

ARTIGO ORIGINAL

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA COMO ESTRATÉGIA PARA INSTALAÇÃO DE FRAÇÕES DO CBMMG

Moisés Magalhães de Sousa¹, Cláudio Jorge Cançado²

1. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

2. Fundação João Pinheiro

RESUMO

A expansão do atendimento é uma prioridade para o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG). Assim, é imprescindível que a escolha das cidades para receber uma fração BM atenda ao interesse público, satisfazendo plenamente a demanda social. Este artigo utilizou um método multicritério como alternativa para priorizar a definição de municípios para a instalação de uma fração do CBMMG e, assim, auxiliar o comando da corporação nessa tomada de decisão. Foram revistos os critérios historicamente utilizados pela instituição e selecionados os mais adequados à demanda atual. A partir dos dados, utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP) para ranquear as cidades para instalação de uma fração da corporação, conforme o Plano de Comando institucional. Observou-se que, dentre as variáveis selecionadas, o critério populacional apresentou a maior correlação direta com a demanda pelos serviços de bombeiro, exercendo grande influência no ranqueamento das cidades. Diante do método proposto e à luz dos dados obtidos, acredita-se que a nova proposta para nortear a expansão do CBMMG possibilitará uma disposição mais equalitária da corporação no estado, atendendo às necessidades do povo mineiro.

Palavras-chave: ranqueamento de cidades; critérios para instalação de frações BM; AHP.

APPLICATION OF THE HIERARCHICAL ANALYSIS METHOD AS A STRATEGY FOR INSTALLING FIRE STATIONS OF CBMMG

ABSTRACT

The expansion of services is a priority for the Military Firefighters Corps of Minas Gerais. Thus, it is essential that the choice of cities to receive fire stations obeys the public interest and fully satisfies social demand. Therefore, this article used a multicriteria method as an alternative to prioritize the selection of municipalities for the installation of fire stations and, thus, assist the corporation's command in making this decision. To achieve this goal, the criteria historically used by the institution were reviewed, and the most appropriate criteria were selected for the current demand. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used to rank the cities for the installation of fire stations, according to the institutional Command Plan. It was observed that among the selected variables, the population criterion showed the highest direct correlation with the demand for fire services, exerting enormous influence on the ranking of cities. Given the proposed method and the data obtained, it is believed that the new proposal to guide the expansion of CBMMG will enable a more equitable provision of services throughout the state, meeting the needs of the people of Minas Gerais.

Keywords: ranking of cities; criteria to receive fire stations; AHP.

Recebido em: 02/12/2022

Aprovado em: 28/04/2023

E-mail: moises.sousa@bombeiros.mg.gov.br, claudio.cancado@fjp.mg.gov.br



1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), fundamentado na Constituição Estadual, tem como missão institucional:

Servir à sociedade mineira com atividades de coordenação e execução de ações de defesa civil, prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio, busca e salvamento e estabelecimento de normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio ou qualquer tipo de catástrofe, contribuindo para o desenvolvimento do Estado (MINAS GERAIS, 2021a, p. 22).

Apesar de ter comemorado, recentemente, os seus 111 anos de existência, o CBMMG é uma instituição relativamente nova em termos de autonomia administrativa. A corporação tornou-se um órgão autônomo há pouco mais de duas décadas, com a desvinculação da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) por meio da Emenda à Constituição Estadual nº 39, de 02 de junho de 1999, e, ao longo da história, sempre buscou a expansão e modernização dos serviços prestados à sociedade mineira. No final do século XX, o CBMMG estava presente em apenas 32 municípios do estado e, de acordo com Cunha (2002), baseava suas decisões para instalações de frações em critérios subjetivos apurados por estudos de situação, que não obedeciam a qualquer critério rígido, bem como orientação metodológica. O autor afirma ainda que esses estudos não possuíam padronização que permitisse avaliação coerente e objetiva, assim como comparações envolvendo o grau de risco entre municípios para determinação de prioridades de investimento quando das instalações das unidades da corporação.

O CBMMG desenvolveu seu primeiro planejamento estratégico em 2006, direcionando ações para os serviços bombeiro militar no estado até o ano de 2030. Em 2010, a Resolução nº 394/2010 previu a revisão dos trabalhos bianualmente, sendo que, no ano de 2013, a corporação fez uma revisão das necessidades institucionais (MINAS GERAIS, 2015).

Assim, em 2015, foi publicado o plano estratégico para o período de 2015 a 2026, tornando-o documento norteador das políticas institucionais vigentes. Nesse plano, foi desenvolvida uma carteira de programas e projetos focada, principalmente, na expansão do atendimento para aproximar os quartéis dos pontos de maior concentração populacional, em municípios com população superior a 30 mil habitantes e, dessa forma, atender a um número maior de pessoas no estado, reduzindo o tempo resposta às ocorrências (MINAS GERAIS, 2015).

Dessa maneira, 16 anos após a desvinculação, a presença do CBMMG nos municípios mineiros foi ampliada em praticamente 100%, passando de 32 municípios no ano de 2000, para 63 municípios em 2016 (MINAS GERAIS, 2017).

Em 2017, com a edição da 2ª edição do Plano de Comando, a expansão do atendimento continuou como prioridade. A corporação passou por uma reorganização de seus setores administrativos e foi idealizado o modelo de Posto Avançado de Bombeiros (PABM), novo conceito operacional com estrutura mais enxuta, de forma a fomentar a instalação de frações em mais municípios mineiros com investimentos menores. Naquela oportunidade, as instalações de frações foram planejadas com base em um ranqueamento de municípios elaborado pela Terceira Seção do Estado-Maior (EMBM3), fundamentado no Índice de Vulnerabilidade ao Risco – IVR (MINAS GERAIS, 2017). Esse indicador, válido até os dias atuais, foi desenvolvido por Cunha (2002) e baseou-se em 11 critérios relacionados com a geração de riscos aos municípios.

A temática da expansão do atendimento de bombeiros a um maior número de pessoas permaneceu como eixo estratégico na 3ª revisão do Plano de Comando em 2019. O eixo foi dividido em dois Programas: Criação e Elevação de frações e Brigada Municipal. Esta última compreendida como alternativa para auxiliar à expansão do atendimento aos municípios com menos de 30 mil habitantes, em face do efetivo reduzido da corporação. Nessa ocasião, o CBMMG já atendia 73 municípios, alcançando 91,25% da meta proposta para o primeiro ciclo de expansão, devido ao Projeto de Otimização Administrativa e da concepção de uma nova estrutura operacional, PABM, que propiciou a presença do Corpo de Bombeiros em mais municípios com custo de instalação e efetivo reduzidos (MINAS GERAIS, 2019).

No período de execução da 3ª edição do Plano de Comando, o mundo vivenciou uma pandemia causada pela Covid-19, a qual imprimiu desafios para a realidade imposta e a continuidade dos serviços prestados à população. A 4ª edição do Plano de Comando, publicada em 2021, está inserida nesse contexto de incertezas e instabilidade. Porém, o trabalho de expansão da corporação continuou, e, até outubro de 2022, o CBMMG já se fazia presente em 86 dos 853 municípios mineiros, mas atuando em todo o estado nas ocorrências de urgência e emergência.

Diante dos fatos descritos, fica evidente que o processo de abertura de frações é prioridade para o CBMMG. No entanto, é necessário afirmar que o efetivo existente, em geral, é insuficiente para cobrir todas as lacunas em Minas Gerais. Nesse sentido, é imperativo que a instituição cumpra os princípios constitucionais apresentados no artigo nº 37 da Constituição Federal, dentre os quais destaca-se o da eficiência, que se amolda, no

presente caso, na escolha do município mais adequado ao interesse público para receber uma fração bombeiro militar (BM), de modo a satisfazer plenamente a demanda social.

