

## ARTIGO ORIGINAL

# ESTUDO SOBRE OS CRITÉRIOS DE INSTALAÇÃO DE UMA FRAÇÃO BOMBEIRO MILITAR

**Érico Castilho Tamietti<sup>1</sup>, Guilherme Inácio Couto de Oliveira<sup>1</sup>**

1. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

## RESUMO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais está presente em apenas 86 dos 853 municípios mineiros. A abertura de novas frações segue um ranqueamento construído com base no Índice de Vulnerabilidade ao Risco, que é composto por uma série de critérios pré-definidos que possibilitam a atribuição de uma nota ao risco de cada município. Entretanto, os critérios adotados, os pesos e a distribuição de notas em cada um deles foram definidos subjetivamente, por meio da aplicação de questionários destinados aos oficiais da época em que o índice foi criado. Deste modo, o problema desta pesquisa pode ser delimitado pela pergunta “Como conferir maior objetividade no processo de instalação de novas frações pelo CBMMG?”. Tem-se, pois, como objetivos desta pesquisa criar um método matemático para selecionar os critérios integrantes desse índice, atribuir-lhes um peso e redistribuir as notas em cada um deles. Foram mensuradas as correlações entre os critérios integrantes do índice, utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente foi escolhido por ser capaz de medir tanto a intensidade quanto a direção de uma correlação entre grupos de variáveis. Os resultados demonstraram que existem critérios fortemente correlacionados, apresentando valores de Correlação de Pearson cujo módulo ultrapassa 0,7; também sugerem que os pesos dos critérios e a distribuição de notas neles fosse redimensionados com base na correlação entre cada critério e o número de ocorrências atendidas nos municípios mineiros que já possuem frações Bombeiro Militares instaladas.

**Palavras-chave:** índice de vulnerabilidade ao risco; criação de frações; princípio da eficiência.

## STUDY ON THE INSTALLATION CRITERIA OF A FIREFIGHTER UNIT

The Military Firefighters Corps of Minas Gerais is present in only 86 of the 853 municipalities in Minas Gerais. The opening of new fractions follows a ranking built based on the Risk Vulnerability Index which is composed of a series of pre-defined criteria that make it possible to assign a risk score to each municipality. However, the criteria adopted, the weights, and the distribution of grades in each one of them are subjectively defined. The problem of this research can be defined by the question “How to give greater objectivity in the process of installing new fractions by the CBMMG?”. The objective of this research is to create a mathematical method to select the criteria that are part of this index, assign them weight and redistribute the grades in each one of them. Correlations were measured between the criteria included in the index, using Pearson's correlation coefficient. This coefficient was chosen because it can measure both the intensity and the direction of a correlation between groups of variables. The results showed that there are strongly correlated criteria, with Pearson Correlation values whose module exceeds 0.7; also suggest that the weights of the criteria and the distribution of scores in them be resized based on the correlation between each criterion and the number of incidents attended in the cities of Minas Gerais that already have BM fractions installed.

**Keywords:** vulnerability risk index; creation of fractions; efficiency principle.

**Recebido em:** 12/07/2022

**Aprovado em:** 13/08/2022

**E-mail:** erico.tamietti@bombeiros.mg.gov.br, guilherme.couto@bombeiros.mg.gov.br



## 1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) apresentou, em 2015, o seu plano de comando definindo os planos e as diretrizes da corporação, com período de vigência estimado até 2026. Este plano estabelece que a visão do CBMMG é atingir a excelência dos serviços prestados à sociedade mineira. Para isto, apresenta eixos e ações e o principal deles consiste em expandir o seu atendimento (MINAS GERAIS, 2021a).

Minas Gerais é o estado com a maior quantidade de municípios, o quarto maior estado em extensão territorial e possui a segunda maior população do Brasil. Somado a isto, o Estado possui fatores geológicos e climáticos específicos, que determinam um elevado número de ocorrências que envolvem o Corpo de Bombeiros. Atualmente, existem 86 municípios com a presença de frações Bombeiro Militar (BM) e, até o final de 2026, existe a previsão da instalação de mais 51 frações (MINAS GERAIS, 2021a).

Entretanto, apesar de identificar a necessidade de expansão, o CBMMG enfrenta uma crítica situação de recursos humanos. De acordo com a Lei de efetivo, nº 22415/2016, existe a previsão de 7.999 militares distribuídos em funções de oficiais e praças (MINAS GERAIS, 2016). Entretanto, de acordo com o relatório da Diretoria de Recursos Humanos de 02/08/21, este efetivo conta, atualmente, com 5.728 militares, correspondendo a 71,6 por cento do previsto.

Além disso, verifica-se uma situação de escassez de recursos financeiros. O julgamento da ação direta de inconstitucionalidade n. 4411, realizado pelo Supremo Tribunal Federal (BRASIL, 2020), entende como inconstitucional (BRASIL, 1988) a cobrança da taxa de incêndio, que era uma grande fonte de recursos para o CBMMG (AUDICON, 2020). Por isso, é fundamental que o CBMMG direcione seus recursos, materiais e humanos, para o atendimento em áreas na qual a presença da corporação é prioritária.

