilizado é um estudo de caso, pois coleta e analisa informações de uma determinada população com o objetivo de estudar suas características. Neste trabalho, a população em estudo são os municípios do estado de Pernambuco.

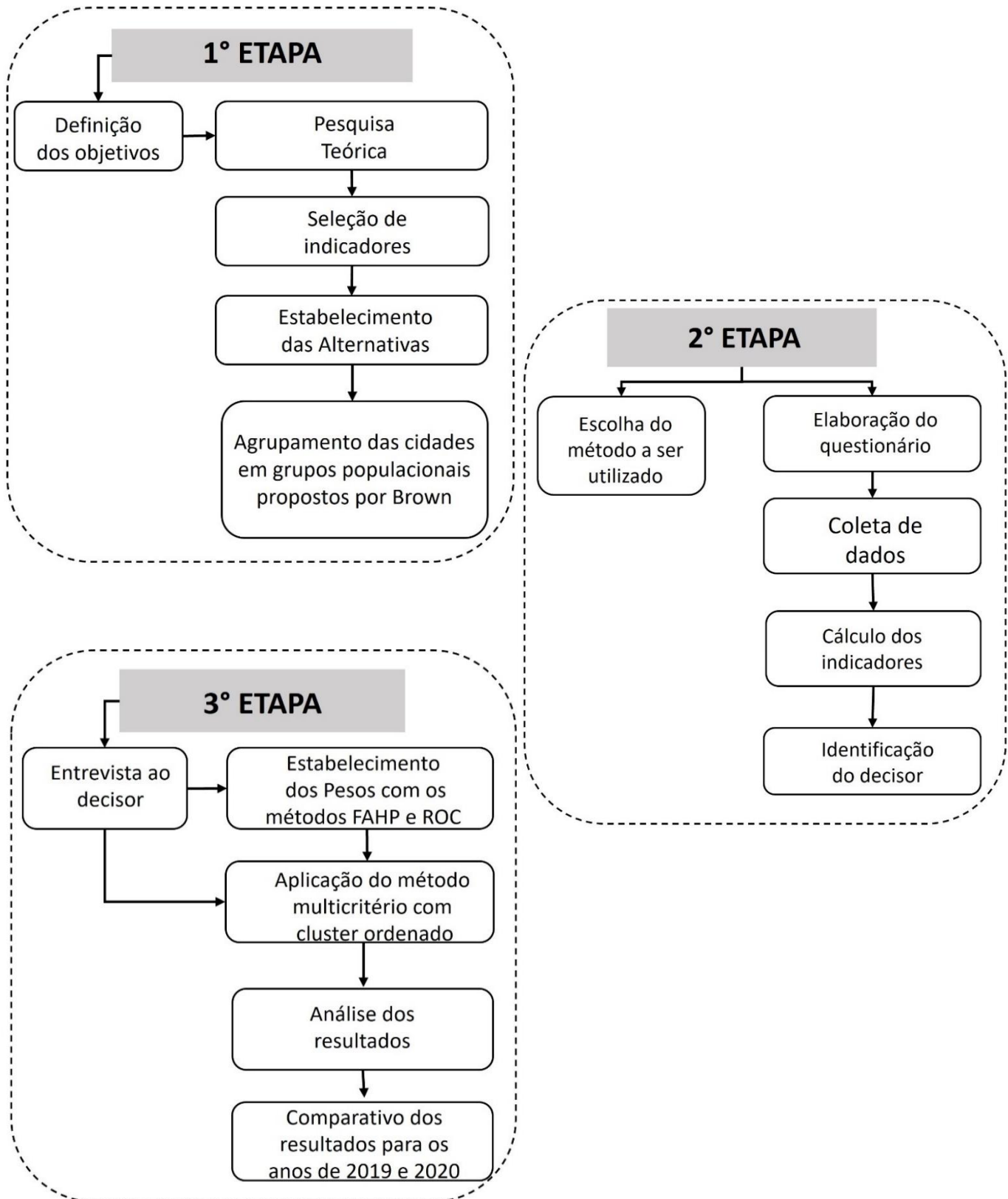
Em relação aos procedimentos técnicos esta pesquisa é denominada como do tipo documental visto que conforme Lakatos e Marconi (2001) é a coleta de dados em fontes primárias de pesquisa baseada em documentos, escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos, particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas. E também é uma pesquisa bibliográfica em que segundo Gil (2008) é aquela desenvolvida a partir de um material já elaborado como livros e artigos científicos.

Este trabalho se enquadra nessas categorias, uma vez que utiliza de fontes estatísticas, site do Siconfi e IBGE, para levantamento de dados financeiros e utiliza da teoria do método PROMETHEE e Clusterização ordinal, por exemplo, presente em livros e artigos, além de ideias a partir de material já publicado, como a seleção dos indicadores para análise financeira municipal e a metodologia de base utilizada para o desenvolvimento do código.

4.2 Delineamento da pesquisa

O processo utilizado neste trabalho está resumido na Figura 4, a qual apresenta um desenho do escopo do estudo. O processo de modo geral se divide em 3 etapas principais que serão discutidas nos próximos tópicos.

Figura 4 - Curso de execução geral da pesquisa



Fonte: A autora (2022).

4.2.1 Primeira etapa

Na primeira etapa, houve a estruturação da problemática, abarcando a definição dos objetivos, seguido de uma pesquisa teórica dos principais conceitos relacionados a temática do estudo. Nessa contextura, utilizando as bases de pesquisa *Scopus* e *google academics* foram analisados artigos científicos que pautavam a análise de condição financeira municipal, resumidos no Quadro 5.

Nesta etapa da pesquisa, também foi realizada a seleção dos indicadores e o estabelecimento das alternativas, o detalhamento desses estão apresentados a seguir.

4.2.1.1 Pesquisa teórica e seleção dos indicadores

A utilização de indicadores financeiros é o método mais utilizado para analisar as demonstrações financeiras. Para esta pesquisa foi realizada uma busca nas plataformas *Scopus* e *Google Academics*, a fim de encontrar os estudos mais recentes que utilizaram indicadores fundamentalistas na análise de desenvolvimento público, principalmente para a esfera da condição financeira de municípios, para isso foram utilizados diversos termos de pesquisa que remetessem a temática, descritos no Quadro 4. Após a seleção dos artigos foi realizada a leitura para avaliar se estavam no contexto pretendido.

Foram escolhidos 19 artigos que decorriam sob contexto mais próximo da temática em questão, com atenção especial a Diniz, Macedo e Corrar (2011), Oliveira (2019) e Morais (2018), sintetizados no Quadro 5, que selecionaram os mesmos indicadores financeiros que o eleito para esse estudo, por serem de forma geral, bastante utilizados na literatura, os 10 indicadores de Brown (1993), são eles: receita per capita, representatividade da receita própria, participação das receitas de transferências, participação dos gastos operacionais, cobertura de despesas, recursos para cobertura de queda de arrecadação, recursos para cobertura de obrigações de curto prazo, comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo, dívida per capita, comprometimento das receitas correntes com o endividamento, definidos no Quadro 1.

É importante esclarecer que optou-se por utilizar a adequação dos indicadores proposta por Oliveira (2019), para a realidade dos municípios do estado de

Pernambuco. De acordo com Oliveira (2019), são necessárias três adequações, a primeira no indicador Recursos para Cobertura de Despesas onde o numerador original, Superávit Financeiro, deve ser substituído por resultado financeiro (podendo ser superávit ou déficit).

A segunda e a terceira adaptação foram nos numeradores dos indicadores Dívida per Capita e Comprometimento das receitas correntes, uma vez que utilizam o dado do valor de dívida consolidada, sendo que este, não tem valores para a maioria dos municípios, com base no Sinconfi. Com isso, foram utilizados os valores dos juros e encargos da dívida, assim como é utilizado no cálculo do indicador de Custo da Dívida do IFGF. Desta forma, essa substituição fornece um valor confiável no cálculo de indicadores ligados a dívida.

4.2.1.2 *Estabelecimento das alternativas*

Para escolha dos municípios a serem analisados nesta pesquisa, optou-se por Pernambuco, uma vez que a quantidade de habitantes, de acordo com o IBGE (2010), dos municípios é baixa, enquadrando a maioria das cidades na divisão em 4 grupos populacionais, sendo estas de até 100 mil habitantes, 1) cidades com menos de 15.000 habitantes, 2) cidades entre 15.000 e 30.000 habitantes, 3) cidades entre 30.000 e 50.000 habitantes e 4) cidades entre 50.000 e 10.000 habitantes, indicado para o modelo de Brown (1993), por motivos de economia de escala e outras características que diferenciam cidades por causa do tamanho da sua população.

Por ser um estado com inúmeros pequenos municípios, e estes em sua maioria apresentarem dificuldades na conciliação dos recursos arrecadados com as demandas por bens e serviços (FUJIWARA, CHROPACZ E OFFMANN, 2020) e pela região Nordeste ter uma deficiência nas finanças públicas que limita a capacidade de suprimento e oportunidades de desenvolvimento na região (CASTRO E VIDAL, 2011). Estes indicadores dão um panorama da situação financeira, considerando a realidade brasileira e levando em conta quatro fatores econômicos e financeiros básicos para uma cidade: as receitas, os gastos, a estrutura operacional e a estrutura da dívida (OLIVEIRA, 2019).

No estado de Pernambuco, existem 184 municípios, dentre desses, 166 se tornaram alternativas utilizadas no estudo, equivalente a 90,2% do total das cidades pernambucanas, ou seja, apenas 18 municípios não participaram da amostra, por falta

de informações, são elas: Camaragibe, Toritama, São Caitano, Petrolândia, Orobó, Flores, Vertentes, Correntes, Calumbi, Quixaba, Vertente do Lério, Cumaru, Terra Nova, Calçado, Santa Maria do Cambucá, Buenos Aires, Iguaraci, Maraial.

A amostra desta pesquisa foi subdividida entre os grupos populacionais indicados por Brown (1993), no grupo 1, existem 49 cidades com até 15 mil habitantes, no grupo 2, 60 cidades entre 15 mil e 30 mil habitantes, o grupo 3, 24 cidades, entre 30 mil e 50 mil habitantes, o grupo 4, 22 cidades, entre 50 mil e 100 mil hab., e por fim, o grupo 5, 11 cidades com população acima de 100 mil habitantes, estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Alternativas da pesquisa e grupo populacional relativo

| CIDADE | GP | CIDADE | GP | CIDADE | GP | CIDADE | GP |
|----------------------|----|----------------------|----|--------------------------|----|-----------------------|----|
| Alagoinhha | 1 | Jupí | 1 | Araçoiaba | 2 | São José do Egito | 3 |
| Angelim | 1 | Ingazeira | 1 | Trindade | 2 | Sertânia | 3 |
| Barra de Guabiraba | 1 | Triunfo | 1 | São Joaquim do monte | 2 | Sirinhaém | 3 |
| Belém de Maria | 1 | Brejinho | 1 | Joaquim Nabuco | 2 | Vicência | 3 |
| Betânia | 1 | Camutanga | 1 | Carnaíba | 2 | Afogados da ingazeira | 3 |
| Brejão | 1 | Itapetim | 1 | São vicente Ferrer | 2 | Abreu e Lima | 4 |
| Carnaubeira da penha | 1 | Jucati | 1 | Rio Formoso | 2 | Araripina | 4 |
| Casinha | 1 | Cedro | 2 | Manarí | 2 | Arcoverde | 4 |
| Chã de alegria | 1 | Sanharó | 2 | São João | 2 | Belo Jardim | 4 |
| Cortês | 1 | Cumarú | 2 | Floresta | 2 | Bezerros | 4 |
| Ferreiros | 1 | Camocim de São Félix | 2 | Lagoa do carro | 2 | Buíque | 4 |
| Frei Miguelinho | 1 | Gameleira | 2 | Chã Grande | 2 | Carpina | 4 |
| Granito | 1 | Altinho | 2 | São José da coroa grande | 2 | Escada | 4 |
| Ibirajuba | 1 | Amaraji | 2 | Venturosa | 2 | Goiana | 4 |
| Itacuruba | 1 | Glória do Goitá | 2 | Agrestina | 2 | Gravatá | 4 |
| Jaqueira | 1 | Lagoa dos Gatos | 2 | Afrânio | 2 | Ipojuca | 4 |
| Jatobá | 1 | Passira | 2 | Ilha de itamaracá | 2 | Limoeiro | 4 |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---|------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| Jucati | 1 | Tabira | 2 | Serrita | 2 | Moreno | 4 |
| Jurema | 1 | Quipapá | 2 | Jataúba | 2 | Ouricuri | 4 |
| Lagoa do Ouro | 1 | Feira Nova | 2 | Dormentes | 2 | Palmares | 4 |
| Machados | 1 | Taquaritinha do Norte | 2 | Saloá | 2 | Paudalho | 4 |
| Mirandiba | 1 | Iati | 2 | Lagoa Grande | 2 | Pesqueira | 4 |
| Moreilândia | 1 | Itaquitinga | 2 | Tamandaré | 2 | Salgueiro | 4 |
| Orocó | 1 | Inajá | 2 | Itapissuma | 2 | Santa cruz do capibaribe | 4 |
| Palmeirina | 1 | Condado | 2 | Água Preta | 3 | Serra Talhada | 4 |
| Paranatama | 1 | Ipubi | 2 | Águas Belas | 3 | Surubim | 4 |
| Poção | 1 | Cupira | 2 | Aliança | 3 | Timaúba | 4 |
| Primavera | 1 | Caetés | 2 | Barreiros | 3 | Cabo de Santo Agostinho | 5 |
| Sairé | 1 | Capoeiras | 2 | Bom conselho | 3 | Caruaru | 5 |
| Salgadinho | 1 | Pedra | 2 | Bom jardim | 3 | Garanhuns | 5 |
| Santa cruz | 1 | Cachoeirinha | 2 | Bonito | 3 | Igarassu | 5 |
| Santa Cruz da baixa verde | 1 | Canhotinho | 2 | Brejo da madre de Deus | 3 | Jaboatão dos Guararapes | 5 |
| Santa filomena | 1 | Ibimirim | 2 | Cabrobó | 3 | Olinda | 5 |
| São Benedito do Sul | 1 | Itaiba | 2 | Catende | 3 | Paulista | 5 |
| São Bento do Una | 1 | Panelas | 2 | Custódia | 3 | Petrolina | 5 |
| Tacaimbó | 1 | Parnamirim | 2 | Exu | 3 | Recife | 5 |
| Terezinha | 1 | Lagoa da itaenga | 2 | Itambé | 3 | São Lourenço da Mata | 5 |
| Tracunhaém | 1 | Pombos | 2 | João Alfredo | 3 | Vitória de Santo Antão | 5 |
| Tuparetama | 1 | Belém de São Francisco | 2 | Lajedo | 3 | | |
| Verdejante | 1 | Macaparana | 2 | Nazaré da mata | 3 | | |
| Xexéu | 1 | Riacho das almas | 2 | Ribeirão | 3 | | |
| Solidão | 1 | Tupanatinga | 2 | Santa Maria da Boa Vista | 3 | | |
| Santa Terezinha | 1 | Tacaratu | 2 | São José do Belmonte | 3 | | |

Fonte: A autora (2022).