Conforme dito anteriormente, a ordem de prioridade de instalação dos municípios que ainda não possuem fração do CBMMG é definida a partir do IVR, obtido por meio da ponderação de características dos espaços urbanos que guardam relação com o risco de desastres nos municípios. Esse índice, atualmente, possui 12 critérios, os quais são ajustados ao longo dos anos pela EBM3. Em que pese representar um grande avanço em relação aos estudos de situação que eram adotados anteriormente pela corporação, na prática, o IVR não é utilizado pelo comando da instituição para priorizar a escolha das cidades. Acredita-se que alguns fatores possam explicar a falta de aplicabilidade: valoração subjetiva dos parâmetros utilizados; uso de informações desatualizadas; redundância entre critérios, acarretando dupla contabilização de dados; disponibilidade financeira dos municípios para arcar com os custos de instalação e funcionamento da fração; e, por fim, a influência política que pode contrariar a tecnicidade da decisão.

Do exposto, compreende-se a necessidade de revisar o processo de seleção de cidades visando a instalação de frações do CBMMG e, assim, auxiliar a tomada de decisão do comando da corporação para a expansão do atendimento.

Diante desse contexto, o problema deste trabalho se subscreve na possibilidade de substituir o IVR por um método capaz de orientar o processo decisório do CBMMG. A hipótese levantada é que existem métodos de caráter científico que podem auxiliar no processo de solução de problemas complexos, como é o caso da seleção de cidades para receber uma fração do CBMMG. Métodos de tomada de decisão multicritério são amplamente utilizados para selecionar a melhor alternativa entre um conjunto de opções. Destaca-se, para utilização neste trabalho, o método Analytic Hierarchy Process (AHP) que, de acordo com Santos, Costa e Gomes (2021), atualmente, é o mais utilizado no mundo, devido à sua capacidade de fornecer apoio a diferentes decisores. É aplicado em distintas áreas do conhecimento, tais como: matemática, saúde, ciência da computação, gestão e negócios, engenharia mecânica, ecologia, estudos sociais, ciência dos materiais, dentre outras (ALI et al., 2017).

Assim, como objetivo geral deste trabalho, propôs-se utilizar um método multicritério para auxiliar o comando do CBMMG na tomada de decisão, visando priorizar a escolha de municípios para receberem a instalação de uma fração do CBMMG. São objetivos específicos: identificar estudos sobre critérios utilizados para instalação de frações no CBMMG; analisar os critérios existentes e selecionar os mais apropriados à realidade do CBMMG para instalação de fração; e, por fim, aplicar o método AHP para ranquear as

idades previstas na 4ª edição do Plano de Comando do CBMMG, priorizando aquelas mais indicadas, de acordo com os critérios estabelecidos, para receberem uma fração da corporação.

2 MÉTODO

Este estudo tratou-se de uma pesquisa aplicada, caracterizada como exploratória, cujos procedimentos de coleta de dados foram: pesquisa bibliográfica, de campo e documental com fontes primárias e secundárias.

Para identificar estudos realizados acerca dos critérios para instalação de frações no CBMMG, foram selecionados trabalhos acadêmicos disponíveis no site da biblioteca da Academia de Bombeiros Militar (ABM) do CBMMG, ao usar como filtro as palavras: fração, critério e instalação. Esse levantamento indicou três trabalhos de interesse: Santos (2018), Solha (2020) e Tamiatti (2021). De modo semelhante e acrescentando como filtro a palavra Corpo de Bombeiros, foram realizadas pesquisas na biblioteca da Academia da Polícia Militar (APM) da PMMG e na biblioteca da Fundação João Pinheiro, por serem instituições que, habitualmente, recebiam oficiais do CBMMG para prática de cursos de formação ou especialização, sendo obtido um trabalho de interesse: Cunha (2002). E, por fim, foi feita uma pesquisa no portal de periódicos da Capes, a qual não apresentou resultados significativos. Para seleção de documentos, foram efetuadas consultas aos arquivos da EBM3, por ser o setor responsável pela articulação e coordenação do processo de instalação de fração dentro do CBMMG, sendo obtidos quatro trabalhos de interesse: Minas Gerais (2011, 2016, 2021b) e Azevedo (2022).

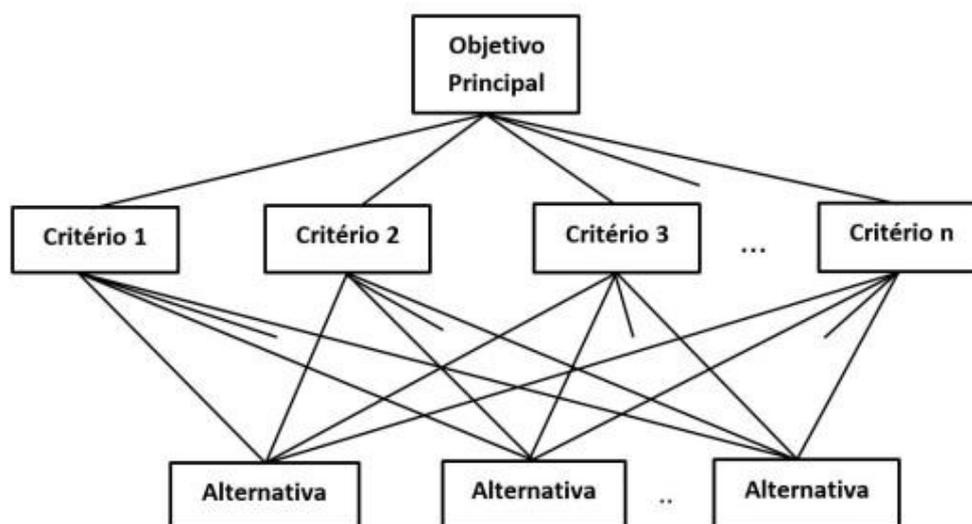
Para analisar os critérios existentes e selecionar os mais adequados à realidade atual para instalação de uma fração do CBMMG, foram compiladas as variáveis apresentadas pelos estudos investigados, permanecendo aquelas validadas pelo atual comando da corporação, que melhor se correlacionaram com as ocorrências de urgência e emergência atendidas pelo CBMMG. Na sequência, a considerar o estudo de Keeney e Raiffa (1976), verificou-se se os critérios em questão atendiam às propriedades de Completude, Operacionalidade, Decomposição, Ausência de redundância e Tamanho mínimo.

Definidos os critérios, utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP) para ordenar as cidades previstas para receberem uma fração da corporação. O Apêndice Único resume as principais propriedades dos critérios selecionados em relação às cidades previstas para receberem uma fração da corporação, em conformidade com a 4ª edição do Plano de Comando do CBMMG, observando-se a área de abrangência de cada Comando Operacional de Bombeiros (COB).

Para modelar os dados desta pesquisa, foi usada a ferramenta online desenvolvida por Bozza et al. (2020): Three Decision Methods (3DM).

O método AHP está baseado em três princípios: estruturação hierárquica, comparação paritária e síntese de prioridades (PAULO JÚNIOR et al., 2012; SOUZA JÚNIOR, 2014). A estruturação hierárquica consiste na definição do objetivo principal e na decomposição do problema em níveis hierárquicos, contendo critérios e alternativas inter-relacionados, conforme apresentado na Figura 1 (SAATY, 1991). No presente trabalho, o objetivo principal foi a escolha de municípios mais adequados para receberem a instalação de uma fração do CBMMG. As alternativas foram associadas a quatro critérios principais: População (C1); Tempo de deslocamento até a fração mais próxima (C2), Focos de calor (C3), e, por último, o Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM) (C4).