Definir parâmetros eficazes para garantir que a instalação de unidades do CBMMG ocorra de forma eficiente é uma árdua tarefa. Isto se dá, em grande parte, pela diversidade dos municípios mineiros. Atualmente, verifica-se a existência de cidades muito populosas que não possuem nenhuma fração do CBMMG instalada. Ibirité, por exemplo, apresenta uma população superior a 180 mil habitantes e não possui nenhuma unidade BM. Verificam-se, também, grandes áreas sem a presença do CBMMG, com cidades que se situam a mais de 300 km de uma fração BM, como é o caso de Jenipapo de Minas. Além disso, Minas Gerais é um Estado heterogêneo, seja por questões ambientais ou socioeconômicas. Esta diversidade também interfere muito na quantidade de ocorrências atendidas pelo CBMMG, de modo que cidades com populações semelhantes apresentam grandes diferenças no número de ocorrências atendidas, como é o caso de Salinas, que apresentava uma

população de 41.699 pessoas, em 2020, e atendeu 5.144 ocorrências, enquanto Bom Despacho, que apresentava 51.028 habitantes nesse mesmo período atendeu 1.865 ocorrências (MINAS GERAIS, 2021b).

Atualmente, para definir as cidades nas quais serão instaladas novas frações, o CBMMG adota o Índice de Vulnerabilidade ao Risco (IVR). O IVR, criado em 2002 pelo então Capitão Paulo Adriano Cunha, possui o intuito de trazer critérios objetivos, capazes de classificar a necessidade de se ter o serviço do CBMMG em uma localidade (CUNHA, 2002). Este índice é apontado no plano de comando do Corpo de Bombeiros como um dos critérios adotados para a instalação de novas frações no Estado de Minas Gerais. Desta forma, os municípios com a maior pontuação no IVR terão prioridade neste processo (SANTOS, 2018).

Em sua composição, originariamente, esse índice incluía onze indicativos, que buscavam determinar a vulnerabilidade do local estudado. Estes indicativos eram: 1) população/demografia; 2) distância entre a região analisada e a fração BM mais próxima; 3) grau de urbanização; 4) grau de verticalização; 5) industrialização; 6) Índice de Condições de Vida (ICV); 7) aeroportos/aeródromos; 8) região lacustre por número de afogamentos; 9) área ambiental protegida; 10) risco resgate/atendimento pré-hospitalar por número de veículos emplacados no Município; 11) patrimônio histórico instalado (CUNHA, 2002).

Além disso, cada um dos critérios adotados foi valorado com base em questionários aplicados aos oficiais do Comando Operacional de Bombeiros (COB) e, a partir daí, foram definidos pesos a cada um dos critérios. O critério “população”, por exemplo, foi o que obteve a maior pontuação, obtendo peso 9,08, enquanto o critério ICV, foi o que obteve o menor peso; 6,58 (CUNHA, 2002).

Também foram definidos escores, de modo a atribuir uma nota de 0 a 10 em cada um dos critérios. No caso do critério “população”, por exemplo, municípios que apresentassem a população entre 0 e 10.000 habitantes apresentariam a nota 1; entre 10.000 e 20.000 nota 2; entre 20.000 e 30.000, nota 3; entre 30.000 e 40.000, nota 4; entre 40.000 e 50.000, nota 5; entre 50.000 e 60.000, nota 6; entre 60.000 e 70.000, nota 7; entre 70.000 e 80.000, nota 8; entre 80.000 e 90.000, nota 9 e municípios com população superior a 90.000 receberiam nota 10 (CUNHA, 2002).

Desse modo, tornou-se possível atribuir uma nota a cada município que consistiria na soma da pontuação obtida pelo município em cada um dos critérios estabelecidos, que, por sua vez, seria obtida por meio da multiplicação da nota de 0 a 10, obtida pelo município em cada critério, pelo peso estabelecido a esse critério. Esta nota seria, propriamente, o IVR do município (CUNHA, 2002).

A criação do IVR foi um grande avanço para a corporação. Antes dele, as decisões a respeito da instalação de frações eram tomadas com base apenas em estudos técnicos de situação, que eram incapazes de expressar uma gradação entre a necessidade de instalação de uma fração em cada município. Isto trazia uma forte carga de subjetividade para a decisão de se instalar uma fração (SANTOS, 2018).

Para executar a definição e valoração dos critérios, assim como para a definição da nota a ser obtida em cada um deles, foi utilizado um método de pesquisa hipotético dedutivo, baseado em revisões documentais e em pesquisas que relacionavam as opiniões dos oficiais da época (CUNHA, 2002). Esta metodologia, apesar de representar um grande avanço em relação aos estudos de situação que eram adotados, ainda traz consigo uma carga de subjetividade, pois os critérios integrantes do IVR, os pesos a serem atribuídos a eles e os escores a serem obtidos de 0 a 10, foram definidos com base em revisões de literatura e na avaliação subjetiva dos oficiais da época.