4.2.2 Segunda etapa

Na segunda etapa o método a ser utilizado foi escolhido de acordo com a problemática do estudo. Também foi realizada a elaboração do questionário, e com a seleção dos indicadores já definida na etapa anterior, foi possível efetuar a coleta dos dados, e em seguida, identificar o decisor.

4.2.2.1 Escolha do método

Para os critérios utilizados nesse trabalho era necessária a utilização de um método não compensatório, com relações de preferência, ou seja, a utilização de métodos de sobreclassificação.

A literatura ressalta a aplicação de métodos de sobreclassificação para problemas multicritérios no âmbito de desempenho municipal, sendo o PROMETHEE uma das principais abordagens nesse aspecto, uma vez que ele tem como objetivo a avaliação e comparação de alternativas de decisão. Desta forma, o PROMETHEE, possui grande aplicação na área da gestão financeira, principalmente nos aspectos de gestão, como a medição de desempenho. Diversos autores utilizaram o método nessa temática, são exemplos: Coura, Carvalho e Souza (2017); Bezerra e Carvalho (2018); Silva e Januzzi (2009), sintetizados no Quadro 5.

4.2.2.2 Elaboração do questionário

Foi realizada a elaboração do questionário, de forma a coletar as informações quanto as preferências do decisor. Este foi estruturado em três partes (Apêndice A), na primeira foi dissertada uma apresentação do estudo e seu objetivo, na segunda foram expostas informações importantes acerca dos critérios a serem trabalhados pelo decisor para preenchimento do formulário, a terceira se caracterizou pela apresentação de um exemplo adaptado de Saaty (2008), e foi apresentada e discriminada a escala de comparação, para que facilitasse o entendimento do decisor quanto ao preenchimento do quadro comparativo par a par dos critérios.

4.2.2.3 Coleta de dados

A coleta de dados se iniciou com a necessidade de algumas informações contábeis dos municípios de Pernambuco, nos anos de 2019 e 2020, são elas: receita total, receita corrente, receita própria, receita de capital, receita de transferências, receita de transferência corrente, receita corrente líquida, despesa total, despesa corrente, resultado financeiro (ativo financeiro – passivo financeiro), obrigações a curto prazo, caixa líquido (receita própria – restos a pagar), juros e encargos da dívida, amortização da dívida e quantidade de habitantes do município. A partir destes dados foi possível calcular os indicadores de Brown, utilizados nesta pesquisa.

Os dados citados acima foram coletados na plataforma Siconfi (Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro), ferramenta destinada ao recebimento de informações contábeis, financeiras e de estatísticas fiscais, importante para a divulgação eletrônica de relatórios fiscais. E os dados relacionados aos quantitativos populacionais foram disponibilizados pelo IBGE, com base no último censo disponível, realizado em 2010.

4.2.2.4 Identificação do decisor

O decisor escolhido para o estudo possui formação em economia e experiência na área de finanças públicas há 7 anos. Sendo assim, possui conhecimentos acerca dos dados financeiros utilizados para obter os indicadores selecionados para este trabalho, uma vez que fazem parte do seu dia a dia.

4.2.3 Terceira etapa

Esta última etapa abarca a entrevista ao decisor, seguida do estabelecimento dos pesos com a utilização do método FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*), e do método ROC (*Rank Order Centroid*), e por fim, a aplicação do método de clusterização multicritério.

4.2.3.1 Entrevista ao decisor

A entrevista ocorreu através de uma reunião online, por meio da plataforma *Google Meet*. Nesta, foi realizada a apresentação do questionário elaborado e as dúvidas que surgiram ao longo da entrevista puderam ser sanadas, posteriormente, o

documento (Apêndice A) foi enviado ao decisor para que realizasse o preenchimento. Porém, ao analisar as respostas pelos cálculos necessários, os resultados apresentaram um alto número de inconsistências, deixando claro a dificuldade do decisor, dessa forma, pela difícil cognição demandada pelo método, foi necessária uma nova reunião, a fim de auxiliar o decisor no preenchimento no passo a passo, sendo possível uma melhor compreensão por parte do decisor.

4.2.3.2 Estabelecimento de pesos

Para estabelecimento dos pesos relativos dos critérios, foi utilizado o método FAHP, que apresenta duas opções de abordagem: o método da média geométrica de Buckley (1985) e o *Extent Analysis Method* de Chang (1996). De acordo com Almeida (2019), o método realizado pela média geométrica apresenta mais vantagens em seus resultados. E conforme Beskese et al. (2015) é um método de fácil implementação e seguro, por conseguinte, o método escolhido para este estudo foi o da média geométrica.

O FAHP tem uma abordagem estruturada, na qual, são atribuídos pontos às alternativas e pesos aos critérios, por meio de comparações par a par, determinadas por julgamento dos tomadores de decisão (SAATY, 1990, 2008; LIMA JUNIOR, 2013; SANTOS; OSIRO; LIMA, 2017; SUN, 2010 apud ALMEIDA, 2019).

Utiliza-se uma escala numérica de 1 a 9 pontos para realizar as comparações, ela indica quantas vezes um elemento é mais importante que o outro em um certo critério. As comparações vão resultar em prioridades, utilizadas para ponderar as prioridades inferiores, repetindo para todos os elementos, a fim de encontrar os valores globais e obter o vetor de prioridades finais das alternativas, obtidos por meio do método do autovetor (SAATY, 1990, 2008 apud ALMEIDA, 2019).

Pela grande dificuldade cognitiva do método FAHP, devido a quantidade de critérios que formou uma matriz 10x10, foi proposto como meio de comparação, confirmação e confiabilidade aos resultados obtidos no método FAHP, o método ROC, por Barron e Barrett (1996), de acordo com Clemente et al (2015) se mostra eficiente para a representação de pesos substitutos, quando aplicado ao método PROMETHEE II. Tem uma metodologia que elicita os valores relacionados aos pesos dos critérios, com base na sua ordem de importância e na quantidade de critérios.

Para maior confiabilidade nos valores dos pesos, definidos pelo método FAHP, foi calculado o autovalor principal, o índice de inconsistência, e por fim, a razão de consistência, a qual, deve apresentar um valor menor a 0,1, para considerar que as respostas do decisor foram consistentes.

Os dois métodos e o cálculo da razão de consistência estão detalhadamente apresentados no Apêndice B.

4.2.3.3 Aplicação do método e análise dos resultados

Para aplicação do método selecionado e a obtenção dos resultados. Primeiramente, foi necessário preencher planilhas no Microsoft Excel, que serviram como *input* na aplicação do método. Nas planilhas, foram adicionadas informações obtidas na entrevista com o decisor e dados obtidos por meio da coleta na plataforma do Siconfi e IBGE (2010).

Para dar início ao preenchimento da planilha, primeiro as cidades foram divididas conforme indicado por Brown (1993), em 4 grupos de população, de acordo com a quantidade de habitantes, e com o intuito de englobar as cidades acima de 100 mil habitantes, mais um grupo foi adicionado nesta pesquisa. Para cada grupo e em cada ano de pesquisa, foi preenchida uma planilha diferente.

Em seguida, foram calculados os 10 indicadores de Brown para cada alternativa, no ano de 2019 e no ano de 2020, conforme as fórmulas, explicitadas no quadro 5, e com base nos dados obtidos na plataforma do Siconfi, resultando nas matrizes de decisão.

Como a pesquisa foi desenvolvida com base no método PROMETHEE, também foram necessários outros dados de entrada, como o tipo de função preferência, que conforme o questionário respondido pelo decisor, foi possível verificar, TIPO V, Critério de Preferência linear com área de indiferença, que utiliza os parâmetros, p (limiar de preferência) e q (limiar de indiferença), para todos os critérios, compreendendo que, valores muito próximos dentro de um critério, não teria força o suficiente para definir um que uma alternativa estaria em uma situação melhor que a outra, ou seja, não traria relevância significativa para tal justificativa. Sendo assim, foi definido junto ao decisor o percentual de 10% para o parâmetro de indiferença e de 20 % para a amplitude de variação do critério..

Também foram inseridos os pesos obtidos pelo método FAHP para cada

critério. E o objetivo do critério, se é de maximização ou minimização, descrito no quadro 5, do Apêndice B.

Dessa forma, após a definição da matriz de decisão, da elicitación dos limiares de preferência e indiferença do decisor e o estabelecimento dos pesos dos critérios foi possível realizar o cálculo do grau de sobreclassificação do PROMETHEE.

O método utilizado nesta pesquisa foi desenvolvido baseado no algoritmo de partição proposto por Smet et. al. (2012) (Anexo A) com uma pequena modificação para levar em consideração o fluxo de classificação líquido do PROMETHEE II, conforme sugerido por Coêlho e Silva (2022). É um algoritmo baseado na definição de uma matriz de inconsistência, no qual o número de grupos/partições, K , e uma matriz de preferência, π , são definidos inicialmente e por meio das propriedades ordinais das relações de preferência entre os pares de alternativas, define os clusters.

5 PROPOSIÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO

A presente seção aborda a aplicação de um MCDA com abordagem de clusterização ordenada, aplicada a 5 grupos de cidades, para o número de partições $K=5$, com o objetivo de obter a condição financeira dentro do grupo. É apresentado um comparativo entre os resultados nos anos de 2019 e 2020.

5.1 Aplicação do método multicritério com abordagem de clusterização ordenada

A aplicação do método pode ser dividida em três fases: o estabelecimento dos pesos dos critérios (Apêndice B), a geração da matriz de preferência agregada e a obtenção dos resultados da partição ordenada K.

Para a aplicação do método, inicialmente é necessário o estabelecimento das alternativas e dos critérios que serão utilizados. Desta forma, os critérios foram definidos como os 10 indicadores de Brown (Quadro 1) e as alternativas são apresentados no Quadro 6.

Por meio da aplicação do questionário, foi obtido o julgamento do decisor sobre o desempenho das cidades conforme os critérios selecionados. Verificou-se a consistência dos julgamentos coletados, onde o resultado está apresentado na Tabela 1 e os cálculos detalhados estão disponibilizados no Apêndice B. Como o valor da razão de consistência é menor que 0,10, é possível constatar que os julgamentos realizados foram consistentes.

Tabela 1- Índice de consistência

| RAZÃO DE CONSISTÊNCIA | |
|-----------------------|------|
| RC | 0,09 |

Fonte: A autora (2022).

Em seguida, foram realizados os cálculos para a obtenção dos valores dos pesos utilizando o FAHP por meio do método da média geométrica. Para meios de comparação e confiabilidade nos resultados também foi utilizado o método de definição de peso ROC, uma vez que houve uma dificuldade cognitiva do decisor na utilização do FAHP devido a quantidade de critérios avaliados, que formou uma matriz 10x10 resultando em um alto número de inconsistências nas respostas, necessitando

de um acompanhamento mais minucioso. A tabela 2 apresenta os pesos obtidos para cada critério em ambos métodos. Os métodos estão explicitados no Apêndice B.

Tabela 2 - Pesos dos critérios

| | CRITÉRIOS | PESO FAHP | PESO ROC |
|----|---|------------------|-----------------|
| 1 | Receita per capita | 0,16817 | 0,1428 |
| 2 | Representatividade da receita própria | 0,11885 | 0,1095 |
| 3 | Participação das receitas de transferências | 0,33393 | 0,2928 |
| 4 | Participação dos gastos operacionais | 0,0251 | 0,0336 |
| 5 | Cobertura de despesas | 0,03289 | 0,0478 |
| 6 | Recursos p/ cobertura de queda de arrecadação | 0,07393 | 0,0845 |
| 7 | Recursos p/ cobertura de obrigações curto prazo | 0,0105 | 0,01 |
| 8 | Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo | 0,01254 | 0,0211 |
| 9 | Dívida per capita | 0,1877 | 0,1989 |
| 10 | Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | 0,03638 | 0,0645 |

Fonte: A autora (2022).

Comparando os resultados expostos na Tabela 2, acima, observa-se que os métodos resultam em valores muito próximos. O critério de maior peso obtido, participação das receitas de transferências, teve grande destaque em relação ao peso dos outros critérios, com o valor de 0,33, no método FAHP, e 0,29, no ROC. Conforme o decisor, é um critério altamente importante, uma vez que avalia a arrecadação das transferências financeiras estaduais e federais pelo município, principalmente na realidade da maioria das cidades pernambucanas que dependem diretamente dessas transferências. Enquanto o critério de menor peso foi Recursos p/ cobertura de obrigações curto prazo, com peso FAHP, 0,0105 e ROC, 0,01.

A ordem final decrescente dos critérios foi: 1) participação das receitas de transferências, 2) dívida per capita, 3) receita per capita, 4) representatividade da receita própria, 5) Recursos p/ cobertura de queda de arrecadação, 6) Comprometimento das receitas correntes com o endividamento, 7) Cobertura de despesas, 8) Participação dos gastos operacionais, 9) Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo e 10) Recursos p/ cobertura de obrigações curto prazo.

5.1.1 Determinação da matriz de preferência

Como já referenciado, o método escolhido neste estudo utiliza princípios do PROMETHEE. Desta forma, foi necessário a escolha de uma função de preferência, sendo selecionada o Tipo V, área de Indiferença, a qual devem ser estabelecidos os valores dos limiares de preferência (p) e de indiferença (q) para cada critério, definidos pelo decisor, como uma margem boa o suficiente para o resultado esperado, a fim de formar a matriz de preferência.

Depois, foi calculada a amplitude (diferença entre o maior e o menor valor) de cada um dos critérios e definidos os limiares de indiferença igual a 10% do valor da amplitude e de preferência igual a 20% do valor da amplitude. As Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 apresentam os critérios com seus respectivos limiares, para cada grupo de cidades, nos anos de 2019 e 2020.