Figura 1 – Estrutura hierárquica do AHP

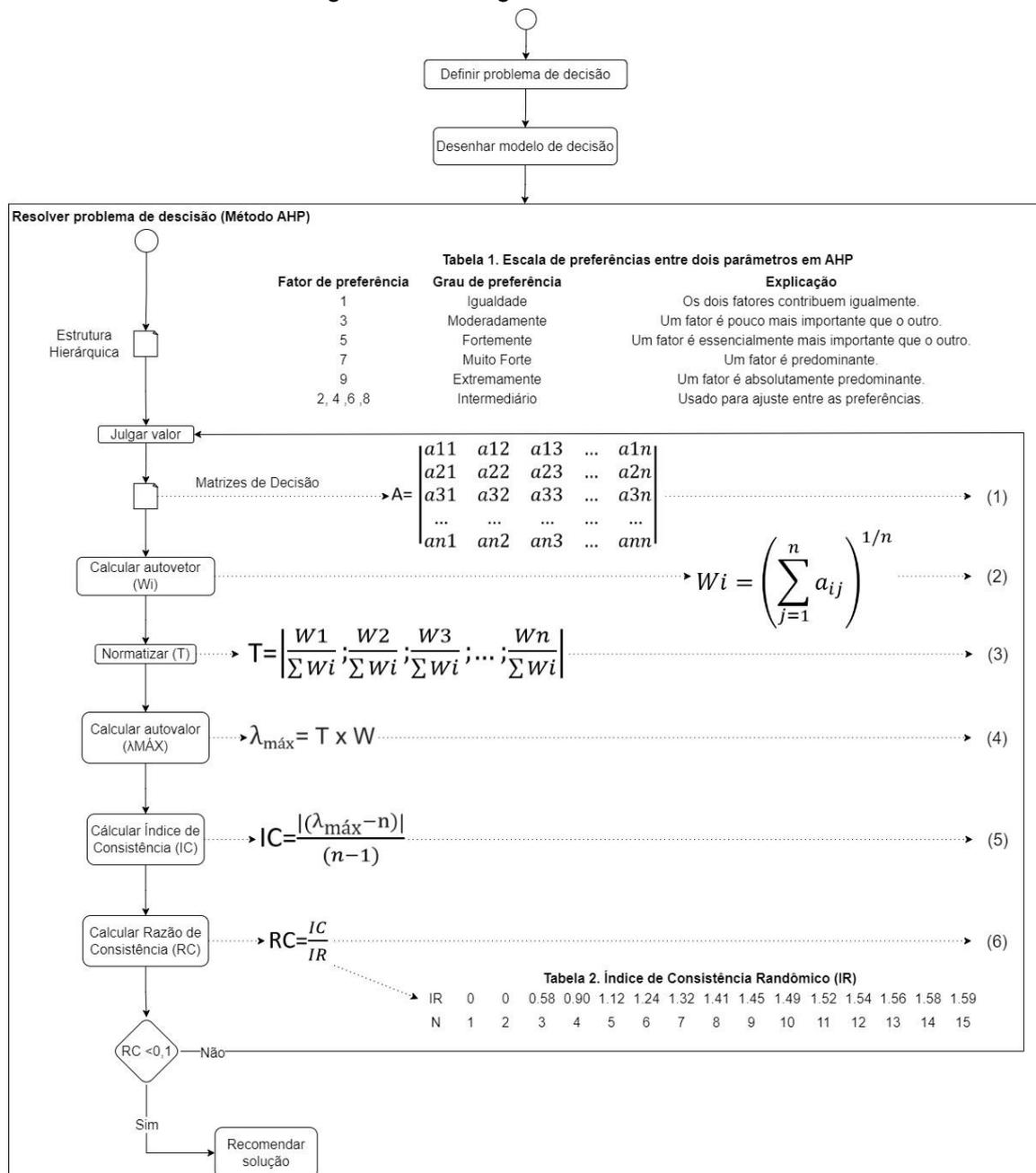


Fonte: adaptado de SAATY (1991).

A comparação paritária consiste na etapa de comparação entre os elementos de cada nível hierárquico, à luz de cada um dos elementos ligados à camada superior, numa abordagem *top-down*. Elabora-se, assim, matrizes de comparação ou de decisão, conforme matriz (1) da Figura 2, na qual é avaliada a importância entre os elementos, utilizando-se para isto a Escala Fundamental de Saaty, vide Tabela 1 da Figura 2, que apresenta valores que variam de 1, indicando que os critérios possuem igual importância, a 9, quando um critério tem uma importância absoluta sobre outro (SAATY, 1987). Tais matrizes são construídas com o auxílio de decisores ou especialistas, que emitem suas preferências de acordo com o nível de importância de um elemento para com o outro para estabelecer as prioridades.

Neste estudo, os oficiais que trabalham na EMBM3, responsáveis pelo assessoramento direto ao comando do CBMMG em relação aos assuntos atinentes ao processo de instalação de frações, foram considerados especialistas para estabelecer as prioridades e pesos entre os critérios definidos, participando de entrevistas semiestruturadas.

Figura 2 – Fluxograma do método AHP



Fonte: adaptado de Pinto Júnior et al. (2018).

A partir das matrizes de decisão, é necessário resumir as preferências de cada nível hierárquico, atribuindo a elas uma importância relativa. Essa etapa é obtida pelo cálculo do autovetor, conforme equação (2) de cada matriz (1) dos respectivos elementos que compõem um determinado nível hierárquico, conforme Figura 2. O seu resultado permite a classificação das prioridades pela normalização, de acordo com a equação (3) do autovetor que permite a comparação dos elementos a partir do seu grau de importância calculado (PINTO JÚNIOR et al., 2018).

No método AHP, mesmo quando o julgamento é realizado por decisores especialistas, alguma inconsistência pode ocorrer. Dessa forma, calcula-se a Razão de Consistência (*RC*) das atribuições do decisor em relação a um Índice de Consistência (*IC*). A *RC* é obtida por meio da fórmula (6), na qual o Índice de Consistência Randômico (*IR*) é um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem *n* conforme Tabela 2 da Figura 2. Já o *IC* é obtido pela fórmula (5), sendo que o $\lambda_{m\acute{a}x}$ é o maior autovalor que é obtido a partir do autovetor normalizado, vide fórmula (4) e *n* representa o número de colunas da matriz de decisão. Para que um conjunto de atribuições seja consistente, é recomendado que o *RC* seja menor ou igual a 10%, sob pena de reavaliação da matriz comparativa dos julgamentos.

Por fim, o terceiro e último princípio do AHP, a síntese de prioridades, tem as alternativas listadas em ordem de importância para alcançar o objetivo principal.

3 RESULTADOS

3.1 Critérios utilizados para instalação de fração no CBMMG

Apresenta-se, neste tópico, o resumo dos trabalhos escritos sobre critérios para instalação de fração no CBMMG.

Segundo Santos (2018), um dos primeiros registros de estudo científico que abordou o crescimento estratégico do CBMMG, após a desvinculação da PMMG, foi a monografia do então Capitão Paulo Adriano Cunha apresentada, em 2002, para conclusão do Curso de Especialização em Segurança Pública. O autor desenvolveu o Índice de Vulnerabilidade ao Risco – IVR, fundamentado em 11 critérios que guardavam relação com a geração de riscos aos municípios: 1) População; 2) Distância entre a região analisada e a fração BM mais próxima; 3) Grau de urbanização do município; 4) Grau de verticalização do município; 5) Industrialização; 6) Índice de Condições de Vida – ICV; 7) Aeroportos/aeródromo; 8) Região lacustre por números de afogamentos; 9) Área ambiental protegida; 10) Risco

resgate/atendimento pré-hospitalar por número de veículos emplacados no Município; e 11) Patrimônio histórico instalado.

Naquela oportunidade, o IVR foi estabelecido a partir de dois processos complementares. No primeiro, os critérios foram pontuados com notas de 0 a 10 pelos oficiais subordinados ao COB e organizados conforme média aritmética. No segundo processo, cada critério foi organizado em faixas de classificação, por sua vez, pontuadas de 0 a 10, o que facilitou a visualização do potencial de risco de cada município. Para exemplificar, o critério População foi dividido em grupos de 10.000 habitantes: o município que possuía população abaixo de 10.000 recebeu nota 1; entre 10.001 até 20.000, nota 2; assim sucessivamente, até a nota 10, para aqueles municípios com população superior a 90.001 habitantes. Tal relação foi aplicada por analogia aos demais critérios. O somatório do produto das notas dos julgamentos feitos pelos oficiais por meio das notas atribuídas pela escala de cada critério formava o IVR, sendo que, quanto maior o valor obtido pelo município, maior seria o grau de risco, e, por consequência, se estabelecia a prioridade para instalar fração de Bombeiro Militar (CUNHA, 2002).