O IVR foi atualizado, trazendo mudanças nos critérios adotados. Na proposta de ampliação da capilaridade do CBMMG, de 2011, estes critérios eram: 1) população; 2) distância entre o município e a fração BM mais próxima; 3) grau de urbanização; 4) número de edificações comerciais e industriais; 5) participação do município no Produto Interno Bruto (PIB) mineiro; 6) índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em substituição ao ICV; 7) aeroportos/aeródromos; 8) região lacustre por número de afogamentos; 9) área ambiental protegida; 10) número de veículos emplacados no município; 11) patrimônio histórico instalado; 12) número de óbitos causados por causas externas (MINAS GERAIS, 2021b).

Entretanto, mesmo que tenha sofrido várias atualizações, elas ocorreram apenas no sentido de acrescentar ou suprimir critérios.

Além disso, a forma de distribuição das notas em cada critério se encontra desatualizada. No critério IDH, retirado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (Brasil, 2010), foi estabelecido que municípios com um IDH baixo (inferior a 0,5) receberiam uma nota 9 neste critério, municípios com IDH médio (superior a 0,5 e inferior a 0,8) receberiam nota 6 e municípios com IDH alto (superior a 0,8) receberiam nota 3. Atualmente, não se verifica em Minas Gerais nenhum município cujo IDH seja inferior a 0,5. Por outro lado, atualmente, apenas Belo Horizonte e Nova Lima apresentam um IDH superior a 0,8. Deste modo, a grande maioria dos municípios mineiros obtém a mesma nota nesse critério, mesmo que, de fato, apresentem grandes diferenças em seu IDH.

Por ser um órgão integrante da administração pública, é imperativo que o CBMMG adote os princípios constitucionais apresentados no artigo 37 da Constituição Federal. Dentre estes princípios, destaca-se o da eficiência, neste sentido, produtividade, economia e

rendimento funcional são fatores que devem ser observados em todas as ações, inclusive na instalação de novas frações (BRASIL, 1988).

Verifica-se, portanto, a necessidade de se desenvolver um método objetivo e eficiente de seleção e mensuração dos critérios adotados para a abertura de frações pelo CBMMG. Assim, o problema do presente trabalho pode ser delimitado pela pergunta: “Como conferir maior objetividade no processo de instalação de novas frações pelo CBMMG?”.

Os objetivos deste estudo são: criar um método de seleção dos critérios integrantes do IVR, excluindo os que apresentarem uma correlação forte entre si; atribuir um peso ao critério “população”, analisando a forma como a população absoluta de um município se correlaciona com o número de ocorrências atendidas em um local, com o intuito de verificar como a população de um local pode afetar o seu grau de risco; atribuir um peso aos demais critérios, baseando-se na forma como eles se correlacionam com o número de ocorrências atendidas por habitante em cada município; redistribuir as notas em cada critério. Pretende-se criar um método matemático estatístico para efetuar a seleção dos critérios integrantes do IVR, atribuir-lhes um peso e redistribuir as notas dentro de cada um deles.

Espera-se que os valores obtidos possam servir como base para estipular o risco e, por consequência, a necessidade de um município ter uma fração BM.

## 2 MÉTODO

O trabalho foi realizado com os dados disponíveis no Anuário Estatístico do CBMMG, cedidos pela segunda seção do Estado Maior, BM2 (MINAS GERAIS, 2021b). Os dados relativos aos critérios integrantes do IVR nos municípios analisados foram obtidos no site do IBGE (BRASIL, 2021).

Na metodologia adotada, o risco foi definido com base no número de ocorrências atendidas pelo CBMMG em um local.

### 2.1 Variáveis estudadas

As correlações foram feitas apenas nos municípios onde já existem frações instaladas. Isto ocorre porque, de acordo com Cunha (2002), não é possível analisar a demanda pelos serviços do CBMMG em municípios nos quais ele não está presente, porque a sua presença gera a demanda pelos seus serviços.

## 2.2 Análise Estatística

Para a análise de correlação entre os dados estudados empregou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, devido à necessidade de se mensurar a intensidade das correlações entre os diferentes critérios integrantes do IVR, bem como a sua direção. Tal coeficiente é uma medida do grau de correlação entre duas variáveis (MUKAKA, 2012).

Ao aplicar-se esse coeficiente entre dois grupos de variáveis, são obtidos valores compreendidos entre -1 e 1, sendo que valores positivos indicam relações lineares positivas e valores negativos indicam relações lineares negativas. Além disto, quanto maior é o módulo do resultado obtido, mais forte é a correlação entre as variáveis estudadas (FIGUEIREDO-FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). Valores cujo módulo está compreendido entre 0 e 0.3 foram desconsiderados; 0.3 a 0.5 indicam correlações fracas; 0.5 a 0.7 indicam correlações moderadas; valores de 0.7 a 0.9 indicam correlações altas e valores entre 0.9 e 1 indicam correlações muito elevadas (MUKAKKA, 2012).

O Coeficiente de Correlação de Pearson pode ser obtido no programa Excel, aplicando-se a fórmula “=CORREL” e selecionando dois grupos de variáveis.