Tabela 3 - Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 1

| GRUPO 1 | | | | |
|---|--------|---------|--------|---------|
| CRITÉRIOS | 2019 | | 2020 | |
| | q | P | q | P |
| 1 <i>Receita per capita</i> | 593,47 | 1186,95 | 374,27 | 748,530 |
| 2 <i>Representatividade da receita própria</i> | 0,04 | 0,08 | 0,04 | 0,08 |
| 3 <i>Participação das receitas de transferência</i> | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,06 |
| 4 <i>Participação dos gastos operacionais</i> | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| 5 <i>Cobertura de despesas</i> | 0,07 | 0,015 | 0,06 | 0,12 |
| 6 <i>Recursos cobertura de queda arrecadação</i> | 0,11 | 0,22 | 0,11 | 0,22 |
| 7 <i>Recursos para cobertura de obrigações CP</i> | 4,32 | 8,63 | 114,11 | 228,11 |
| 8 <i>Comprometimento receitas correntes obrigações CP</i> | 0,02 | 0,04 | 0,22 | 0,43 |
| 9 <i>Dívida per capita</i> | 19,7 | 39,41 | 24,97 | 49,94 |
| 10 <i>Comprometimento dívidas correntes endividamento</i> | 0,006 | 0,012 | 0,1 | 0,19 |

Fonte: A autora (2020).

Tabela 4 - Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 2

| GRUPO 2 | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|---------|---------|
| CRITÉRIOS | 2019 | | 2020 | |
| | q | P | q | P |
| 1 <i>Receita per capita</i> | 344,87 | 689,75 | 1212,91 | 2425,81 |

| | | | | | |
|----|---|-------|-------|--------|--------|
| 2 | <i>Representatividade da receita própria</i> | 0,04 | 0,08 | 0,05 | 0,1 |
| 3 | <i>Participação das receitas de transferência</i> | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,09 |
| 4 | <i>Participação dos gastos operacionais</i> | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| 5 | <i>Cobertura de despesas</i> | 0,05 | 0,11 | 0,12 | 0,25 |
| 6 | <i>Recursos cobertura de queda arrecadação</i> | 0,09 | 0,17 | 0,53 | 1,06 |
| 7 | <i>Recursos para cobertura de obrigações CP</i> | 2,93 | 5,87 | 104,31 | 208,62 |
| 8 | <i>Comprometimento receitas correntes obrigações CP</i> | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,04 |
| 9 | <i>Dívida per capita</i> | 18,09 | 36,19 | 23,77 | 47,53 |
| 10 | <i>Comprometimento dívidas correntes endividamento</i> | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |

Fonte: A autora (2020).

Tabela 5 - Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 3

| GRUPO 3 | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|
| CRITÉRIOS | 2019 | | 2020 | | |
| | q | P | q | P | |
| 1 | <i>Receita per capita</i> | 120,34 | 240,68 | 489,97 | 979,94 |
| 2 | <i>Representatividade da receita própria</i> | 0,05 | 0,1 | 0,01 | 0,02 |
| 3 | <i>Participação das receitas de transferência</i> | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,05 |
| 4 | <i>Participação dos gastos operacionais</i> | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,03 |
| 5 | <i>Cobertura de despesas</i> | 0,04 | 0,07 | 0,12 | 0,24 |
| 6 | <i>Recursos cobertura de queda arrecadação</i> | 0,07 | 0,14 | 0,55 | 1,11 |
| 7 | <i>Recursos para cobertura de obrigações CP</i> | 2,36 | 4,71 | 18,79 | 37,57 |
| 8 | <i>Comprometimento receitas correntes obrigações CP</i> | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 |
| 9 | <i>Dívida per capita</i> | 15,23 | 30,46 | 7,67 | 15,33 |
| 10 | <i>Comprometimento dívidas correntes endividamento</i> | 0,01 | 0,02 | 0 | 0,01 |

Fonte: A autora (2020).

Tabela 6 - Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 4

| GRUPO 4 | | | | | |
|-----------|---|--------|---------|--------|--------|
| CRITÉRIOS | 2019 | | 2020 | | |
| | q | P | q | P | |
| 1 | <i>Receita per capita</i> | 982,79 | 1965,57 | 269,22 | 538,45 |
| 2 | <i>Representatividade da receita própria</i> | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,07 |
| 3 | <i>Participação das receitas de transferência</i> | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,05 |
| 4 | <i>Participação dos gastos operacionais</i> | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |

| | | | | | |
|----|---|-------|-------|-------|-------|
| 5 | <i>Cobertura de despesas</i> | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,11 |
| 6 | <i>Recursos cobertura de queda arrecadação</i> | 0,08 | 0,16 | 0,11 | 0,22 |
| 7 | <i>Recursos para cobertura de obrigações CP</i> | 2,78 | 5,56 | 21,12 | 42,24 |
| 8 | <i>Comprometimento receitas correntes obrigações CP</i> | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,05 |
| 9 | <i>Dívida per capita</i> | 13,16 | 26,33 | 12,22 | 24,45 |
| 10 | <i>Comprometimento dívidas correntes endividamento</i> | 0,005 | 0,01 | 0,05 | 0,01 |

Fonte: A autora (2020).

Tabela 7 - Limites de indiferença e preferência de cada critério do GRUPO 5

| | | GRUPO 5 | | | |
|-----------|---|---------|--------|--------|--------|
| CRITÉRIOS | | 2019 | | 2020 | |
| | | q | P | q | P |
| 1 | <i>Receita per capita</i> | 327,81 | 655,61 | 122,76 | 245,52 |
| 2 | <i>Representatividade da receita própria</i> | 0,04 | 0,08 | 0,02 | 0,03 |
| 3 | <i>Participação das receitas de transferência</i> | 0,04 | 0,08 | 0,02 | 0,03 |
| 4 | <i>Participação dos gastos operacionais</i> | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 5 | <i>Cobertura de despesas</i> | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,07 |
| 6 | <i>Recursos cobertura de queda arrecadação</i> | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,09 |
| 7 | <i>Recursos para cobertura de obrigações CP</i> | 2,5 | 4,99 | 8,97 | 17,94 |
| 8 | <i>Comprometimento receitas correntes obrigações CP</i> | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 9 | <i>Dívida per capita</i> | 10,65 | 21,3 | 6,43 | 86 |
| 10 | <i>Comprometimento dívidas correntes endividamento</i> | 0,005 | 0,01 | 0,005 | 0,005 |

Fonte: A autora (2020).

5.1.2 Resultados

Nesta seção são apresentadas as variações das partições (K) em relação à matriz de inconsistências, a fim de definir o melhor número de K e dispostos os resultados da análise de cluster para cada grupo nos anos de 2019 e 2020.

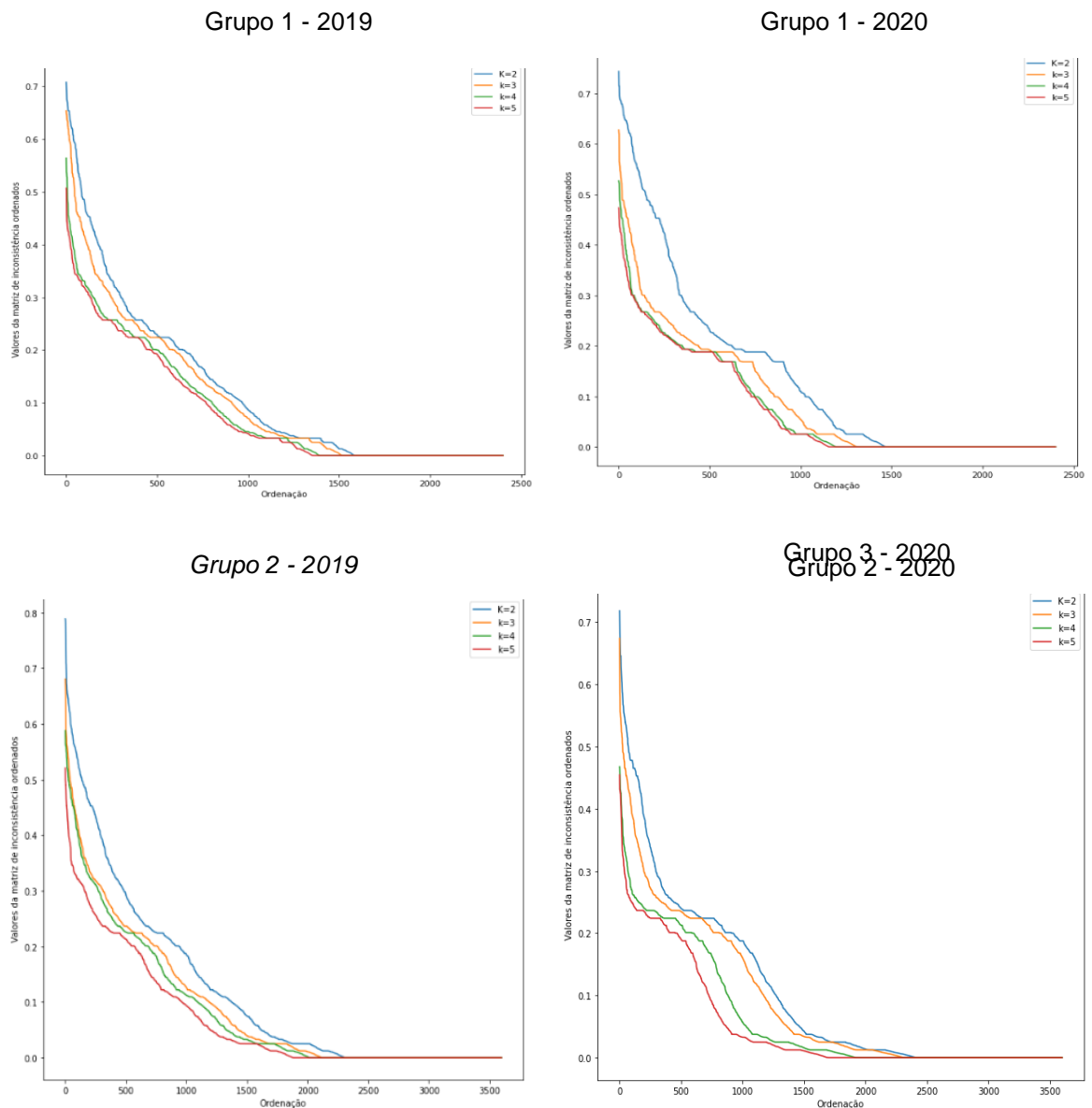
5.1.2.1 Análise das partições ordenadas K

Para definir o melhor número de clusters é necessário observar a variação de diferentes partições em relação à matriz de inconsistência. Conforme De Smet,

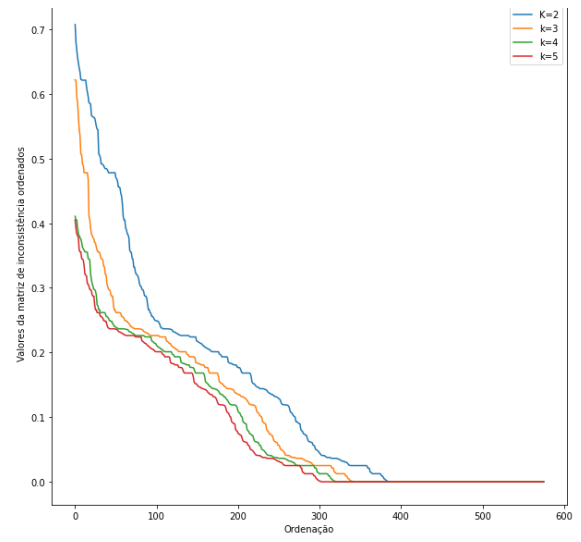
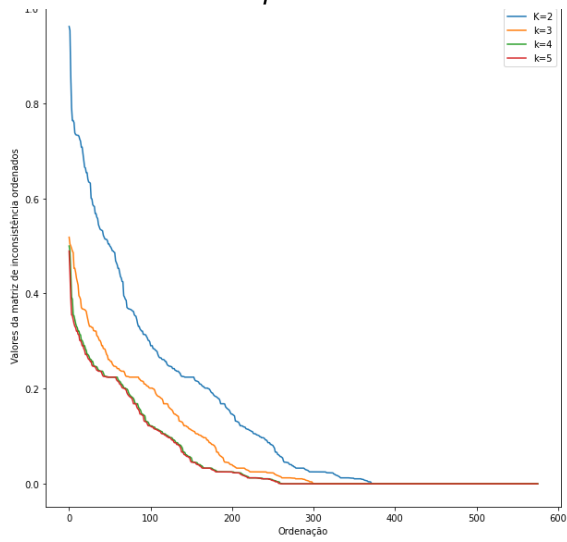
Nemery e Selvaraj (2012) nos gráficos apresentados abaixo podemos verificar o ganho no aumento do número de clusters em cada grupo. Na figura abaixo são analisadas as diferentes configurações dos clusters para partições $K=2$, $K=3$, $K=4$ e $K=5$, de todos os 5 grupos desta pesquisa, para os anos de 2019 e 2020.

A análise dos gráficos ocorre pela observação das curvas de K , pelo eixo da ordenada (Y) que representa as inconsistências, dessa forma a distância entre o início das curvas vai representar a existência de um ganho substancial ou irrelevante de uma partição para outra, pois quanto maior essa distância, maior o ganho e assim uma redução nas inconsistências, conseqüentemente essa partição apresenta um melhor resultado.