Em 2011, o IVR foi recepcionado pela EMBM3, que passou a utilizá-lo como parâmetro para estabelecer a priorização entre os municípios com mais de 30 mil habitantes que não possuíam unidades do CBMMG. No entanto, passou-se a ter 12 critérios, considerados como indispensáveis para aferição do índice, sendo 3 diferentes do idealizado originalmente por Cunha (2002): Número de edificações comerciais e industriais, em substituição ao Grau de verticalização do município; Índice de Desenvolvimento (IDH), em substituição ao ICV; e foi acrescido o critério Número de óbitos por causas externas (MINAS GERAIS, 2011). Para alteração dos critérios, utilizou-se como argumento os riscos instalados para a inclusão do número de edificações comerciais e industriais. O IDH foi inserido para oferecer um contraponto à dimensão econômica empregada pelo Produto Interno Bruto (PIB). Já o número de óbitos por causas externas considerou os impactos econômicos e sociais das internações (acidentes e violências). Apesar de terem sido apresentadas justificativas para substituição de dois critérios e a inclusão de outro, a subjetividade do indicador fica evidente pelo fato de terem sido adotadas as mesmas notas dos critérios substituídos para os substitutos e a média das notas de todos os critérios, atribuídas por Cunha (2002), para valoração do novo critério: Número de óbitos por causas externas.

Em 2016, a EMBM3 atualizou os dados, permanecendo a base do trabalho elaborado até então, a considerar os municípios com mais de 15 mil habitantes para instalação de fração do CBMMG (MINAS GERAIS, 2016).

Santos (2018) propôs a atualização dos critérios apresentados por Cunha (2002) e

fez um ranqueamento dos pelotões destacados com base na metodologia do IVR para subsidiar a elevação à condição de companhia. Alguns dos critérios foram substituídos por outros tidos como mais adequados pelo autor: Número de ocorrências atendidas em frações já instaladas, em substituição ao Número de afogamentos, tendo em vista uma maior abrangência desse novo critério, e o IDH em substituição ao ICV, por ser um índice mais atual. Um critério deixou de ser aplicado, o Grau de verticalização do município, por ausência dos dados atualizados. De modo semelhante ao trabalho feito pelo EMBM3 em 2011. Foram adotadas as mesmas notas dos critérios substituídos para os substitutos, considerando o julgamento feito pelos oficiais que participaram da pesquisa de Cunha em 2002, permanecendo a subjetividade das decisões.

Solha (2020) examinou a possibilidade de identificar critérios para instalação de novas frações a partir de dados e indicadores dos municípios e suas respectivas frações BM instaladas entre 2015 e 2020, correlacionando-os com indicadores relacionados à sua operacionalidade: Atendimento à Pronto Resposta da Unidade (APRU), Média Diária de Efetivo (MDE) e Média Diária de Viaturas (MDV). O autor verificou que o número de atendimento de ocorrências de pronta resposta tende a ser diretamente proporcional à população, tornando esse indicador preponderante para a instalação de novas frações. Em relação ao PIB, foi proposto utilizá-lo como critério para municípios com PIB per capita acima de R\$ 10.000,00, considerando um mínimo de desenvolvimento econômico e complexidade das atividades na localidade. Em relação ao IDH, Solha constatou não haver influência direta no número de ocorrências de pronta resposta, não sendo, portanto, ratificado como critério para instalação de novas frações. No que tange à localização da fração BM, ele observou que existe uma tendência de aumento na demanda quanto maior a distância da localidade de uma fração BM, sendo, portanto, admitido como um importante critério para instalação de novas frações.

Tamietti (2021) propôs criar um método matemático para selecionar os critérios integrantes do IVR, atribuindo-lhes peso e redistribuindo as notas em cada um deles. O autor destacou a subjetividade de cálculo do indicador e a desatualização da distribuição das notas em cada critério e mensurou as correlações entre os critérios integrantes do IVR e deles com o número de ocorrências por habitante, utilizando o coeficiente de Pearson.

Os parâmetros Número de veículos emplacados, Número de edificações comerciais, Número de óbitos, Porcentagem do PIB de Minas Gerais e Número de afogamentos apresentaram correlação insignificante com o atendimento de ocorrências, e, portanto, foram eliminados por Tamietti.

Como limitação de seu trabalho, o autor não encontrou fontes para manter os parâmetros: Aeroportos/aeródromo; Área ambiental protegida e Patrimônio histórico instalado, sendo assim, desconsiderados de suas análises.

Para os critérios não excluídos, o autor atribuiu como peso os mesmos valores da correlação existente em relação ao número de ocorrências e apresentou revisão das notas a serem concedidas aos municípios onde foram instaladas as últimas frações da corporação. Para o critério Distância de frações BM, ele deu a mesma nota utilizada por Cunha (2002), tendo em vista não ser possível calcular o peso em função da metodologia adotada.

Na sequência, Tamiatti indicou que o município que apresentasse a maior pontuação dentro de cada critério receberia como nota o próprio peso desse parâmetro. Os demais receberiam a nota correspondente a multiplicação do peso do critério pela divisão entre sua classificação, obtida entre os demais municípios selecionados, e o total de municípios que apresentassem mais de 30 mil habitantes e não possuíam fração BM instalada, conforme equação (7).

$$\text{Nota obtida no critério} = \text{Peso do critério} \times \frac{\text{Classificação no critério}}{\text{Número de municípios elegíveis}} \quad (7)$$

Ao fim, o autor destacou que o estudo não teve objetivo de apresentar um IVR definitivo e recomendou estudos posteriores para identificar novos critérios que atinjam os requisitos de seleção de cidades para instalação de frações do CBMMG.

Ainda em 2021, a EBM3 realizou uma consulta ampla a todas as unidades do CBMMG, para atualizar os critérios do IVR. As sugestões apresentadas foram analisadas e consolidadas através do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) nº 1400.01.0021652/2021-02. Ao final, foram validados, pelo Chefe do Estado - Maior do CBMMG, os seguintes critérios com respectivas bases de dados: 1) População estimada (fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE); 2) IDH (fonte: IBGE); 3) Participação do município no PIB mineiro (fonte: IBGE); 4) Taxa de urbanização (fonte: IBGE); 5) Número de empresas do município (fonte: Rede Nacional para a Simplificação do Registro e da Legalização de Empresas e Negócios -REDESIM); 6) Desastres reconhecidos - média dos últimos cinco anos (fonte: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID); 7) Focos de calor - média dos últimos cinco anos (fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE); 8) Número de óbitos por causas externas – média dos últimos cinco anos (fonte: Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – SES - MG); 9) Patrimônio histórico (fonte: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional- IPHAN); 10) Tempo de deslocamento até a fração BM mais próxima (fonte: Google Maps).

Por fim, Azevedo (2022) desenvolveu um estudo para predição do volume de ocorrências de pronta resposta em municípios que não possuem unidades do CBMMG instaladas. O autor aperfeiçoou o estudo apresentado por Tamiatti (2021), verificando a correlação entre a maioria dos critérios validados pelo Comando do CBMMG em 2021 e entre esses critérios e o APRU (atendimento de pronta resposta das unidades do CBMMG). As variáveis selecionadas para previsão da variável alvo foram a População; o IDH; e Focos de calor. O critério Tempo de deslocamento entre o município e a fração BM mais próxima não foi utilizado, pois o autor considerou como referência apenas dados dos municípios que já possuem frações instaladas e, portanto, esse tempo seria zero em todos os municípios no estudo. Após a seleção das variáveis independentes, o autor empregou o método de regressão linear múltipla para realizar a análise preditiva.

Para facilitar a visualização e a compreensão dos resultados apresentados pelos autores supracitados, os dados foram consolidados no Quadro 01 a seguir.

Quadro 1 – Critérios adotados para instalar frações no CBMMG, conforme fontes pesquisadas.