Além da aplicação deste Coeficiente de Correlação, avaliaram-se as variáveis de confusão. Variável de confusão é aquela que se associa tanto à variável dependente quanto à independente. A importância desta variável é que ela pode apontar associações que de fato não existem ou, ainda, mascarar associações existentes (ARONSON; BANKHEAD; NUNAN, 2018). Em um estudo que relacionava o número de bombeiros empenhados em uma ocorrência de incêndio e a extensão dos danos desta ocorrência, por exemplo, verificou-se que estas duas variáveis tinham uma forte correlação. Logo, em uma análise preliminar, seria plausível concluir que o envio de mais bombeiros para uma ocorrência estaria relacionado a maiores danos advindos desta ocorrência. Entretanto, foi verificado que as duas variáveis analisadas (número de bombeiros empenhados e danos provenientes dos incêndios) estavam fortemente relacionadas a uma terceira, que seria a intensidade dos incêndios propriamente dita, já que incêndios mais intensos têm uma tendência a demandar mais bombeiros e também a causar danos mais severos. Neste caso, a intensidade dos incêndios seria uma variável de confusão que gera uma falsa ideia de relação entre o número de bombeiros empenhados em uma ocorrência de incêndio e a extensão de seus danos (REGRESSÃO, 2021).

### 2.3 Seleção dos critérios

Aplicou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson entre os valores de população nos municípios em que atualmente há uma fração BM instalada e os valores dos demais critérios integrantes do IVR nestes municípios.

Definiu-se que, caso o critério “população” estivesse fortemente correlacionado (apresentando um valor de Coeficiente de Correlação de Pearson superior a 0,7 ou inferior a -0,7) tanto ao critério em questão (qualquer critério a ser analisado), quanto ao número de ocorrências atendidas. Poder-se-ia concluir que a associação deste critério e o número de ocorrências atendidas seria decorrente de uma variável de confusão, que seria o critério população. Isso seria devido ao fato de que, nesse caso, o critério população estaria correlacionado tanto à variável dependente (que nesse caso seria o número de ocorrências atendidas) quanto à independente (que nesse caso seria o critério que se pretende selecionar). Com isso, buscou-se verificar se a relação que os demais critérios apresentassem com o número de ocorrências atendidas seria decorrente, de fato das particularidades desse critério, ou se seriam, apenas, decorrentes da sua correlação com a população.

A partir deste pressuposto realizou-se uma seleção dos critérios integrantes do IVR, suprimindo aqueles que apresentem um coeficiente de correlação alto com a população.

### 2.4 Valoração do critério “população”

Foi aplicado o Coeficiente de Correlação de Pearson buscando definir a correlação entre a população dos municípios onde existem frações BM e o número de ocorrências atendidas nestes locais. Este cálculo foi feito com o intuito de verificar a intensidade com a qual a população de um município pode estar relacionada ao número de ocorrências atendidas e, portanto, à demanda pela presença do CBMMG no local. A partir deste resultado foi definido o peso a ser atribuído ao critério “população”.

### 2.5 Valoração dos demais critérios

Foi aplicado o Coeficiente de Correlação de Pearson entre os critérios que não foram suprimidos na seleção dos critérios adotados e o número de ocorrências por habitante dos municípios que possuem frações do CBMMG, buscando identificar como estes fatores podem influenciar na demanda pela corporação. A partir dos valores obtidos foram sugeridos novos pesos a cada um destes critérios.

## 2.6 Redistribuição das notas de cada critério

Foi desenvolvida uma revisão das notas a serem atribuídas dentro de cada um dos critérios remanescentes no IVR, com o intuito de representar as diversidades dos municípios de Minas Gerais. As notas atribuídas a cada um dos municípios em cada critério foram calculadas levando em conta a posição relativa que o município ocupa no critério com relação aos demais municípios de Minas Gerais que concorrem para a abertura de uma nova fração. Para isto, foi feita uma revisão de dados obtidos pelo site do IBGE (BRASIL, 2021), com o intuito de demonstrar as falhas da distribuição de escores feita atualmente.

## 2.7 Verificação da efetividade do método

Foram calculadas as notas do IVR dos municípios em que foram instaladas as últimas frações do CBMMG, levando-se em conta os critérios selecionados, com os novos pesos sugeridos e com a nova distribuição da pontuação em cada um dos critérios. Estas notas foram comparadas com as notas apresentadas por estes municípios utilizando-se o IVR atual. Foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson, buscando a correlação entre as notas do IVR segundo os parâmetros sugeridos e as ocorrências atendidas nestes municípios. O coeficiente também foi utilizado para relacionar as notas obtidas por estes municípios no IVR atual, utilizado como fundamento para sua abertura, e o número de ocorrências atendidas nestes. Foram comparados os valores obtidos, com o intuito de verificar qual das metodologias está mais relacionada ao número de ocorrências atendidas e, a partir disto, verificar a efetividade do estudo apresentado.