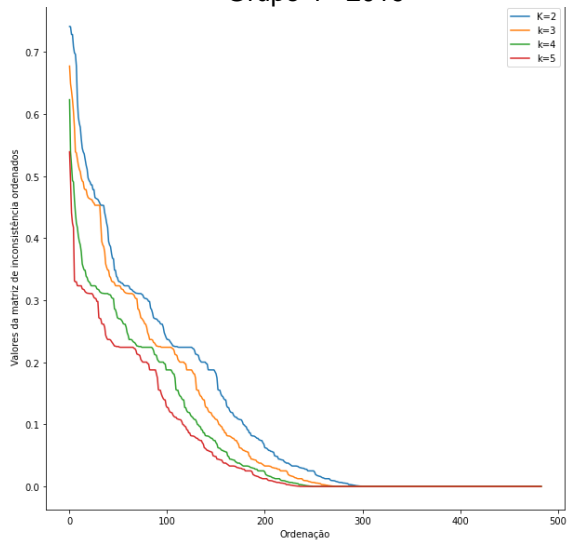
Figura 5 - Configurações dos clusters para K partições



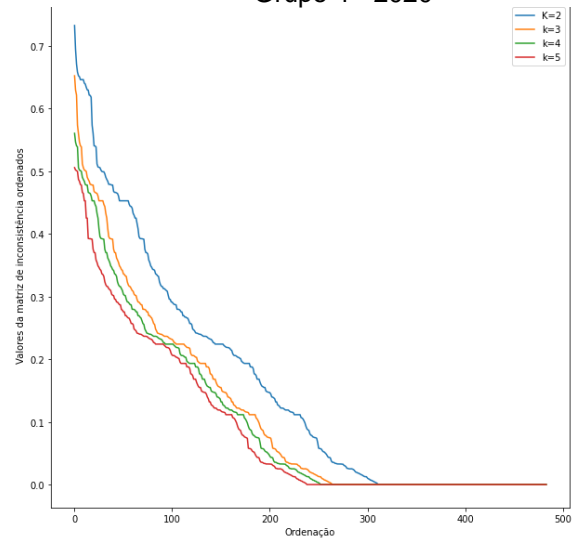
Grupo 3 - 2019



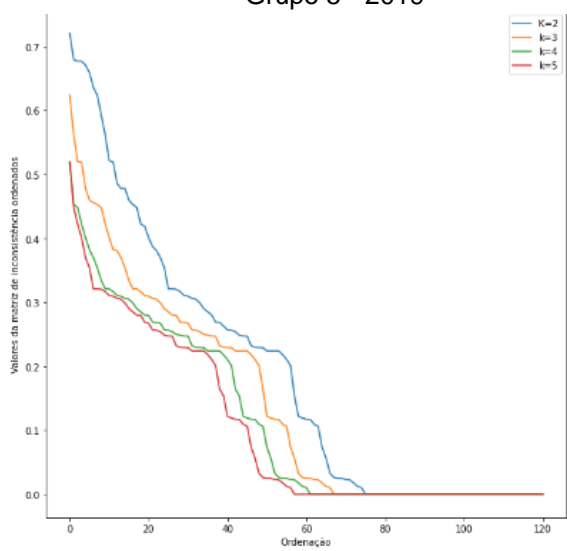
Grupo 4 - 2019



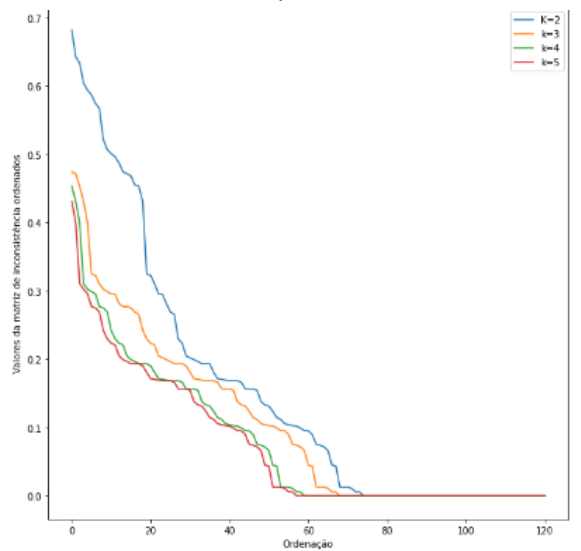
Grupo 4 - 2020



Grupo 5 - 2019



Grupo 5 - 2020



Fonte: A Autora (2022).

Observa-se que os grupos 1 e 4 apresentam a melhor partição em $K=5$, tanto para 2019 quanto para 2020, havendo um ganho substancial dessa partição em relação as demais. O grupo 2 também apresenta o melhor resultado em $K=5$, contudo para o ano de 2020, não há ganho substancial em relação a $K=4$, desta forma as duas partições se apresentam adequadas.

O grupo 4 apresenta a melhor partição em $K=5$ apenas para o ano de 2020 junto com a partição $K=4$, pois não há diferença de inconsistências entre elas, desta forma as duas são indicadas, porém para o ano de 2019, existe um ganho, e assim, apenas a partição $K=4$ se apresenta como a melhor opção. Por fim, o grupo 3, foi o único que apresentou como resultado adequado a partição $K=3$, não havendo ganho na redução de inconsistências de $K=3$ com $K=4$ e $K=5$, sendo as 3 partições indicadas, porém para o ano de 2020, a partição $K=3$, perde valor positivo para os resultados.

De modo geral, a partição que mais se destaca para esta pesquisa é $K=5$, pois se apresenta como alternativa de melhor número de cluster e assim gera um melhor resultado em todos os grupos, para todos os anos, exceto para o grupo 5, no ano de 2019, em que se tem a melhor partição para $K=4$.

Na Tabela 8, é apresentado um resumo da análise dos gráficos da Figura 6.

Tabela 8 - Melhor partição ordenada para os anos de 2019 e 2020

| GRUPO | MELHOR PARTIÇÃO | MELHOR PARTIÇÃO |
|-------|-----------------|-----------------|
| | PARA 2019 | PARA 2020 |
| 1 | $K=5$ | $K=5$ |
| 2 | $K=5$ | $K=4, K=5$ |
| 3 | $K=3, K=4, K=5$ | $K=4, K=5$ |
| 4 | $K=5$ | $K=5$ |
| 5 | $K=4$ | $K=4, K=5$ |

Fonte: A Autora (2022).

5.1.2.2 Diagnóstico da condição financeira para o grupo 1 de cidades

Este grupo engloba as cidades de até 15.000 habitantes, o estado de Pernambuco conta com 60 cidades nessa faixa de habitantes, porém, para o trabalho em questão, será utilizada uma amostra de 49, equivalente a 81,7% do total de municípios do grupo, sendo este, o grupo com o maior déficit, uma vez que as cidades Calumbi, Quixabá, Vertente do Lério, Cumaru, Terra Nova, Calçado, Santa Maria do

Cambucá, Buenos Aires, Iguaraci, Maraial, não apresentaram dados suficientes para o estudo. Quando aplicado o modelo com base nos pesos obtidos pelo método FAHP para o grupo 1 obteve-se os resultados mostrados no Quadro 7, do Apêndice B.

Nesse trabalho, a ordenação dos clusters é organizada de tal forma que o cluster de maior índice é preferível ao cluster de menor índice, ou seja, o cluster C₅ é preferível a C₄, que é preferível a C₃ e este ao cluster C₂ que por sua vez é preferível ao cluster C₁. Indicando que para os critérios relevantes para esse estudo, a cidade englobada em um cluster de maior índice, terá uma condição financeira melhor que cidades pertencentes a clusters de índice menor. Ou seja, o resultado deste trabalho é relativo, conforme as preferências do decisor e os critérios definidos importantes para análise.

Quadro 7 - Resultado da partição ordenada K=5, do Grupo 1

| GRUPO 1, PARA K=5 | | |
|--------------------------|----------------|---|
| ANO | CLUSTER | CIDADES |
| 2019 | 1 | Belém de Maria, Chã de Alegria, Jaqueira, Jurema, Poção, Primavera, Sairé, Salgadinho |
| | 2 | Alagoinha, Angelim, Barra de guabiraba, Carnaubeira da Penha, Ferreiros, Frei Miguelinho, Ibirajuba, Ingazeira, Itapetim Jatobá, Jucati, Lagoa do Ouro, Machados, Mirandiba, Palmerina, Paranatama, São Benedito do Sul, Terezinha, Tacaimbó, Tracunhaém, Solidão, Santa Terezinha. |
| | 3 | Betânia, casinhas, Cortês, Granito, Moreilândia, Orocó, Santa cruz, Tuparetama, Jupi, Triunfo, Camutanga, Brejinho |
| | 4 | Brejão, Itacuruba, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Filomena, São Bento do Una, Verdejante |
| | 5 | Xexéu |
| 2020 | 1 | Frei Miguelinho, Alagoinha, Sairé, Ingazeira, Barra de Guabiraba, Lagoa do ouro |
| | 2 | Casinhas, Palmerina, Primavera, Cortês, Betânia, Brejão, Tacaimbó, Itacuruba, Poção, Jurema, Santa Terezinha, Machados, Xexéu, Jaqueira. |
| | 3 | Jucati, São Benedito do Sul, Moreilândia, Santa Filomena, Angelim, Camutanga, Ferreiros, Santa Cruz, Chã de alegria, Orocó, Belém de Maria, Brejinho, triunfo, Jatobá, Itapetim, Paranatama, Tuperatama |
| | 4 | Carnaubeira da Penha, Ibirajuba, Jupi, Mirandiba, Terezinha, Verdejante |
| | 5 | Solidão, Salgadinho, Tracunhaém, São Bento do Una, Granito, Santa Cruz da Baixa Verde |

Fonte: A autora (2022)

Observa-se que no grupo 1, a maioria dos pequenos municípios, compostos

por populações de até 15 mil habitantes, com base nas preferências do decisor utilizadas nessa pesquisa, possuem uma tendência a serem similares financeiramente, se enquadrando no cluster de pior classificação, cluster 1, de acordo com os dados obtidos e os critérios de maior impacto neste trabalho, isso ocorre por não gerarem uma receita própria satisfatória, pelo alto grau de dependência dessas cidades com fontes externas, como recursos federais e estaduais e por demonstrarem uma baixa capacidade para ampliar os serviços prestados a população, devido a sua estrutura já consumir quase todos os recursos disponíveis, impossibilitando novos investimentos.

Destaca-se a cidade de Xexéu que possuía melhor condição financeira em 2019 e perdeu posição em 2020. Já a cidade de Granito conseguiu preservar sua boa condição nos dois anos analisados, diferentemente de Frei Miguelinho e Jaqueira, que permanecem em clusters de má condição financeira.

5.1.2.3 Diagnóstico da condição financeira para o grupo 2 de cidades

Neste grupo estão as cidades entre 15.000 e 30.000 habitantes, formando o maior de todos os grupos analisado nesta pesquisa, contendo 64 municípios, porém, devido a falta de informações suficientes 4 cidades ficaram fora da pesquisa, são elas: Orobó, Flores, Vertentes e Correntes. Desta forma, a amostra contou com 93,7% dos municípios do grupo. O Quadro 8 mostra o resultado obtido para este grupo.

Quadro 8 - Resultado da partição ordenada K=5, do Grupo 2

| GRUPO 2, PARA K=5 | | |
|--------------------------|----------------|---|
| ANO | CLUSTER | CIDADES |
| 2019 | 1 | Cedro, Sanharó, Camocim de São Félix, Gameleira, Glória do Goitá, Lagoa dos Gatos, Passira, Tabira, Quipapá, Ipubi, Panelas, Inajá, Feira Nova, Rio Formoso, Lagoa de Itaenga, Itaquitinga, Capoeiras |
| | 2 | Cumaru, Altinho, Amaraji, Taquaritinga do Norte, Iati, Condado, Cupira, Caetés, Canhotinho, Parnamirim, Pombos, Riacho das Almas, Tacaratu, Araçoiaba, Trindade, São Joaquim do Monte, Joaquim Nabuco, Manari, Carnaíba, Floresta, Venturosa, Jataúba |
| | 3 | Pedra, Cachoeirinha, Itaíba, Belém do São Francisco, Tupanatinga, São Vicente Ferrer, Serrita, Saloá, São José da Coroa Grande, Lagoa do Carro, Chã Grande, São João, Itapissuma, Dormentes |
| | 4 | Afrânio, Macaparana, Ilha de Itamaracá, Lagoa Grande, |

| | | |
|-------------|----------|---|
| | | Agrestina |
| | 5 | Ibimirim, Tamandaré |
| 2020 | 1 | Agrestina, Araçoiaba, Capoeiras, Cumaru, Dormentes, Floresta, Feira Nova, Ibimirim, Itapissuma, Pombos, Rio Formoso, Tabira, Parnamirim, Saloá, Tacaratu, Carnaíba |
| | 2 | Amaraji, Cachoeirinha, Camocim de São Félix, Glória do Goitá, Iati, Ilha de Itamaracá, Joaquim Nabuco, Lagoa do Carro, Lagoa Grande, Manari, Panelas, Riacho das Almas, Sanharó, São João, São Joaquim do Monte, São José da Coroa Grande, Taquaritinga do Norte, Trindade, Tupanatinga, Cedro, Jataúba |
| | 3 | Afrânio, Altinho, Belém do São Francisco, Canhotinho, Chã Grande, Cupira, Gameleira, Ipubi, Itaíba, Lagoa de Itaenga, São Vicente Ferrer, Macaparana |
| | 4 | Inajá, Itaquitinga, Serrita, Venturosa |
| | 5 | Caetés, Passira, Quipapá |

Fonte: A autora (2022).

Assim como no grupo 1, anteriormente observado, nota-se para o grupo 2, também composto de uma faixa populacional baixa, que os clusters 1 e 2, de piores condição financeira, enquadraram a maioria das cidades do grupo.

Observa-se que em 2019, as cidades de Ibimirim, Tamandaré e Afrânio demonstravam as melhores condições financeiras do grupo, apesar de não terem a maior receita per capita, se destacaram nos critérios de representatividade da receita própria e participação das receitas de transferência. Porém em 2020, elas declinam na classificação, chegando a cidade de Ibimirim a se enquadrar no cluster de pior condição financeira. Vale ressaltar ainda que algumas cidades que apresentavam má condição financeira em 2019, conseguiram atingir o cluster 5, de melhor condição, em 2020, foram elas, Caetés, Passira e Quipapá.

5.1.2.4 Diagnóstico da condição financeira para o grupo 3 de cidades

Neste grupo contém 24 cidades, com uma quantidade de habitantes entre 30.000 e 50.000 habitantes, uma vez que as cidades de Toritama, São Caitano e Petrolândia não estavam aptas a pesquisa. Os resultados obtidos utilizando o modelo multicritério com clusterização ordenada podem ser analisados no Quadro 9.

Quadro 9 - Resultado da partição ordenada K=5, do Grupo 3

| GRUPO 3, PARA K=5 | | |
|--------------------------|----------------|---|
| ANO | CLUSTER | CIDADES |
| | 1 | Água Preta, Aliança, Catende, João Alfredo, Nazaré da Mata, |

| | | |
|-------------|----------|---|
| 2019 | | Ribeirão |
| | 2 | Águas Belas, Barreiros, Bom conselho, Bonito, Brejo da Madre de Deus, Cabrobó, Exu, Santa Maria da Boa Vista, Sirinhaém |
| | 3 | Bom Jardim, Custódia, Itambé, Lajedo, Vicência, Afogados da Ingazeira |
| | 4 | São José do Egito |
| | 5 | São José do Belmonte, Sertânia |
| 2020 | 1 | Águas Belas, Barreiros, Bonito, Catende, Ribeirão, Sertânia. |
| | 2 | Água Preta, Aliança, Bom Jardim, Exu, João Alfredo |
| | 3 | Bom Conselho, Itambé, Cabrobó |
| | 4 | Brejo da Madre de Deus, São José do Belmonte, São José do Egito, Sirinhaém, Vicência, Afogados da Ingazeira |
| | 5 | Lajedo, Nazaré da Mata, Santa Maria da Boa Vista |

Fonte: A autora (2022).

