

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

THIAGO PAVAN SILVA

**PREVISÃO DE DEMANDA PARA MUNIÇÕES E GRANADAS MENOS LETAIS NO
ÂMBITO POLICIAL MILITAR**

**VITÓRIA - ES
2020**

THIAGO PAVAN SILVA

**PREVISÃO DE DEMANDA PARA MUNIÇÕES E GRANADAS MENOS LETAIS NO
ÂMBITO POLICIAL MILITAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Zanquetto Filho

**VITÓRIA - ES
2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586p Silva, Thiago Pavan, 1989-
Previsão de demanda para munições e granadas menos letais no âmbito policial militar / Thiago Pavan Silva. - 2020.
147 f.

Orientador: Hélio Zanquetto Filho.
Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Previsão. 2. Inteligência artificial. 3. Granada. 4. Munição.
I. Zanquetto Filho, Hélio. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 65



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**PREVISÃO DE DEMANDA PARA MUNIÇÕES E GRANADAS MENOS
LETAIS NO ÂMBITO POLICIAL MILITAR**

THIAGO PAVAN SILVA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Administração da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Administração.

Aprovado em: 28/05/2020

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Hélio Zanquetto Filho
Orientador

Prof. Dr. Marcos Paulo Valadares de Oliveira
Membro interno – PPGADM/UFES

Prof. Dr. Alexandre Loureiros Rodrigues
Membro externo - UFES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
HELIO ZANQUETTO FILHO - SIAPE 2222207
Departamento de Administração - DAd/CCJE
Em 28/05/2020 às 11:30

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/26004?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
MARCOS PAULO VALADARES DE OLIVEIRA - SIAPE 1453853
Departamento de Administração - DAd/CCJE
Em 28/05/2020 às 13:20

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/26037?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ALEXANDRE LOUREIROS RODRIGUES - SIAPE 1764241
Departamento de Estatística - DE/CCE
Em 08/07/2020 às 10:23

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/37582?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador do Universo, pela proteção e direcionamento ao longo da minha vida.

À minha família, pelo apoio nos momentos díspares que tive ao longo do mestrado acadêmico.

Agradeço aos meus irmãos da Divisão de Material Bélico, que me apoiaram de maneira irrestrita em todas as etapas deste trabalho acadêmico.

Aos militares estaduais que contribuíram para que este estudo atingisse os objetivos propostos, e que acreditaram nas contribuições no campo acadêmico e institucional.

Agradeço à Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, por permitir a realização desta pesquisa acadêmica.

Ao Major PM Charles Souza da Silva, por acreditar nos ideais deste pesquisador e contribuir de maneira perspicaz na realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos professores que contribuíram com o meu aperfeiçoamento moral e intelectual. Em especial, ao orientador, Professor. Dr. Hélio Zanquetto Filho, por delinear o trajeto desta pesquisa.

CANÇÃO DO MATERIAL BÉLICO

Nos paióis, nas oficinas
Enfrentando ardis e minas,
Porfiaremos de alma forte,
Com denodo e valentia.
Noite e dia sem cessar,
Cumpriremos nosso dever,
Pouco importa vida ou morte,
Nosso intuito é vencer.

Na paz, o progresso;

Na guerra, a vitória;
Construir a grandeza,
Lutar pela glória
Da pátria com ardor,
Com arrojo e bravura.

Com esforço de gigante,
Seguiremos sempre avante,
Sem temer treva ou metralha,
cumpriremos a missão.
Apoiando a vanguarda,
Quer no ataque ou na defesa,
Do triunfo na batalha,
Levaremos a certeza.

Na paz, o progresso;

Na guerra, a vitória;
Construir a grandeza,
Lutar pela glória
Da pátria com ardor,
Com arrojo e bravura.

Letra: José dos Santos Rodrigues

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo desenvolver um modelo de previsão de demanda para munições e granadas menos letais no âmbito policial militar. Para tanto, realizou-se estudo de caso na Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, visando identificar fatores causais que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais, avaliar a capacidade preditiva do modelo de previsão e analisar a relevância dos fatores causais que influenciam a demanda dos materiais menos letais. Para tanto, optou-se pela abordagem de métodos mistos, implementando a estratégia sequencial preconizada por Creswell (2010) na fase qualitativa, que buscou coletar as variáveis que afetam a demanda de materiais menos letais por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores de materiais bélicos e nos documentos de requisições de pedidos. Assim foi possível, inicialmente, construir as variáveis causais que afetam a demanda de materiais menos letais, seguindo a análise de conteúdo sob a ótica de Bardin (2011). Por fim, realizou-se análise fatorial exploratória, a qual permitiu um modelo de previsão mais parcimonioso com dez fatores causais. Na fase quantitativa da pesquisa, avaliou-se a capacidade preditiva dos fatores, por meio do método de previsão *Random Forest*, com validação cruzada de *5-fold* e *10-fold* para os produtos espargidor de pimenta, munição de impacto controlado e granada de efeito moral. Assim, a pesquisa permite compreender, sob a ótica dos policiais militares, os fatores que influenciam a demanda das munições e granadas menos letais, além de apresentar um modelo de suporte às decisões de gestores militares ao planejarem a demanda por meio da técnica *Random Forest*.

Palavras-chave: Previsão de Demanda; Fatores Causais; *Random Forest*; Munições Menos Letais; Granadas Menos Letais.

ABSTRACT

The research aimed to develop a demand forecast model for less-lethal ammunition and grenades in the military police sphere. To this end, a case study was conducted at the Military Police of the State of Espírito Santo, aiming to identify causal factors that influence the demand for less-lethal ammunition and grenades, assess the predictive capacity of the forecasting model and analyze the relevance of the causal factors that influence demand for less-lethal materials. A mixed-methods approach was adopted, implementing the sequential strategy recommended by Creswell (2010), which in the qualitative phase sought to collect the variables that affect the demand for less lethal materials through semi-structured interviews with managers of war materials and in orderrequisition documents. Thus, it was initially possible to construct the causal variables that affect the demand for less lethal materials, following the content analysis from the perspective of Bardin (2011). Finally, an exploratory factor analysis was carried out, allowing a more parsimonious forecasting model with ten causal factors. In the quantitative phase of the research, the predictive capacity of the factors was evaluated, using the Random Forest forecasting method, with cross-validation of 5-fold and 10-fold for the products of pepper spray, controlled impact ammunition and moral effect grenade. Thus, the research makes it possible to understand, from the perspective of military police officers, the factors that influence the demand for less lethal ammunition and grenades, in addition to presenting a model to support the decisions of military managers when planning demand through the Random Forest technique.

Keywords: Demand Forecast; Causal Factors; Random Forest; Less Lethal Ammunition; Less Lethal Grenades.

LISTA DE SIGLAS

AP	Análise Paralela
APM	Academia de Polícia Militar
CD	Centro de Distribuição
CEOC	Companhia Independente de Operações com Cães
CIMESP	Companhia Independente de Missões Especiais
CPO	Comando de Policiamento Ostensivo
CS	Ortoclorobenzilmalononitrilo
DAL	Diretoria de Apoio Logístico
DoD	<i>Department of Defense</i>
DTIC	Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação
EB	Exército Brasileiro
IDA	<i>Institute for Defense Analyses</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
MAA	Medida de Adequação da Amostra
NGP	Nova Gestão Pública
OC	Oleoresina de Capsaicina
OME	Organização Militar Estadual
OMEs	Organizações Militares Estaduais
PMES	Polícia Militar do Espírito Santo
QCG	Quartel do Comando Geral
RF	<i>Random Forest</i>
RPMONT	Regimento de Polícia Montada
SEJUS	Secretaria de Estado da Justiça
SESP	Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa Social
SIGA	Sistema Integrado de Gestão Administrativa
UOPs	Unidades Operacionais de Polícia
WoS	<i>Web of Science</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organização básica da Polícia Militar do Espírito Santo – PMES.....	28
Figura 2 – Comandos de Policiamento Ostensivo da Polícia Militar do Espírito Santo	29
Figura 3 – Divisão das Unidades Operacionais da Polícia Militar do Espírito Santo .	30
Figura 4 - Diagrama de regressão Random Forest.....	44
Figura 5 - Screeplot da análise paralela.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Rplot das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto GL 108 MAX.....	138
Gráfico 2 - Rplot das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto AM 403.....	139
Gráfico 3 - Rplot das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto GL 304	140

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantitativo do Efetivo de Militares nas UOPs.....	33
Quadro 2 – Tecnologias menos letais.....	37
Quadro 3 - Caracterização das OMEs e entrevistados	52
Quadro 4 – Categorias preliminares - SIGA.....	67
Quadro 5 – Categorias preliminares - entrevistas	68
Quadro 6 – Categorias preliminares – SIGA e entrevistas.....	78
Quadro 7 – Exclusão de categorias preliminares. Motivo: política de gerenciamento de estoque	80
Quadro 8 – Exclusão de categorias preliminares. Motivo: subjetividade das categorias preliminares.....	81
Quadro 9 – Formação da categoria definitiva I: “Manifestação (qualquer natureza)”	82
Quadro 10 – Formação da categoria definitiva II: “Manifestação de sindicatos”	83
Quadro 11 – Formação da categoria definitiva III: "Treinamento (tipo)"	83
Quadro 12 – Formação da categoria definitiva IV: "Intervenção ou manifestação em penitenciárias”	84
Quadro 13 – Formação da categoria definitiva V: “Distúrbio civil”	85
Quadro 14 – Formação da categoria definitiva VI: “Eventos (tipo)”	86
Quadro 15 – Formação da categoria definitiva VII: “Resistência à abordagem policial”	86
Quadro 16 – Categorias agrupadas	87
Quadro 17 – Variáveis originais	89
Quadro 18 - Fatores que influenciam a demanda	94
Quadro 19 – Fatores causas que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais na PMES.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fenômeno fisiológico de incapacitação.....	36
Tabela 2 - Valores de consumo de munições e granadas menos letais por região ..	51
Tabela 3 - Valores de consumo de munições e granadas menos letais pelas OMEs localizadas na região metropolitana	51
Tabela 4 - Quantidade de requisições realizadas pelas OMEs no SIGA	56
Tabela 5 - A estatística KMO e teste de Bartlett.....	90
Tabela 6 - Medida de adequação amostral das variáveis independentes.....	91
Tabela 7 – Fatores com respectivos autovalores e percentuais de variância explicada e acumulada.....	92
Tabela 8 - Cargas iniciais dos fatores extraídos pelo método de máxima verossimilhança e rotação Varimax.....	93
Tabela 9 - Análise descritiva do banco de dados do produto GL-108 MAX	101
Tabela 10 – Valores médios do erro absoluto médio para o produto GL 108 MAX.	101
Tabela 11 – Desempenho preditivo para o produto GL-108 MAX.....	102
Tabela 12 - Análise descritiva do banco de dados do produto AM 403.....	104
Tabela 13 - Valores médios do erro absoluto médio para o produto AM 403	104
Tabela 14 - Desempenho preditivo para o produto AM 403.....	105
Tabela 15 – Análise descritiva do banco de dados do produto GL 304	106
Tabela 16 - Valores médios do erro absoluto médio para o produto GL 304	107
Tabela 17 - Desempenho preditivo para o produto GL 304	107
Tabela 18 - Desempenho preditivo com 5-fold e 10-fold.....	132
Tabela 19 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 1, com variáveis originais .	133
Tabela 20 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 1, com fatores - AFE	133
Tabela 21 – Análise descritiva com 10-fold para o produto 1, com variáveis originais	134
Tabela 22 – Análise descritiva com 10-fold para o produto 1, com fatores - AFE...	134
Tabela 23 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 2, com variáveis originais .	134
Tabela 24 - Análise descritiva de 10-fold para o produto 2, com variáveis originais	135
Tabela 25 - Análise descritiva com 5-fold para o produto 2, com fatores - AFE.....	135
Tabela 26 - Análise descritiva com 10-fold para o produto 2, com fatores - AFE....	136
Tabela 27 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 3, com variáveis originais .	136

Tabela 28 - Análise descritiva de 10-fold para o produto 3, com variáveis originais	136
Tabela 29 - Análise descritiva com 5-fold para o produto 3, com fatores - AFE.....	137
Tabela 30 - Análise descritiva com 10-fold para o produto 3, com fatores - AFE....	137

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Objetivos	23
1.1.1	Objetivo geral	23
1.1.2	Objetivos específicos	23
1.2	Justificativa	23
2	CONTEXTO DA PESQUISA	27
2.1	Contexto organizacional da Polícia Militar do Espírito Santo	27
2.2	Contextos das munições e granadas menos letais	33
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.1	Machine Learning	39
3.1.1	Análise de regressão	40
3.1.2	<i>Random Forest</i>	43
3.2	Medidas estatísticas de desempenho	44
4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	46
4.1	Abordagem metodológica	46
4.2	Procedimento de coleta de dados	47
4.2.1	Abordagem qualitativa	49
4.2.2	Abordagem quantitativa	53
4.3	Procedimento de análise de dados	54
4.3.1	Análise de conteúdo nos documentos do SIGA	55
4.3.2	Análise de conteúdo nas transcrições das entrevistas	57
4.4	Procedimento de avaliação preditiva	58
4.4.1	Construção da base de dados	59
4.4.2	Processamento do <i>dataset</i> no <i>software</i> R	60
4.4.3	Análise fatorial exploratória	62
4.4.4	Análise de importância das variáveis	64
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	66
5.1	Elaboração das categorias	66
5.1.1	Categorias preliminares - SIGA	66
5.1.2	Categorias preliminares – entrevistas	68
5.1.3	Categorias preliminares - SIGA e entrevistas	78
5.1.4	Exclusão de categorias preliminares	80
5.1.5	Aglutinação de categorias preliminares	82

5.1.6	Categorias agrupadas	87
5.2	Análise fatorial exploratória das variáveis originais	89
5.3	Análise preditiva	100
5.3.1	Análise para o produto GL-108 MAX	101
5.3.2	Análise para o produto AM 403	104
5.3.3	Análise para o produto GL 304	106
5.3.4	Análises de adequação dos fatores causais para o modelo de previsão 109	
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
6.1	Limitações e estudos futuros	113
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA POLÍCIA MILITAR DO ESPÍRITO SANTO .	127
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	128
	APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA	130
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO	131
	APÊNDICE E – LISTA DE TABELAS	132
	APÊNDICE F – LISTA DE GRÁFICOS	138
	APÊNDICE G – SCRIPT UTILIZADO NA DISSERTAÇÃO	141

1 INTRODUÇÃO

Com base em evidências de que problemas financeiros influenciam governos a modificarem políticas econômicas para superarem crises (HONG; LI, 2015; MALTRITZ; WÜSTE, 2015; BOM, 2019), organizações, sejam elas privadas ou estatais, também se adéquam às intempéries orçamentárias com melhorias de gestão administrativa, por meio de técnicas de suporte à tomada de decisões gerenciais. Isso se evidencia, por exemplo, em estudos nas áreas de saúde (BOROWY, 2013), educação (SANTÍN; APARICIO; LAURA, 2018) e economia (HAUSMAN; JOHNSTON, 2014). Para tanto, destaca-se a importância de ferramentas de suporte a tomadas de decisões em níveis operacional, tático e estratégico (ATHANASOPOULOS et al., 2017), que ajudam a melhorar a gestão administrativa nas organizações (SAVIO; NIKOLOPOULOS, 2013; ANTUNES; BONFIM; MONTEIRO, 2018).

Nesse sentido, as técnicas de previsão de demanda são relevantes para as organizações como um todo, à medida que corroboram o planejamento e o controle em diferentes áreas funcionais, entre as quais Logística, *Marketing*, Produção e Finanças (BALLOU, 2008). A previsibilidade da demanda pode mitigar o custo de estoque, melhorar os níveis de serviço, reduzir perdas por obsolescência, além de propiciar às organizações significativas vantagens competitivas (GILLILAND, 2010; CHOPRA; MEINDL, 2016; TEUNTER; SYNTETOS; BABAI, 2011; BABAI; SYNTETOS; TEUNTER, 2014).

Assim, a Polícia Militar do Espírito Santo (PMES) exerce, por meio da Diretoria de Apoio Logístico (DAL), a gestão logística da corporação por meio do planejamento, organização, aquisições, armazenamento e manutenção de armamentos e munições (ESPÍRITO SANTO, 2013). As funções de estratégia e logística militar desempenhadas pela DAL advêm, sobretudo, dos modelos de gestão provenientes do Exército Brasileiro (EB), regidos pelo Manual de Campanha Logística do Exército EB20-MC-10.204, que esboça a importância de prever e prover materiais e serviços necessários para assegurar a amplitude do alcance operativo e a capacidade de duração em operações (BRASIL, 2014). Desta maneira, identificar e prever com precisão a demanda de materiais de suprimento à tropa são etapas vitais no

planejamento operacional, tendo em vista o suporte à tomada de decisões em âmbito gerencial militar (THIAGARAJAN *et al.*, 2014).

Nesse bojo, a PMES, sendo força auxiliar e reserva do Exército (BRASIL, 1988) e com função precípua de desempenhar atividade policial em todo o Estado do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 1989), depende de prontidão logística¹ (BRASIL, 2007) para, a qualquer tempo, atender à convocação do Governo Federal em caso de guerra externa ou para prevenir e reprimir grave perturbação da ordem ou ameaça de sua irrupção (ESPÍRITO SANTO, 2009). Tal cenário implica a existência de uma instituição com alta capacidade organizacional para suprir a demanda logística com o fornecimento de materiais em tempo hábil para o apoio às operações policiais, atingindo, assim, um estado específico de prontidão logística ao menor custo possível (SOKRI, 2014).

A gestão de materiais realizada pela PMES abrange um amplo espectro de produtos, tais como *sprays* de pimenta, artefatos explosivos de efeito moral, lacrimogêneo e marcador (gases comprimidos, liquefeitos, corantes, grânulos inertes), *teasers* de choque, coletes à prova de balas, capacetes, escudos, dispositivos não letais, armas de fogo, munições letais, dentre outros (NEGRETE *et al.*, 2016). Destacam-se, nesse ínterim, dentre os materiais utilizados pela PMES, as munições e granadas menos letais² (BRASIL, 2017), de uso restrito (BRASIL, 2018). Estas ganharam notoriedade, sobretudo, a partir do Oitavo Congresso das Nações Unidas sobre a Prevenção do Crime e do Tratamento dos Infratores, realizado em Havana, Cuba, de 27 de agosto a 7 de setembro de 1990, quando foram promulgados os Princípios Básicos sobre o Uso da Força e Armas de Fogo que, nas disposições gerais, parágrafo 2, versam:

Os Governos e os organismos de aplicação da lei devem desenvolver um leque de meios tão amplos quanto possível e habilitar os funcionários responsáveis pela aplicação da lei com diversos tipos de armas e de munições, que permitam uma utilização diferenciada da força e das armas de fogo. Para o efeito, deveriam ser desenvolvidas armas neutralizadoras não-letais, para uso nas situações apropriadas, tendo em vista limitar de modo crescente o recurso a meios que possam causar a morte ou lesões corporais. Para o mesmo efeito, deveria também ser possível dotar os funcionários responsáveis pela aplicação da lei de equipamentos defensivos, tais como escudos, viseiras, coletes antibalas e veículos blindados, a fim de reduzir a necessidade de utilização de qualquer tipo de armas. (ONU, 1990).