## 2.8 Limitações

O critério “distância de frações BM”, além de não fazer parte da seleção de critérios elencada no estudo, também não será mensurado pela metodologia proposta. Isto se justifica pelo fato de que esta metodologia é aplicada com base nos parâmetros integrantes do IVR em municípios que possuem frações BM instaladas e que, portanto, esta distância seria 0 em todos os municípios utilizados no estudo. Portanto, o peso atribuído a este critério será mantido, sendo de 8,05.

O presente estudo mensurou a demanda pelos serviços do CBMMG com base, somente, nas ocorrências atendidas, não sendo possível mensurar a demanda reprimida dos municípios em questão (CUNHA, 2002).

Nas pesquisas efetuadas não foram encontrados dados relativos aos aeroportos/aeródromos, área ambiental protegida nem ao patrimônio histórico instalado.

A seleção dos critérios foi feita com base na correlação que apresentavam com a população, pois, ela estava fortemente correlacionada a grande parte dos critérios integrantes do IVR. Entretanto, sugere-se que estudos posteriores desenvolvam uma matriz de correlação entre todos os critérios, de modo a selecionar todos aqueles que estiverem correlacionados entre si.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Seleção dos critérios integrantes do IVR

Foi verificado que os fatores estudados possuem uma correlação alta com a população dos municípios, excetuando-se o IDH e nível de urbanização. Com relação ao critério “população”, o critério “número de veículos emplacados” apresentou uma correlação de 0,993; o critério “número de edificações comerciais” apresentou 0,987; já “número de óbitos” apresentou 0,969; “porcentagem do PIB de Minas Gerais” uma correlação de 0,959 e o critério “número de afogamentos”, 0,779 (Tabela 1).

**Tabela 1 - Correlação dos critérios integrantes do IVR com o critério “População”**

<b>Critério</b>	<b>Correlação com o critério População</b>
Veículos emplacados	0,993
Edificações comerciais	0,987
Óbitos	0,969
Porcentagem PIB	0,959
Afogamentos	0,779
IDHM	0,313
Grau de Urbanização	0,186

Fonte: Elaborado pelos autores.

Logo, em um estudo que busca verificar o impacto de cada um dos fatores no número de ocorrências, a população surge como um fator de confusão e gera uma falsa ideia de que a correlação entre esses fatores é muito elevada, pois, está fortemente ligada tanto às variáveis independentes quanto à dependente (número de ocorrências atendidas).

De fato, ao analisar a correlação entre os critérios suprimidos e o número de ocorrências atendidas por habitante, de modo a afastar o efeito que a população desses locais têm no número de ocorrências atendidas, verifica-se que todos eles apresentam valores inferiores a 0,3, que de acordo com Mukakka (2012), podem ser considerados desprezíveis.

**Tabela 2** - Correlações entre os critérios eliminados e o número de ocorrências por habitante nos municípios que possuem uma fração BM instalada

<b>Critérios</b>	<b>Correlação com o número de ocorrências por habitante</b>
Número de óbitos	-0,252216866
Veículos emplacados	-0,235316986
Edificações comerciais	-0,237628977
Percentual do PIB	-0,261161591
Óbitos por afogamento	-0,218595669

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 Atribuição do peso ao critério “população”

Foi verificado, por meio da aplicação do Coeficiente de Correlação de Pearson, que o valor da correlação entre a população dos municípios que possuem frações do CBMMG e o número de ocorrências atendidas nestes locais é de 0,893. De acordo com Mukakka (2012), valores superiores a 0,7 indicam uma correlação alta, enquanto valores superiores a 0,9 indicam uma correlação muito alta.

De fato, das cinco cidades mineiras mais populosas (1 - Belo Horizonte; 2 - Uberlândia, 3 - Juiz de fora, 4 - Montes Claros, 5 - Uberaba), quatro estão entre as cinco cidades que apresentam maiores números de ocorrências atendidas (1 - Belo Horizonte; 2 – Uberlândia; 3 - Montes Claros; 4 –Uberaba; 5 - Divinópolis) (MINAS GERAIS, 2021b).

O alto valor obtido na correlação entre a população dos municípios que possuem uma fração BM instalada e o número de ocorrências atendidas nesses locais indica que a população é um fator relevante para o processo de identificar o risco de um local. Neste sentido, sugere-se que o valor desta correlação seja adotado como peso para o critério “população”. Assim, para que seja mantida a mesma ordem decimal utilizada atualmente, sugere-se que o valor adotado como peso para tal critério seja 8,93.

### 3.3 Atribuição do peso aos critérios que não foram excluídos

Foi verificado que o fator IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) apresentou um valor de correlação de Pearson de -0,574 com o número de ocorrências atendidas por habitante. Isto indica que este fator tem uma correlação moderada e negativa com o número de ocorrências atendidas por habitantes. Assim, para que seja mantida a mesma ordem decimal utilizada atualmente, sugere-se que o valor adotado como peso para o critério “IDH” seja 5,74.

Foi verificado que o fator urbanização apresentou um valor de correlação de Pearson de -0,564 com o número de ocorrências atendidas por habitante, o que indica que este fator tem uma correlação moderada e negativa com o número de ocorrências atendidas por

habitantes. Assim, seguindo a mesma metodologia do fator anterior, sugere-se que o valor adotado como peso para o critério “grau de urbanização” seja 5,64.