Autor	CUNHA (2002)	MINAS GERAIS (2011 e 2016)	SANTOS (2018)	SOLHA (2020)	TAMIETTE (2021)	MINAS GERAIS (2021b)	AZEVEDO (2022)
Ord. Critérios							
1	População	População	População	População	População	População	População
2	(PIB)	(PIB)	PIB	PIB [1]	..	PIB	..
3	Veículos emplacados	Veículos emplacados	Veículos emplacados	..	..	..	..
4	Grau de urbanização	Grau de urbanização	% de urbanização	..	Grau de urbanização	Taxa de urbanização	..
5	Grau de verticalização	Edificações comerciais e industriais [2]	..	..	..	Empresas integradas a REDESIM	..
6	Distância unidade + próxima	Distância unidade + próxima	Distância unidade + próxima	Distância unidade + próxima	Distância unidade + próxima	Tempo unidade + próxima	..
7	Patrimônio histórico	Patrimônio histórico	Patrimônio histórico	..	..	Bens tombados	..
8	Risco de afogamentos	Nº de afogamentos	Nº ocorrências atendidas	..	..	..	..
9	Área ambiental protegida	Área ambiental protegida	Área ambiental protegida	..	..	Focos de calor	Focos de calor
10	Classe do aeroporto	Aeroportos/ aeródromo	Classificação dos aeroportos	..	..	..	..
11	ICV	IDH	IDH	IDH	IDH	IDH	IDH
12	..	Óbitos por causas externas [3]	..	..	..	Óbitos por causas externas	..
13	..	..	..	..	..	Desastres reconhecidos	..

Fonte: elaborado pelos autores.

¹ PIB per capita acima de R\$ 10.000,00.

² O número de edificações comerciais industriais utilizado em substituição ao grau de verticalização do município adotado por Cunha (2002), todavia utilizou-se o mesmo valor praticado pelo antigo critério.

³ Adotado o valor mediano dos demais critérios adotados por Cunha (2002).

3.2 Análise e seleção dos critérios utilizados para instalação de fração no CBMMG

Para selecionar os critérios mais adequados para a instalação de uma fração BM, frente à realidade atual do CBMMG, analisou-se os dados dispostos no Quadro 1. Nesse sentido, verificou-se a ausência de consenso da maioria dos trabalhos e que apenas o critério População foi sustentado em todos os estudos. Logo, utilizou-se como referência os parâmetros validados pelo atual comando da corporação, disponíveis em Minas Gerais (2021b). De maneira complementar, considerou-se os dados utilizados por Azevedo (2022), em que o autor estabeleceu a correlação entre aqueles critérios e deles com o volume de ocorrências de urgência e emergência atendido nos últimos cinco anos, mensurado pela variável de Atendimento à Pronto Resposta da Unidade (APRU) das unidades do CBMMG nos municípios onde já existem frações instaladas.

A partir da matriz de correlação de Pearson, Azevedo (2022) elaborou a Figura 3, onde constam os critérios que melhor se correlacionaram com a variável alvo (APRU). Nesse processo, foram desconsiderados os que não apresentaram correlação linear significativa com a citada variável.

Figura 3 – Matriz de correlação de critérios, segundo Pearson

População	1	0.026	0.27	0.99	0.071	0.047	0.89	0.048	0.37	0.82
PIB	0.026	1	0.15	0.035	-0.2	-0.03	0.014	0.17	0.23	0.069
Taxa de Urb.	0.27	0.15	1	0.23	-0.35	-0.03	0.18	-0.0029	0.7	0.3
REDESIM	0.99	0.035	0.23	1	0.067	0.012	0.92	0.05	0.36	0.8
MDR – S2ID	0.071	-0.2	-0.35	0.067	1	-0.017	0.047	-0.061	-0.38	-0.04
Focos Calor	0.047	-0.03	-0.03	0.012	-0.017	1	-0.054	0.15	0.011	0.3
Óbitos C. Ext.	0.89	0.014	0.18	0.92	0.047	-0.054	1	0.042	0.24	0.66
Bens Tombados	0.048	0.17	-0.0029	0.05	-0.061	0.15	0.042	1	0.063	-0.017
IDH	0.37	0.23	0.7	0.36	-0.38	0.011	0.24	0.063	1	0.47
APRU	0.82	0.069	0.3	0.8	-0.04	0.3	0.66	-0.017	0.47	1
	População	PIB	Taxa Urb.	REDESIM	MDR – S2ID	Focos Calor	Óbitos C. Ext.	Bens Tombados	IDH	APRU

Fonte: Azevedo (2022).

Para interpretar os resultados dispostos na matriz, é preciso esclarecer que, em relação ao coeficiente de correlação, os valores entre 0 a 0,3 são insignificantes; entre 0,3 a 0,5 indicam correlações fracas; entre 0,5 a 0,7 indicam correlações moderadas; entre 0,7 a 0,9 indicam correlações altas e entre 0,9 a 1 indicam correlações muito elevadas (MUKAKA, 2012).

Observou-se uma correlação alterando de alta a muito elevada entre as variáveis independentes População, Empresas integradas a REDESIM e Média de óbitos por causas externas. Dentre essas variáveis, a que possui maior correlação com a variável APRU, foi a População. Para se evitar a multicolinearidade, que ocorre quando o modelo possui vários fatores correlacionados, resultando em critérios redundantes, Azevedo (2022) suprimiu os critérios Empresas do município integradas a REDESIM e a Média de óbitos por causas externas. Analogamente, verificou-se que as variáveis Taxa de urbanização e IDH apresentaram uma correlação alta entre si, dentre as quais a que melhor se correlacionou com a variável de interesse (APRU) foi a variável IDH, sendo, portanto, suprimida a Taxa de urbanização.

As variáveis PIB per capita, Média de desastres reconhecidos e Bens tombados pelo IPHAN não apresentaram correlação linear significativa ($< 0,3$) com a variável dependente (APRU), logo, foram desconsideradas do modelo. Já as variáveis IDH e Focos de calor apresentaram uma correlação variando entre 0,3 a 0,5 com a variável de interesse, sendo levadas em consideração por Azevedo (2002).

Para certificar que os critérios até então selecionados são apropriados para resolver o problema, que se apresenta pela seleção de cidades para receber uma fração do CBMMG, recorreu-se às condicionantes apresentadas por Keeney e Raiffa (1976), que definiram cinco propriedades que precisam ser atingidas, sendo: Completude, Operacionalidade, Decomponibilidade, Ausência de redundância e Tamanho mínimo.

a) Completude: um conjunto de critérios está completo se conseguir abranger todos os aspectos importantes do problema;

b) Operacionalidade: os critérios devem ser relevantes para auxiliarem os decisores na tomada de decisão, sendo, portanto, significativos para permitir a compreensão, avaliação e comparação das alternativas;

c) Decomponibilidade: deve-se aferir o desempenho de uma alternativa em relação a um critério, independentemente de seu desempenho em relação aos outros critérios.

d) Ausência de redundância: não deve haver dois critérios que representam parcialmente ou totalmente a mesma realidade, pois acarretam dupla contabilização na decisão final;

e) Tamanho mínimo: a estrutura a ser analisada deve ser enxuta, devendo ser eliminados critérios que não estabeleçam distinções entre as alternativas.