¹ Prontidão Logística é a capacidade de pronta-resposta das Organizações Militares Logísticas para fazer face às demandas de apoio à tropa [...] (BRASIL, 2004).

² Durante todo o estudo, os termos “munições menos letais” e “granadas menos letais” pertencem ao universo de armas menos letais.

Munições e granadas menos letais são utilizadas em situações que envolvem, sobretudo, suspeitos armados, controle de manifestações, rebeliões prisionais, suspeitos entrincheirados, prisões de alto risco, libertação de reféns e combate às drogas (ALEXANDER, 2003). Ou seja, a demanda de materiais no meio militar é frequentemente variável e imprevisível, e conflitos podem surgir a qualquer tempo e espaços geográficos diferentes (SOKRI, 2014; AKGÜN; ERDAL, 2019).

No espectro de utilizações desses materiais, no último quinquênio houve o aumento na aquisição não somente pela PMES, mas também por outras instituições de segurança pública, devido às instabilidades políticas e econômicas ocorridas no Brasil a partir do ano de 2013 (FORTES; AUGUSTO; RODRIGUES, 2016) – incluindo os eventos esportivos que aconteceram no Brasil a partir desse ano, como a Copa das Confederações da FIFA, a Copa do Mundo de Futebol (2016) e os Jogos Olímpicos de Verão (2016).

Ademais, este pesquisador, membro da DAL, observou que a aquisição de materiais realizada pela PMES, sobretudo a partir do ano de 2013, vem ocorrendo com base na gestão de previsão de demanda de gestores militares de forma subjetiva. Estes se atêm a seus conhecimentos prévios adquiridos durante o serviço policial militar e aos históricos das demandas dos materiais utilizados em ocorrências policiais. Dessa forma, para se atingir os objetivos desta pesquisa, realizou-se uma busca inicial na literatura, a qual não constatou, até o presente momento, uma técnica validada empiricamente para o âmbito policial militar de previsão de demanda de munições e granadas menos letais, considerando as características peculiares dessa instituição. Nesse ínterim, foi possível observar em estudos (ARMSTRONG, 2006; BERG; NELSON; RIETZ, 2008; GOLDSTEIN; GIGERENZER, 2009; PARENTE; ANDERSON-PARENTE, 2011; BEUTEL; MINNER, 2012; BENKACHCHA; BENHRA; EL HANSSANI, 2013; DAVYDENKO; FILDES, 2013; MOON; SIMPSON; HICKS, 2013; THIAGARAJAN *et al.*, 2014) a possibilidade de utilizar técnicas de previsões para corroborar a gestão da demanda, de forma a melhorar a acurácia nas previsões.

1.1 *Objetivos*

1.1.1 **Objetivo geral**

O objetivo desta pesquisa é identificar os fatores causais e propor modelos de previsão de demanda para munições e granadas menos letais no âmbito policial militar.

1.1.2 **Objetivos específicos**

- a) Identificar fatores causais que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais.
- b) Avaliar a capacidade preditiva do modelo de previsão.
- c) Analisar a relevância dos fatores causais que influenciam a demanda dos materiais menos letais.

1.2 *Justificativa*

A justificativa da presente pesquisa se pauta, primeiramente, no fato histórico de as Forças Armadas e forças auxiliares buscarem aumentar a letalidade para alcançar tanto o sucesso em operações quanto os objetivos políticos (SINISCALCHI, 1998; KRASKA, 2007; LAWSON, 2019). Contudo, no cenário global, fatores políticos, sociais e operacionais limitam o uso efetivo da resposta militar tradicional, que por meio da ajuda de emergentes tecnologias de armas e munições menos letais podem, de forma alternativa, oferecer a essas instituições os meios para enfrentar dilemas de segurança pública (SINISCALCHI, 1998; MACDONALD; KAMINSKI; SMITH, 2009; BRANDL; STROSHINE, 2017).

O governo dos Estados Unidos, por meio do Departamento de Defesa (DoD), definiu o termo globalmente aceito para denominar todo o espectro de “não letais” (*non-lethal*) mediante o documento *Policy for Non-Lethal Weapons*, promulgado em 1996, o qual define:

- Armas não letais são dispositivos projetados explicitamente, e principalmente, para incapacitar pessoal ou material, enquanto minimizam as fatalidades, os danos permanentes para pessoal, e danos indesejáveis à propriedade e ao meio ambiente;
- Ao contrário das armas letais convencionais, que destroem seus alvos principalmente por explosão, penetração e fragmentação, as armas não-letais não empregam meios de destruição física bruta, mas causam efeitos para impedir o correto funcionamento do alvo (no caso de veículos ou aeronaves, por exemplo);
- As armas não-letais devem ter, pelo menos uma, ou preferencialmente ambas as características seguintes:
 - ter efeitos relativamente reversíveis em pessoal ou material;
 - afetar o alvo de modos diferentes, quanto dentro e fora da área de sua influência (DoD DIRECTIVE 3000, 1996).

No Brasil, a Secretaria Nacional de Segurança Pública (Senasp) e a Secretaria de Direitos Humanos (Sedeh) elaboraram, por meio da Portaria Interministerial nº 4226, de 31 de dezembro de 2010, as diretrizes sobre o uso da força pelos agentes de segurança pública, e segundo seu Anexo I, parágrafo 8:

8. Todo agente de segurança pública que, em razão da sua função, possa vir a se envolver em situações de uso da força, deverá portar no mínimo 02 (dois) instrumentos de menor potencial ofensivo e equipamentos de proteção necessários à atuação específica, independentemente de portar ou não arma de fogo.

Estudos (WOLF *et al.*, 2009; PAOLINE; TERRIL, 2011) vêm demonstrando a importância do uso proporcional da força pelos agentes de segurança pública como meio de diminuir a letalidade ou lesão corporal grave. Esses demonstram que ações menos letais, como o uso de projeteis contundentes e *sprays* irritantes – Oleoresina de Capsaicina (OC) podem ser eficazes nas operações policiais (VILKE; CHAN, 2007; MACDONALD; KAMINSKI; SMITH, 2009; BRANDL; STROSHINE, 2017).

Para tanto, a gestão de materiais no ambiente militar depende de um gerenciamento da cadeia de suprimento eficiente, capaz de prover a tropa em tempo hábil nas mais diversas operações (SOKRI, 2014; AKGÜN; ERDAL, 2019). Segundo Sokri (2014), o gerenciamento de materiais no meio militar envolve, essencialmente, dois processos vitais para assegurar o emprego da tropa a qualquer tempo: aquisição e distribuição.

Para o autor, a aquisição consiste em comprar material e garantir que os estoques disponíveis possam atender às demandas, ao passo que a distribuição envolve atividades relacionadas ao movimento físico de mercadorias entre diferentes pontos geográficos. Integrar essas atividades é de vital importância para garantir que as mercadorias sejam distribuídas nas quantidades certas, no lugar correto, no momento estipulado e com custo mínimo.

Nesse cenário, vale ressaltar que os sistemas de logística militar têm sido historicamente pautados em grandes quantidades de materiais armazenados em diferentes regiões, a fim de evitar a falta de produtos com um estoque de segurança elevado e garantir flexibilidade para operações que possam ocorrer de forma imprevista (SOKRI, 2014; AKGÜN; ERDAL, 2019). Nesse modelo de gestão, devido à característica da atividade militar, baseada na incerteza de ações que podem vir a acontecer e o tempo que podem durar, os níveis de estoques de materiais são normalmente altos, o que garante um estado de prontidão permanente (SHTUB; SIMON, 1994; AKGÜN; ERDAL, 2019).

Um dos processos para gerir estoques de materiais compreende a previsão da demanda em condições de incertezas (PRAK; TEUNTER, 2019). Para tanto, pesquisas demonstram a possibilidade de incluir técnicas de previsões de demanda em processos de aquisições de materiais utilizando modelagem quantitativa como forma de melhorar a acurácia das previsões (BEUTEL; MINNER, 2012; BENKACHCHA; BENHRA; EL HANSSANI, 2013). Por outro lado, as previsões realizadas de forma subjetivas resultam em custos excessivos, impactando no orçamento público (MELESE *et al.*, 2007). Ademais, uma previsão acurada contribui para a manutenção de estoques de segurança (PRAK; TEUNTER, 2019; TRAPERO; CARDÓS; KOURENTZES, 2019), permite que a organização planeje suas ações sob volatilidades da demanda (VAN DER LAAN *et al.*, 2016), além de diminuir perdas de materiais por obsolescência (TEUNTER; SYNTETOS; BABAI, 2011; BABAI *et al.*, 2019).

No entanto, o modelo de gestão de materiais nas organizações militares se distingue das empresas privadas, pois a atividade militar se diferencia em sua visão, missão, regulações, estrutura organizacional, cultura e atitudes, dificultando adaptações às novas práticas de gestão (AKGÜN; ERDAL, 2019). Apesar disso, a gestão de materiais desempenhada pela PMES deve respeitar os princípios de eficiência da

Administração Pública presente no Art. 37 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). Na visão de Pascarelli Filho (2011), a eficiência está vinculada à qualidade de prestação de serviço público com a melhor utilização dos recursos, de maneira a evitar desperdícios. Nesse sentido, deve-se buscar gerenciar com melhor qualidade os recursos públicos – novas práticas de gestão alinhadas com a Nova Gestão Pública (NGP) –, a fim de maximizar sua eficiência (SCHUBERT, 2009; PÉREZ-LÓPEZ; PRIOR; ZAFRA-GÓMEZ, 2015).

Para Hood (1991), a NGP está pautada em diretrizes administrativas que buscam profissionalizar a gestão nas organizações públicas, criar padrões de desempenho e medidas de avaliação com objetivos mensuráveis e claramente definidas, enfatizar o controle e os resultados, desenvolver práticas de gestão do setor privado, enfatizar a disciplina e a utilização dos recursos, cortando custos e procurando maior eficiência e economia. Nesse sentido, a pesquisa busca alinhar as práticas da NGP aplicáveis ao âmbito policial militar, propondo um modelo de previsão de demanda para produtos menos letais, visando obter melhor eficiência gerencial.

Destaca-se a relevância de identificar os fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais, uma vez constatada a inexistência de estudos que utilizam técnicas de previsão para melhorar a acurácia da demanda desses materiais no âmbito policial militar. Busca-se, assim, preencher essa lacuna como oportunidade de contribuição de estudo neste tema.

2 CONTEXTO DA PESQUISA

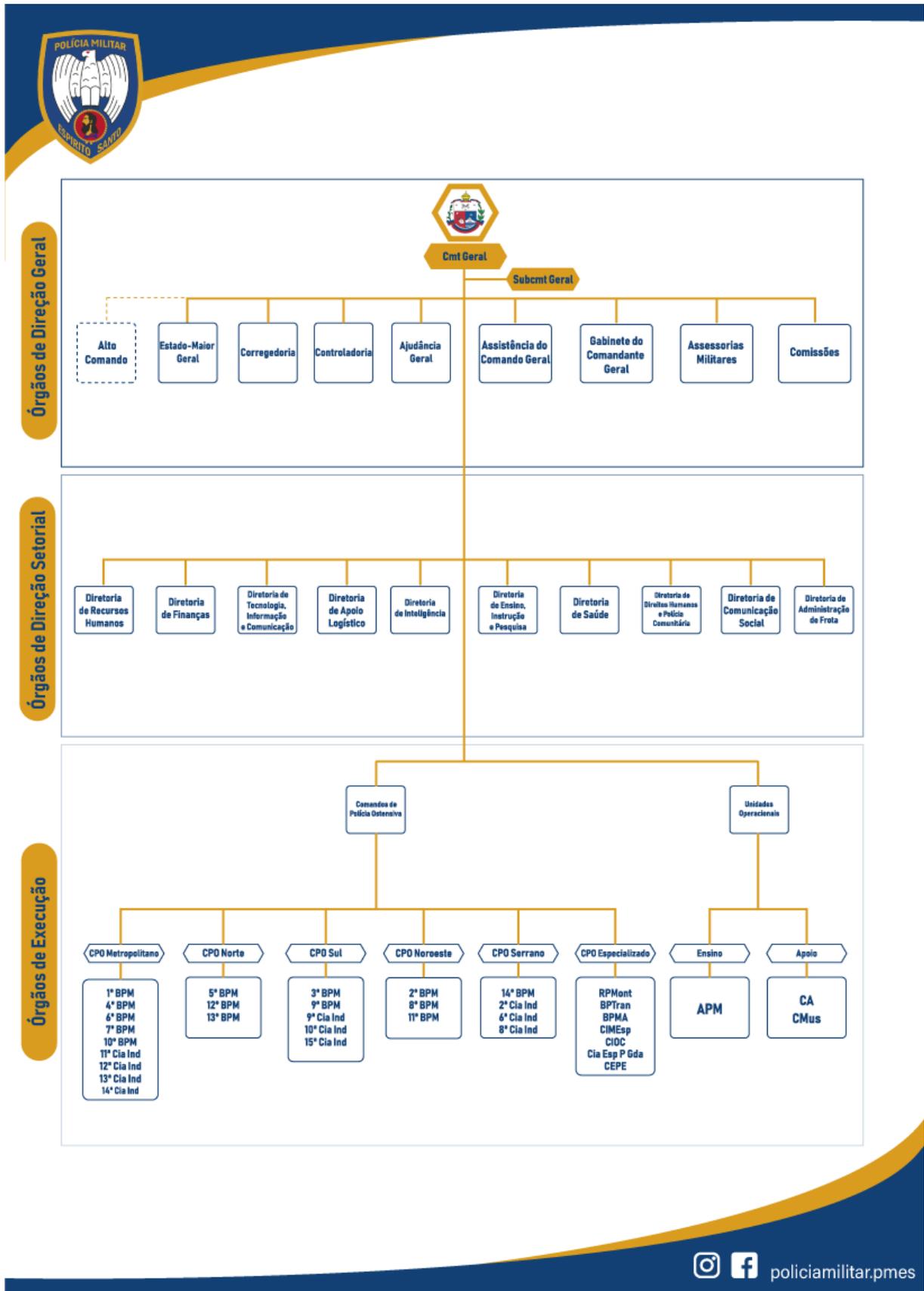
Este capítulo apresenta o contexto em que o trabalho foi desenvolvido, alicerçado em duas conjecturas: (i) contexto organizacional da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo; e (ii) contexto das munições e granadas menos letais.

2.1 *Contexto organizacional da Polícia Militar do Espírito Santo*

A Polícia Militar do Espírito Santo (PMES), criada em 6 de abril de 1835, tem como missão primordial promover junto à comunidade capixaba a preservação da ordem pública naquele estado (PMES, 2019). Contudo, além das funções primordiais de policiamento ostensivo, a PMES tem funções secundárias, tais como a administração de materiais bélicos, característicos das Forças Armadas, passados às instituições policiais militares. Visa, sobretudo, suprir a tropa com materiais bélicos (armas, munições letais, munições menos letais, granadas menos letais, coletes balísticos, viaturas, dentre outros), adquiridos em consonância com o orçamento estadual, para prover as demandas táticas e estratégicas da tropa, distribuídas nas regiões – Metropolitana, Sul, Norte, Noroeste e Serrana – e unidades especializadas, subordinadas aos Comandos de Policiamento Ostensivo (CPOs), conforme o Decreto nº 4266 -R, de 20 de junho de 2018, que dispõe sobre a organização básica da PMES (figura 1).

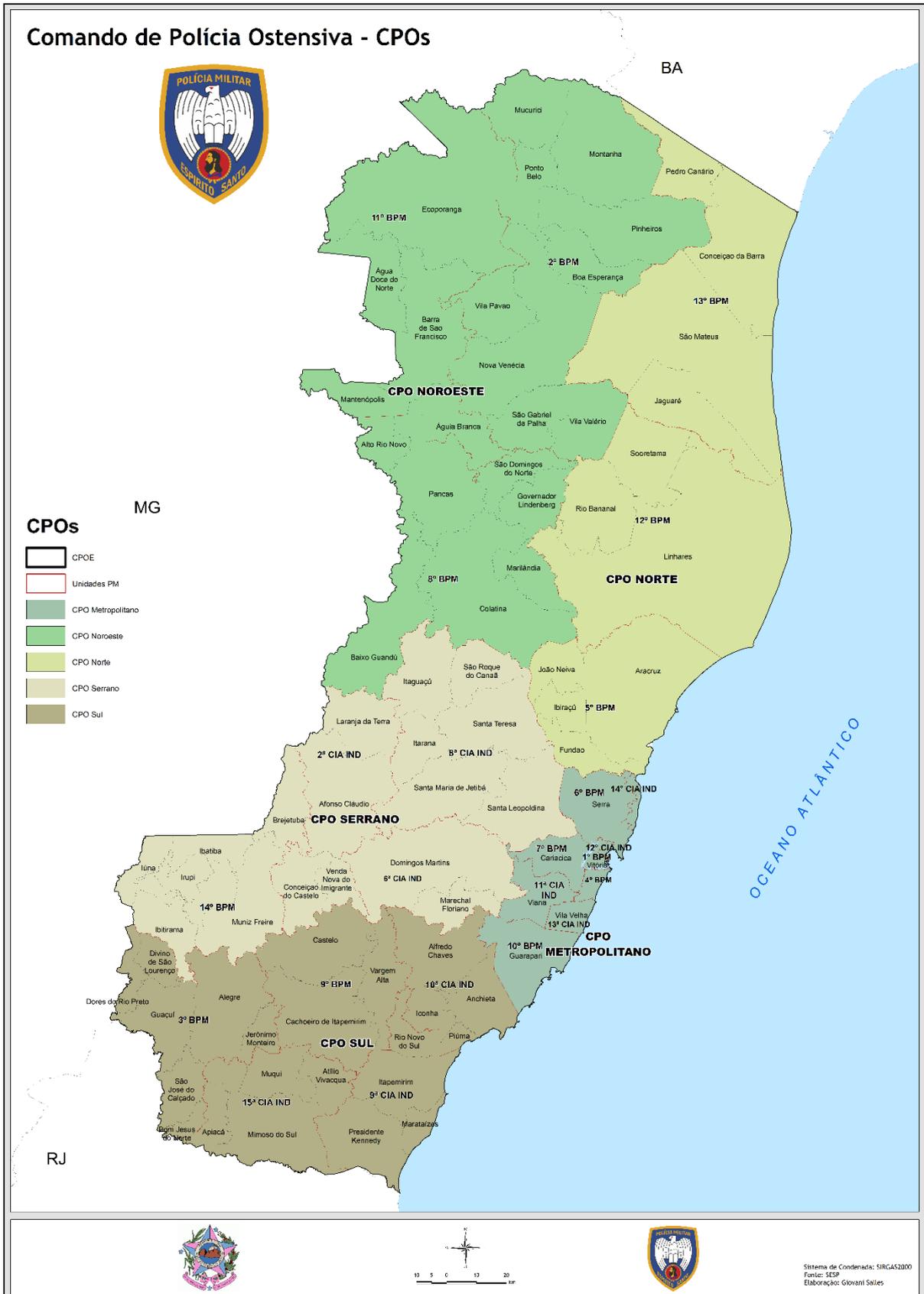
Corroborando o exposto, a figura 2 mostra, por meio do mapa do Estado do Espírito Santo disponibilizado pela Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa Social (SESPE), a distribuição dos CPOs e suas regiões de comando.