### **3.4 Revisão da distribuição das notas em cada critério adotado**

A população necessária para obter nota máxima no critério “população” é de 90 mil habitantes. Atualmente, existem municípios que apresentam populações muito superiores a este valor e que não possuem uma fração BM instalada, como é o caso de Ibitaré. Não existe qualquer evidência de que a correlação entre a população e o número de ocorrências atendidas se limita a este valor. Além disto, o Plano de Comando adota como regra a adoção de brigadas em municípios cuja população é inferior a 30 mil habitantes. Assim, os três primeiros escores atuais classificam populações que sequer concorrem para a instalação de novas frações.

Foi verificado que o critério “IDH” possui uma correlação negativa e moderada com o número de ocorrências atendidas por habitante nos municípios que possuem uma fração BM instalada. Entretanto, na distribuição de escores neste critério, a maioria dos municípios analisados se encontra na mesma faixa de pontuação, já que apresentam um IDH médio (compreendido entre 0,5 e 0,799). Das cidades mineiras que possuem uma fração BM instalada, apenas Belo Horizonte apresenta um valor fora do intervalo de IDH médio. Assim, mesmo que o critério tenha se comprovado relevante na avaliação do risco de um município, estando significativamente correlacionado com o número de ocorrências atendidas por habitante, atualmente ele quase não influencia no IVR de um município, já que a grande maioria das cidades mineiras está na mesma faixa de pontuação.

Foi verificado que o critério “urbanização” possui uma correlação negativa e moderada com o número de ocorrências atendidas por habitante nos municípios que possuem uma fração BM. Entretanto, na distribuição de escores neste critério, as notas são lançadas de modo a atribuir valores mais altos a municípios com um grau de urbanização maior. Além disto, a maioria dos municípios está na mesma faixa de pontuação. Apenas Francisco Sá apresenta um grau de urbanização inferior a 60 por cento, enquanto Januária, Resplendor e Salinas apresentam um grau compreendido na faixa entre 60 e 80 por cento e todos os demais municípios analisados, superior a 80 por cento, ocupando, pois, a mesma faixa de pontuação. Assim, mesmo que o critério tenha se comprovado relevante na avaliação do risco de um município, estando significativamente correlacionado com o número de ocorrências atendidas por habitante, de forma negativa, a maioria dos municípios analisados ocupam a mesma faixa de pontuação, apresentando um grau de urbanização superior a 80 por cento. Ademais, atualmente os maiores valores são atribuídos aos

municípios mais urbanizados sendo que, na verdade, a correlação entre o número de ocorrências atendidas e o grau de urbanização é negativa.

O critério “distância de outras frações”, apesar de não ter seu peso definido pela metodologia adotada, mostra-se muito relevante para a análise do risco de um município, porque aumenta o tempo resposta para o atendimento das ocorrências. Atualmente, a nota máxima deste critério é atribuída a municípios que se situam a mais de 90 km de uma fração BM. Entretanto, atualmente existem 153 municípios que se situam a distâncias superiores a esse valor, chegando a 304 km, como é o caso de Jenipapo de Minas (DISTÂNCIA ENTRE CIDADES, 2021).

Assim, verifica-se a necessidade de uma revisão da distribuição de notas em cada critério adotado. Sugere-se que as notas não sejam atribuídas com base em valores absolutos, como é feito atualmente, mas de forma relativa, já que a principal função do IVR é, de fato, comparar os riscos entre os diferentes municípios e não atribuir um valor absoluto a eles.

Assim, sugere-se que o município que apresente o maior escore dentro de cada critério receba como nota o peso deste critério e que os demais recebam a nota correspondente à multiplicação do peso do critério pela divisão entre sua classificação no critério com relação aos demais municípios elegíveis e o total de municípios elegíveis (que atualmente são aqueles que apresentam mais de 30 mil habitantes e não possuem uma fração BM instalada).

**Quadro 1 – Cálculo da nota nos critérios integrantes do IVR**

$$\text{Nota Obtida no critério} = \text{Peso do critério} \times \frac{\text{Classificação no critério}}{\text{Número de municípios elegíveis}}$$

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.5 Aplicação do IVR segundo os parâmetros sugeridos

Nos últimos municípios em que se instalou uma fração BM foi verificado, por meio da aplicação do Coeficiente de Correlação de Pearson, uma correlação positiva e moderada, no valor de 0,662 entre o número de ocorrências atendidas nestes municípios e as notas obtidas por ele, segundo o IVR proposto.

Por outro lado, o valor da correlação entre o número de ocorrências atendidas nesses municípios e o IVR atual, utilizado no processo de abertura dessas frações, foi de 0,144, o que, segundo Mukakka (2012), é um valor que pode ser considerado desprezível.