Verificou-se que os critérios selecionados por Azevedo (2022): População, Focos de calor e IDH cumprem os requisitos propostos por Keeney e Raiffa (1976), pois:

- O modelo de regressão linear desenvolvido por Azevedo (2022) para previsão do volume de ocorrências de pronta resposta em municípios sem frações do CBMMG obteve resultado com precisão de 77% e 70% nas bases de treinamento e de teste, respectivamente, indicando que os critérios selecionados são relevantes para auxiliarem os decisores na tomada de decisão, satisfazendo o requisito de Operacionalidade;

- Dentre os critérios utilizados por Minas Gerais (2021b) que apresentaram correlação positiva elevada entre si, os quais indicaram que enquanto uma variável aumenta, a outra também aumenta, permaneceram apenas aqueles que melhor se correlacionaram com a variável alvo (APRU), no caso, a População, sendo excluídos os critérios Empresas integradas a REDESIM e Média de óbitos por causas externas. Manteve-se ainda o IDHM, sendo eliminado a Taxa de urbanização. Com isso, foi satisfeito o requisito de Ausência de redundância;

- Os critérios utilizados por Minas Gerais (2021b) que não apresentaram correlação linear significativa com a variável dependente (APRU), que no estudo de Azevedo (2022) foram as variáveis PIB per capita, Média de desastres reconhecidos e Bens tombados pelo IPHAN foram desconsiderados, satisfazendo o requisito Tamanho mínimo;

- Como o Azevedo (2022) não utilizou o Tempo de deslocamento entre o Município e a Fração BM mais próxima, validado pelo comando do CBMMG, por ter considerado como referência apenas dados dos municípios que já possuem frações instaladas, esse critério foi utilizado neste trabalho para fins de aplicação do AHP, por estar inserido no conceito do Objetivo Estratégico 1 do CBMMG, buscar a excelência no atendimento com tempo-resposta, previsto na 4ª edição do Plano de Comando da instituição. Tal medida visa abranger todos os aspectos importantes do problema, atendendo ao requisito Completude;

- Todos os critérios selecionados: População, Focos de calor, IDHM e Tempo de deslocamento entre o município e a fração BM mais próxima foram obtidos por fontes externas confiáveis. Além disso, essas variáveis, quando avaliadas individualmente, não interferem no desempenho dos demais critérios e ainda possibilitam a avaliação das cidades previstas na 4ª edição do Plano de Comando do CBMMG de maneira independente, o que atende o requisito Decomponibilidade.

3.3 Aplicação do método AHP para ranqueamento das cidades para receberem uma fração do CBMMG

Em concordância com entrevistas realizadas, observou-se que os oficiais da EMBM3 priorizam o propósito da corporação que representam a despeito de suas próprias preferências, existindo sinergia nos julgamentos individuais. Diante desse cenário, para mensurar numericamente o julgamento do grupo, foi utilizada a abordagem conhecida como Agregação Individual de Julgamentos (AIJ), utilizada para situações em que o grupo se comporta como um indivíduo.

Assim, em uma primeira etapa, o grupo estabeleceu a precedência entre os critérios selecionados para escolha das cidades, chegando ao seguinte consenso: 1º) População; 2º) Tempo de deslocamento até a fração mais próxima; 3º) Focos de calor; e 4º) IDHM. Em seguida, definiu-se o quanto mais importante um critério é em relação ao outro. Para tanto, a comparação par a par dos critérios foi realizada aplicando a escala fundamental de Saaty (Tabela 1 da Figura 2).

A Tabela 3 apresenta o resultado desse julgamento e os pesos obtidos após esse processo. Em cada uma dessas etapas, o consenso do grupo foi obtido pela média geométrica dos julgamentos individuais, conforme indicado por Da Costa e Belderrain (2009). A razão de consistência obtida foi de 7,96%, ou seja, está dentro do limite proposto pelo método, que é de até 10%. Dessa forma, o julgamento realizado pode ser considerado consistente.

Tabela 3 – Matriz das comparações entre os critérios e pesos dos critérios –
 Decisão do grupo

	População (C1)	Tempo até a fração mais próxima (C2)	Focos de calor (C3)	IDHM (C4)	Pesos
População (C1)	1	5	6	8	0,6225
Tempo até fração mais próxima (C2)	1/5	1	2	6	0,2040
Focos de calor (C3)	1/6	1/2	1	4	0,1263
IDHM (C4)	1/8	1/6	1/4	1	0,0471

Fonte: elaborada pelos autores.

Diante dos dados, verificou-se que o critério População (C1) obteve maior importância ao alcançar 62,25% do peso, seguido pelo Tempo de deslocamento até a fração mais próxima (C2), que atingiu 20,40%, e pela média dos Focos de calor (C3), que chegou a 12,63%. Por último, o IDHM (C4) ficou com 4,71%. A prevalência do critério populacional está em consonância ao estudo de Casarim (2019), visto que o crescimento das cidades intensifica os

problemas urbanos e consequentes desastres, provocando o aumento da demanda do serviço do bombeiro. Para fins de modelagem de dados no Software 3DM, os três primeiros critérios (C1, C2 e C3) foram maximizados, ou seja, quanto maior o valor destes parâmetros, maior a necessidade dos serviços de bombeiros. Já o critério C4 foi minimizado, isso significa que valores menores indicam municípios com baixa qualidade de vida, portanto, são mais necessitados dos serviços oferecidos pelo CBMMG.

3.3.1 Ranqueamento das cidades para receberem uma fração do CBMMG

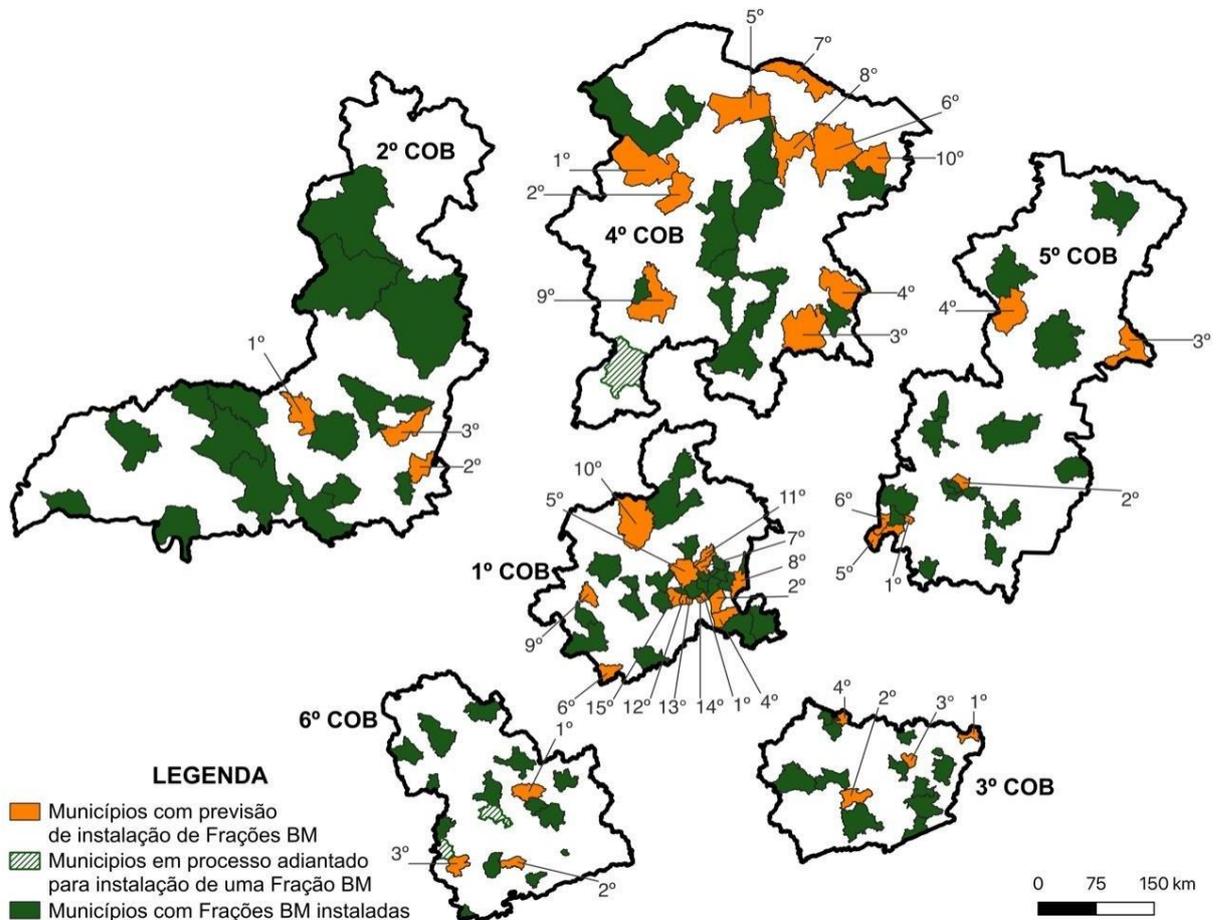
A aplicação do método AHP possibilitou o ranqueamento dos municípios, conforme área de abrangência de cada Comando Operacional, de acordo com a prioridade para instalação de uma fração BM. A Tabela 4 consolida esses resultados.