Figura 1 – Organização básica da Polícia Militar do Espírito Santo – PMES



Fonte: PMES (2019).

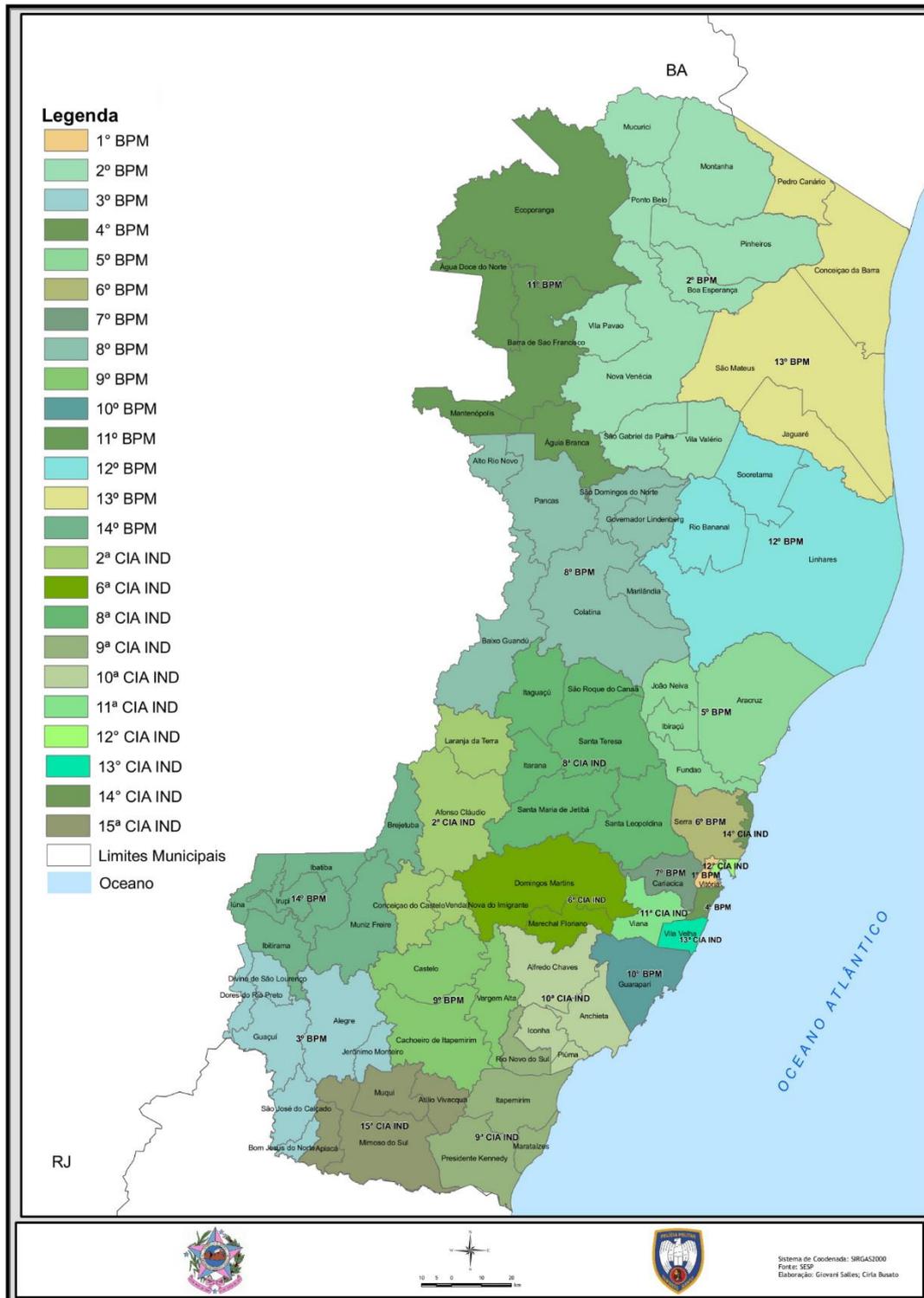
Figura 2 – Comandos de Policiamento Ostensivo da Polícia Militar do Espírito Santo



Fonte: Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social (2018a).

Ademais, é possível visualizar, conforme a figura 3, as unidades operacionais e cada região capixaba a que estas estão circunscritas.

Figura 3 – Divisão das Unidades Operacionais da Polícia Militar do Espírito Santo



Fonte: Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social (2018b).

Sob a ótica logística, a DAL, por meio da Divisão de Material Bélico, é responsável por realizar os processos de gestão de materiais bélicos, de forma a suprir a demanda das 24 UOPs e quatro Unidades Especializadas. Os processos de gestão realizados pela DAL, de forma geral, abrangem os seguintes procedimentos:

- i. Planejamento da demanda: a Divisão de Material Bélico, parte integrante da DAL, por meio de gestores militares com conhecimentos técnicos e empíricos adquiridos ao longo da carreira militar, é responsável por planejar a demanda dos materiais bélicos de acordo com o orçamento governamental. Para tanto, os gestores analisam um espectro de fatores ocorridos em anos anteriores, em que houve a necessidade de utilizar os materiais bélicos, além dos históricos de consumo dos materiais, para realizar a previsibilidade da demanda, porém, sem um método científico para tal fim.
- ii. Controle de estoque: a DAL utiliza como controle de estoque dos materiais bélicos um sistema *online* de gerenciamento - Sistema de Gestão e Controle da Polícia Militar do Espírito Santo (SGPM). Trata-se de um *software* desenvolvido pela Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação (DTIC) e pela DAL, que dispõe de informações de todo o quantitativo de materiais no centro de distribuição. Ademais, a DAL também supervisiona os estoques de materiais bélicos das Organizações Militares Estaduais (OMEs) por meio do SPGM, onde estas são gerenciadas por um gestor militar da própria OME, sendo este o elo entre a OME e a DAL.
- iii. Armazenamento: o armazenamento dos materiais bélicos proveniente dos fabricantes é realizado no Centro de Distribuição (CD), localizado no Quartel do Comando Geral (QCG), sob a responsabilidade da DAL. No CD, há depósitos específicos para o acondicionamento das granadas e munições menos letais, chamados no meio militar de “paiol”. Além do paiol da DAL, cada OME contém respectivos locais de armazenagem dos materiais. Os armazéns têm como finalidade estocar os produtos bélicos por longos períodos, conservando-os de forma segura.
- iv. Distribuição: a distribuição dos materiais bélicos segue os seguintes processos:

- 1) A OME utiliza um *software* de requisição de pedidos disponível de forma *online*, denominado Sistema Integrado de Gestão Administrativa (SIGA), para solicitar os tipos de materiais bélicos e a quantidade, além de apresentar o motivo da requisição, que se dá, normalmente, em períodos trimestrais, podendo ocorrer de forma mensal ou conforme a demanda da OME.
- 2) A Divisão de Material Bélico analisa a requisição no SIGA, apoiando-se nos dados da quantidade de produtos no depósito do Centro de Distribuição e no depósito da OME, e aprova o pedido – em sua totalidade, ou parcialmente –, conforme entendimento do gestor da Divisão de Material Bélico.
- 3) Após a aprovação da requisição, uma viatura da OME se desloca até o CD para receber os produtos.

O suprimento de munições e granadas menos letais se destina às OMEs; cada OME contém uma Unidade Operacional de Polícia (UOP) com grupos de policiamento operacionais chamado Força Tática com atuação regional, e para as unidades especializadas com atuação em todo o território capixaba. Para tanto, a Divisão de Material Bélico utiliza, além dos históricos dos pedidos no SIGA, o quantitativo de militares de cada organização para apoiar nos processos de gestão das munições e granadas menos letais, conforme o quadro 1. Vale ressaltar que o nome de cada OME foi suprimido e o quantitativo real do efetivo foi mascarado com a subtração do valor real por um valor K, de forma a garantir a confidencialidade dos dados.

Quadro 1 – Quantitativo do Efetivo de Militares nas UOPs

CPOs	OME	LOCAL	Efetivo Força Tática / Especializadas
METROPOLITANO	OME 1	Vitória	80
	OME 2	Vila Velha	40
	OME 3	Serra	55
	OME 4	Cariacica	83
	OME 5	Guarapari	37
	OME 6	Viana	36
	OME 7	Vitória	21
	OME 8	Vila Velha	23
	OME 9	Serra	29
NORTE	OME 10	Aracruz	45
	OME 11	Linhares	36
	OME 12	São Mateus	22
SUL	OME 13	Alegre	28
	OME 14	Cachoeiro de Itapemirim	48
	OME 15	Marataízes	15
	OME 16	Anchieta	26
	OME 17	Mimoso do Sul	28
NOROESTE	OME 18	Nova Venécia	39
	OME 19	Colatina	52
	OME 20	Barra de São Francisco	34
SERRANO	OME 21	Ibatiba	25
	OME 22	Afonso Claudio	20
	OME 23	Domingos Martins	16
	OME 24	Santa Tereza	14
ESPECIALIZADO	OME 25	Cariacica	350
	OME 26	Vitoria	90
	OME 27	Vitoria	190

Fonte: elaborado pelo autor (DAL, 2018).

2.2 Contextos das munições e granadas menos letais

A ciência e a tecnologia aplicadas aos materiais menos letais utilizados pelas instituições de Forças Armadas e forças policiais auxiliares são alternativas necessárias às tradicionais armas letais, particularmente em situações nas quais essas instituições e civis se misturam, como acontece em atos de desordens públicas

em massa (FIDLER, 1999; DOWNS, 2007). “Armas menos letais”, segundo Downs (2007), é o termo mais utilizado pelas instituições militares e forças auxiliares, para alcançar todo o espectro de tecnologias menos letais. Nesse contexto, Cazares *et al.* (2015, p. 4) definem:

[...] armas menos letais são armas, dispositivos e munições que são explicitamente projetados e empregados, principalmente, para incapacitar imediatamente o pessoal ou o material alvo, minimizando fatalidades, ferimentos permanentes ao pessoal e danos indesejados à propriedade na área ou ambiente alvo.

As armas menos letais englobam um espectro de tecnologias menos letais, que fornecem aos agentes operadores ferramentas para realizar operações em casos de insurgência e instabilidade, além de apoio em operações em tempo de paz (MEZZACAPPA, 2013). Corroborando o autor, Downs (2007) argumenta que para uma arma menos letal ser útil, esta deve incapacitar, debilitar ou perturbar o processo de pensamento de um indivíduo, vários indivíduos ou uma multidão de pessoas, por um período de tempo que permita à aplicação da lei ou de medidas corretivas para conter o ato hostil do(s) sujeito(s), ou no caso de uma multidão, dispersá-la ou impedir seu avanço.

Nesse sentido, Downs (2007) classificou em seu estudo os tipos de tecnologias menos letais que foram desenvolvidas e ainda estão em fase de testes, com os fenômenos físicos incapacitantes, fornecendo uma avaliação abrangente de armas menos letais para aplicação militar e de forças auxiliares, responsáveis pela aplicação da lei. Assim, o autor classificou em cinco categorias as tecnologias menos letais, conforme tabela 1, a saber:

- 1) Energia cinética: abrangem dispositivos de impacto direto; a força contundente causa um trauma nos músculos, com o objetivo de produzir uma imobilização parcial e temporária e, conseqüentemente, dor.
- 2) Dispositivos de energia conduzida: o efeito incapacitante do choque elétrico de armas menos letais é produzido pelo contato com a pele ou a roupa, expostas com eletrodos conectados a um dispositivo alimentado por bateria; este, quando ativado, completa o circuito de onda pulsada de alta tensão e corrente de baixa amperagem. O choque elétrico pode causar dor e contrações musculares, que resultam na perda da capacidade de realizar movimentos coordenados e direcionados, inclusive em pé ou segurando uma arma.

- 3) Energia acústica: dispositivos de energia acústica possibilitam o efeito da distração, além de incapacitar o corpo humano, impedindo o avanço de manifestantes devido à intensidade do som, que se torna dolorosa com a diminuição da distância entre os manifestantes e o dispositivo.
- 4) Armas químicas: as armas menos letais baseadas em produtos químicos incluem irritantes, anestésicos, calmativos, obscurantes desodorizantes, materiais escorregadios e materiais pegajosos. As armas irritantes na forma de *sprays*, transportadas por policiais, seja na forma de aerossóis ou granadas, são os dispositivos menos letais mais usados no policiamento. Esses produtos químicos inflamam a pele, causam lacrimejamento e fechamento dos olhos e vários graus de inchaço das vias respiratórias, resultando em tosse e restrição na respiração. Dessa forma, dor e dificuldade em respirar podem distrair e incapacitar.
- 5) Armas de energia dirigida: abrangem as tecnologias de *lasers* que operam na porção óptica e os dispositivos de radiofrequência que operam na porção de onda milimétrica do espectro eletromagnético. A energia eletromagnética interage com o corpo de maneira mais complexa do que traumas contundentes e produtos químicos.

O espectro de tecnologias menos letais mais comumente utilizado pelas forças policiais compreende munições de impacto controlado, munições fumígenas, Oleoresina Capsaicina (OC) e Ortoclorobenzilmalononitrilo (CS), granadas *indoor*, granadas *outdoor*, granadas lacrimogêneas, granadas de impacto, *sprays* de pimenta e dispositivos não letais (CONDOR, 2019), conforme o quadro 2.

Tabela 1 – Fenômeno fisiológico de incapacitação

Tecnologias menos letais	Fenômeno fisiológico de incapacitação										
	Parar ou dificultar o movimento	Imobilização – total ou parcial			Induzir tosse	Induzir engasgos	Privação ou dificuldade sensorial		Estímulos dolorosos		
		imobilizar ou dificultar a musculatura	Induzir inconsciência				Visão	Audição	Pele	Olhos	Ouvidos
1.0 Armas de efeitos físicos ou mecanicistas – Energia cinética											
1.1 Impacto direto	x									x	
1.2 Impacto de projétil (sólido, líquido, gás)	x									x	
1.3 Impacto de emaranhamento	x										
1.4 Bastão	x										
1.5 Impacto Deslizante	x										
1.6 Visão obscura							x				
2.0 Armas de choque											
2.1 Contato direto		x								x	
2.2 Projéteis com fio		x								x	
2.3 Projéteis sem fio		x								x	
3.0 Armas acústicas											
3.1 Som audível								x		x	
3.2 Infrassom ou ultrassom		x									
4.0 Armas químicas											
4.1 Irritantes					x	x	x		x	x	
4.2 Calmativas e anestésicas	x			X							
4.3 Desodorizante						x					
5.0 Armas de energia dirigida											
5.1 Luz							x				
5.2 Ondas milimétricas										x	

Nota: X indica onde uma tecnologia menos letal foi ou poderia ser usada para promover uma incapacidade fisiológica.
 Fonte: adaptado de Downs (2007).

Quadro 2 – Tecnologias menos letais

Tecnologia menos letal	Nomenclatura	Descrição
Dispositivos não letais	Spark DSK 700	Dispositivo Elétrico Incapacitante
	AM 640	Lançador de Munições Menos Letais 40mm
	AM 637	Lançador De Munições Menos Letais 37/38mm
Spray de pimenta OC e CS	GL 108	<i>Spray</i> de Pimenta Aerossol
	GL 108/E	<i>Spray</i> de Pimenta Espuma
	GL 108/G	<i>Spray</i> de Pimenta Gel
Munições de impacto controlado	AM 403/PSR	Projétil de Borracha – <i>Precision-Short-Range</i>
	AM 403/P	Projétil de Borracha - <i>Precision</i>
	AM 403	Projétil de borracha - <i>Monoimpact</i>
Munições OC/CS e fumígenas	GL 201	Projétil Médio Alcance Lacrimogêneo
	GL 202	Projétil Longo Alcance Lacrimogêneo
	GL 203/T	Carga Lacrimogênea Tríplice
	GL 203/L	Carga Múltipla Lacrimogênea
	GL 203	Carga Múltipla Fumígena
Granadas indoor	GA 100	Granada de Adentramento
	GB 704	Granada <i>Indoor</i> de Efeito Moral
	GB 705	Granada <i>Indoor</i> Lacrimogênea
	GB 707	Granada <i>Indoor</i> Luz e Som
	GB 708	Granada <i>Indoor</i> Pimenta
Granadas outdoor	GL 304	Granada Efeito Moral
	GL 305	Granada Lacrimogênea
	GL 307	Granada Luz e Som
	GL 308	Granada Pimenta
	AM 500	Granada Treinamento
Granadas lacrimogêneas	GL 310	Granada Lacrimogênea de Movimentos Aleatórios (BAILARINA)
	GL 309	Granada Lacrimogênea (RUBBERBALL)
	GL301	Granada Lacrimogênea Média Emissão
	GL 302	Granada Lacrimogênea Longa Emissão
	GL 303	Granada Lacrimogênea (MINI CONDOR)

	GL 300/TH	Granada Lacrimogênea Tríplice Hyper
	GL 300/T	Granada Lacrimogênea Tríplice
Granadas de impacto	GM 100	Granada Multi-Impacto
	GM 101	Granada Multi-Impacto Lacrimogênea
	GM 102	Granada Multi-Impacto Pimenta

Fonte: adaptado de Condor (2019).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Machine Learning*

Processar grandes volumes de dados por meio de experiências ou intuição pode enviesar uma tomada de decisão. Em meio a grandes volumes de dados, a técnica de processamento de dados *Machine Learning* (ML) surge como ferramenta computacional capaz de mesclar dados brutos e fornecer informações mais consistentes e precisas, ao contrário das suposições inconsistentes e semelhantes ao tomar uma decisão (MENG *et al.*, 2020). A técnica ML permite ao computador “aprender” com os dados fornecidos sem programação completa e explícita de todos os problemas que envolvem os dados brutos. Por meio da aprendizagem de dados, a técnica modela relações profundas e reconstrói um esquema de conhecimento, a qual é utilizada para estimativas, previsões e classificações. A ideia principal é permitir que o ML adquira experiência e se ajuste adequadamente, sem muita intervenção humana (MENG *et al.*, 2020).