De fato, das 20 cidades analisadas, Januária foi a que mais atendeu ocorrências. No IVR utilizado para esta instalação, ela ocupava o sexto lugar do escore, já no IVR proposto,

Januária ocuparia a primeira posição. Ocorre uma situação semelhante com o município de Salinas, que é o segundo município que mais apresentou ocorrências atendidas, dentre os municípios estudados. No IVR utilizado para sua instalação, Salinas ocupava o 17º lugar, enquanto que no IVR proposto ela ocupa o 3º (Tabela 3).

**Tabela 3** - Comparação entre o IVR existente e o IVR proposto por município e ocorrências

Cidade	Número de ocorrências	IVR Proposto	Atual IVR	Classificação no IVR proposto	Classificação no Atual IVR
Januária	6.946	25,302	469,07	1	6
Salinas	5.144	21,090	339,56	3	17
Oliveira	4.848	16,482	445,03	7	10
Timóteo	3.135	9,118	467,6	20	7
Caratinga	3.011	17,230	508,63	6	3
Ponte Nova	2.667	18,225	471,54	5	5
Almenara	2.420	22,108	377,1	2	13
Paracatu	2.414	19,900	571,9	4	1
Guaxupé	2.391	14,096	462,91	11	8
Leopoldina	2.299	16,276	461,99	8	9
Boa Esperança	2.199	12,330	348,09	15	15
Congonhas	2.198	10,198	351,63	17	14
Viçosa	1.959	15,364	522,01	9	2
Bom Despacho	1.865	11,164	332,44	16	18
Lagoa Santa	1.805	9,906	341,5	18	16
Iturama	1.559	13,308	429,02	13	12
Mariana	1.504	12,524	440,08	14	11
Arcos	1.453	9,634	331,67	19	19
Além Paraíba	1.334	13,485	316,33	12	20
Santa Luzia	1.234	14,507	495,85	10	4

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação do IVR, em 2002, representou um grande avanço ao CBMMG. Ao criar critérios objetivos para mensurar o risco de um local foi possível comparar e ranquear os municípios, obtendo-se um instrumento imparcial para a instalação de novas unidades.

Entretanto, para que esse ranqueamento ocorra de forma ainda mais imparcial, é necessário que a escolha, a atribuição de pesos e a distribuição de notas em cada critério ocorra, também, de forma impessoal.

Este artigo teve como objetivos criar um método de seleção dos critérios integrantes do IVR; atribuir um peso ao critério “população”, baseado na forma como a população absoluta de um município se correlaciona com o número de ocorrências atendidas neste local; atribuir um peso aos demais critérios, fundamentado na maneira como eles se correlacionam com o número de ocorrências atendidas por habitante em cada município e redistribuir as notas em cada critério.

A correlação entre o IVR, segundo o método proposto, e o número de ocorrências atendidas foi de 0,662. Isto representa um avanço, com relação ao IVR utilizado atualmente, que, por sua vez, apresentou uma correlação de 0,144.

O presente estudo não tem como objetivo apresentar um IVR definitivo, mas criar um método de seleção, atribuição de pesos e distribuição de notas nos critérios. As notas atribuídas aos municípios em questão decorrem, tão somente, da aplicação do presente método nos critérios já existentes. Assim sendo, é recomendado que estudos posteriores busquem identificar novos critérios que atinjam os requisitos de seleção, de modo a aperfeiçoar o IVR. Isto posto, recomenda-se também que se desenvolvam estudos no sentido de investigar a natureza das ocorrências atendidas, de modo geral.

Este estudo apresentou uma limitação com relação ao critério “distância de uma fração BM”, nas etapas de selecionar e atribuir um peso ao critério, devido ao fato de que os municípios selecionados para o estudo são aqueles que já possuem uma fração BM instalada, portanto, a distância de uma fração BM nestes locais é equivalente a zero.

## 5 REFERÊNCIAS

ARONSON, J. K.; BANKHEAD, C.; NUNAN, D. Counfounding. *In: Catalogue of bias collaboration*. 2018. Disponível em: [www.catalogofbias.org/biases/confounding/](http://www.catalogofbias.org/biases/confounding/). Acesso em: 22 mar. 2021.

AUDICON. **STF declara inconstitucionalidade de taxa de incêndio em Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <https://www.audiconuberlandia.com.br/stf-declara-inconstitucionalidade-de-taxa-de-incendio-em-minas-gerais/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, n. 191-A, 5 de outubro de 1988, seção I.

BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sintese/mg?indicadores=30255>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (STF). **Lei de MG que criava taxa por uso provável de serviço dos bombeiros é inconstitucional**. 2020. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=450395>. Acesso em: 22 mar. 2021.

CUNHA, P.A. **O crescimento estratégico do Corpo de Bombeiros na atual conjuntura do Estado de Minas Gerais**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Especialização em Segurança Pública) - Instituto de Educação de Segurança Pública, Belo Horizonte, 2002.

DISTÂNCIA entre cidades. *In: Distância entre cidades. 2021.* Disponível em: <https://www.distanciaentreasidades.com.br>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 44 ed., 2020.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de comando do CBMMG 2015- 2026**. 4 ed. Belo Horizonte, 2021a.