Tabela 4 – Ranking dos municípios conforme área de abrangência de cada COB

Alternativas	Prioridade final	Rank	COB	Alternativas	Prioridade final	Rank	COB
Ibirité	0,1460	1º	1º COB	São Francisco	0,1374	1º	4º COB
Nova Lima	0,0998	2º		Brasília de Minas	0,1182	2ª	
Brumadinho	0,0837	3º		Itamarandiba	0,1157	3º	
Itabirito	0,0830	4º		Minas Novas	0,1103	4º	
Esmeraldas	0,0705	5º		Jaíba	0,1092	5º	
Campo Belo	0,0629	6º		Rio Pardo de Minas	0,0910	6º	
Pedro Leopoldo	0,0623	7º		Espinosa	0,0854	7º	
Cacté	0,0620	8º		Porteirinha	0,0804	8º	
Lagoa da Prata	0,0572	9º		Várzea da Palma	0,0804	9º	
Pompéu	0,0551	10º		Taiobeiras	0,0721	10º	
Matozinhos	0,0528	11º		João Monlevade	0,2379	1º	5º COB
Igarapé	0,0493	12º		Santana do Paraíso	0,1900	2º	
São J.de Bicas	0,0402	13º		Nanuque	0,1806	3º	
Sarzedo	0,0378	14º		Novo Cruzeiro	0,1462	4º	
Mateus Leme	0,0373	15º		Santa Bárbara	0,1290	5º	
Monte Carmelo	0,4388	1º	Barão de Cocais	0,1163	6º		
São Gotardo	0,3065	2º	2º COB	Três Pontas	0,4274	1º	6º COB
Carmo do Paranaíba	0,2547	3º		Santa Rita do Sapucaí	0,2875	2º	
Carangola	0,2983	1º		Ouro Fino	0,2851	3º	
Santos Dumont	0,2676	2º					
Visconde R. Branco	0,2334	3º					
Ouro Branco	0,2006	4º					

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 4 – Mapa dos municípios em que o CBMMG está presente somado as previsões para instalação



4 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados permitem afirmar que este artigo cumpriu o proposto ao utilizar um método multicritério para auxiliar o comando do CBMMG na tomada de decisão em relação à priorização de municípios de Minas Gerais para a instalação de uma fração da corporação. A definição do método para ranquear as cidades se deu a partir da revisão de literatura, que possibilitou a verificação de que o AHP é o mais utilizado no mundo, vista à sua capacidade de apoiar diferentes tomadores de decisão nas diversas áreas de estudo e possibilidades de atuação.

Nesse processo, após a identificação de estudos que consideraram os parâmetros utilizados para instalação de frações no CBMMG, foram revistos os critérios e selecionados os mais adequados à realidade da corporação no presente momento. A considerar que apenas o critério População foi consenso em todos os trabalhos que pesquisaram sobre o

assunto, há de se lembrar que os demais variavam ao juízo de cada autor, refletindo alta subjetividade na tomada de decisão até então.

Como o CBMMG busca, por meio da capilarização operacional, atender a um número maior de pessoas no estado, é importante destacar que a População é o critério que apresenta a maior correlação com a demanda pelos serviços de bombeiro, e foi, por isso, considerado pelos especialistas o principal parâmetro para o processo de expansão do CBMMG, exercendo grande influência no ranqueamento das cidades. À exceção do 3º COB, onde a ação conjunta dos demais critérios superou o peso populacional para se definir o primeiro colocado, em todos os demais Comandos Operacionais, o município de maior população obteve prioridade para instalação de fração. Sendo que, no 2º e 6º Comandos Operacionais, o ranqueamento final coincidiu com o tamanho da população das cidades.

Parafraseando o escritor João Guimarães Rosa, “Minas são muitas” e a presença da corporação no território ainda não é homogênea, sendo as regiões Norte e Jequitinhonha/Mucuri as mais desassistidas. Em consequência, o tempo de deslocamento das guarnições de bombeiro até as cidades dessas áreas são os mais elevados. E, como esse é o segundo critério com maior influência, principalmente no 4º COB, que abrange o Norte de Minas, teve um peso significativo na classificação das cidades. Portanto, a instalação de frações nas cidades inseridas nessas duas regiões, que são de abrangência do 4º e 5º Comandos Operacionais, pode ser priorizada em relação às demais regiões para equalizar a disposição da corporação no estado. Do mesmo modo, tal medida pode servir como política pública para minimizar a desigualdade social presente, atestada pelos baixos números do IDH desses municípios.

Outro aspecto a se destacar é a existência dos incêndios florestais para justificar a presença do CBMMG em determinados municípios. Esses eventos causam grandes prejuízos ambientais e socioeconômicos no estado de Minas Gerais, sendo que boa parte dessas ocorrências se devem aos focos de calor provocados por ação antrópica ou natural. Apesar desse critério ter uma contribuição de apenas 12,63% do peso nos municípios que apresentam número significativos de focos, o qual corresponde a cerca de 27% do conjunto avaliado, a influência desse parâmetro, para a instalação de uma fração da corporação, foi superada apenas pelo critério populacional.

O AHP busca refletir a forma natural de decisão da mente humana, mostrando-se eficiente na análise proposta, tanto na obtenção dos pesos dos critérios, quanto na ordenação das cidades avaliadas, tornando-se uma importante ferramenta que pode auxiliar na tomada de decisões estratégicas do comando do CBMMG. Observa-se, no entanto, que o método tem uma limitação para estabelecer comparações paritárias de até, no máximo, 15 critérios ou alternativas, sendo esse limite alcançado para ordenação das cidades do 1º COB. Nesse

contexto, é importante destacar que a análise de cada uma das seis regiões de bombeiros se mostrou ideal, tendo em vista que um único ranqueamento abrangendo todos os municípios do estado certamente iria direcionar a preferência das instalações de frações para as cidades mais populosas do 1º COB, que possui a maioria das unidades instaladas.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do método AHP para classificação dos municípios selecionados para receber uma fração do CBMMG a cada ciclo do Plano de Comando, assim como para auxiliar a tomada de decisão dos gestores do CBMMG em outros temas fundamentais, tais como: seleção de viaturas operacionais para compras; divisão do orçamento institucional; distribuição do efetivo operacional; e estabelecimento da prioridade para o desenvolvimento dos serviços de tecnologia da informação da corporação. Nessa mesma linha de pensamento, há ainda a possibilidade da aplicação de outros métodos multicritérios, que possam solucionar a limitação apresentada pelo AHP, permitindo, assim, comparação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ALI, Y., et al. Selection of a Fighter Aircraft to Improve the Effectiveness of Air Combat in the War on Terror: Pakistan Air Force-A Case in Point. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, 9(2), 2017, p.244-273. Disponível em: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v9i2.489>.
- AZEVEDO, Wallace Fernandes de. **Análise preditiva, via modelo de regressão linear, da demanda operacional do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais em municípios sem unidade da corporação instalada**. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2022. 29 p.
- BOZZA, Gabriel; RUY, Milena Mayara; SANTOS, Marcos dos; MOREIRA, Miguel Ângelo Lellis; ROCHA JUNIOR, Claudio de Souza; GOMES, Carlos Francisco Simões; **Three Decision Methods (3DM) Software Web** (v.1). 2020.
- CASARIM, Alexandre Humia. **Gestão em rede para redução e resposta de acidentes e desastres por meio da expansão dos Corpos de Bombeiros**. Curitiba: Appris, 2019. 171 p.
- CUNHA, Paulo Adriano. **O Crescimento estratégico do Corpo de Bombeiros na atual conjuntura do Estado de Minas Gerais**. 2002. 137 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Segurança Pública, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2002.
- DA COSTA, Thiago Cardoso; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 15., 2009. **Anais**.
- KEENEY, Ralph L.; MAY, Howard Raiffa. **Decision analysis with multiple conflicting objectives preferences and value tradeoffs**. Cambridge: Syndicate of The University of Cambridge, 1976. 1129 p.