A modelagem por meio do *Machine Learning* é mantida em conjunto com métodos de avaliação semelhantes cujo objetivo é melhorar o desempenho de alguma tarefa visando encontrar e explorar regularidades nos dados utilizados para o treinamento (aprendizado) do ML. Em uma situação ideal, a disponibilidade de dados para aprendizagem deve estar ligada ao fluxo de dados dos instrumentos do sistema operacional (LANGLEY; SIMON, 1995). Nesse sentido, o ML precisa de algumas entradas de dados – as “amostras” –, que são utilizadas para o treinamento do sistema de aprendizado. O conjunto de dados utilizados para treinamento permite ao ML reconstruir relacionamentos internos, por meio do “aprendizado”, também conhecido como “treinamento”, e apresentar o conhecimento adquirido através de *outputs*, tais como reconhecimento, classificação e previsão (MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018; MENG *et al.*, 2020).

Os dados utilizados para o aprendizado do ML devem ser pré-processados por meio da divisão dos dados brutos. Uma abordagem padrão de avaliação envolve dividir os dados em dois conjuntos, de forma a treinar o primeiro conjunto e testar o

conhecimento induzido no segundo. Esse processo pode ser repetido várias vezes com diferentes divisões e, em seguida, a média dos resultados é utilizada para estimar o desempenho do modelo em problemas completamente novos (LANGLEY; SIMON, 1995).

Os métodos de *Machine Learning* são geralmente divididos em três categorias de aprendizado: (i) aprendizado não supervisionado; (ii) aprendizado supervisionado; e (iii) aprendizado semissupervisionado (MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018; MENG *et al.*, 2020). Se os atributos dos conjuntos de dados de entrada (*input*) e saída (*output*) forem completamente rotulados – identificados –, o objetivo dos algoritmos do ML será construir um modelo para mapear a entrada e a saída de dados, o que é chamado de “aprendizado supervisionado”. Esse tipo de aprendizado é aplicado normalmente em modelos de classificação e regressão. No aprendizado não supervisionado, não há rótulos fornecidos com os conjuntos de dados, o que permite aos algoritmos extrair recursos e padrões por si mesmos. Geralmente, de acordo com a semelhança ou distância das entradas de dados, os modelos de aprendizagem constroem uma associação profunda com a ajuda heurística internalizada no ML, sendo os métodos por agrupamentos representativos em algoritmos não supervisionados. No caso de o ML ser baseado em um conjunto de dados de treinamento com identificações incompletas, ele é categorizado em semissupervisionado. As entradas de dados com identificação desempenharão papel de liderança na formação de um limite de decisão, apesar de um grande conjunto de dados não identificados também poder ajudar a melhorar a precisão do limite de decisão e a estabilidade de todo o modelo (MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018; MENG *et al.*, 2020).

3.1.1 Análise de regressão

Análises de regressão são conhecidas pela modelagem de expressões matemáticas que descrevem certo comportamento de uma variável de interesse, conhecida como variável dependente (Y), a qual é descrita por meio de outras variáveis que fornecem informações sobre o comportamento das variáveis dependentes. Essas variáveis, chamadas de variáveis independentes (X), são incorporadas à modelagem matemática como variáveis preditoras ou explicativas das variáveis dependentes

(RAWLINGS; PANTULA; DICKEY, 1998). Exemplos de aplicações de análise de regressão estão presentes em estimativas de demanda energética (SENATRO *et al.*, 2020), as quais os pesquisadores caracterizaram por meio de análise de regressão as relações entre a população e produto interno bruto (variáveis independentes) com a demanda energética residencial (variável dependente). Também em modelos preditivos, para mitigar erros de previsão de demanda (WANG; CHEN, 2019), os autores utilizaram métodos de regressão para realizar análises de sensibilidade que podem medir o impacto na receita de vendas (variável dependente) por meio de produtos de consumo (preditores).

Modelos de regressão assumem uma relação de causalidade entre as variáveis dependente e independentes, de forma que uma mudança nas variáveis independentes é acompanhada por uma mudança no valor da variável dependente. Para explorar essa relação de causalidade, o pesquisador, por meio de coleta dados das variáveis independentes, usa análises de regressão para estimar o efeito quantitativo destas variáveis explicativas na variável dependente, sendo necessário avaliar a significância estatística dos relacionamentos estimados (COHEN *et al.*, 2003; CHASE, 2009). De forma geral, a relação de causalidade pode ser visualizada pela equação 1, onde a variável dependente é representada pela letra Y , e as variáveis independentes por X_1, X_2, \dots, X_n de n variáveis.

$$Y = f(X_1, X_2 \dots X_n). \quad (1)$$

Em previsões de demanda, abordagens por meio de análise de regressão permitem a experimentação (ou simulação) por meio de combinações das variáveis independentes, a fim de analisar os efeitos em previsões e moldar futuras demandas. Esta capacidade de estimar a influência das variáveis explicativas é resultado de processos de modelagem realizados por meio de análises preditivas das variáveis explicativas, além de decisões significativas de quais variáveis contribuem para a melhor acurácia do modelo preditivo (CHASE, 2009).

Análises de regressão podem ocorrer, de maneira geral, quando há somente uma variável independente X , denominada “regressão simples”, ou quando há duas ou mais variáveis explicativas X_1, X_2, \dots, X_n , chamada de “regressão múltipla”. Quando há

uma variável explicativa, a regressão é caracterizada por uma relação linear entre Y e X, conforme a equação 2:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2)$$

onde a = interceptação;
 b = coeficiente angular;
 \hat{Y} = equação que melhor modela os dados.

Regressões simples raramente são utilizadas para detectar, modelar e prever demandas. Nesse tipo de situações, a regressão múltipla é recomendada, pois possui aplicações práticas que se prestam a explicar as relações de causalidade de maneira mais holística (CHASE, 2013). Nesse sentido, diferentemente da regressão simples, a regressão múltipla utiliza duas ou mais variáveis independentes, conforme a equação 3:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_nX_n \quad (3)$$

onde β_0 = interceptação;
 β_n = coeficiente angular;
 X_n = variável independente;
 \hat{Y} = equação que melhor modela os dados.

Várias formas funcionais dessa equação podem ser designadas para determinar os relacionamentos das variáveis independentes, as quais podem ser modeladas para melhor previsão de demanda (CHASE, 2009). Nesse sentido, o presente estudo utilizou como algoritmo de aprendizado o método supervisionado *Random Forest*, proposto por Breiman no início dos anos 2000, como algoritmo capaz de avaliar grande volume de dados por meio da modelagem aleatória, mantendo eficiência estatística. É, assim, robusto o suficiente para lidar com previsão por meio de regressão (BREIMAN, 2001; BIAU; SCORNET, 2016; PESANTEZ; BERGLUNG; KAZA, 2020), sendo uma abordagem que difere fundamentalmente dos métodos de regressões tradicionais.

3.1.2 *Random Forest*

A modelagem de dados por meio do método *Random Forest* (RF) tem como objetivo construir um modelo de previsão por meio da combinação de pontos fortes de um conjunto de dados de treinamento de uma amostra (HASTIE; TIBSHIRANI; FRIEDMAN, 2009). A ideia central do RF, proposta por Breiman (2001), é utilizar processos de divisão de dados aleatórios formando um conjunto de árvores de decisões, ao invés de depender de árvores de decisões individuais, e a cada divisão selecionar preditores fortes para a formação do modelo de previsão. Em geral, árvores individuais apresentam baixo poder preditivo devido à alta variância (LOUPPE; WEHENKEL, 2013). Esse processo evita que haja correlação das árvores de decisões e, por conseguinte, ajuda na acurácia do modelo preditivo (BREIMAN, 2001; HASTIE; TIBSHIRANI; FRIEDMAN, 2009).

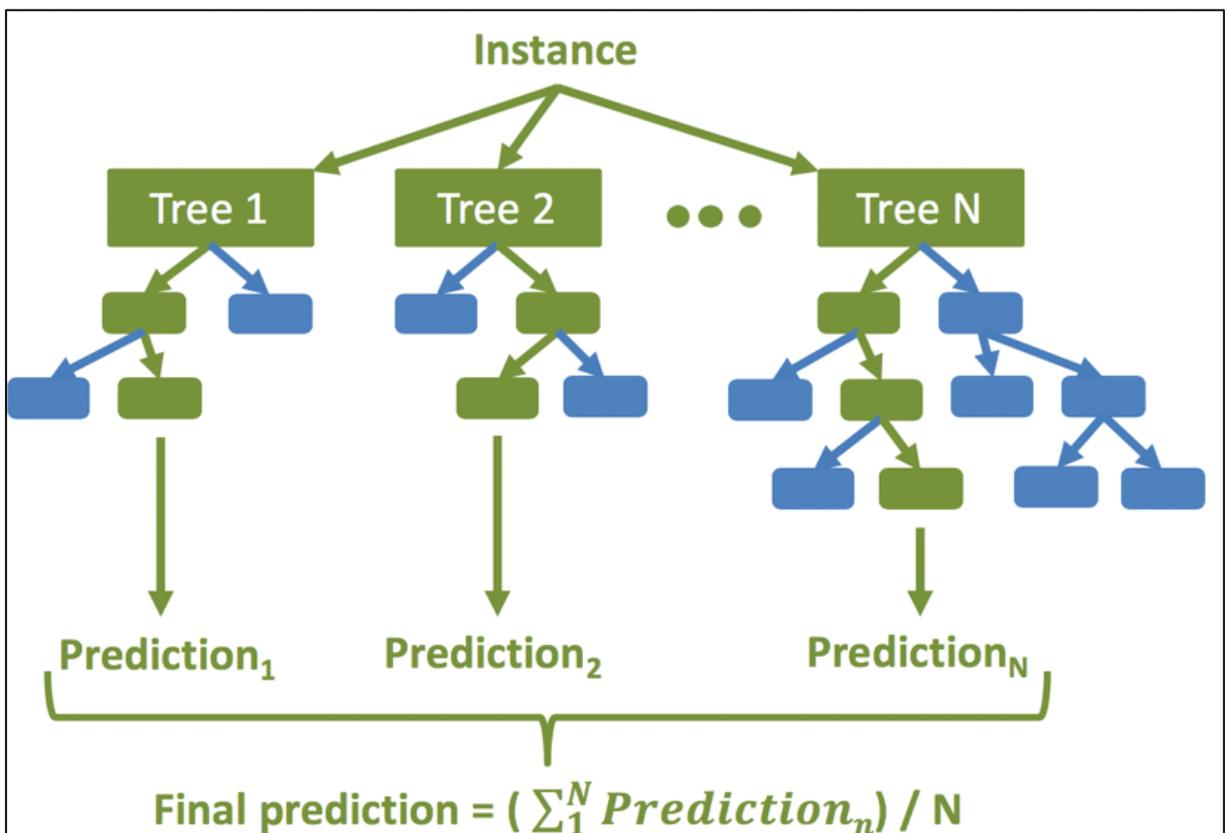
No modelo proposto por Breiman (2001), as florestas aleatórias (*Random Forest*) são construídas por meio de conjunto de dados por amostragem *bootstrap* dos dados, com uma camada de aleatoriedade. Nas árvores de regressões originais, cada nó é dividido usando a melhor divisão entre todas as variáveis; já no *Random Forest*, cada nó é dividido usando o melhor entre um subconjunto de preditores escolhidos aleatoriamente para o nó. Esta estratégia mostrou melhores desempenhos preditivos em comparação com outros modelos, tais como análise discriminante, máquinas de vetores de suporte (*support vector machine*), e redes neurais, além de ser robusto contra problemas de *overfitting* (BREIMAN, 2001).

De maneira geral, o algoritmo *Random Forest* segue as seguintes etapas: (i) retira $n_{\text{árvores}}$ amostras por meio de amostragem *bootstrap*; (ii) para cada uma das amostras de *bootstrap* há a adição de uma árvore, com a seguinte modificação: em cada nó, ao contrário de escolher a melhor divisão entre os preditores (variáveis de entrada), o algoritmo realiza uma amostragem aleatória de um subconjunto de preditores K e, em seguida determina a melhor divisão dentre esses preditores, sendo o número de preditores escolhido de forma aleatória pelo *Random Forest*; (iii) a previsão final é realizada pela média das previsões das $n_{\text{árvores}}$, seja na maioria dos votos para a classificação, ou pela média para a regressão. Dessa forma, é possível afirmar que o

algoritmo RF por meio de regressão não pesquisa um único preditor mais importante para dividir um nó, mas pesquisa exclusivamente o melhor preditor entre um subconjunto aleatório de preditores, o que reduz a superadaptação dos dados de treinamento, além de poder generalizar melhor o modelo (HASTIE; TIBSHIRANI; FRIEDMAN, 2009).

A figura 4 ilustra de maneira geral a estrutura do RF, estimando a previsão final por meio da média das previsões de cada árvore na floresta, onde cada árvore recebe um subconjunto de preditores e dados de treinamento.

Figura 4 - Diagrama de regressão *Random Forest*



Fonte: McCandless; Haupt (2019).

3.2 Medidas estatísticas de desempenho

Métricas estatísticas de desempenho preditivo têm papel importante na seleção e teste de determinado modelo de previsão, confrontando o gestor com um *trade-off*

entre o custo de aplicação de uma técnica de previsão ou uma perda de oportunidade de basear decisões sobre uma previsão imprecisa (MAHMOUD, 1984). Em muitos casos, a precisão, também chamada de acurácia, refere-se à qualidade do ajuste do modelo preditivo, sendo um critério de substituição para um método de previsão mais assertivo nas tomadas de decisões (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

As medidas mais comuns para avaliar a precisão de uma técnica de previsão correspondem ao erro médio absoluto (*mean absolut error* - MAE) e a raiz do erro quadrático médio (*root mean square error* - RMSE) (GUPTA, 2018). O MAE é uma medida popular para avaliar e prever a precisão de um conjunto de dados de mesmas unidades, o qual calcula o erro de previsão “ e_t ” em um período de tempo t . Dessa forma, o erro de previsão e_t é calculado pela média de todos os valores previstos x_t^{\wedge} e os valores observados x_t :

$$MAE = \text{média}(|x_t^{\wedge} - x_t|) \quad (4)$$

onde:

$x_t^{\wedge} = \text{valores previstos};$

$x_t = \text{valores observados};$

A raiz do erro quadrado médio é usada para comparar previsões para diferentes modelos que estão nas mesmas escalas ou unidades. Quanto menor o erro, melhor é a capacidade de previsão do modelo, sendo calculada pela equação:

$$RMSE = \sqrt{\text{média}(e_t^2)} \quad (5)$$

Apesar da possibilidade de mensurar a capacidade preditiva do modelo de previsão aqui proposto por meio destas duas métricas de performance, foi adotado o erro absoluto médio como métrica de acurácia, tendo em vista que a análise por meio do MAE compreende uma medida mais natural da magnitude do erro médio (WILLMOTT; MATSUURA, 2005).

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Buscou-se descrever, neste capítulo, as abordagens qualitativas e quantitativas para a consecução dos fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais no contexto policial militar do Estado do Espírito Santo. Também buscou-se delinear as etapas de avaliação preditiva dos fatores causais para o modelo de previsão. Dessa forma, as subseções seguintes demonstram as etapas metodológicas para se atingir os objetivos propostos na pesquisa.

4.1 *Abordagem metodológica*

Este estudo se pautou no contexto de pesquisas em ambientes mais naturais, com a coleta de informações situacionais e reintroduzindo a descoberta como um elemento na investigação (GUBA, LINCOLN, 1994; CRESWELL, 2010). Tentou-se explicar e prever, com elevado grau de objetividade, o que acontece no ambiente, buscando regularidade e relacionamentos entre os elementos constituintes (BURREL; MORGAN, 1979), com a incorporação de elementos qualitativos (GUBA, 1990), proporcionando, assim, maior riqueza ao trabalho.

Nesse sentido, realizou-se estudo de caso que teve como objetivo analisar com profundidade determinada unidade social (LAVILLE; DIONNE; SIMAN, 1999; LEITE, 2008), possibilitando também a análise do contexto específico daquele caso e as variáveis que incidem sobre o tema estudado no momento da pesquisa (YIN, 2010). A principal característica do método estudado é o aprofundamento no contexto do ambiente gerencial da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, que leva em consideração a compreensão do assunto investigado na sua totalidade. Dessa maneira, o estudo de caso objetiva examinar em profundidade um fenômeno contemporâneo no qual o investigador tem pouco controle sobre os eventos (YIN, 2001) e que pode ser desenvolvido tanto por meio de um único quanto de múltiplos casos (YIN, 2001; GERRING, 2007). Nesse bojo, Yin (2001) defende que, quando o pesquisador tem a chance de observar um fenômeno pouco explorado, há de se utilizar o estudo de caso único; com a possibilidade de combinar tanto os métodos

qualitativos quanto os quantitativos (GERRIN, 2007), a pesquisa pode alcançar resultados substanciais para o fenômeno estudado.

Para os procedimentos metodológicos desta pesquisa, definiu-se uma abordagem metodológica com base nos métodos mistos, caracterizados pela utilização de forma concomitante de abordagens quantitativas e qualitativas (CRESWELL, 2010). Vale ressaltar que a utilização dessa abordagem em pesquisas iniciou-se no campo da Psicologia de Campbell e Fiske (1959), encorajando pesquisadores de diferentes áreas a utilizar os métodos mistos, ao afirmarem que os vieses inerentes de um método poderiam neutralizar os vieses de outros métodos (CRESWELL, 2003). Nesse ínterim, é possível observar, em estudos recentes de previsões (LEE; SONG; MJELDE, 2008; LUI; MITCHELL; WEALE, 2011; KUO; TSENG; CHEN, 2016), a combinação dos métodos mistos como forma de obter melhores compreensões sobre o problema de pesquisa.