MINAS GERAIS. Lei Ordinária nº 22. 415, de 24 de fevereiro de 2016. **Fixa os efetivos da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais - PMMG - e do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG - e dá outras providências**. Diário do Executivo, Belo Horizonte, 2016.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Justiça e Segurança Pública – SEJUSP. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais – CBMMG. Segunda Seção do Estado-Maior – EMBM-2 Centro Integrado de Informações de Defesa Social – CINDS. **Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais 2020**. Belo Horizonte, 2021b.

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

REGRESSÃO. **Variáveis de confusão**. Disponível em: <http://mdduft.wikidot.com/aula1>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SANTOS, L. H. **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. Monografia (Especialização em Gestão Estratégica e Políticas Públicas) - Fundação João Pinheiro, Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, Belo Horizonte, 2018.

APÊNDICE ÚNICO

IVR nos municípios mineiros com mais de 30.000 habitantes, segundo os parâmetros sugeridos

CLASSIFICAÇÃO	CIDADES COTADAS PARA TER UMA FRAÇÃO BM	NOTA POPULAÇÃO	NOTA URBANIZAÇÃO	NOTA IDH	NOTA DISTÂNCIA	IVR
1	São Francisco	7,360	4,954	5,171	6,192	23,677
2	Capelinha	3,937	4,523	4,840	8,050	21,350
3	Jaíba	4,279	5,170	5,281	5,728	20,457
4	Itamarandiba	3,081	4,631	5,061	7,586	20,358
5	João Pinheiro	6,333	3,770	3,520	6,657	20,279
6	Araçuaí	3,594	4,847	4,510	6,812	19,763
7	Minas Novas	0,856	5,385	5,391	7,895	19,527
8	Espinosa	1,198	5,062	5,501	7,431	19,191
9	Novo Cruzeiro	0,513	5,600	5,721	6,966	18,801
10	Bocaiúva	6,675	4,093	3,300	4,335	18,403
11	Brasília de Minas	1,712	4,739	4,730	7,121	18,302
12	Rio Pardo de Minas	0,342	5,493	5,611	6,502	17,948
13	Nanuque	4,792	1,939	3,190	7,740	17,662
14	Porteirinha	3,765	5,277	4,950	3,561	17,554
15	Monte Carmelo	6,504	2,585	1,870	6,038	16,996
16	Campo Belo	7,188	1,292	2,530	5,418	16,429
17	Carangola	2,225	3,985	3,630	6,347	16,187
18	Esmeraldas	7,873	1,508	4,180	2,322	15,883
19	Taiobeiras	2,738	3,877	4,290	4,489	15,396
20	Várzea da Palma	4,450	2,693	4,400	3,715	15,258
21	Andradas	5,135	4,308	1,320	3,870	14,633
22	Três Pontas	7,531	3,016	1,540	2,167	14,254
23	Machado	5,306	3,446	2,420	2,941	14,114
24	Brumadinho	4,963	3,339	0,880	4,799	13,981
25	Santos Dumont	6,162	2,154	0,990	4,644	13,950
26	Guanhães	2,910	3,662	3,850	3,406	13,828
27	Ouro Fino	2,567	4,200	2,090	4,954	13,812
28	Itabirito	6,846	0,969	1,760	4,025	13,601
29	Caeté	5,990	2,800	1,980	2,787	13,557
30	Pompéu	1,369	2,477	3,740	5,883	13,469
31	Ribeirão das Neves	8,729	0,431	4,070	0,155	13,385
32	Igarapé	5,819	1,400	3,410	2,632	13,261
33	São Joaquim de Bicas	1,540	4,416	4,620	2,477	13,053
34	Visconde do Rio Branco	5,477	3,554	2,640	1,238	12,910
35	Santa Rita do Sapucaí	5,648	2,908	2,310	2,013	12,879
36	Ibirité	8,558	0,108	3,080	0,619	12,365
37	Pedro Leopoldo	7,702	3,123	0,440	1,084	12,349
38	Lagoa da Prata	7,017	0,754	1,430	3,096	12,298
39	João Monlevade	8,215	0,215	0,330	3,251	12,012
40	Carmo do Paranaíba	0,171	3,231	2,860	5,263	11,526
41	São Gotardo	3,423	1,185	1,100	5,573	11,281
42	Cataguases	8,044	0,862	0,660	1,703	11,269
43	Santa Bárbara	1,027	2,262	2,750	5,109	11,148
44	Três Marias	1,883	1,077	0,550	7,276	10,786
45	Betim	8,900	0,323	0,770	0,774	10,767
46	Nova Lima	8,387	0,646	0,110	1,548	10,691
47	Barão de Cocais	2,054	1,831	2,200	4,180	10,265
48	Matozinhos	4,108	1,723	1,650	1,858	9,339
49	Santana do Paraíso	3,252	1,616	3,960	0,464	9,292
50	Ouro Branco	4,621	2,046	0,220	1,393	8,281
51	Mateus Leme	0,685	2,369	2,970	0,310	6,334
52	Sarzedo	2,396	0,539	1,210	0,929	5,074

Fonte: Elaborado pelos autores.