MINAS GERAIS. Constituição, 1989. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa, 1989.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Resolução nº 394, de 28 de dezembro de 2000**: Aprova e institui o Planejamento Estratégico do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Proposta de ampliação da capilaridade do CBMMG**. Belo Horizonte, 2011. 35 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. (org.). **Plano de Comando 2015/2026**. Belo Horizonte, 2015. 110 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **A ampliação da capilaridade do CBMMG com base no IVR**. Belo Horizonte, 2016. 22 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. (org.). **Plano de Comando 2015/2026**. 2. ed. Belo Horizonte, 2017. 108 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. (org.). **Plano de Comando 2015/2026**. 3. ed. Belo Horizonte, 2019. 90 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. (org.). **Plano de Comando 2015/2026**. 4. ed. Belo Horizonte, 2021a. 112 p.

MINAS GERAIS. CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. (org.). **Revisão do Índice de Vulnerabilidade ao Risco - IVR**. 2021b. Disponível em: https://www.sei.mg.gov.br/sei/controlador.php?acao=procedimento_trabalhar&acao_origem=protocolo_pesquisa_rapida&id_protocolo=33275602&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110000952&infra_hash=87e2898c0531af229b563509876c98bafebc4e8439d6c7f4304ba55db7b38c00. Acesso em: 05 jun. 2022.

MUKAKA, M.M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v.24, n.3, p. 69-71, Sept, 2012.

PAULO JÚNIOR, Eugenio Pacelli Nunes *et al.* Gestão da pesca artesanal na Costa da Paraíba, Brasil: uma abordagem utilizando o processo analítico hierárquico. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 509-520, dez. 2012. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci352>.

PINTO JÚNIOR, E. N. F.; DA SILVA, F. F.; MATIAS, Ítalo O.; DE SOUZA, C. L. M.; ERTHAL JR., M. Seleção de área para instalação de hotspot público de internet: abordagem multicritério AHP-GIS. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 46–64, 2019. DOI: 10.48075/igepec.v22i2.19941. Disponível em: <https://erevista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/19941>. Acesso em: 14 set. 2022.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, Thomas L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991. 367 p.

SANTOS, Luiz Henrique dos. **Análise dos critérios mínimos desejáveis para elevação de um pelotão bombeiro militar destacado à condição de companhia no Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.** 2018. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Estratégica e Políticas Públicas, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://intranet.bombeiros.mg.gov.br/files/tccs/606.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

SANTOS, M. dos; COSTA, I. P. de A.; GOMES, C.F.S. Multicriteria Decision-Making in the Selection of Warships: A New Approach to the AHP Method. **International Journal of The Analytic Hierarchy Process.** Pittsburgh, 2021. p. 147-169. Disponível em: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i1.833>.

SOLHA, Rafael Castro. **Análise de dados e indicadores de municípios e suas unidades Bombeiro Militar:** identificação de critérios pertinentes para instalação de novas frações. 2020. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão de Defesa Civil, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://intranet.bombeiros.mg.gov.br/files/tccs/929.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

SOUZA JUNIOR, Valdir Pereira de. **AHP com Ratings aplicado a ordenação de desempenho de funcionários.** 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Mestrado Profissional em Produção, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2014.

TAMIETTI, Érico Castilho. **Estudo sobre os critérios de instalação de uma Fração BM.** 2021. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Formação de Oficiais Para a Formação de Bacharel em Ciências Militares, Academia de Bombeiros Militar, Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://intranet.bombeiros.mg.gov.br/files/tccs/937.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

APÊNDICE ÚNICO

Tabela 5 – Propriedades dos critérios selecionados em relação às cidades previstas para receberem uma fração da corporação, conforme 4ª edição do Plano de Comando do CBMMG, observando-se a área de abrangência de cada Comando Operacional

COB	Município	População [2020] (IBGE) [1]	Focos de calor [média 2016-2020] (INPE) [2]	Tempo até a Fração mais próxima [minutos] [3] (Google Maps)	IDHM [2010] (IBGE) ^{vi}
1º COB	Ibirité	182.153	0,8	35	0,704
1º COB	Nova Lima	96.157	12,8	36	0,813
5º COB	João Monlevade	80.416	5,2	52	0,758
1º COB	Esmeraldas	71.551	1,8	42	0,671
1º COB	Pedro Leopoldo	64.712	4	24	0,757
6º COB	Três Pontas	56.940	25,6	35	0,731
4º COB	São Francisco	56.477	39,6	116	0,638
1º COB	Campo Belo	54.186	2,2	56	0,711
1º COB	Lagoa da Prata	52.711	3,4	37	0,732
1º COB	Itabirito	52.446	21,8	44	0,73
2º COB	Monte Carmelo	47.931	35,4	67	0,728
3º COB	Santos Dumont	46.421	4,6	56	0,741
1º COB	Caeté	45.047	6,8	55	0,728
1º COB	Igarapé	43.817	3,8	32	0,698
6º COB	Santa Rita do Sapucaí	43.753	4,6	34	0,721
3º COB	Visconde do Rio Branco	42.965	5,8	28	0,709
1º COB	Brumadinho	40.666	23,4	66	0,747
5º COB	Nanuque	40.665	7	133	0,701
3º COB	Ouro Branco	39.867	1,4	30	0,764
4º COB	Várzea da Palma	39.803	2,8	41	0,666
4º COB	Jaíba	39.388	70,4	54	0,638
1º COB	Matozinhos	38.151	6,8	42	0,731
4º COB	Porteirinha	37.864	9,4	44	0,651
2º COB	São Gotardo	35.782	12,4	58	0,736
5º COB	Santana do Paraíso	35.369	51	27	0,685

[1] Ver: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>. Acesso em: 10 ago. 2021.

[2] Ver: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#exportar-dados>. Acesso em: 10 ago. 2021. E <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>. Acesso em: 23 nov. 2022. Foi utilizado o satélite de referência. Para os satélites em órbita polar (NOAAs a 800 km acima da superfície, e TERRA e AQUA a 710 km), trabalhos de validação de campo indicam que uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior, será detectada. Para os geoestacionários, a 36 mil km de distância, a frente precisa ter o dobro de tamanho para ser localizada. os satélites mais recentes, NPP-SUOMI e NOAA-20, com seu sensor VIIRS de resolução espacial 375 m, conseguem detectar áreas de alguns m2 queimando no período noturno, desde que a temperatura seja superior a ~300 graus °C. 9

[3] Ver: <https://www.google.com.br/maps/>. Para obter as distâncias entre os municípios onde existem frações instaladas e os municípios da área de articulação foi utilizado uma API do Google para obtenção dos dados do Google Maps.

Tabela 5 – Propriedades dos critérios selecionados em relação às cidades previstas para receberem uma fração da corporação, conforme 4ª edição do Plano de Comando do CBMMG, observando-se a área de abrangência de cada Comando Operacional

Continua

COB	Município	População [2020] (IBGE)	Focos de calor [média 2016-2020] (INPE)	Tempo até a Fração mais próxima [minutos] (Google Maps)	IDHM [2010] (IBGE)
4º COB	Itamarandiba	34.936	36,4	201	0,646
4º COB	Taiobeiras	34.397	1	49	0,67
6º COB	Ouro Fino	33.791	4	64	0,722
1º COB	Sarzedo	33.413	0	33	0,734
3º COB	Carangola	33.011	13,4	94	0,695
5º COB	Barão de Cocais	32.866	3,8	47	0,722
4º COB	Brasília de Minas	32.405	33,4	101	0,656
1º COB	São Joaquim de Bicas	32.148	2,4	33	0,662
1º COB	Pompéu	32.035	3,8	74	0,689
4º COB	Espinosa	31.610	2,8	140	0,627
5º COB	Santa Bárbara	31.604	9,2	62	0,707
4º COB	Minas Novas	31.497	12,2	245	0,633
1º COB	Mateus Leme	31.364	4	20	0,704
5º COB	Novo Cruzeiro	31.335	2	122	0,571
4º COB	Rio Pardo de Minas	31.045	43,2	89	0,624
2º COB	Carmo do Paranaíba	30.334	4,4	55	0,705

Fonte: elaborado pelos autores.