Nesse contexto, para compreender as nuances que afetam a previsibilidade de demanda de munições e granadas menos letais, foi utilizada a estratégia exploratória sequencial preconizada por Creswell (2010). Esta, segundo o autor, consiste em uma abordagem de três fases, em que o pesquisador primeiro coleta e analisa os dados qualitativos (Fase 1) e utiliza a análise para desenvolver um instrumento (Fase 2), que na presente pesquisa consistirá de um questionário; este, por fim, é submetido a uma amostra de uma população (Fase 3), para validar os dados do instrumento de pesquisa. Tal estratégia foi escolhida pela necessidade de se levantar as variáveis que influenciam a previsão de demanda no campo policial militar, as quais *a priori* não foram encontradas em pesquisas acadêmicas disponíveis nos periódicos Web of Science, Scopus e Google Scholar.

4.2 *Procedimento de coleta de dados*

Inicialmente, corroborando o propósito da presente pesquisa, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o assunto pertinente a previsões de demanda para munições e granadas menos letais no âmbito policial militar, a fim de buscar estudos realizados empiricamente e possíveis contribuições já concretizadas sobre o tema (RAMPAZZO, 2002). A pesquisa bibliográfica se desenvolveu com base em material

já tornado público, como publicações avulsas, pesquisas, monografias e teses (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Realizou-se, então, pesquisa bibliométrica nas bases de indexação de periódicos Web of Science e Scopus (ARIA; CUCCURULLO, 2017) e na base de indexação de rastreamento automatizado de documentos acadêmicos individuais Google Scholar (BORNMANN; MARX, 2014). Essa seleção se justifica porque os indicadores bibliométricos baseados em contagens de documentos altamente citados são uma boa opção para avaliar estudos realizados no mundo acadêmico (BORNMANN; MARX, 2014). Assim, as bases Google Scholar, Web of Science (WoS) e Scopus cobrem de forma potencialmente abrangente toda a literatura científica e acadêmica (MARTÍN-MARTÍN; ORDUNA-MALEA; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, 2018; ORDUNA-MALEA *et al.*, 2015).

Dessa forma, para análise de possíveis publicações, realizou-se a busca nas bases de dados Web of Science e Scopus com ajuda do *software* R (ARIA; CUCCURULLO, 2017) e Google Scholar, conforme as seguintes condições de parâmetros como filtro:

- a) pesquisar por “*forecasting and less lethal weapon*”; “*forecasting and non-lethal weapon*”; “*causal model and forecasting and less lethal weapon*”; “*forecasting and less lethal ammunition*”; “*forecasting and non-lethal ammunition*”.
- b) pesquisar em títulos, palavras-chave e resumos,
- c) pesquisar em áreas “*business*”; “*management*”.
- d) período de busca a partir de 1943 até o momento.

Embora não tenham sido localizados trabalhos acadêmicos envolvendo munições e granadas menos letais com técnicas de previsão de demanda no âmbito policial, verificou-se que as primeiras pesquisas para analisar a acurácia de previsões foram publicadas a partir do ano de 1943. Estas incluíam os estudos de Sarbin (1943), Armstrong e Grohman (1972), Lorek, McDonald e Patz (1976), Ascher (1979), Carbone *et al.* (1983), Martin e Witt (1989), Flores, Olson e Pearce (1993), Albright (2002), Armstrong (2006), Berg, Nelson e Rietz (2008), Goldstein e Gigerenzer (2009), Parente e Anderson-Parente (2011), Davydenko e Fildes (2013) e abordavam, sobretudo, técnicas de previsões em tamanhos de mercado, lucros corporativos, tendências tecnológicas, resultados médicos, dentre outros. Apesar de os primeiros estudos de previsão se desenvolverem de forma abrangente em áreas diferentes da

conjectura das Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica) e instituições de segurança pública (Polícia Militar), foi possível constatar nas pesquisas (HABER; SITGREAVES; SOLOMON, 1969; MOON; HICKS; SIMPSON, 2012; MOON; SIMPSON; HICKS, 2013; GHANMI, 2017) a possibilidade de implementar técnicas de previsão nessas organizações.

Dessa forma, visando compreender as nuances que envolvem o processo de previsibilidade das munições e granadas menos letais no contexto da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, a presente pesquisa seguiu a estratégia exploratória sequencial preconizada nos estudos de Creswell (2010), a qual se dá por meio das abordagens qualitativas e quantitativas descritas nas seções a seguir.

4.2.1 Abordagem qualitativa

A abordagem qualitativa, iniciando a Fase 1, teve como objetivo buscar dados provenientes de fontes primárias. Para Marconi e Lakatos (2003), as fontes primárias dependem do envolvimento direto do pesquisador como forma de obtenção de dados, tais como pesquisas em documentos originalmente produzidos pelas organizações. Corroborando os autores, Catela, Bêrni e Fernandes (2012) afirmam que a atuação do pesquisador na consecução de dados por meio de entrevistas e questionários também representa o que se conhece por um caminho de acesso às fontes primárias de pesquisa. Para tanto, o local de coleta de dados foi a Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, onde a DAL disponibilizou os dados documentais e apoiou o pesquisador na obtenção daqueles provenientes de entrevistas e questionários no âmbito da PMES.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento da pesquisa foi autorizado pelo Subcomandante Geral da Polícia Militar do Espírito Santo.³ Dessa forma, para a realização da coleta na fase qualitativa, os dados documentais sofreram um recorte temporal a partir do ano de 2013 até 2018. Este recorte foi necessário, tendo em vista que foi a partir de 2013 que as aquisições de munições e granadas menos letais se deram de forma expressiva na PMES.

³ Autorização para coletar dados na Polícia Militar do Espírito Santo encontra-se no apêndice A desta dissertação.

Para a obtenção de dados qualitativos, foram adotados dois procedimentos preconizados por Marconi e Lakatos (2003): pesquisa documental em um primeiro momento de coleta, e posteriormente contatos diretos. Vale salientar que além dos contatos diretos, foram utilizados contatos via telefone, porque a distância entre as unidades é grande. Sturges e Hanrahan (2004) argumentam que entrevistas por meio de contato telefônico podem ser utilizadas com sucesso na obtenção de dados em pesquisas qualitativas. Para tanto, por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE),⁴ o pesquisador expôs à DAL e aos participantes das entrevistas o propósito central da pesquisa, assim como os benefícios esperados e as questões éticas e legais envolvidas (CRESWELL, 2014).

Realizou-se, então, pesquisa documental na DAL, a qual disponibilizou os dados provenientes da plataforma *online* de requisição de materiais, denominada SIGA, na qual as organizações militares estaduais (OMEs) em todo o território do Estado do Espírito Santo realizam pedidos de munições e granadas menos letais à DAL. Assim, os relatórios dos históricos dos pedidos do SIGA foram coletados, e foi possível observar as informações das quantidades de pedidos das munições e granadas menos letais, tal como o motivo que levou a OME a requisitá-los. Assim, a coleta dos motivos das requisições das munições e granadas menos letais teve como objetivo principal, selecionar, codificar e tabular (MARCONI; LAKATOS, 2003) as variáveis causais para a formulação do instrumento de pesquisa e, em paralelo, apoiar a construção das perguntas para as entrevistas. Vale ressaltar que a obtenção dos motivos que levaram a OME a requerer as munições e granadas menos letais possibilitou catalogar as variáveis que influenciam a previsão de demanda na PMES.

Para realizar o levantamento documental, houve a seleção intencional das unidades militares que mais utilizaram munições e granadas menos letais de 2013 a 2018. A seleção intencional dos participantes e locais são determinantes para ajudar o pesquisador a entender o problema e a questão de pesquisa (CRESWELL, 2010). Ademais, corroborando a seleção das OMEs, utilizaram-se os dados da tabela 2, como forma de observar as regiões geográficas que tiveram maior demanda de produtos menos letais dentre o recorte temporal supracitado, além dos dados do quadro 1, no intuito de verificar cada OME e sua respectiva região de atuação.

⁴ O TCLE encontra-se no apêndice B desta dissertação.

Assim, conforme a tabela 2, a região metropolitana teve uma média de 87,2% no consumo de munições e granadas menos letais, fator determinante para selecionar esta região como foco de coleta de dados. Corroborando a seleção das unidades de coleta de dados, utilizaram-se os dados da tabela 3, na qual foi possível selecionar seis OMEs que tiveram maior consumo dentre as demais unidades, a fim de se obter uma amostra da população nesta fase da pesquisa, apresentada no quadro 3.

Tabela 2 - Valores de consumo de munições e granadas menos letais por região

Região	Demanda anual (%)						Média
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Metropolitana	80	88	86	92	87	77	87,2
Norte	8	5	5	2	4	8	5,3
Sul	7	4	4	2	5	7	4,7
Noroeste	3	1	2	2	3	5	2,7
Serrano	2	2	3	2	1	3	2,1

Fonte: Diretoria de Apoio Logístico (2019a).

Tabela 3 - Valores de consumo de munições e granadas menos letais pelas OMEs localizadas na região metropolitana

OMEs	Demanda anual (%)						Média
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
OME 1	10	10	8	8	9	7	8,7
OME 2	11	8	9	9	9	8	9,0
OME 3	12	9	8	8	8	9	9,0
OME 4	10	7	8	7	7	8	7,8
OME 5	2	3	3	4	3	2	2,8
OME 6	0	2	1	2	1	0	1,0
OME 7	0	0	0	0	3	6	1,5
OME 8	0	0	0	0	3	5	1,3
OME 9	0	0	0	0	4	5	1,5
OME 25	6	7	6	4	5	7	5,8
OME 26	46	51	55	55	46	40	48,8
OME 27	3	3	2	3	2	3	2,7

Fonte: Diretoria de Apoio Logístico (2019b).

Os dados das OMEs e entrevistados foram representados por letras do alfabeto e números, respectivamente, de forma a manter a confidencialidade das informações da pesquisa. Assim, as seis unidades selecionadas representam aproximadamente

46% do quantitativo de unidades localizadas na região metropolitana, a qual engloba as unidades operacionais de polícia e unidades especializadas. Foram coletadas as informações contidas no SIGA, com o objetivo de levantar os motivos das requisições de munições e granadas menos letais realizadas pelas unidades militares. Para ajudar na coleta de dados, foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel 2013, para catalogar todas as variáveis – motivos que levaram as OMEs a requisitarem os materiais.

Em um segundo momento, na Fase 1, foram realizados contatos diretos e telefônicos com militares estaduais (MEs) com o objetivo de obter, por meio de entrevistas semiestruturadas, informações a respeito das motivações que levaram os gestores militares a realizarem os pedidos de munições e granadas menos letais no SIGA. Ressalta-se que a entrevista foi desenvolvida com militares que lidam diretamente com as nuances logísticas de materiais bélicos, os quais são responsáveis pela previsão de demanda das munições e granadas menos letais da OME que estão trabalhando. Para tanto, utilizou-se uma amostragem intencional para os entrevistados, tendo em vista que o pesquisador trabalha na PMES e tem experiência para discernir as amostras representativas da população (DOANE; SEWARD, 2014), conforme resumido no quadro 3. Vale salientar que, nessa etapa, foi realizado um pré-teste do modelo de entrevista com militares com conhecimentos semelhantes à população-alvo, no intuito de verificar a estrutura e a clareza do roteiro da entrevista (TRIVIÑOS, 1987; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quadro 3 - Caracterização das OMEs e entrevistados

OMEs	Entrevistados	Tipo de contato	Tempo de entrevista (min)	Tempo de serviço militar (ano)	Tempo no setor logístico (ano)
OME 1	E1	Direto	29:51 min	23 anos	5 anos
OME 2	E2	Direto	10:39 min	22 anos	4 anos
OME 3	E3	Telefônico	45:08 min	9 anos	3 anos
OME 4	E4	Direto	27:23 min	25 anos	2 anos
OME 25	E5	Telefônico	21:27 min	25 anos	7 anos
OME 26	E6	Direto	18:56 min	27 anos	2 anos

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A entrevista ocorreu em ordenação semiestruturada, a qual, segundo Boni e Quaresma (2005) permite ao entrevistador realizar perguntas tanto abertas quanto fechadas, em que o informante tem a possibilidade de discorrer sobre a temática proposta, podendo ser até durante uma conversa informal (MARCONI; LAKATOS, 2003). Além disso, o pesquisador pode intervir na entrevista, a fim de direcioná-la aos objetivos propostos (BONI; QUARESMA, 2005). Esse tipo de procedimento se alinha com o amplo espectro de militares que ocupam funções gerenciais nas OMEs espalhadas nas regiões do solo espírito-santense, que podem ter percepções díspares sobre as nuances logísticas e operacionais das munições e granadas menos letais, corroborando para a obtenção das variáveis causais do modelo e formulação do instrumento de pesquisa – questionário, para a Fase 2. Ademais, nesta etapa foi utilizado um roteiro de entrevista,⁵ em que, por meio de um caderno de anotações, foram registradas observações, como expressões do entrevistado (YIN, 2001), além do gravador, com o consentimento do entrevistado, de forma a guiar a entrevista para os objetivos propostos. Houve as transcrições das entrevistas de forma íntegra com ajuda do *software* Microsoft Office Word 2013.

4.2.2 Abordagem quantitativa

A última fase empregada – Fase 3 –, conforme a estratégia exploratória preconizada por Creswell (2010), compreendeu submeter o instrumento de pesquisa a uma amostra de população. Foram enviados questionários fechados, desenvolvidos com base nas variáveis causais (motivos) coletadas na fase qualitativa, aos policiais militares lotados nas OMEs selecionadas na subseção anterior, de acordo com uma amostragem por conglomerados. Vale salientar que o instrumento foi desenvolvido para esta pesquisa, enviado de forma impressa aos Mês, por motivos administrativos que envolvem a escala de serviço do policial militar.

Diferentemente da amostra intencional realizada na etapa qualitativa, as amostras por conglomerados permitiram ao pesquisador constituir o extrato conforme as necessidades do estudo. Para Marconi e Lakatos (2002), de cada extrato levantado podem ser retiradas aleatoriamente amostras da população contida em cada um

⁵ O roteiro de entrevista encontra-se no Apêndice C desta dissertação.

deles, constituindo, assim, o critério de seleção das amostras. Dessa forma, foram selecionados dois extratos, a fim de separar os MEs que trabalham no serviço administrativo e aqueles que trabalham na atividade operacional: policiais militares que trabalham nos grupos de Força Tática e especializadas.

As amostras foram definidas de forma aleatória simples, de maneira que se estimou o tamanho da população como sendo o número máximo de militares nos grupos de Força Tática e especializadas localizadas na região metropolitana, conforme o quadro 1. Obteve-se então o número de questionários respondidos, de modo que se chegou a 240 respondentes. Os questionários continham perguntas direcionadas, formadas a partir das variáveis obtidas no levantamento documental e pelas entrevistas, a fim de obter validação e confirmação da relação entre demanda das munições e granadas menos letais e as variáveis coletadas.

Vale ressaltar que antes da aplicação definitiva do questionário, no início da Fase 3 ocorreu um pré-teste ou teste piloto do instrumento de pesquisa, a fim de testar o questionário e analisar se as perguntas estão claras para os respondentes (DOANE; SEWARD, 2014). Esta etapa de teste também permite obter uma estimativa sobre os futuros resultados, podendo, caso haja necessidade, modificar variáveis e a relação entre elas, de forma que seja possível garantir maior segurança e precisão para a execução da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2003).

4.3 Procedimento de análise de dados

Nesta etapa da pesquisa, adotou-se a técnica de análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011) com o objetivo de analisar os documentos provenientes do SIGA e as transcrições das entrevistas realizadas com os militares de cada OME. A escolha desta técnica se deve pela possibilidade de realizar inferências replicáveis e válidas de textos – ou outros meios de comunicação – para os contextos de seu uso, podendo ser realizada por meio de abordagens qualitativa e quantitativa (KRIPPENDORFF, 2004).

Corroborando o autor, Bardin (2011) define a análise de conteúdo como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de

conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 47).

A análise de conteúdo permitiu a classificação dos dados provenientes dos documentos do SIGA e das transcrições das entrevistas por meio de três fases propostas por Bardin (2011): pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, descritas nas subseções a seguir.

4.3.1 Análise de conteúdo nos documentos do SIGA

A análise de conteúdo nos documentos provenientes do SIGA teve como objetivo representar o conteúdo dos documentos em forma categorial, visando facilitar o acesso às informações, com o máximo de informação – aspecto quantitativo, e com o máximo de pertinência – aspecto qualitativo (BARDIN, 2011). Os documentos continham informações textuais – motivos –, produzidas pelas unidades militares ao requisitarem os materiais menos letais.

Assim, para analisar os documentos de cada OME, procedeu-se à leitura flutuante para identificar e estabelecer relação entre as informações contidas e o problema proposto. Ressalta-se que foram selecionadas como *corpus* para os procedimentos analíticos as requisições de materiais realizadas pelas OMEs por meio da plataforma *online* SIGA. Após a leitura flutuante de todos os documentos disponibilizados pela PMES, realizou-se uma leitura seletiva que visou retirar os documentos que não continham informações de acordo com o problema de pesquisa. Assim, foram selecionados 272 documentos para análise, conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de requisições realizadas pelas OMEs no SIGA

Quantidade de requisições							
OMEs	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Soma
OME 1	6	10	9	12	6	5	48
OME 2	5	9	8	9	7	4	42
OME 3	4	10	7	8	5	2	36
OME 4	7	13	9	7	4	3	43
OME 25	5	12	10	8	5	5	45
OME 26	9	14	13	6	9	7	58
Total=							272

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Para a exploração do material, utilizou-se a técnica do recorte, buscando identificar a relevância de uma frase, palavra ou conjunto de palavras para a análise. Assim, foi possível transformar os dados brutos em unidades representativas, utilizando a classificação e agregação de dados (BARDIN, 2011). Foram identificadas as unidades de registro que continham características em comum com o problema proposto na pesquisa, que foram agrupadas conforme a compreensão do registro. Na sequência, as unidades de registro foram categorizadas em divisões preliminares e contabilizadas por frequência, utilizando palavras-chave para construir a ideia central de cada categorização. Vale salientar que a frequência das unidades de registro representou a regularidade quantitativa dos motivos e justificativas presentes no documento SIGA. Esse processo permitiu definir as categorias analíticas utilizadas no desenvolvimento do instrumento de pesquisa.

Na fase qualitativa, o pesquisador se utilizou da redundância de informações contidas nas requisições do SIGA para selecionar a quantidade de documentos. Para Glaser e Strauss (1967), a saturação de informações ocorre quando o pesquisador se torna empiricamente confiante de que a coleta de novos dados não traz novos esclarecimentos para o objeto pesquisado. Assim, os dados saturados garantem a replicação em categorias, o que, por sua vez, garante a compreensão e a integralidade das informações (MORSE *et al.*, 2002), indicando um tamanho amostral ideal de dados coletados para serem analisados (GUTHRIE; YONGVANICH; RICCERI, 2004).