Para o grupo 3, nota-se que São José do Egito, Belmonte e Sertânia apresentaram em 2019, as melhores receitas per capita e representatividade da receita própria, e uma baixa participação nas receitas de transferências, fazendo com que elas fossem as melhores cidades de condição financeira do grupo. Enquanto Aliança, Catende, João Alfredo, Nazaré da Mata, Ribeirão e Água Preta, ficaram em clusters de pior classificação, pois apresentaram valores ruins para esses critérios.

Ainda, de acordo com a análise, verifica-se que a cidade de Sertânia, a melhor em 2019, passou a ser a pior no ano de 2020, se enquadrando no cluster 1. Enquanto São José do Egito, São José do Belmonte decresceram, mas não se tornaram piores como Sertânia.

As cidades de Ribeirão Catende, João Alfredo e Aliança continuam com posicionamento ruins em 2020, enquanto Lajedo, Nazaré da Mata, Santa Maria da Boa Vista que também eram ruins, ascenderam em 2020 para as melhores posições no cluster 5.

5.1.2.5 Diagnóstico da condição financeira para o grupo 4 de cidades

O grupo aqui analisado engloba 22 cidades com população entre 50.000 e 100.000 habitantes. Os resultados para este grupo podem ser visualizados no Quadro 10.

Quadro 10 - Resultado da partição ordenada K=5, do Grupo 4

| GRUPO 4, PARA K=5 | | |
|--------------------------|----------------|--|
| ANO | CLUSTER | CIDADES |
| 2019 | 1 | Buíque, Escada, Surubim, Timbaúba |
| | 2 | Abreu e Lima, Araripina, Bezerros, Goiana, Limoeiro, Moreno, Ouricuri, Paudalho, Pesqueira, Palmares |
| | 3 | Belo Jardim, Carpina |
| | 4 | Arcoverde, Gravatá, Salgueiro, Santa Cruz do Capibaribe, Serra Talhada |
| | 5 | Ipojuca |
| 2020 | 1 | Moreno, Pesqueira, Surubim |
| | 2 | Arcoverde, Belo Jardim, Bezerros, Escada, Gravatá, Santa Cruz do Capibaribe, Serra Talhada, Palmares |
| | 3 | Abreu e Lima, Goiana, Ouricuri, Salgueiro |
| | 4 | Araripina, Ipojuca, Timbaúba |
| | 5 | Buíque, Carpina, Limoeiro, Paudalho |

Fonte: A autora (2022).

Para o Grupo 4, em 2019, Ipojuca se apresenta como a cidade de melhor condição financeira, apesar de ter uma dívida per capita alta, mesmo assim possuía os melhores valores para outros critérios importantes na análise como participação das receitas de transferência, representatividade da receita própria e receita per capita, porém em 2020, o município perde posição no cluster para níveis de menor desempenho financeiro.

Outra observação relevante, são os municípios de Buíque, Paudalho e Limoeiro, estes de piores classificações no de 2019, passaram a ocupar a maior classificação financeira no ano de 2020. Observou-se também que a cidade de Buíque passou a ter a melhor receita per capita do grupo e uma taxa baixa de participação das receitas de transferências, explicando a posição no cluster 5.

Vale ressaltar ainda, o município de Santa Cruz do Capibaribe, em 2019, apesar de não se classificar no melhor cluster, ficou muito próximo, contudo em 2020, sua posição foi insatisfatória uma vez que permaneceu no cluster 2.

5.1.2.6 Diagnóstico da condição financeira para o grupo 5 de cidades

Este último grupo não faz parte da indicação de Brown (1993), que trabalha apenas com cidades de até 100 mil habitantes, porém se achou útil para esta pesquisa, a adição de um grupo que englobasse as outras cidades do estado fora da faixa proposta. Desta forma, este grupo foi composto por 11 cidades, sendo o menor

de todos, visto que, os municípios de Pernambuco, possuem cidades com poucos habitantes. Faltando apenas o município de Camaragibe que não apresentou dados suficientes para pesquisa.

Quadro 11 - Resultado da partição ordenada K=5, do Grupo 5

| GRUPO 5, PARA K=5 | | |
|--------------------------|----------------|--|
| ANO | CLUSTER | CIDADES |
| 2019 | 1 | Igarassu, São Lourenço da Mata |
| | 2 | Garanhuns, Vitória de Santo Antão |
| | 3 | Caruaru, Olinda, Paulista, Petrolina |
| | 4 | Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes |
| | 5 | Recife |
| 2020 | 1 | Garanhuns, Jaboatão dos Guararapes, Vitória de Santo Antão |
| | 2 | Caruaru, Recife |
| | 3 | Petrolina |
| | 4 | Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, Paulista |
| | 5 | Olinda, São Lourenço da Mata |

Fonte: A autora (2022).

Observa-se no Quadro 11 para o ano de 2019 que Recife e Cabo de Santo Agostinho se apresentaram como as cidades de maior condição financeira, isso é esperado, uma vez que são cidades metropolitanas e apresentam os melhores resultados para os critérios de participação das receitas de transferências, dívida per capita e receita per capita, que são critérios que obtiveram um alto grau de importância segundo as preferências do decisor, ou seja, possuem um peso alto para esta análise.

Já em 2020 Recife e Cabo, perderam lugar no índice, pois deixaram de ter os melhores resultados para os critérios de maior peso. Um dado interessante é o município de pior classificação em 2019, São Lourenço da Mata no ano de 2020 no contexto da pandemia, Covid -19, elevou-se para melhor condição em termos financeiros do seu grupo, junto com Olinda.

Um dos motivos que pode ser a razão dessa mudança no ranking de cidades com a melhor condição financeira é a movimentação financeira dos recursos federais providos do CORONAVÍRUS e auxílio emergencial. Observa-se pelos dados do Siconfi, que Recife e Cabo deixaram de ter os melhores resultados para os critérios, principalmente transferência de receita, que tem peso 0,33 para esta análise.

De acordo com Ecio Costa (2022) apud Kinast (2022), com base nos dados do Ministério da Cidadania e IBGE, o impacto econômico do Auxílio Brasil resultou em um incremento de ao menos 10% na economia local, de 648 cidades, e a região com

maior impacto é o Nordeste. Complementa Kinast (2022), “o governo diz que o auxílio diminuiu a pobreza e melhorou a economia dos municípios”.

Nota-se também uma outra cidade que chamou atenção, Caruaru, no ano de 2019 apesar de não se classificar no melhor cluster, ficou muito próxima da melhor posição financeira, no entanto, em 2020, sua posição não foi satisfatória uma vez que permaneceu no cluster 2.

5.1.3. Matrizes de confusão e análise de desempenho dos métodos FAHP e ROC

As Matrizes de confusão permitem extrair métricas que auxiliam na avaliação de desempenho de modelos de classificação. Neste estudo, demonstram o quanto de alternativas permaneceram no mesmo cluster ou tiveram suas classificações alteradas, quando gerados os resultados para os pesos ROC e comparados com os resultados dos pesos FAHP, já descritos neste trabalho.

Para uma melhor análise é calculada a métrica *Accuracy* (Acurácia), demonstra o quanto o modelo acertou, no caso desta pesquisa, o quanto as classificações resultantes utilizando o método ROC foram iguais as classificações utilizando o FAHP. A fórmulas para essa métrica, está descrita abaixo:

$$\text{Acurácia} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} = \frac{\text{Predições Corretas}}{\text{Todas as Predições}}$$

Em que:

TP= True Positive (Verdadeiro Positivo), a previsão foi correta;

TN= True Negative (Falso Verdadeiro), a classe que não estamos buscando prever foi prevista corretamente;

FP= False Positive (Falso Positivo), a previsão incorreta;

FN= False Negative (Falso Negativo), a classe que não se busca prever foi prevista incorretamente.

Vale ressaltar que, as predições corretas, ficam na diagonal principal da matriz.

As matrizes de confusão abaixo, demonstram o desempenho do algoritmo de classificação, utilizando os pesos dos métodos FAHP E ROC para os anos de 2019 e 2020, para o grupo 1, composto por 49 municípios. Observa-se um excelente valor para a acurácia, evidenciando uma alta taxa de similaridade dos resultados utilizando os pesos obtidos pelo FAHP e pelo ROC.

Tabela 9 - Matriz confusão Grupo 1 para K=5, no ano de 2019

GRUPO 1– K=5 - 2019

| | | FAHP | | | | | Total |
|--------------|---|------|----|----|---|---|--------|
| | | K | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ROC | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | 2 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| | 3 | 0 | 1 | 11 | 2 | 0 | 14 |
| | 4 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 7 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | | 8 | 20 | 14 | 6 | 1 | 49 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 91,83% |

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 10 - Matriz confusão Grupo 1 para K=5, no ano de 2020

GRUPO 1– K=5 – 2020

| | | FAHP | | | | | Total |
|--------------|---|------|----|----|---|---|-------|
| | | K | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ROC | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | 2 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| | 3 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 17 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| Total | | 6 | 14 | 17 | 6 | 6 | 49 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 100% |

Fonte: A Autora (2022).

No ano de 2020 nenhuma cidade apresentou alteração. Enquanto, em 2019, observa-se as cidades de Verdejante e Santa Cruz da Baixa Verde que pioraram de condição saindo do cluster 4 para compor o 3, enquanto Granito, Casinhas e Santa Cruz, passaram a pertencer ao cluster 4. As cidades de Poção e Jucati também melhoraram de classificação.

O grupo 2, é o maior de todos, composto por 60 municípios, as tabelas a seguir, representam as matrizes de confusão para este grupo. A maioria das acurácias obtidas ficam na faixa de 90 a 100%, com exceção da partição ordenada K=5, para o ano de 2020, que obteve uma taxa de 83,83%.

Tabela 11 - Matriz confusão Grupo 2 para K=5, no ano de 2019

GRUPO 2- K=5 – 2019

| | | FAHP | | | | | | |
|----------|-------|------|----|----|----|---|-----|-------|
| | | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | | 17 | | | | | 17 |
| | 2 | | | 21 | | | | 21 |
| | 3 | | | 1 | 10 | | | 11 |
| | 4 | | | | 4 | 4 | | 8 |
| | 5 | | | | | 1 | 2 | 3 |
| | Total | 17 | 22 | 14 | 5 | 2 | | 60 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 90% | |

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 12 - Matriz confusão Grupo 2 para K=5, no ano de 2020

GRUPO 2- K=5 – 2020

| | | FAHP | | | | | | |
|----------|-------|------|----|----|----|---|--------|-------|
| | | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | | 11 | | 1 | | | 12 |
| | 2 | | 5 | 21 | | | | 26 |
| | 3 | | | 4 | 11 | | | 15 |
| | 4 | | | | | 4 | | 4 |
| | 5 | | | | | | 3 | 3 |
| | Total | 16 | 25 | 12 | 4 | 3 | | 60 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 83,33% | |

Fonte: A Autora (2022).

Observando os resultados para partição, K=5, em 2019, nota-se que também são positivos, as cidades melhoram sua condição financeira, Jataúba avança do cluster 2 para o 3, Agrestina do 4 para o 5 e São João, Lagoa do Carro, Dormentes, Itapissuma do 3 para o 4. Para o ano de 2020, Condado, Lagoa dos Gatos, Pedra, e Tamandaré sobem do cluster 2 para o 3, enquanto Feira nova, Parnamirim, Saloá, Tacaratu, Carnaíba saem do cluster 1 para compor o cluster 2, apenas Macaparana decresce do cluster 3 para o 1.

Nas matrizes de confusão abaixo, observa—se a diferença no resultado, utilizando os pesos do método FAHP em comparação com o ROC, para o grupo 3 de cidades.

Tabela 13 - Matriz confusão Grupo 3 para K=5, no ano de 2019

| | | GRUPO 3– K=5 – 2019 | | | | | | |
|--|--------------|---------------------|----------|---|---|---|---|-------|
| | | FAHP | | | | | | |
| | ROC | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| | 1 | | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | 2 | | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | 3 | | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| | 4 | | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| | 5 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | Total | | 6 | 9 | 6 | 1 | 2 | 24 |
| | | | ACURÁCIA | | | | | 50% |

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 14 - Matriz confusão Grupo 3 para K=5, no ano de 2020

| | | GRUPO 3– K=5 – 2020 | | | | | | |
|--|--------------|---------------------|----------|---|---|---|---|--------|
| | | FAHP | | | | | | |
| | ROC | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| | 1 | | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | 2 | | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | 3 | | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | 4 | | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 8 |
| | 5 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| | Total | | 6 | 5 | 4 | 6 | 3 | 24 |
| | | | ACURÁCIA | | | | | 91,67% |

Fonte: A Autora (2022).

Em 2019, para K=5, São José do Egito ganhou melhor posição chegando ao cluster 5, Bom Jardim, Lajedo, Vicência e Afogados da Ingazeira também melhoraram de condição, compondo o cluster 4, o mesmo aconteceu para Cabrobó, Exu, Sirinhaém, Santa Maria da Boa Vista, porém estes alteraram do cluster 2 para o 3. Por outro lado, Itambé piorou de condição, passando a pertencer ao cluster 2 e Águas Belas e Barreiros ao cluster 1. Em contrapartida, no ano de 2020, Bom conselho e Cabrobó subiram na classificação, se enquadrando no cluster 4.

As matrizes de confusão que comparam os resultados obtidos utilizando os pesos dos métodos FAHP e ROC para o grupo 4.

Tabela 15 - Matriz confusão Grupo 4 para K=5, no ano de 2019

| GRUPO 4– K=5 – 2019 | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---|----|---|---|---|--------|
| FAHP | | | | | | | |
| | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | 2 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | Total | 4 | 10 | 2 | 5 | 1 | 22 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 81,81% |

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 16 - Matriz confusão Grupo 4 para K=5, no ano de 2020

| GRUPO 4– K=5 – 2020 | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---|---|---|---|---|--------|
| FAHP | | | | | | | |
| | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| | 4 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | Total | 3 | 8 | 4 | 3 | 4 | 22 |
| ACURÁCIA | | | | | | | 63,63% |

Fonte: A autora (2022).

Para o grupo 4, comparando os resultados obtidos utilizando o FAHP e o método ROC, as cidade de Moreno, Pesqueira e Palmares melhoraram de classificação, em 2019, mudando do cluster 2 para o cluster 3 e Salgueiro, do cluster 4 para o 5. Já em 2020, se destacam Goiana, que saiu do Cluster 3 para compor o cluster 4, Palmares e Santa Cruz do Capibaribe, que elevaram do cluster 2 para o 3, por outro lado, Arcoverde, Belo Jardim, Serra Talhada e Escada pioraram de classificação, saindo do grupo 2 para o 1.