O desenvolvimento das categorias se deu por meio do processo chamado “acervo”, no qual as categorias foram formadas do próprio material de coleta de dados. Esse

processo se deu pela não existência de categorias predefinidas, apriorísticas, sobre o tema de pesquisa (BARDIN, 2011). Após o desenvolvimento das categorias preliminares do SIGA, estas foram somadas às categorias preliminares das entrevistas, no intuito de buscar o maior espectro de variáveis (motivos), descritas de acordo com os documentos SIGA e entrevistas.

Vale ressaltar que o objetivo da coleta de dados para os documentos SIGA e entrevistas foi obter as motivações e justificativas, buscando as variáveis causais que influenciam a demanda das munições e granadas menos letais. Decidiu-se desenvolver uma categoria definitiva contendo as categorias preliminares SIGA e entrevistas, cuja categorização respeitou a regra de exclusão de registros com semelhanças de sentidos – semântica – utilizada por fim para construir o instrumento de pesquisa.

4.3.2 Análise de conteúdo nas transcrições das entrevistas

O processo de análise de conteúdo das entrevistas iniciou-se com a preparação do material das entrevistas, a saber: transcrições das seis entrevistas conforme suas respectivas gravações, e das anotações realizadas no ato das entrevistas. Assim, com a ajuda do *software* Microsoft Office Word 2013, foi possível transcrever as entrevistas em sua totalidade e iniciar as fases de análise de conteúdo – pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados – proposta por Bardin (2011).

A fase de pré-análise se iniciou com uma leitura flutuante das transcrições das entrevistas de modo a identificar categorias preliminares potencialmente emergidas conforme os objetivos de pesquisa. Para tanto, foram negritadas as unidades de registros que continham os motivos e justificativas dos militares ao requisitarem os materiais menos letais à DAL, delineando assim o *corpus* de análise.

Na sequência, os motivos relatados pelos entrevistados, dentro dos registros negritados, foram agrupados em categorias preliminares conforme suas frequências de citações (BARDIN, 2011). Assim, os registros categorizados em termos preliminares foram adicionados às categorias preliminares desenvolvidas na etapa anterior – análise de conteúdo dos documentos SIGA –, obtendo-se as categorias preliminares contendo ambas as fontes de dados.

Uma vez formadas as categorias preliminares, iniciou-se o processo de formação das categorias definitivas, a fim de se excluir palavras com mesmo sentido semântico. Para tanto, as categorias foram desenvolvidas com base nas interpretações e análises deste pesquisador, tendo em vista sua experiência profissional no ambiente de desenvolvimento da pesquisa. Foi possível, assim, coletar o maior número de variáveis que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais na PMES, as quais foram utilizadas para construir o instrumento de pesquisa – questionário, e submetê-lo à abordagem quantitativa, para buscar validação e confiabilidade dos construtos – fatores causais, descritos na próxima seção.

4.4 Procedimento de avaliação preditiva

Visando desenvolver um modelo preditivo com base nos fatores encontrados na etapa anterior, esta seção tem como objetivo delinear o procedimento metodológico de avaliação preditiva utilizando a técnica *Machine Learning*, a qual avaliou o banco de dados do histórico de demanda de uma amostra de produtos menos letais da polícia militar do Estado do Espírito Santo. No processamento do *Machine Learning*, utilizou-se o *software* R como ferramenta computacional, o qual possui um conjunto de funções de modelagem preditivas por meio de classificação e regressão (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020a). A modelagem por meio da regressão foi escolhida, tendo em vista os valores numéricos contínuos presentes nas requisições, necessários para o processamento dos *outputs* do modelo de previsão. Foram exploradas as relações do histórico de demanda com as variáveis independentes – fatores causais, de forma a avaliar a importância de cada variável independente para o modelo preditivo.

Assim, para o desenvolvimento da modelagem preditiva foi utilizado o método *Random Forest (RF)*, que permitiu identificar padrões e regularidades dos dados do histórico de demanda com as variáveis preditoras, de modo a quantificar a relação destas variáveis com futuras previsões (KUHN, 2008; ALPAYDIN, 2014). Em particular, o *Random Forest* apresenta resultados satisfatórios em análises numéricas (BREIMAN, 2001), com destaque no reconhecimento de dados e capacidade de abordar de maneira flexível as interações entre as variáveis preditoras (ALPAYDIN, 2014), além de ser robusto para processar tamanhos pequenos de dados na faixa de

10 a 80 amostras nas fases de treinamento (LUAN *et al.*, 2020). A implementação do RF seguiu os parâmetros *default* já inseridos no *software* R; para efeito de escolha aleatória das variáveis, o método adotou o melhor valor de seleção para os *outputs* do modelo preditivo.

4.4.1 Construção da base de dados

O desempenho preditivo do *Random Forest* foi verificado por meio da construção de três bases de dados (*datasets*) por meio da seleção intencional de três tipos de produtos menos letais relacionados no quadro 2, os quais são utilizados pela Polícia Militar do Estado do Espírito Santo em ocorrências policiais, a saber:

- **Produto 1:** Produto da família de sprays irritantes contendo o agente Oleoresina de Capsaicina (OC) – GL 108 MAX
- **Produto 2:** Munição de impacto controlado – AM 403
- **Produto 3:** Granada *outdoor* – GL 304

A seleção intencional se recaiu na experiência do pesquisador para discernir as amostras representativas da população (DOANE; SEWARD, 2014) nesta parte da pesquisa. Diante da seleção dos produtos, foram analisados os documentos gerados pelo SIGA, relacionando a quantidade pedida de cada produto pelas OMEs com as motivações de cada requisição. Para tanto, decidiu-se usar um corte temporal a partir de janeiro de 2013 até janeiro de 2020, sendo coletados 133 registros para o produto 1; 107 registros para o produto 2; e 116 registros para o produto 3.

Para a tabulação da base de dados, foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel 2013, o qual ajudou a relacionar o histórico de pedidos com suas respectivas motivações. Utilizaram-se os motivos causais coletados na fase qualitativa desta pesquisa para a construção do banco de dados, o qual foi preenchido com a quantidade de pedido e o motivo que levou à OME realizar a requisição. Dessa forma, foi possível relacionar a variável dependente numérica (quantidade de pedidos) com as variáveis independentes (causais) na construção do banco de dados. A identificação foi realizada por um sistema binário (0 ou 1) para indicar se o pedido

continha ou não o motivo do pedido, de forma que o numeral 0 representou a ausência e o numeral 1 a presença do motivo no pedido.

4.4.2 Processamento do *dataset* no *software* R

Para o processamento de cada *dataset*, foi utilizado o pacote *Caret* como ferramenta computacional disponível no *software* R (KUHN, 2008; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020b). O pacote *Caret* permite, por meio da divisão de dados, pré-processamento, ajuste de parâmetros e modelagem, avaliar a importância de cada variável independente do modelo preditivo (KUHN, 2008; KUMAR, 2018), além de apresentar boa acurácia quando implementado em conjunto com *Random Forest* (FERNÁNDEZ-DELGADO *et al.*, 2014). Dessa forma, o modelo de aprendizado utilizado nesta pesquisa foi o método de aprendizado supervisionado aleatório *Random Forest* (BREIMAN, 2001).

Iniciou-se o processamento do *dataset* de cada produto com a verificação de valores ausentes, visto que sua inobservância poderia ocasionar erros ao longo do processo preditivo (HAWKINS, 2004). Com isso, foi verificado cada banco de dados das amostras selecionadas, e não houve nenhum valor ausente.

Para a modelagem *Random Forest*, em vez de utilizar a técnica *bagging*, preconizada no modelo original de Breiman (2001), foi adotada a técnica de validação cruzada *k-fold*, para ajustar os algoritmos de aprendizagem (HASTIE; TIBSHIRANI; FRIEDMAN, 2009). Trata-se de uma técnica alternativa à seleção do conjunto de dados com capacidade de apresentar boa acurácia em modelos de previsão (KOHAVI, 1995; BERGMEIR; BENÍTEZ, 2012; BERGMEIR; HYNDMAN; KOO, 2018). A técnica permite selecionar aleatoriamente uma proporção de amostras e reter um conjunto para validação e, em seguida, usar as amostras restantes para o treinamento. Este processo é repetido *k* vezes, de modo que a estimativa final do desempenho do modelo é a média de desempenho na validação conjunta de todas as repetições (XU, GOODACRE, 2018). Desta forma, o ajuste do modelo para cada produto consistiu na separação do *dataset* em dois subconjuntos, de modo a desenvolver o modelo por meio de treinamento do primeiro subconjunto de dados, e mensurar a performance com o teste do segundo subconjunto de dados.

A divisão do subconjunto em treinamento e validação requereu a divisão em K partes iguais, denominado *K-fold*, na qual o *dataset* foi dividido de forma aleatória em K partes iguais, X_i , $i = 1 \dots K$, de modo que uma parte K ficou separada para a validação e a outra parte $K - 1$ para o treinamento. Assim, no intuito de verificar a melhor acurácia no desempenho preditivo do método *Random Forest*, adotou-se a validação cruzada de *5-fold* e *10-fold*, tendo ambos bons resultados para o desempenho preditivo do *Machine Learning* (FUSHIKI, 2009; XU *et al.*, 2018; SOKKHEY; OKAZAKI, 2020). A ideia central da implementação da técnica de seleção foi aumentar o desempenho do *Random Forest*, de modo a aumentar a força das árvores individuais na floresta e diminuir a correlação entre as árvores, reduzindo a taxa de erro do RF (FAWAGREH; GABER; ELYAN, 2014).

A separação do *dataset* por meio da validação cruzada também ajudou a evitar problemas de *overfitting*, fenômeno geralmente visto quando um modelo treinado tem desempenho extremamente bom nas amostras usadas para treinamento, mas apresenta desempenho ruim em dados desconhecidos do modelo, caracterizando baixa performance de generalização (XU, GOODACRE, 2018). Dessa maneira, para evitar problemas de *overfitting* e ajustar o conjunto de dados para a implementação do *Random Forest* com validação cruzada *k-fold*, dividiu-se aleatoriamente cada *dataset* em dois conjuntos de dados: (i) conjunto de treinamento com 75% do *dataset*, e (ii) conjunto de teste com 25% do *dataset*. O conjunto de treinamento consistiu em ajustar o modelo aos dados de treinamento com a estimação de parâmetros, enquanto o conjunto de teste compreendeu testar a entrada de novos dados desconhecidos para mensurar a acurácia do algoritmo de aprendizado por meio da métrica estatística do erro médio absoluto (MAE). É possível visualizar o algoritmo utilizado para a modelagem do *Machine Learning* no Apêndice G.

Para aprimorar o modelo de previsão com um erro de previsão mínimo, foi realizada busca nos históricos das quantidades de pedidos em cada *dataset* de valores discrepantes antes de rodar o modelo de previsão. Tal verificação foi necessária, pois valores discrepantes causam muitos danos às previsões e aumentam o erro de predição (THOMOPOULOS, 2015).

4.4.3 Análise fatorial exploratória

Visando atingir melhores resultados preditivos para o modelo desta pesquisa, uma análise fatorial exploratória (AFE) foi implementada para avaliar se havia possibilidade de redução das variáveis originais em fatores que poderiam influenciar a demanda de munições e granadas menos letais. Dessa forma, a análise fatorial exploratória consistiu em analisar as variáveis originais, a fim de se obter uma quantidade reduzida de variáveis (fatores) e, por conseguinte, testar o novo conjunto de fatores no modelo preditivo, verificando os novos valores das métricas estatísticas.

Nesse sentido, a análise fatorial exploratória consistiu em analisar a estrutura das inter-relações de um conjunto de variáveis e concatenar as variáveis com fortes correlações em novas medidas compostas e parcimoniosas – fatores, reduzindo assim a quantidade de dados com perda mínima das informações originais (FABRINGER *et al.*, 1999; HAIR *et al.*, 2009). O instrumento de pesquisa com 15 variáveis independentes e 240 observações foi submetido à análise fatorial, sendo esta quantidade de observações desejável, superior às 100 observações propostas por Hair *et al.* (2009). Como procedimento de tratamento da base dados, antes de iniciar o processo de adequação amostral, os 13 valores ausentes presentes no instrumento de pesquisa foram substituídos pela média da respectiva observação (HAIR *et al.*, 2009). Assim, para o desenvolvimento da análise fatorial, foi utilizado o *software* R como ferramenta computacional (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020b).

Para verificar se o instrumento de pesquisa continha correlações suficientes para a aplicação da análise fatorial, foram analisados o critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), a medida de adequação da amostra (MAA) e o teste de esfericidade de Bartlett (DZIUBAN; SHIRKEY, 1974; HAIR *et al.*, 2009). A MAA foi mensurada em concomitância com o critério de KMO, teste estatístico que avalia a adequação do conjunto de dados para a aplicação da análise fatorial exploratória, o qual utiliza valores entre 0 e 1 para mensurar a adequação amostral. Valores próximos de 0 indicam difusão no padrão de correlações e, por conseguinte, a análise fatorial é inadequada; valores próximos de 1 indicam padrões de correlações relativamente compactos, permitindo que a análise fatorial produza valores distintos e confiáveis. Dessa forma, o espectro estatístico KMO consiste em: valores de 0,90 ou acima,

admirável; maior ou igual a 0,80 e abaixo de 0,90, meritório, maior ou igual a 0,70 e abaixo de 0,80, mediano; maior ou igual a 0,60 e abaixo de 0,70, medíocre; maior ou igual 0,50 e abaixo de 0,60, ruim; e abaixo de 0,50, inaceitável (HUTCHESON; SOFRONIOU, 1999).

Em análise individual de cada variável, a medida de adequação amostral teve como objetivo mensurar o grau de intercorrelação de cada variável no intuito de verificar a adequação da análise fatorial. Como regra geral, Hair *et al.* (2009) propõem que tanto as medidas para o teste geral - KMO, quanto para cada variável individual - MAA devem exceder 0,50, sendo valores inferiores a 0,50 inadequados para a análise fatorial. Por fim, a última etapa para determinar a adequação da análise fatorial foi avaliar o teste de esfericidade de Bartlett, a fim de aceitar ou negar a possibilidade de fatoração da matriz do instrumento de pesquisa (DZIUNBAN; SHIRKEY, 1974). O teste consiste em verificar se a matriz de correlações tem correlações significantes entre pelo menos algumas variáveis, esperando assim um valor de significância menor que 0,05 (HAIR *et al.*, 2009).

Após a verificação da adequação amostral para a análise fatorial exploratória, analisou-se a quantidade de fatores a serem mantidos na matriz de correlação. Para tanto, foi adotada a análise paralela (AP) como método de retenção de fatores, que assume que alguns autovalores (*Eigenvalue*) provenientes dos dados reais com uma estrutura de fator subjacente válida devem ser substancialmente maiores do que os autovalores dos dados aleatórios onde não há fatores subjacentes (HUMPHREYS; MONTANELLI, 1975; FORD; MACCALLUM; TAIT, 1986). Em concomitância com a análise paralela, como medida de corroborar a decisão do número de fatores a serem retidos, o teste *scree* foi implementado na análise. O teste *scree* utiliza o gráfico das raízes latentes em relação ao número de fatores em ordem de extração, e plota a curva resultante em um gráfico. O ponto de inflexão no gráfico, onde após a curva desce e estabilizar na posição horizontal, é o indicativo para o número de fatores a serem extraídos (HAIR *et al.*, 2009). Dessa maneira, a implementação do teste *scree*, em conjunto com a AP, fornece uma poderosa estratégia para a escolha do número de fatores a serem extraídos (FORD; MACCALLUM; TAIT, 1986).

Ressalta-se que a análise paralela apresentou a acurácia nos resultados em pesquisas envolvendo a análise fatorial (HORN, 1965; HUMPHREYS; MONTANELLI, 1975), além de ser uma alternativa superior aos critérios de Kaiser *Eigenvalue* e teste

Bartlett's *chi-square* (ZWICK; VELICER, 1986; KANYONGO, 2006). A implementação da AP foi possível por meio do pacote *psych* disponível no *software* R, e a visualização do gráfico pelo pacote *GPArotation* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020c; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

Por fim, como procedimentos gerais para a análise fatorial, selecionou-se o método de máxima verossimilhança para a estimação das cargas dos fatores. Este permite o teste de significância estatística das cargas fatoriais e correlações entre o cálculo dos intervalos de confiança para os fatores (CUDEK; O'DELL, 1994), além de possuir uma base estatística mais formal que os principais métodos de estimação das cargas de fatores, fornecendo mais recursos para a inferência estatística (FABRINGER *et al.*, 1999). Para evitar que os fatores fossem correlacionados, foi adotado o método ortogonal *vaximax*, o qual apresenta melhores resultados para as cargas fatoriais, comparados aos métodos não rotacionados, além de ser de fácil interpretação (HAIR *et al.*, 2009). A lógica é observar se as correlações variável-fator apresentam associação positiva +1 ou negativa -1, e próximas de 0, indicando falta de associação. Nesse sentido, o método de regressão foi implementado, para calcular os escores fatoriais por meio das múltiplas correlações dos fatores com as variáveis independentes (GRICE, 2001).

A interpretação das cargas fatoriais considera que a carga fatorial ao quadrado é a quantia de variância total da variável explicada pelo fator (HAIR *et al.*, 2009). Não há, contudo, na literatura, um consenso de significância para a carga do fator, visto que pesquisadores utilizam uma base heurística por intuição ao avaliar a significância da carga de um fator (PETERSON, 2000). Dessa forma, o autor sugere que os pesquisadores precisam levar em conta as características da pesquisa ao avaliar os resultados de uma análise fatorial. Para efeitos práticos, uma carga fatorial superior a 0,70 sugere que pelo menos 50% da variância é explicada pelo fator (HAIR *et al.*, 2009), o qual foi adotado com procedimento de *cutoff* na análise fatorial.

4.4.4 Análise de importância das variáveis

O processo de análise de importância das variáveis nos modelos de previsão *Random Forest* ainda não está muito bem definido de forma conceitual, sendo popularmente

analisado conforme a questão de pesquisa. Nesse sentido, a significância da variável na regressão *Random Forest* pode ser de importância explicativa ou preditiva, ou uma mistura de ambos para a formação do modelo preditivo (GRÖMPING, 2009). Em suma, a importância das variáveis é uma maneira normalmente usada para a seleção de variáveis com os seguintes objetivos: (a) identificar variáveis importantes altamente relacionadas à variável resposta (dependente) para fins explicativos e de interpretação causal; (b) identificar um pequeno número de variáveis suficientes para obter uma boa acurácia de previsão da variável dependente.

O número de variáveis importantes está intrinsicamente ligado à forma aleatória de construção da floresta aleatória do *Random Forest*, a qual funciona de duas maneiras: (i) cada árvore é baseada em um subconjunto aleatório de observações; e (ii) cada divisão dentro de cada árvore é criada com base em um subconjunto aleatório de variáveis candidatas denominada "mtry". Dessa forma, devido à aleatoriedade, as árvores são bastante instáveis, de modo que essa aleatoriedade cria diferenças nas previsões individuais das árvores, que para se estimar uma previsão geral, há a necessidade de calcular a média das previsões das árvores individuais (GRÖMPING, 2009).

Assim, analisou-se o *output* das variáveis importantes gerado pelo *Random Forest*, com a ajuda do *software* R, de forma a se verificar quais variáveis foram relevantes para a previsão de demanda de cada amostra processada no R.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Como descrito no capítulo anterior, os resultados foram obtidos por meio de análises nos documentos provenientes da plataforma *online* de requisição de pedidos de materiais (SIGA) e nas transcrições das entrevistas, a fim de construir um instrumento de pesquisa (questionário), além do banco de dados construído com a quantidade dos produtos requisitados pelos gestores militares e respectivas motivações.

5.1 *Elaboração das categorias*

Com vistas a responder ao problema e aos objetivos a que esta pesquisa se propõe, a organização dos procedimentos de análise iniciou-se com a elaboração de um quadro de categorias com base nos registros contidos nos documentos do SIGA e nas transcrições das entrevistas. A opção pela análise categorial se respalda na possibilidade de agrupamentos de unidades de registros correlacionados (BARDIN, 2011), facilitando as análises de inferência.

5.1.1 **Categorias preliminares - SIGA**

As categorias preliminares provenientes dos documentos SIGA foram desenvolvidas por meio da seleção de registros que continham os motivos das requisições de materiais, obtendo como resultado 29 categorias. Para cada documento proveniente do SIGA, havia um ou mais motivos das OMEs ao requisitarem as munições e granadas menos letais, os quais foram contabilizados por meio de frequências nos documentos, conforme o quadro 4. Destaca-se que não foram definidas “regras” para a nomeação das categorias, sendo essas delineadas pela quantidade do *corpus* de registros coletados. Assim, a formação das categorias preliminares permitiu iniciar a identificação de fatores que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais, conforme os objetivos específicos do trabalho.

Quadro 4 – Categorias preliminares - SIGA

Categorias preliminares	Frequência
1. Instrução em curso	70
2. Previsão de manifestação	46
3. Treinamento da tropa	45
4. Substituir munições velhas	40
5. Reserva técnica	36
6. Reintegração de posse	32
7. Completar carga da unidade	30
8. Reposição de munições vencidas	27
9. Baile <i>funk</i>	26
10. Reposição	23
11. Conforme contato com chefe DAL 3	20
12. Operação Verão	18
13. Distúrbio civil	15
14. Instrução de atualização de patrolheiros	10
15. Instrução de nivelamento de novos militares	10
16. Policiamento ordinário	9
17. Aumento de ocorrências	7
18. Contenção de distúrbios	7
19. Instrução alunos em formação	6
20. Aumento do efetivo	6
21. Manifestação dos rodoviários	6
22. Equipar novas viaturas	6
23. Instrução de atualização	4
24. Manifestação estudantil	4
25. Manifestação de sindicatos	4
26. Eventos de alta complexidade	4

27. Curso para comandantes de outras unidades	3
28. Intervenção em penitenciárias	3
29. Instrução tiro noturno	2

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

As categorias preliminares presentes no quadro 4 configuram as primeiras impressões sobre os motivos das requisições de munições e granadas menos letais das OMEs apresentadas à DAL.

5.1.2 Categorias preliminares – entrevistas

O processo de elaboração das categorias das entrevistas transcritas resultou em um total de 13 categorias, constituídas por trechos selecionados das falas dos entrevistados correspondentes aos motivos das requisições das munições e granadas menos letais à DAL. Deste modo, foi possível categorizar as unidades de registros por meio da frequência presente nas falas dos entrevistados e como regra de contabilização das frequências se estabeleceu, no caso de haver duas citações de uma mesma categoria na frase do entrevistado, uma única contagem. Assim, de forma resumida, foi construído o quadro 5, com as categorias em ordem decrescente de frequência de citações.

Quadro 5 – Categorias preliminares - entrevistas

Categorias Preliminares	Frequência
1. Baile <i>funk</i>	5
2. Resistência à abordagem policial	4
3. Eventos	3
4. Treinamento	3
5. Manifestações	3
6. Distúrbio civil	3
7. Operação verão	3

8. Situação política	2
9. Censura nos pedidos	2
10. Aumento de ocorrências	2
11. Manifestações imprevistas	1
12. Reintegração de posse	1
13. Intervenção em presídios	1

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Com vistas a responder ao problema e aos objetivos a que esta pesquisa se propõe, as categorias preliminares provenientes das entrevistas foram relacionadas de acordo com as motivações, variáveis causais, que levam à utilização das munições e granadas menos letais pelos policiais militares e, por conseguinte, sua demanda.

5.1.2.1 Baile *funk*

A primeira categoria com maior frequência de citações nas entrevistas diz respeito aos bailes *funks* que ocorrem sem a autorização da prefeitura, normalmente em bairros periféricos da região metropolitana da Grande Vitória. Esta categoria foi citada por cinco entrevistados, os quais afirmam a necessidade de empregar munições e granadas menos letais, conforme as citações a seguir.

Ultimamente, os **bailes funk** chamados Mandelas, que são bailes *funks* sem autorização da prefeitura, geralmente financiado pelo tráfico de droga, e que muitas vezes pela convivência de moradores, acontecem nos finais de semana. São festas que demandam a utilização de munições e granadas menos letais. Geralmente nesses eventos com a chegada da Polícia Militar os frequentadores utilizam de violência, confronto, lançando garrafas de vidro e outros objetos, e a maneira de dispersar a multidão é com as munições e granadas menos letais (Entrevistado 1).

Houve um aumento na utilização de munições menos letais em festas clandestinas na região do batalhão, principalmente os **bailes funks** Mandela (Entrevistado 2).

Aqui no batalhão, o maior quantitativo de munições menos letais está sendo utilizado nos bailes **funks** Mandelas. Nos finais de semana acontecem vários bailes *funks* em regiões diferentes (Entrevistado 3).

Os **bailes funks** que ocorrem na periferia da região, normalmente aos finais de semana, de forma clandestina, sem autorização da prefeitura, interditando ruas [...] na maioria das vezes os participantes agredem os policiais militares jogando garrafas e pedras, tendo os policiais que utilizar as munições e granadas menos letais para dispersar os agressores. Normalmente nesses

eventos há o uso de entorpecentes, além de muitos traficantes ostentando arma de fogo (Entrevistado 4).

Ultimamente nossa unidade está sendo acionada como apoio às viaturas de outros batalhões nos Mandelas, pois nesses **bailes funks** há um grande número de pessoas e tráfico de drogas (Entrevistado 6).

Esta categoria surgiu no início das entrevistas, nas quais os entrevistados enfatizaram a utilização das munições e granadas menos letais nos bailes *funks*. A utilização destes materiais pelos policiais militares se dá em resposta aos atos praticados pelos participantes dos bailes *funks* à presença dos policiais militares, tal como o lançamento de garrafas de vidros. Dessa forma, foi possível verificar a preocupação dos militares com o número de bailes *funks* que acontecem nas regiões das OMEs, e a necessidade do emprego dos materiais menos letais. Esta relação evidencia uma relação causal entre a frequência dos bailes *funks* e a demanda de munições e granadas menos letais. Assim, o termo “baile *funk*” foi relacionado nas categoriais em análise devido a sua influência na demanda dos materiais menos letais, segundo os relatos dos entrevistados.

5.1.2.2 Resistência à abordagem policial

A categoria “resistência à abordagem policial” surgiu conforme os relatos dos militares aos descrevem a necessidade de utilizar as munições e granadas menos letais em abordagens policiais, conforme relatos a seguir.

Algumas ocorrências ocorrem quando acontece algum tipo de **resistência à abordagem policial**. O que nós temos visto nas abordagens, principalmente em regiões periféricas de difícil acesso, é a população tentar impedir a prisão de algum criminoso, utilizando muitas vezes da violência. Acredito que pelo desconhecimento da lei, ou até mesmo influenciado por traficantes, tal resistência aconteça. Dessa forma, para não utilizar a munição letal, utiliza-se das munições menos letais (Entrevistado 1).

É muito frequente a utilização desses materiais quando ocorre **resistência** da população a uma **abordagem policial**, que normalmente acontece devido a uma prisão (Entrevistado 2).

Geralmente as munições de elastômeros são utilizadas pelas viaturas quando ocorre uma **resistência** contra a guarnição em uma **abordagem**. Como exemplo, nos bairros afastados é comum a população impedir a prisão de infratores (Entrevistado 3).

Em muitas **abordagens policiais** em bairros periféricos, onde há o intenso tráfico de drogas, é comum em abordagem policial a população tentar **tirar à força** o criminoso em flagrante delito das mãos dos policiais [...] de certa

forma incentivados pelos chefes do tráfico de drogas da região, tendo os policiais que utilizar as munições menos letais (Entrevistado 6).

Foi possível observar, conforme os relatos supracitados, que a resistência a uma abordagem policial se dá em prisões acompanhadas de algum tipo de resistência, tanto pelo cidadão preso quanto pela população presente no ato da prisão. Além disso, corroborando o espectro de motivações de resistência a uma abordagem policial, o Entrevistado 1 dinamizou a tipicidade de ocorrências de abordagem policial ao citar episódios com pessoas sob o efeito de drogas e com problemas mentais, tal como na citação a seguir.

Muitas ocorrências ocorrem com alienados mentais e pessoas sob o efeito de drogas, em que há a necessidade da utilização dos materiais menos letais para conter a pessoa. Muitos utilizam pedaços de madeira, barras de ferro e facas como forma de **resistência** (Entrevistado 1).

Nesse ínterim, foi possível notar que o policial militar está passivo a resistências diante de uma abordagem policial, e que, partindo do pressuposto de que a qualquer tempo pode ocorrer uma abordagem policial, esta pode progredir para o uso de munições e granadas menos letais. Deste modo, evidencia-se uma relação de causalidade entre a resistência proveniente de abordagens policiais e a utilização dos materiais menos letais. Assim, para melhor analisar este efeito de causalidade, foi selecionado para compor as categorias preliminares o registro “resistência à abordagem policial”.

5.1.2.3 Eventos

A terceira categoria preliminar que surgiu conforme as análises das transcrições das entrevistas diz respeito aos eventos que demandam a presença do policiamento ostensivo e, por conseguinte, a possível utilização das munições e granadas menos letais, conforme as citações que se seguem.

Somos acionados em policiamentos que acontecem ao longo do ano, como as micaretas fora de época, e temos que estar preparados para esses **eventos** com as munições menos letais (Entrevistado 5).

Muitos **eventos** que ocorrem durante o ano, com probabilidade de brigas generalizadas, somos obrigados a intervir com os materiais menos letais (Entrevistado 4).

Eventos esportivos, como eventos em estádio de futebol, há o emprego da nossa tropa, e sempre nesses eventos estamos portando materiais menos letais para qualquer eventualidade (Entrevistado 5).

A frequência da palavra “eventos” faz alusão às mais diversas situações em que o policial militar participa no policiamento ostensivo como forma de garantir a segurança dos cidadãos e a ordem pública. Foi possível notar que há um espectro de eventos que ocorrem nas regiões das OMEs, tais como: micaretas fora de época e eventos esportivos em estádios de futebol. Contudo, percebe-se que o termo é utilizado pelos militares para indicar variedades situacionais em que o policial militar atua no policiamento ostensivo.

Verificou-se uma relação de causalidade entre as ocorrências provenientes de eventos e a demanda de munições e granadas menos letais. Dessa forma, para efeito de análises, devido ao caráter influenciador na demanda segundo as perspectivas dos entrevistados, decidiu-se por relacionar o termo “eventos” nas categorias em análise.

5.1.2.4 Treinamento

A quarta categoria em análise faz referência aos treinamentos que os policiais militares fazem como forma de aprendizagem e aperfeiçoamento no manejo das munições e granadas menos letais. As narrativas abaixo denotam a importância do treinamento para os policiais militares.

Ao realizar o pedido de munições e granadas menos letais, primeiramente eu penso no treinamento que o policial deve ter para utilizar tais materiais. Acredito que com o **treinamento**, o policial possa utilizar esses materiais em defesa da vida, além de garantir que, com a utilização desses materiais o policial não irá se enrolar, sofrendo algum processo (Entrevistado 1).

Muitos pedidos de munições menos letais são realizados ao longo do ano conforme a programação de **treinamentos** para os policiais. Alguns cursos com longa duração demandam maior quantidade de materiais do que outros de menor duração (Entrevistado 4).

Devido ao emprego da nossa tropa em grandes eventos, temos **treinamentos** diários, tanto para munições letais quanto para munições menos letais. Além de instruções diárias, temos cursos operacionais em que os militares de forma voluntária participam como forma de especialização. Dessa forma, há uma grande frequência de pedidos destes materiais à DAL (Entrevistado 5).

O treinamento é considerado fator determinante no meio militar, o qual acontece desde os cursos de formação de policiais militares na Academia de Polícia Militar

(APM) e ao longo da carreira policial nas OMEs em que estão lotados. Nesse ínterim, observou-se que a quantidade de materiais menos letais varia dependendo do tipo de treinamento na APM ou nas OMEs. Assim, devido ao caráter contínuo de treinamento, pedidos de munições são realizados de forma frequente à DAL, o que caracteriza um fator causal de influência na demanda desses materiais.

5.1.2.5 Manifestações

Em continuidade, para identificar os fatores causais, a quinta categoria em análise surgiu conforme a frequência do termo “manifestações” e sua relação com a demanda de munições e granadas menos letais, de acordo com as citações seguintes.

Geralmente as munições menos letais são utilizadas em **manifestações** [...] durante o período de manifestações que antecederam o governo atual, aconteceram várias manifestações que tivemos que utilizar essas munições (Entrevistado 2).

As **manifestações** em que a nossa tropa é empregada, normalmente são manifestações em que há um alto risco de violência dos manifestantes [...], nesses casos em que há vandalismos, empregamos as munições e granadas menos letais (Entrevista 5).

Nossa unidade é acionada para qualquer tipo de **manifestação**, porém quando os manifestantes partem para a violência, com atos de vandalismo, e devido ao grande número de pessoas aglomeradas, utilizamos as munições menos letais (Entrevistado 6).

Os relatos supracitados indicam o emprego dos materiais menos letais pelos policiais militares quando há atos de violência praticados em manifestações. Vale ressaltar que, nessa fase das entrevistas, percebeu-se uma cautela quanto à tipicidade das manifestações, tendo os entrevistados utilizado o termo “manifestações” de maneira geral. No entanto, foi possível verificar uma relação causal entre a ocorrência de manifestação e a possibilidade do emprego das munições e granadas pelos policiais militares.

5.1.2.6 Distúrbio civil

Seguindo a construção das categorias, foi possível constatar a frequência do termo “distúrbio civil” nas falas dos entrevistados, como motivo para a utilização das munições e granadas menos letais:

Na maioria dos casos de **distúrbio civil**, também utilizamos as munições menos letais (Entrevistado 2).

Ocorrências em que há algum tumulto, onde as pessoas estão de certa forma, com ânimos exaltados e aglomerados, partem para cima da guarnição, há a necessidade de utilização das munições ou granadas menos letais. Nesse tipo de **distúrbio civil**, esses materiais são preferíveis como forma de defesa do policial militar, além de resguardar a vida dos agressores (Entrevistado 4).

As ocorrências que mais utilizamos as granadas e munições menos letais são ocorrências de **distúrbio civil** e reintegração de posse (Entrevistado 6).

O termo “distúrbio civil” no meio militar é empregado em ocorrências policiais quando há aglomeração de cidadãos praticando algum tipo de violência contra pessoas ou patrimônio. Foi possível verificar que este termo também se refere aos atos praticados em manifestações. Contudo, para efeito de causalidade encontrada nas transcrições, somente o registro “distúrbio civil” foi considerado para análise.

5.1.2.7 Operação Verão

Alguns entrevistados expressaram a relação entre o período de carnaval e a demanda de munições e granadas menos letais, conforme a frequência da palavra “carnaval” em três citações.

Na época de **Operação Verão**, recebemos informações das programações dos eventos na região do batalhão, e com base nessas informações realizamos os pedidos de materiais. O quantitativo de munições menos letais que normalmente pedimos na época do **carnaval** é de 50% da quantidade da nossa carga atual (Entrevistado 3).

No **verão**, há o aumento de utilização dos materiais menos letais devido ao volume de festas; por exemplo, na época do **carnaval** nossa unidade distribui o efetivo em toda orla capixaba, e com isso aumenta a nossa demanda de materiais menos letais (Entrevistado 6).

No **carnaval** somos empregados em todo o balneário do Espírito Santo, principalmente nos eventos com grande aglomeração de pessoas. Para esses eventos temos que nos precaver com o estoque de munições menos letais (Entrevistado 5).

Diante da preocupação com as ocorrências que são previstas na época do verão, notou-se que os pedidos de munições e granadas menos letais acontecem com maior

frequência nesse período e, devido ao seu efeito na demanda, decidiu-se por relacionar a frase “Operação Verão” nas categorias preliminares.

5.1.2.8 Situação política

Nesta categoria, percebeu-se a preocupação dos entrevistados com a situação política e sua relação com o número de manifestações, conforme a citação a seguir.

Dependendo do grau de insatisfação da população com a **situação política**, influencia no número de manifestações que ocorrem durante o ano, o que influencia a quantidade de materiais gastos, aumento o número de requisições à DAL (Entrevistado 3).

Apesar de os termos “manifestações” e “resistência à abordagem policial” aparecerem nas citações supracitadas, o fator causal observado na demanda de munições e granadas menos letais é intrínseco à situação política. Assim, foi possível observar que os gestores analisam o contexto político e o relacionam com situações que podem acontecer que demanda a utilização das munições e granadas menos letais. Por conseguinte, somente foi considerado o termo “situação política” como fator causal para a possibilidade de utilização dos materiais menos letais, sendo então relacionado nas categoriais em análise.

5.1.2.9 Censura nos pedidos

Outra categoria relacionada para a análise emergiu conforme as preocupações dos gestores militares diante da possibilidade da falta de materiais nas OMEs, o que, segundo as transcrições relatadas, afeta a forma como os pedidos são realizados no SIGA e, por conseguinte, a demanda dos materiais.