Nas tabelas abaixo, estão apresentadas as matrizes de confusão resultantes para o grupo 5, composto por apenas 11 cidades.

Tabela 17 - Matriz confusão Grupo 5 para K=5, no ano de 2019

| | | GRUPO 5 – K=5 – 2019 | | | | | |
|-----|--------------|----------------------|---|---|---|---|--------|
| | | FAHP | | | | | |
| | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | 3 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 5 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | Total | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 11 |
| | | ACURÁCIA | | | | | 72,72% |

Fonte: A Autora (2022).

Tabela 18 - Matriz confusão Grupo 5 para K=5, no ano de 2020

| | | GRUPO 5 – K=5 – 2020 | | | | | |
|-----|--------------|----------------------|---|---|---|---|-------|
| | | FAHP | | | | | |
| | K | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
| ROC | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | Total | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 11 |
| | | ACURÁCIA | | | | | 100% |

Fonte: A Autora (2022).

Por fim, analisando as alterações geradas no grupo 5, a cidade de Jaboatão dos Guararapes, que pertencia ao cluster 4 perdeu classificação, se enquadrando no cluster 3, o mesmo aconteceu com Recife, que reduziu do cluster 5 para o 4, enquanto neste ano Cabo de Santo Agostinho, subiu na classificação do cluster 4 para o 5.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propôs a utilização de uma abordagem de clusterização ordinal de forma a apoiar o analista, segundo sua análise de prioridade, para mensuração da condição financeira das cidades, levando em consideração os indicadores propostos por Brown (1993).

Como visto, o objetivo foi alcançado, uma vez que foi obtida a partição ordenada ideal, $K=5$, e a formação dos clusters para cada grupo de cidades. Neste contexto, as cidades foram subdivididas em grupos populacionais conforme Brown e analisados os seus desempenhos, sendo possível alocá-las nos clusters de melhor e pior posição financeira. Os resultados foram obtidos para os anos de 2019 e 2020, sendo este último ano, o da maior crise sanitária dos últimos anos que impactou o mundo e possivelmente a condição financeira das cidades.

Segundo as preferências do decisor, quatro critérios dentre os 10 propostos por Brown foram destaques relevantes e decisivos para esta análise, uma vez que obtiveram peso muito alto, são eles: participação das receitas de transferências, com peso igual a 0,334, dívida per capita, 0,187, receita per capita, 0,168 e representatividade da receita própria, com peso igual a 0,118, juntos somam 0,807.

Os dados obtidos demonstraram grandes diferenças financeiras entre os grupos populacionais, em termos de representatividade da receita própria, cidades do grupo 5, com mais de 100 mil habitantes, chegaram a apresentar um valor de 3 a 4 vezes maior que cidades pertencentes aos grupos 1 e 2, de até 30 mil habitantes.

Outras observações relativas puderam ser analisadas conforme as preferências do decisor e assim, um alto peso para índices citados acima, por exemplo, em questões de participação das receitas de transferências, o grupo 5, apresentou uma taxa média de 0,7, o grupo 4, de 0,83, o grupo 3, de 0,86, enquanto o grupo 2, de 0,90 e por fim, o grupo 1, de 0,91, mostrando que quanto menor a quantidade de habitantes de um município maior sua dependência dos recursos externos provindos do governo estadual e federal. Outro critério importante que decresce com o aumento do número de habitantes é a dívida per capita, chegando a uma redução de mais de 50% da taxa do grupo 5 em relação ao grupo 1. Esses dados confirmam a importância na divisão inicial dos municípios pernambucanos conforme sua população.

Com base na análise de cluster foi possível verificar que a maioria dos municípios pequenos em termos populacionais, presentes nos grupos 1 e 2, tem tendência a se enquadrar nas piores classificações financeiras possíveis, uma vez que apresentam um alto grau de dependência das fontes externas, como os recursos federais e estaduais, principalmente por não gerarem uma receita própria satisfatória, além de demonstrarem uma baixa capacidade para ampliar os serviços prestados a população, devido a sua estrutura já consumir quase todos os recursos disponíveis, impossibilitando novos investimentos.

Também foi observado que cidades metropolitanas, como Recife, Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, possuíam as melhores condições financeiras em 2019, porém, apresentaram péssimos resultados para o ano de 2020, levantando indagações sobre a influência do cenário de pandemia e seus efeitos na condição financeira, principalmente de cidades com grande movimentação comercial, industrial e turística.

Outras indagações importantes é se municípios que dependem diretamente dos recursos federais, ou seja, que não geram receita própria satisfatória passaram a se destacar devido aos incentivos provenientes da covid-19. E ainda se essa queda na classificação de cidades de maior desenvolvimento, ocorreu apenas no primeiro ano da pandemia devido ao *lockdown*, e voltou após a normalização dos serviços, são indagações para futuras pesquisas.

Por fim, conclui-se que é necessário a utilização de indicadores de desempenho financeiro, pois traduzem a realidade do setor público, por ser uma ferramenta fundamental de auxílio no processo decisório do gestor, a fim de garantir a resolução de problemas da sociedade, direcionando assim suas ações com efetividade e eficácia.

6.1 Limitações e propostas para trabalhos futuros

Dentre as limitações encontradas nesta pesquisa, pode-se citar:

- A ausência de dados essenciais para pesquisa e a dificuldade em confiar nos dados disponibilizados nos sítios eletrônicos levou a uma redução na amostra de municípios analisados;

- As condições de aplicação do modelo de Brown restringem o uso para municípios de até 100.000 habitantes;
- A utilização do censo de 2010 para dados dos anos 2019 e 2020.

Propõe-se para trabalhos futuros:

- A análise da influência financeira imposta pelo cenário da covid-19, na variação da classificação das cidades para os anos de 2019 e 2020;
- A aplicação do modelo com outros decisores, a fim de averiguar as conclusões consideradas, uma vez que houve uma grande influência no resultado pelo peso muito alto de certos critérios.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. **Processo de Decisão nas Organizações. Construindo Modelos de Decisão Multicritério.** [S.I.]: Editora Atlas, 2013.

ALMEIDA, C. I. **Análise comparativa de abordagens *fuzzy* AHP para segmentação de fornecedores sustentáveis com o *fuzzy* TOPSIS.** 165 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019.

ALMOGHATHAWI, Y. et al. **A multi-criteria decision analysis approach for importance identification and ranking of network components.** *Reliability Engineering & System Safety*, v. 158, p. 142-151, fev. 2017.

AMORIM, Sônia Naves David . **Ética na esfera pública: a busca de novas relações Estado/Sociedade.** *Revista do Serviço Público*,v.51,n.2,p. 94-104,2014.

ANGILELLA, S.; CORRENTE, S.; GRECO, S.; SŁOWIŃSKI, R. **Robust ordinal regression and stochastic multiobjective acceptability analysis in multiple criteria hierarchy process for the choquet integral preference model.** *Omega*, v. 63, p. 154 – 169, 2016.

BARRON, F.H. & BARRETT, B.E. **Decision quality using ranked and partially ranked attribute weights.***Management Science*. 42 (11): 1515 – 1523, novembro de 1996.

BEAUREGARD, R. A. **Public-private partnerships: the case of USA.** In: J. Pierre, *Partnerships in urban governance*. London: MacMillan, 1998.

BESKESE, A. et al. **Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul.** *Environmental Earth Sciences*, v. 73, n. 7, p. 3513–3521, 2015.

BEHZADIAN, M. et al. **PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications.** *European journal of Operational research*, v. 200, n. 1, p. 198-215, 2010.

BEZERRA, V.V.N; CARVALHO, J.R.M. **Avaliação de desempenho por funções de governo através do método PROMETHEE II.** Universidade de Campina Grande. *Revista Contemporânea de Economia e Gestão*. Vol. 16 – Nº 3 – set./dez. 2018

BÍBLIA, A.T., Isaías 41:10.

BOUJELBEN, M. A. **A unicriterion Analysis based on the PROMETHEE principles for Multicriteria ordered clustering.** *Omega*, n. 69, p. 126-140. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988

_____. **Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964.** Estatui normas gerais de direito financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos estados, dos municípios e do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4320.htm>. Acesso em: 20 abril. 2019.

BREITENBACH, M., Alves, T. W., & Diehl, C. A. **Indicadores financeiros aplicados à gestão de instituições de ensino de educação básica,** 2010.

BROWN, K. W. **The 10-point test of financial condition: toward an easy-to-use assessment tool for smaller cities.** *Government Finance Review*, v. 9, n. 6, p. 21. Dec. 1993.

CAILLOUX, O.; LAMBORAY, C.; NEMERY, P. **A taxonomy of clustering procedures. Proceedings of the 66th meeting of the European working group on MCDA,** 2007.

CASTRO, Inez Silvia Batista; VIDAL, Antônio Ricardo de Norões. **Desequilíbrios Fiscais na Região Nordeste**. Revista Econômica do Nordeste, v. 42, n. 2, p. 393-408, 2011.

CAVALCANTE, P. L. C. **Avaliação dos Programas do PPA: estudo de caso da implantação do orçamento por desempenho**. Revista Gestão e Planejamento, v. 13, n. 3, p. 232-246, 2012.

CLEMENTE, T. R. N.; ALMEIDA, A. T.; ALMEIDA FILHO, A.T. **Estudo de pesos substitutos para o método promethee II e aplicação em modelo para avaliação de tecnologias críticas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção, 2015. Disponível em: < https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/13886/1/TA_71_Tharcylla_Clemente_DSc_Eng_Producao.pdf > . Acesso em: Fevereiro/2022.

CLEMENTE, T. R. N.; DE ALMEIDA, A. T.; DE ALMEIDA JÚNIOR, A. T. **Comparação de metodologias de pesos substitutos para o método PROMETHEE II**. XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Porto de Galinhas/PE, p. 312-326, ago. 2015.

COELHO, B.M.L.; SILVA, L.G.O. **Análise de franquias com base uma metodologia de clusterização multicritério**. LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Juiz de Fora, MG, Novembro, 2022.

CORRAR, L.J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J.M. **Análise multivariada para os cursos de administração, coências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

COURA, J.E.L.; CARVALHO, J.R.M.; Sousa, A.F. **Indicadores sociais de gestão pública: uma análise nos maiores municípios da paraíba**. Universidade Federal de Campina Grande. IV Encontro Brasileiro de Administração Pública. João Pessoa, 2017.

DANTAS, J. A. F., DINIZ, J. A., & De LIMA, S. C. **A influência do federalismo fiscal sobre o estresse fiscal dos municípios brasileiros**. Advances in Scientific and

Applied Accounting, 1(3), 062-078, 2019.

De ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

De ALMEIDA, A. T.; ALMEIDA, J. A.; A.P.C.S.COSTA; ALMEIDA-FILHO, A. **A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff**. European Journal of Operational Research, v. 250, n. 1, p. 179 – 191, 2016.

DINIZ, J. A.; MACEDO, M. A. S.; CORRAR, L. J. **Mensuração da eficiência financeira municipal no Brasil e sua relação com os gastos nas funções de governo**. Gestão & Regionalidade, 2011

EDWARDS, W. **How to use multivariate utility measurement for social decision making**. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, vol.7, p.326-340. 1977.

FARIA, F.P; JANNUZZI, P.M; SILVA, S.J. **Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro**. Revista de Administração Pública, JAN./FEV. 2008.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **IFGF 2019 - Índice Firjan de Gestão Fiscal 2019 / Firjan: ano base 2018**. - Rio de Janeiro: Firjan, 2012v.: graf. color. - Disponível em: <https://www.firjan.com.br/data/files/8F/50/19/81/B2E1E610B71B21E6A8A809C2/IFGF-2019_estudo-completo.pdf> Acesso em: JULHO/2021.

FUJIWARA, R. S., CHROPACZ, F., & OFFMANN, D. **Administração Tributária Municipal e a Covid-19: Um estudo do impacto nas receitas tributárias e nos serviços públicos**. Boletim de conjuntura, p. 86-100, 2020

GALDINO, R.H.N. **Capacidade de investimento e autonomia econômica do setor público de municípios selecionados, 2012**. Dissertação apresentada ao programa de pós graduação em Economia – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13555/1/RickHumberto.pdf>>.

Acesso em: março/2022.

GAPINSKI, Irineu; CLEMENTE, Ademir; TAFFAREL, Marinês; GERIGK, Willson. **O impacto da LRF no desempenho financeiro dos municípios de médio porte do sul do Brasil**. Anais do Congresso Internacional de Administração, Ponta Grossa-PR, Brasil, 2010.

GERIGK, Willson; CLEMENTE, Ademir; RIBEIRO, Flávio. **O padrão do endividamento público nos municípios brasileiros de porte médio após a lei de responsabilidade fiscal**. Revista Ambiente Contábil, v. 6, n. 1, p. 122, 2013

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios da administração financeira**. São Paulo: Habra, 1997

GIUBERTI, A. C. **Lei de Responsabilidade Fiscal: Efeitos sobre o Gasto com Pessoal dos Municípios Brasileiros**. Trabalho apresentado no XXXIII Encontro Nacional de Economia - ANPEC, Natal, 2005.

GOMES, A. R.; COSTA, H.G. **Potencial de consumo municipal: uma abordagem multicritério**. Universidade Federal Fluminense (UFF), Programa de Engenharia de Produção, Niterói. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, 2009.

GOMES, L.; GOMES, C. **Tomada de decisão gerencial: o enfoque multicritério**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2014.

GOMES, Luiz F. A. M.; ARAYA, Marcela C. G.; CARIGNANO, Cláudia. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. 2004. 168 p.

GOOGLE COLAB. Disponível em: <
https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index >.

HERBER, Bernard P. **Modern public finance**. 5 ed. Homewood, Illinois, 1983.

INFANTE, R. P. **Método de decisão multicritério para problemas de classificação com múltiplos tipos de dados imperfeitos**. SANTA BÁRBARA D'OESTE/ SP, 2019.139 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, São Paulo, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.com.br>. Acesso em:

JANNUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D. S. G. **Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações**. Informática Pública, ano 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

JERÔNIMO, T. B. **Modelo Multicritério para Classificação Gerencial das Alternativas Estratégicas nas Pequenas e Médias Empresas de Tecnologia da Informação**. 2013. 135f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

JIN, F. F., PEI, L. D., Chen, H. Y. & Zhou, L. G. **Interval-valued intuitionistic fuzzy continuous weighted entropy**

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2007.

JÚNIOR, Eduardo Castaldelli; AQUINO, André Carlos B. **Indicadores de desempenho em entidades fiscalizadoras superiores: o caso brasileiro**. Revista Contabilidade Vista & Revista. UFMG-Belo Horizonte, v. 22, n. 3, p. 15-40, jul/set/2011.

KINAST, K. **Governo diz que Auxílio Brasil de R\$ 400 diminuiu a pobreza e melhorou a economia dos municípios**. Disponível em: <

(<https://www.acheconcursos.com.br/governo/governo-diz-que-auxilio-brasil-de-r-400-diminuiu-a-pobreza-e-melhorou-economia-dos-municipios-54035>)>. Acesso em: julho/2022.

KUTA, L.; JUSTYNA, H.; IZABELA, GOLAB-BOGACZ. Level of Life Quality in Two Selected Mountain Municipalities in Poland. *IBIMA Business Review*, Volume 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed.São Paulo: Atlas, 2001.

LÉGER, J. E.; MARTEL, J. M. **A multicriteria assignment procedure for a nominal sorting problematic**, European Journal of Operational Research, 138, 349–364. 2002.

LESNICHAYA, M.A., KOLCHINA, O.A., HENRIETTA, K.A. **Developing an algorithm for rapid assessment of living standards and quality of life of the population in the region**. System Research and Information Technologies, 2021.

LIMA JUNIOR, F. R. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2013.

LIMA, S. C.; DINIZ, J. A. **Contabilidade Pública: Análise Financeira Governamental**. São Paulo: Gen, 2016. 576 p.

LIMA, M.S.; SANTOS, A. M. L. **Avaliação de desempenho da gestão pública baseada nos indicadores econômico-financeiros: um estudo de casos múltiplos em entidades federais indiretas do município de Manaus**. Revista Eletrônica Gestão e sociedade, v 3, n 5, jan./jun. 2009.

LINHARES, M.A. **Eficiência Financeira dos Municípios e Qualidade de Vida dos Cidadãos, 2019**. Dissertação (Mestre em Gestão das Organizações, Ramo de Gestão Pública) - ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR), INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA.

MALHOTRA, N.L. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2001.

MARX, F. M. **Elementos da Administração Pública**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1968.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCASP - **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público**. TESOURO NACIONAL TRANSPARENTE, 8º ed., 2019. Disponível em: <https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9::::9:P9_ID_PUBLICACAO:31484>.

Acesso em: 17 out. 2020.

MILLER, Gerald J. **“Fiscal Health in New Jersey’s Largest Cities,”**.Cornwall Center Publication Series, 2001.

MORA, M. **Evolução recente da dívida estadual**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2185). Disponível em: <www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2185.pdf>. Acesso em:

MORALES, J.; VARGAS, N.; COYLA, M.; HUANCA, J. **Classification model of municipal management in local governments of Peru based on K-means clustering algorithms**. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. Open Access, Volume 11, Issue 7, 2020.

MORENO, C. F. **Aplicação de um método com abordagem de clusterização ordenada em análise de investimentos de ações: Um estudo no setor bancário nacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

OLIVEIRA, D. L. M. **Uso de uma abordagem multicritério para composição de um índice geral de gestão financeira dos municípios do estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de

Pernambuco, Caruaru, 2019.

PAULO, V.; ALEXANDRINO, M. **Direito Constitucional Descomplicado**. 14ª ed. revista e atualizada. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2015.

PELICIOLI, A.C.A **Lei de Responsabilidade na Gestão Fiscal**. Revista de informação legislativa, v. 37, n. 146, p. 109-117, abr./jun. 2000

PITANGUEIRA, L. S. **Estudo dos determinantes da condição financeira municipal**, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro, Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, 2021.

PRODANOV, C. C.. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PRUX, P. R.; BALSAN, L. A. G; MOURA, G. L. **Transparência e Participação Popular nas Audiências Públicas de Elaboração e Discussão do PPA, LDO E LOA**. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, n. 18, novembro de 2012.

RAMALHO, D. **O controle dos gastos públicos em tempos de pandemia**.

Tribunal de Contas do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.tce.sp.gov.br/6524-artigo-controle-gastos-publicos-tempos-pandemia>> Acesso em: julho/ 2021.

RIBEIRO, S. M. R. **Controle interno e paradigma gerencial**. Texto para Discussão n. 17. Brasília: Mare/Enap, 1997.

ROMERA, C. J. **Sistema de indicadores para una caracterización multidimensional de los municipios de Colombia**. Cuadernos Geográficos 59(1), 147-170, 2019.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers, Norwell, 1996.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. 2008. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/35403867/saaty_2008.pdf>. Acesso em: agosto/2021.

SANTANA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. **Uso da análise multivariada no estudo de fatores humanos em operadores de motosserra**, Cerne, v. 8, n. 2, p. 101–107, 2002.

SECCHI, L. **Políticas públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SICONFI, Sistema de informações contábeis e fiscais do setor público brasileiro. Disponível em: < <https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/index.jsf> > . Acesso em: Outubro/2021.

SILVA, A. S. ; LEAL, R. B. ; FERREIRA, A. C. S. **Avaliação de desempenho sob as perspectivas financeira e não financeira: a gestão estratégica de uma organização militar prestadora de serviços da marinha**. Revista de contabilidade e controladoria, v.3, n.2, p. 38-56, 2011.

SILVA, D. S. G.; JANNUZZI, P. M. **O uso da Análise multicritério na construção de um indicador de condições de vida: Estudo para a Baixada Fluminense**. Escola Nacional de Ciências Estatísticas do IBGE, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009. Programa de Pós-graduação em Sistemas de Gestão. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão.

SILVA, M. C.; SILVA, J. D. G. **Avaliação de Gastos públicos de municípios classificados no ranking para investir em negócios**. XV Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, São Paulo, 2015.

SMET, Y.; NEMERY, P.; SELVARAJ, R. **An exact algorithm for the Multicriteria ordered clustering problem**. Omega, v. 40, p. 861-869, 2012.

SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de agrupamento aplicada**

à ciência florestal, Viçosa, MG: SIF, 1997. 109p., (Documento SIF, 16).

SOUZA, F.J.V.de; SILVA, M.C.;SILVA, A.R.P.;SILVA, J.D.G. **Avaliação de gastos públicos de municípios classificados no ranking para investir em negócios.**XV Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, São Paulo, 2015.

THOMÉ, A. M. T.; SCAVARDA, L. F.; SCAVARDA, A. J. **Conducting systematic literature review in operations management.** Production Planning & Control, v. 27, n. 5, p. 408-420, 2016.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2012.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 10 ed. São Paulo: Atlas, 2009

VETSCHERA, R. **Deriving rankings from incomplete preference information: A comparison of diferente approaches.** European Journal of Operational Research, v. 258, n. 1, p. 244 – 253, 2017.

VINCKE, P. **Multicriteria Decision-Aid.** New York: Wiley, 1992. 154p.

WANG, X.; DENNIS, L.; TU, Y. S. J. **Measuring financial condition: A study of US states.** Public Budgeting & Finance, 2007.

ZHONGHUA, C.; YE, W. **Research Frontiers in Public Sector Performance Measurement.** Physics Procedia. v. 25, p. 793–799, 2012.

ZUCCOLOTTO, R.; RIBEIRO, C. P. P.; ABRANTES, L. A.. **O comportamento das finanças públicas municipais nas capitais dos estados brasileiros.** Revista Enfoque Contábil. Curitiba, UEM-Paraná, v. 28, n. 1, p. 54-59, jan/abr/2009.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Pesquisa: Método multicritério aplicado a análise da condição financeira dos municípios do estado de Pernambuco.

A pesquisa está sendo desenvolvida pela estudante Maria Karoliny Costa Almeida, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Pernambuco-Centro Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA) sob orientação do Professor Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva. Ressaltamos que a pesquisa é de cunho acadêmico.

Sua participação nesta pesquisa consistirá no preenchimento de alguns quadros. Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. O benefício relacionado à sua participação será de aumentar o conhecimento científico para área de análise de condição financeira municipal. As informações coletadas ficarão de posse do pesquisador responsável e sua identidade será mantida em sigilo. Os dados coletados serão utilizados nesta pesquisa e os resultados serão divulgados em eventos e/ou revista científica.

Agrademos a sua disponibilidade e contamos com sua fundamental participação.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES

Na tabela abaixo, são apresentados os 10 critérios (indicadores) escolhidos para pesquisa, conforme Brown (1993). Suas definições estão descritas no Quadro 1 de forma a auxiliar o decisor.

Quadro 1 – Descrição dos critérios da pesquisa

| CRITÉRIO | DEFINIÇÃO |
|--|---|
| Receita per capita | Corresponde ao quociente da receita total pela população do município. Um resultado alto revela a capacidade maior de obter rendimento adicional, desta forma, quanto maior, melhor será a condição financeira. |
| Representatividade da receita própria | Apresenta os recursos disponíveis e a renda de fontes próprias, os quais a cidade controla diretamente, em contraste com o que ela recebe de fontes externas, como as dos governos federais e estaduais. O índice, avalia o grau de independência que a cidade tem das fontes externas. Se o índice for baixo, a cidade possui grande dependência de outras esferas governamentais. |
| Participação das receitas de transferências | Uma taxa baixa mostra que a cidade não tem que confiar em transferências operacionais para financiar operações do governo geral no fundo geral, por isso que quanto menor mais favorável. |
| Participação dos gastos | Ressalta o quanto da despesa total é consumida pela |

| | |
|--|---|
| operacionais | despesa corrente. Um índice elevado comprova que o município tem uma margem pequena para ampliar os serviços prestados à população, ou seja, sua estrutura já consome quase todos os recursos disponíveis, impossibilitando novos investimentos. Desta forma, quanto menor for esta relação mais favorável será a situação financeira do município, pois uma taxa baixa sugere que a infraestrutura está sendo mantido de forma adequada. |
| Cobertura de despesas | É necessário examinar o equilíbrio orçamentário para definir a situação financeira de um município, conhecer se ele tem receitas suficientes para cobrir suas despesas. Desta forma, um índice maior favorece a um bom desempenho financeiro, caso contrário, as receitas são inferiores às despesas, e a situação será deficitária. |
| Recursos para cobertura de queda de arrecadação | Um alto resultado indica a presença de recursos que podem ser utilizados para superar uma escassez temporária de receitas. |
| Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo | Um índice alto sugere que existe no ente dinheiro suficiente para pagar obrigações de curto prazo. |
| Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo | Valores altos para dívidas de curto prazo, comprometem a eficácia orçamentária em um dado período, e assim, uma situação financeira desfavorável, ou seja, um índice baixo evidencia que obrigações de curto prazo podem ser facilmente atendidas pelas receitas anuais. |
| Dívida per capita | Uma taxa baixa sugere a cidade tem a capacidade de reembolsar a sua dívida de longo prazo. |
| Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | É uma das taxas mais utilizadas, ela calcula o quanto da Receita Corrente Líquida está comprometida com o montante da dívida consolidada, porque uma taxa baixa sugere que a cidade é capaz de pagar suas obrigações de serviço da dívida no vencimento. |

Fonte: A autora (2022).

EXEMPLO

No Quadro 2, está ilustrado um exemplo adaptado de Saaty (2008) quanto as características observadas na hora de comprar um carro, as características foram definidas como critérios, são eles: economia, design, conforto e preço. Para comparar uma característica da primeira coluna em relação a uma localizada no topo, podemos fazer a seguinte pergunta:

Quantas vezes mais ou quão fortemente a característica localizada na primeira coluna é importante com relação a característica localizada no topo (primeira linha)?

O resultado será um número de acordo com a escala apropriada, ilustrada no

Quadro 3. Por exemplo, se inserido o número 3 na posição (Economia, conforto) significa que a economia é 3 vezes mais significativa que o preço. É automático usarmos 1/3 na transposição (Conforto, Economia). O critério recebe o valor 1 quando é comparado a ele mesmo.

Quadro 2 – Características mais relevantes na hora de comprar um carro

| Quais características são mais importantes na hora de comprar um carro? | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Critérios | Economia | Design | Conforto | Preço |
| Economia | 1 | 4 | 3 | 1/2 |
| Design | 1/4 | 1 | 1/2 | 1/4 |
| Conforto | 1/3 | 2 | 1 | 1/2 |
| Preço | 2 | 4 | 2 | 1 |

A escala de comparação apresentada no Quadro abaixo é utilizada para indicar o quão um critério é importante ou não em relação ao outro.

Quadro 3 – Escala comparativa

| Escala | Descrição | Explicação |
|---------------|-------------------------------|---|
| 1 | Igual importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Moderadamente mais importante | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra. |
| 5 | Fortemente importante | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra. |
| 7 | Muito fortemente importante | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática |
| 9 | Absolutamente mais importante | A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza. |

No estudo os indicadores fundamentalistas foram definidos como critérios. Com base na escala do Quadro 3, preencha o Quadro a seguir segundo a importância dos critérios para a análise da condição financeira dos municípios.

O Quadro 5, a seguir, deve ser preenchido segundo a sua ordem de preferência dos critérios apresentados anteriormente.

Quadro 5 – Ordenação dos critérios conforme preferências do decisor

| ORDENAÇÃO | CRITÉRIO |
|-----------|----------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO DE PREFERÊNCIA

Para conseguir definir a função de preferência de cada critério, é importante compreender as 4 categorias principais de preferências quando comparamos duas alternativas, são elas:

1. Indiferença: Existem razões claras para justificar equivalência entre as alternativas
2. Preferência Estrita: A escolha realiza-se sem nenhuma dúvida em favor de X1.
3. Preferência Fraca: O decisor não sabe se prefere X1 a X2, ou se são indiferentes.
4. Incomparabilidade: Não existem razões para justificar as três situações acima.

Existem 6 tipos de funções que irão definir a preferência do decisor:

Quadro 6 – Tipos de função de preferência

| TIPO | CRITÉRIO | DESCRIÇÃO | PARÂMETROS |
|------|----------------|---|------------|
| I | Critério Usual | Qualquer diferença entre a avaliação das alternativas de um determinado critério implica numa situação de preferência estrita. A situação de indiferença ocorre quando o desempenho das duas alternativas são equivalentes. Nenhum parâmetro precisa ser determinado pelo decisor e o sistema relacional de preferência é uma pré-ordem completa. | Nenhum |
| II | Quase-Critério | As alternativas permanecem indiferentes enquanto a diferença entre as suas avaliações não ultrapasse o limiar de indiferença, q_j ; acima desse limiar, a | q |

| | | | |
|-----|--|---|---------------|
| | | preferência é estrita. Um só parâmetro – limiar de indiferença - deve ser fixado. Este tipo de critério está relacionado à noção de semi-ordem. | |
| III | Critério de Preferência Linear | Um determinado critério permite ao decisor preferir a a b em função da diferença observada entre $f_j(a)$ e $f_j(b)$. O grau de preferência cresce linearmente até que o limiar p_j seja atingido. Após esse limiar, a preferência é estrita. Um só parâmetro deve ser determinado pelo decisor – limiar de preferência. | P |
| IV | Critério de Nível | Nesse caso, a e b são considerados como indiferentes até que a diferença entre $f_j(a)$ e $f_j(b)$ não ultrapasse q_j ; entre q_j e p_j o grau de preferência é fraco e acima de p_j a preferência se torna estrita. | p,q |
| V | Critério de Preferência linear com área de indiferença | Nesse caso, igualmente a e b são considerados como indiferentes até que a diferença entre $f_j(a)$ e $f_j(b)$ não ultrapasse q_j . Acima desse limiar o grau de preferência cresce linearmente com d_j até atingir uma preferência estrita a partir de p_j . Os dois parâmetros – limiar de indiferença e de preferência – precisam ser determinados. | p,q |
| VI | Gaussiana | O desvio padrão (s_j) deve ser fixado e a preferência aumenta segundo uma distribuição normal. | Desvio padrão |

Onde, os parâmetros p e q representam:

- q_j (limiar de indiferença) - o maior valor para $f_j(a)$ e $f_j(b)$, abaixo do qual existe uma indiferença na preferência entre a ou b; e
- p_j (limiar de preferência) – o menor valor dessa diferença, acima do qual existe uma preferência estrita por a em relação a b.

De modo geral, o TIPO I deve ser escolhido em situações radicais nas quais um mínimo desvio justifica a preferência estrita de um município em relação ao outro. Nos tipos II e IV são particularmente adequados para casos de dados qualitativos e escala discreta. No TIPO II, as alternativas são indiferentes até atingir um limiar, e a partir dele, a alternativa ganha preferência. No TIPO IV, são indiferentes abaixo de um limiar q, entre q e p, a preferência é fraca e acima de p, a preferência é estrita. No caso de avaliações de números reais sobre uma escala contínua com ou sem zona de indiferença o tipo V ou III deve ser selecionado. O TIPO III, o grau de preferência vai aumentando até atingir um valor o, a partir daí uma alternativa é preferida. No TIPO V, a e b são indiferentes, para valores abaixo de q, e vai crescendo linearmente até atingir p, a partir desse ponto, a preferência é estrita. E por fim, o TIPO VI é preferido quando o decisor considera um grau de preferência positiva para desvios fracos, crescendo tal grau à medida que o desvio se torna maior. (RESENDE, 2007).

Para preencher o quadro a seguir, deve-se pensar nas seguintes perguntas?

- Um município A terá uma condição financeira melhor que um município B se ele tiver um valor do CRITÉRIO X maior?

- Existe algum valor limite para o CRITÉRIO X, em que as alternativas são indiferentes, ou seja, são equivalentes, uma não supera a outra?
- A preferência entre as alternativas, observando um Critério X, cresce de forma linear ou qualquer valor a mais ou a menos, já é capaz de mostrar uma grande variação no resultado?
- Existe algum valor, para o CRITÉRIO X, que só após atingir esse valor, existe uma preferência da alternativa?

O Quadro 7, a seguir, deve ser preenchido segundo a função de preferência identificada para cada critério, conforme os tipos de funções de preferências, apresentadas no quadro 6.

Quadro 7 – Identificação do tipo de função de preferência para cada critério

| CRITÉRIO | | TIPO DA FUNÇÃO DE PREFERÊNCIA SELECIONADA PELO DECISOR | PARÂMETRO |
|-----------------|--|---|------------------|
| 1 | Receita per capita | | |
| 2 | Representatividade da receita própria | | |
| 3 | Participação das receitas de transferências | | |
| 4 | Participação dos gastos operacionais | | |
| 5 | Cobertura de despesas | | |
| 6 | Recursos para cobertura de queda de arrecadação | | |
| 7 | Recursos para cobertura de obrigações de curto prazo | | |
| 8 | Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo | | |
| 9 | Dívida per capita | | |
| 10 | Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | | |

APÊNDICE B – PASSOS PARA O CÁLCULO DOS PESOS E DA RAZÃO DE CONSISTÊNCIA (RC)

Inicialmente foi aplicado um questionário com o decisor (Apêndice A), resultando em uma matriz de comparação paritária entre os critérios (Quadro 1), e também, foi questionado ao decisor sobre sua ordem de preferência entre os critérios (Quadro 3).

Saaty (1990) desenvolveu o método para calcular o índice de consistência, CI , e a razão de consistência, CR . No caso de uma matriz de comparação *fuzzy*, utiliza-se os seguintes procedimentos de cálculo, também utilizado por Lima Junior (2013) e Almeida (2019):

1. Calcular o vetor prioridade dos pesos da matriz de comparação defuzzificada utilizando a média geométrica. Sendo a primeira etapa o cálculo o produto P_i de todos os elementos A_{ij} :

$$P_i = \prod_{j=1}^n A_{ij} \quad (I)$$

2. Calcular a raiz n -ésima do resultado de cada linha:

$$R_i = \sqrt[n]{P_i} \quad (II)$$

Onde: n = número de critérios

3. Normalizar os resultados em uma escala de 0 a 1, obtendo assim o valor do peso para cada linha:

$$W_i = \frac{R_i}{\sum R_i} \quad (III)$$

4. Calcular os autovalores dos critérios:

$$\vartheta_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j * a_{ij}}{w_i} \quad (IV)$$

5. Calcular o autovalor principal:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{\sum_{i=1}^n \vartheta_i}{n} \quad (V)$$

6. Calcular o índice de consistência:

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n-1)} \quad (VI)$$

7. Calcular a razão de consistência:

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (VII)$$

em que o valor de RI, é obtido pela Tabela 1, abaixo:

Tabela 1 – Valor da Razão de Inconsistência (RI) conforme quantidade de critérios (N)

| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Fonte: Lima Junior (2013).

Quadro 1 – Matriz paritária entre os critérios de acordo com as preferências do decisor

| | Receita per capita | Represent. da receita própria | Participação das receitas de transfer. | Participação dos gastos operacionais | Cobertura de despesas | Recursos p/ cobertura de queda de arrecadação | Recursos p/ cobertura de obrigações CP | Compromet. receitas correntes c/ obrigações CP | Dívida per capita | Compromet. das receitas correntes c/ endividam. |
|---|--------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|---|--|--|-------------------|---|
| Receita per capita | 1,000 | 1,000 | 0,200 | 9,000 | 7,000 | 5,000 | 9,000 | 9,000 | 1,000 | 5,000 |
| Representatividade da receita própria | 0,200 | 1,000 | 0,200 | 7,000 | 7,000 | 3,000 | 9,000 | 9,000 | 0,333 | 5,000 |
| Participação das receitas de transferências | 5,000 | 5,000 | 1,000 | 7,000 | 7,000 | 7,000 | 9,000 | 9,000 | 5,000 | 7,000 |
| Participação dos gastos operacionais | 0,143 | 0,143 | 0,111 | 1,000 | 0,333 | 0,143 | 7,000 | 5,000 | 0,111 | 0,333 |
| Cobertura de despesas | 0,143 | 0,143 | 0,143 | 3,000 | 1,000 | 0,143 | 7,000 | 5,000 | 0,143 | 0,333 |
| Recursos p/ cobertura de queda de arrecadação | 0,200 | 0,330 | 0,143 | 3,000 | 5,000 | 1,000 | 9,000 | 9,000 | 0,200 | 3,000 |
| Recursos p/ cobertura de obrigações curto prazo | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,143 | 0,143 | 0,111 | 1,000 | 0,333 | 0,111 | 0,200 |
| Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,200 | 0,200 | 0,111 | 1,000 | 1,000 | 0,111 | 0,200 |
| Dívida per capita | 1,000 | 3,000 | 0,200 | 9,000 | 7,000 | 5,000 | 9,000 | 9,000 | 1,000 | 5,000 |
| Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | 0,200 | 0,200 | 0,143 | 3,000 | 0,200 | 0,333 | 5,000 | 5,000 | 0,200 | 1,000 |

Com base na matriz paritária apresentada assim, e utilizando as fórmulas I, II, III e IV, é possível obter os valores para os pesos, conforme o método FAHP, apresentados no quadro 2, abaixo.

Quadro 2- Resultados das variáveis do método FAHP para a matriz paritária do quadro 1.

| PI | RI | WI | LAMBDA |
|----------|----------|---------|------------|
| 25515 | 2,758542 | 0,16817 | 10,4445968 |
| 793,0062 | 1,94952 | 0,11885 | 10,9271066 |
| 24310125 | 5,477454 | 0,33393 | 12,2569703 |
| 0,00014 | 0,411681 | 0,0251 | 11,7094903 |
| 0,002089 | 0,539496 | 0,03289 | 11,6340158 |
| 6,880302 | 1,212721 | 0,07393 | 10,6621552 |
| 2,3E-08 | 0,172234 | 0,0105 | 12,2120332 |
| 1,35E-07 | 0,205637 | 0,01254 | 11,1622089 |
| 76545 | 3,078872 | 0,1877 | 10,6243105 |
| 0,00572 | 0,596677 | 0,03638 | 11,0174754 |

Com o resultado numérico dos autovalores de cada critério, é possível calcular o autovalor principal, e assim, o índice de inconsistência e a razão de consistência, a qual podemos observar que teve seu valor menor que 0,1, dessa forma, as respostas do decisor tem consistência, e podem ser utilizadas para análise.

O valor do autovalor principal é calculado:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{10,44 + 10,92 + 12,25 + 11,709 + 11,63 + 10,662 + 12,212 + 11,162 + 10,624 + 11,017}{10}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 11,265$$

O índice de consistência é calculado:

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n-1)} = \frac{(11,265-10)}{(10-1)} = 0,14$$

Por fim, o valor da razão de consistência é obtida:

$$RC = \frac{IC}{RI} = \frac{0,14}{1,49} = 0,09$$

Durante a entrevista e aplicação do questionário com o decisor, foi solicitada a ordem de importância dos critérios, a fim de verificar lógica no comparativo dos pesos obtidos no método FAHP com a prioridade do entrevistado e para cálculo do método ROC.

Quadro 3 – Ordem de importância dos critérios para o decisor

| ORDENAÇÃO | CRITÉRIO |
|-----------|----------|
|-----------|----------|

| | |
|----|---|
| 1 | Participação das Receitas de Transferências |
| 2 | Dívida per capita |
| 3 | Receita per capita |
| 4 | Representatividade da Receita Própria |
| 5 | Recursos para Cobertura de Queda de Arrecadação |
| 6 | Comprometimento das Receitas Correntes com o Endividamento |
| 7 | Cobertura de Despesas |
| 8 | Participação dos Gastos Operacionais |
| 9 | Comprometimento das Receitas Correntes com as Obrigações de Curto prazo |
| 10 | Recursos para Cobertura de Obrigações de Curto Prazo |

Barron & Barrett (1996) desenvolveram uma solução formalmente justificada voltada para o procedimento de elicitação dos valores relacionados aos pesos dos critérios. Essa abordagem é chamada de ROC – *Rank Order Centroid* ou simplesmente de pesos ROC. Abaixo consta o desenvolvimento da equação utilizada na abordagem ROC para o cálculo dos pesos. Se $w_1^3 w_2^3 \dots^3 w_k$, então:

Quadro 4- Peso em relação ao critério pelo método ROC

| | |
|---|-----------------------------------|
| $w_1 = (1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/K) / K$ | é o cálculo do peso do critério 1 |
| $w_2 = (0 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/K) / K$ | é o cálculo do peso do critério 2 |
| $w_3 = (0 + 0 + 1/3 + \dots + 1/K) / K$ | é o cálculo do peso do critério 3 |
| $w_k = (0 + \dots + 0 + 1/K) / K$ | é o cálculo do peso do critério k |

De maneira geral, se K é o número de critérios, então o peso do k-ésimo critério será:

$$w_k = (1/K) \sum_{i=k}^K \left(\frac{1}{i}\right)$$

Barron & Barrett (1996) por meio de inúmeras simulações comprovaram a geração de inconsistências presentes na abordagem, e observação que, a melhor opção é identificada pelos pesos ROC entre 75 e 87% das vezes, variando conforme o detalhamento das simulações.

Desta forma, com base na ordem de importância dos critérios obtida por meio de questionário com o decisor (Quadro 2) e das fórmulas utilizadas no método ROC,

apresentadas no Quadro 3, foi possível calcular os pesos ROC e compará-los com os pesos obtidos pelo método FAHP, ambos são expostos no quadro 4, abaixo.

Quadro 5 - Pesos obtidos pelos métodos FAHP e ROC.

| CRITÉRIOS | PESO FAHP | PESO ROC |
|---|------------------|-----------------|
| Receita per capita | 0,16817 | 0,1428 |
| Representatividade da receita própria | 0,11885 | 0,1095 |
| Participação das receitas de transferências | 0,33393 | 0,2928 |
| Participação dos gastos operacionais | 0,0251 | 0,0336 |
| Cobertura de despesas | 0,03289 | 0,0478 |
| Recursos p/ cobertura de queda de arrecadação | 0,07393 | 0,0845 |
| Recursos p/ cobertura de obrigações curto prazo | 0,0105 | 0,01 |
| Comprometimento das receitas correntes com as obrigações de curto prazo | 0,01254 | 0,0211 |
| Dívida per capita | 0,1877 | 0,1989 |
| Comprometimento das receitas correntes com o endividamento | 0,03638 | 0,0645 |

ANEXO A – ALGORITMO UTILIZADO NO ESTUDO

Algorithm 1. Determine the K -ordered partition $P_K^*(A)$.

- 1: **Inputs:** A, π, K
2. **Output:** $M, I(\pi, P_K(A))$
3. $M \leftarrow 0_{n \times n}$
4. $I \leftarrow 0_{n \times n}$
5. **while** $\max_{k,l} \{\pi_{kl}\} > 0$ **do**
6. $M^* = M$
7. Determine $(i,j) \mid \pi_{ij} = \max_{k,l} \{\pi_{kl}\}$
8. $M_{ij}^* = 1$
9. **if** $\text{has.no.cyle}(M^*) \wedge \text{max.rank}(M^*) \leq K-1$ **then**
10. $M_{ij} = 1$
11. **else**
12. $I_{ij} = \pi_{ij}$
13. **end if**
14. $\pi_{ij} = 0$
15. **end while**
16. The K -ordered partition is given by the determination of the ranks of the graph induced by M .

Fonte: Smet et. al. (2012).