Alguns pedidos de materiais são realizados com quantidades acima do que realmente é necessário para o batalhão. Normalmente a DAL diminui a quantidade de pedidos que fazemos no SIGA. Tenho receio de **faltar materiais**. Entendo que a DAL não entende, de fato, **a real demanda do batalhão** (Entrevistado 1).

[...] a gestão de antigamente da polícia partia do pressuposto que poderia **faltar materiais** para o próximo ano, e ainda hoje temos um pouco dessa concepção. É normal em algumas requisições de munições e granadas

menos letais, a gente pedir uma quantidade maior do que realmente necessário, porém, as vezes, a DAL diminui (Entrevistado 4).

Foi possível identificar o termo “falta de materiais” como uma preocupação dos gestores militares frente à possibilidade de deficiência quantitativa de munições e granadas menos letais nas OMEs. Contudo, esta preocupação é intrínseca à censura realizada pela DAL aos pedidos de materiais. Dessa forma, para efeito de análise, adotou-se o termo “censura de materiais” nas categoriais preliminares.

5.1.2.10 Aumento de ocorrências

Algumas categorias em análises surgiram conforme os relatos dos entrevistados ao descreverem a relação entre o aumento de ocorrências policiais e a demanda de materiais menos letais.

A demanda de ocorrências do batalhão vem crescendo. Até um pouco tempo atrás, as viaturas RO não utilizavam as munições menos letais. Só que essas viaturas estão apoiando as viaturas de Força Tática, muitas vezes sendo as primeiras a chegarem às ocorrências. Comecei a equipar essas viaturas com os materiais menos letais devido ao **aumento de ocorrências** de enfrentamento (Entrevistado 1).

Nosso policiamento, às vezes, é realizado com viaturas, e como forma padronizada, equipamos nossas viaturas com materiais menos letais, pois somos acionados como apoio às viaturas de outras unidades, devido ao **aumento de ocorrências** (Entrevistado 6).

Nas narrativas supracitadas, verifica-se a necessidade de equipar as viaturas policiais com munições e granadas menos letais, devido ao aumento de ocorrências policiais. Foi possível observar que os gestores de materiais priorizam os equipamentos menos letais às equipes de policiais que integram as viaturas de Força Tática. Contudo, devido ao aumento de ocorrências policiais, começaram a equipar viaturas de patrulhamento que não fazem parte das equipes de Força Tática.

Assim, com o objetivo de buscar o maior número de fatores causais que influenciam a demanda, optou-se por relacionar o termo “aumento de ocorrências” nas categoriais preliminares e discuti-la no desenvolvimento das categoriais definitivas.

5.1.2.11 Manifestações imprevistas

A categoria em análise surgiu no contexto das narrativas sobre as manifestações, na qual o Entrevistado 3 relatou uma tipicidade de manifestação, conforme a citação a seguir.

Eu me preocupo com as **manifestações imprevistas** que já aconteceram em paralelo às manifestações políticas em 2014, onde em um dos nossos bairros que fazem fronteira com a BR101, aconteceu uma manifestação com o impedimento de fluxo de veículos, devido à morte de um dos integrantes do tráfico de droga naquela região em 2014 (Entrevistado 3).

O termo “manifestações” apareceu na narrativa supracitada seguida da palavra “imprevista”, o que aumentou o espectro de fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais. Para efeito de identificação de fatores causais, o termo “manifestações imprevistas” foi relacionado nas categoriais em análises.

5.1.2.12 Reintegração de posse e intervenção em presídio

Alguns entrevistados também citaram a reintegração de posse e a intervenção em presídio como outra vertente para a utilização das munições e granadas menos letais. Apesar de as respostas aos questionamentos do roteiro de entrevistas serem breves e diretas, os entrevistados contribuíram para o enriquecimento dos fatores variáveis que influenciam a demanda, conforme as citações a seguir.

As ocorrências que mais utilizamos as granadas e munições menos letais são ocorrências de distúrbio civil e **reintegração de posse** (Entrevistado 6).

Também somos acionados **em intervenção em presídio**, caso haja necessidade utilizamos as munições menos letais (Entrevistado 6).

Segundo as citações, foi possível verificar os termos “reintegração de posse” e “intervenção em presídios” como fatores causais que afetam a demanda das munições e granadas menos letais. Esses termos foram, então, relacionados nas categoriais na fase qualitativa.

Finalizadas as análises das categorias provenientes das transcrições das entrevistas, as quais representam as impressões dos policiais militares acerca da realidade vivenciada no serviço policial militar, e sua relação com a demanda de munições e granadas menos letais, nos tópicos seguintes será discutido o desenvolvimento de

uma única categoria preliminar contendo as categorias provenientes do SIGA e entrevistas.

5.1.3 Categorias preliminares - SIGA e entrevistas

As categoriais que emergiram nas seções anteriores foram agrupadas em um único quadro de categoriais, contendo todos os registros coletados nas fontes de dados. Para tanto, o agrupamento dos registros manteve somente um registro das duas fontes de dados, além da exclusão das frequências das citações, tendo em vista que nesta parte do trabalho a frequência de citações não se faz necessária para as análises das categorias definitivas. Dessa forma, o resultado compreendeu 37 categoriais provenientes das análises dos documentos SIGA e entrevistas, conforme o quadro 6.

Quadro 6 – Categorias preliminares – SIGA e entrevistas

Categorias preliminares	Fonte de dados
1. Instrução em curso	SIGA
2. Previsão de manifestação	SIGA
3. Treinamento da tropa	SIGA
4. Substituir munições velhas	SIGA
5. Reserva técnica	SIGA
6. Reintegração de posse	SIGA - Entrevistas
7. Completar carga da unidade	SIGA
8. Reposição de munições vencidas	SIGA
9. Baile <i>funk</i>	SIGA - Entrevistas
10. Reposição	SIGA
11. Conforme contato com chefe DAL 3	SIGA
12. Operação Verão	SIGA - Entrevistas
13. Distúrbio civil	SIGA - Entrevistas

14. Instrução de atualização de patrulheiros	SIGA
15. Instrução de nivelamento de novos militares	SIGA
16. Policiamento ordinário	SIGA
17. Aumento de ocorrências	SIGA - Entrevistas
18. Contenção de distúrbios	SIGA
19. Instrução alunos em formação	SIGA
20. Aumento do efetivo	SIGA
21. Manifestação dos rodoviários	SIGA
22. Equipar novas viaturas	SIGA
23. Instrução de atualização	SIGA
24. Manifestação estudantil	SIGA
25. Manifestação de sindicatos	SIGA
26. Eventos de alta complexidade	SIGA
27. Curso para comandantes de outras unidades	SIGA
28. Intervenção em penitenciárias	SIGA
29. Instrução tiro noturno	SIGA
30. Resistência à abordagem policial	Entrevistas
31. Eventos	Entrevistas
32. Treinamentos	Entrevistas
33. Manifestações	SIGA - Entrevistas
34. Situação política	Entrevistas
35. Censura nos pedidos	Entrevistas
36. Manifestações imprevistas	Entrevistas
37. Intervenção em presídios	Entrevistas

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

As categoriais acima descritas representam as diversas formas de causalidade expressas nos documentos de requisição de materiais – SIGA, e pelos entrevistados, que afetam a demanda de munições e granadas menos letais. Foi possível observar

o espectro de expressões utilizadas na PMES para relacionar as motivações que levam à utilização dos materiais menos letais, sendo estas discutidas nas seções seguintes no intuito de excluir os fatores que não contribuem para o instrumento de pesquisa, além de se buscar reduzir redundâncias de registros com mesmo sentido semântico.

5.1.4 Exclusão de categorias preliminares

A coleta de dados por meio dos documentos SIGA e entrevistas nas etapas anteriores permitiu identificar os possíveis fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais na PMES. Contudo, com vistas a buscar somente fatores causais que afetam a demanda dos materiais menos letais, 10 categorias preliminares foram excluídas nesta fase da pesquisa, as quais não fizeram parte do desenvolvimento do instrumento de pesquisa, conforme as justificativas listadas a seguir.

5.1.4.1 Exclusão por motivo de política de gerenciamento de estoque

Quadro 7 – Exclusão de categorias preliminares. Motivo: política de gerenciamento de estoque

Categorias preliminares	Motivo
I. Reserva técnica	Política de gerenciamento de estoque
II. Substituir munições velhas	
III. Reposição de munições vencidas	
IV. Reposição	
V. Completar carga da unidade	
VI. Equipar novas viaturas	
VII. Aumento do efetivo	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A primeira sequência de categorias preliminares excluídas foi: reserva técnica, substituir munições velhas, reposição de munições vencidas, reposição, completar carga de unidade, equipar novas viaturas e aumento do efetivo, conforme o quadro 7. Estas categorias correspondem ao modo como os gestores militares fazem o gerenciamento dos materiais nas OMEs, e não correspondem a fatores causais que levam à utilização em operações policiais das munições e granadas menos letais. Dessa forma, apesar de as categorias preliminares aparecerem nas fontes de coleta de dados – documentos SIGA e entrevistas –, estas dizem respeito às características de ressuprimento e políticas operacionais de cada OME, as quais estão intrínsecas às características das políticas de gerenciamento de estoque (BOWERSOX *et al.*, 2014). Assim, optou-se por retirar estas categorias preliminares, por não caracterizarem fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais em ocorrências policiais.

5.1.4.2 Exclusão por motivo de subjetividade das categorias preliminares

Quadro 8 – Exclusão de categorias preliminares. Motivo: subjetividade das categorias preliminares

Categorias preliminares	Motivo
VIII. Conforme contato com chefe DAL 3	Subjetividade das categorias preliminares
IX. Situação política	
X. Censura nos pedidos	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Ao se proceder à exclusão das categorias preliminares sem causalidade com a demanda de materiais, foram cortadas do desenvolvimento do instrumento de pesquisa as seguintes categorias: conforme contato com o chefe DAL 3, situação política e censura nos pedidos. Essas categorias demonstram a subjetividade nas requisições dos pedidos de munições e granadas menos letais, e as OMEs utilizam os termos acima coletados para quantificar as quantidades de materiais no SIGA.

Dessa forma, visando atingir os objetivos da pesquisa, as categorias preliminares presentes no quadro 8 foram excluídas para compor o instrumento de pesquisa.

5.1.5 Aglutinação de categorias preliminares

As categorias definitivas foram desenvolvidas por meio da agregação de unidades de registros que continham similaridades de sentidos e de sinônimo, conforme termos utilizados no ambiente militar da PMES. Nesta fase qualitativa de análise, buscou-se construir o maior número de categorias para o desenvolvimento do instrumento de pesquisa, excluindo aqueles com mesmo sentido semântico na visão subjetiva do pesquisador. Entretanto, na fase de validação e confiabilidade do instrumento de pesquisa, fase quantitativa, a exclusão ou permanência dos fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais foi analisada por meio da análise fatorial exploratória (AFE), para se atingir o objetivo da presente pesquisa.

5.1.5.1 Manifestação de qualquer natureza

Quadro 9 – Formação da categoria definitiva I: “Manifestação (qualquer natureza)”

Categorias preliminares	Categoria definitiva
I. Previsão de manifestação	I- Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil)
II. Manifestações	
III. Manifestações imprevistas	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A primeira categoria definitiva resultou do agrupamento das seguintes categorias preliminares: previsão de manifestação, manifestações e manifestação imprevista. Essa categoria representa a possibilidade de ocorrência de manifestação a qualquer tempo e de qualquer natureza, em que há a possibilidade de utilização das granadas e munições menos letais. A decisão de unificar as três categorias preliminares se deve à característica de manifestação que pode ocorrer a qualquer tempo, seja por consequência de uma abordagem policial, seja por fatores sociais, econômicos e

políticos. A prontidão permanente para agir em casos de manifestações é dependente da disponibilidade de materiais bélicos. Sendo assim, devido à falta de tipicidade das três categorias preliminares, optou-se por incluir a categoria definitiva “manifestação de qualquer natureza” no instrumento de pesquisa.

5.1.5.2 Manifestação de sindicatos

Quadro 10 – Formação da categoria definitiva II: “Manifestação de sindicatos”

Categorias preliminares	Categoria definitiva
IV. Manifestação dos rodoviários	II- Manifestação de sindicatos
V. Manifestação de sindicatos	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A presente categoria emergiu da aglutinação das categorias preliminares: manifestação dos rodoviários e manifestação de sindicatos. Estas categorias preliminares, coletadas nas fontes de dados, têm o mesmo sentido semântico na visão do pesquisador, pois a categoria “manifestação dos rodoviários” representa o sindicato dos motoristas e cobradores de ônibus estadual e municipal. Dessa forma, no intuito de englobar todo o espectro de sindicatos, decidiu-se unificar em única categoria definitiva o registro “manifestação de sindicatos”, como fator de causalidade de possível utilização de materiais menos letais.

5.1.5.3 Treinamento

Quadro 11 – Formação da categoria definitiva III: "Treinamento (tipo)"

Categorias preliminares	Categoria definitiva
VI. Instrução em curso	III- Treinamento
VII. Treinamento da tropa	
VIII. Instrução de atualização de patrulheiros	

IX. Instrução de nivelamento de novos militares	
X. Instrução alunos em formação	
XI. Instrução de atualização	
XII. Curso para comandantes de outras unidades	
XIII. Instrução tiro noturno	
XIV. Treinamentos	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A categoria definitiva “treinamento” surgiu através da junção das categorias preliminares: instrução em curso, treinamento da tropa, instrução de atualização de patrulheiros, instrução de nivelamento de novos militares, instrução de atualização, curso para comandantes de outras unidades, instrução tiro noturno, treinamentos. A semelhança semântica das categorias preliminares, cujo enfoque é o treinamento dos policiais militares, possibilitou a inferência do objetivo central: treinamento. Assim, considerando que o treinamento é um fator de causalidade que afeta a demanda de munições e granadas menos letais, esta categoria foi escolhida para compor as próximas etapas da pesquisa.

5.1.5.4 Intervenção em penitenciárias

Quadro 12 – Formação da categoria definitiva IV: "Intervenção ou manifestação em penitenciárias"

Categories preliminares	Category definitiva
XV. Intervenção em penitenciárias	Manifestação com distúrbio
XVI. Manifestação em presídios	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A presente categoria emergiu da semelhança semântica das categorias preliminares “Intervenção em penitenciárias” e “Manifestação em presídios”, que correspondem à

causalidade de provável uso de munições e granadas menos letais pela Polícia Militar. Apesar de o Estado do Espírito Santo possuir uma instituição própria para presídios, denominada Secretaria de Estado da Justiça (SEJUS), responsável pela administração e segurança do sistema penitenciário capixaba, a Polícia Militar pode ser acionada para colaborar em casos de intervenção. Vale salientar que, nesse tipo de ocorrência em penitenciárias, o apoio da Polícia Militar às forças auxiliares penitenciárias se dá em virtude do distúrbio civil realizado por detentos. Dessa forma, definiu-se o termo “Manifestação com distúrbio” para englobar ocorrências em presídios.

5.1.5.5 Distúrbio civil

Quadro 13 – Formação da categoria definitiva V: “Distúrbio civil”

Categorias Preliminares	Categoria Definitiva
XVII. Distúrbio civil	V- Distúrbio civil
XVIII. Contenção de distúrbio	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A categoria definitiva “Distúrbio civil” surgiu do agrupamento das categorias preliminares “Distúrbio civil” e “Contenção de distúrbio”, que emergiram das fontes de dados como fatores causais de utilização de munições e granadas menos letais. Tais categorias têm a mesma significação semântica utilizada no meio policial militar. A denominação “distúrbio civil” é culturalmente utilizada na PMES para descrever atos caracterizados pela aglomeração de pessoas praticando algum delito. Esse termo é comumente relacionado a casos de manifestações, intervenção em presídio e outras ocorrências que contenham uma mobilização de grupos praticando delitos; no entanto, para o objetivo de compor o maior número de fatores causais, esta categoria foi definida para integrar o instrumento de pesquisa.

5.1.5.6 Eventos

Quadro 14 – Formação da categoria definitiva VI: “Eventos (tipo)”

Categories Preliminares	Category Definitiva
XIX. Eventos	VI- Eventos (tipo)
XX. Eventos de alta complexidade	
XXI. Operação Verão	
XXII. Baile <i>funk</i>	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

As categorias preliminares “eventos” e “eventos de alta complexidade” apareceram tanto nos documentos SIGA quanto nas entrevistas, que dizem respeito aos diversos eventos em que a Polícia Militar pode atuar no policiamento ostensivo, e caso haja necessidade, utilizar os materiais menos letais. Nesse ínterim, devido à semelhança semântica das categorias preliminares, optou-se por construir a categoria definitiva “eventos (tipo)” para esboçar a gama de eventos em que a polícia pode atuar. Foi então utilizada para a construção do questionário, no qual o respondente teve a oportunidade de citar os tipos de eventos que levam à utilização das munições e granadas menos letais.

5.1.5.7 Resistência à abordagem policial

Quadro 15 – Formação da categoria definitiva VII: “Resistência à abordagem policial”

Categories Preliminares	Category Definitiva
XXIII. Policiamento ordinário	VII- Resistência à abordagem policial
XXIV. Aumento de ocorrências	
XXV. Resistência à abordagem policial	

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A categoria definitiva surgiu da aglutinação das categorias preliminares “policiamento ordinário”, “aumento de ocorrências” e “resistência à abordagem policial”, que contêm a mesma significância semântica. Partindo da lógica de que em um policiamento ordinário realizado pela Polícia Militar pode ocorrer alguma ocorrência e pode

progredir para uma resistência à abordagem policial, o fator determinante para a utilização das munições e granadas menos letais é a abordagem policial. Dessa forma, a causalidade analisada entre a resistência à abordagem policial e a utilização dos materiais menos letais foi determinante na definição da categoria definitiva para compor as próximas etapas da pesquisa.

5.1.6 Categorias agrupadas

As categorias agrupadas que emergiram após a exclusão de categorias preliminares que não estavam correlacionadas com os fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais, e posterior aglutinação de categorias preliminares com mesmo sentido semântico, resultaram em nove categorias definitivas, conforme o quadro 16. Vale ressaltar que as categorias preliminares que não continham semelhança semântica com outras categorias preliminares foram relacionadas, nessa fase da pesquisa, como categorias agrupadas.

Quadro 16 – Categorias agrupadas

Categorias preliminares	Categorias agrupadas
I. Previsão de manifestação	Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil)
II. Manifestações	
III. Manifestações imprevistas	
IV. Manifestação dos rodoviários	Manifestação de sindicatos
V. Manifestação de sindicatos	
VI. Instrução em curso	Treinamento
VII. Treinamento da tropa	
VIII. Instrução de atualização de patrulheiros	
IX. Instrução de nivelamento de novos militares	
X. Instrução alunos em formação	
XI. Instrução de atualização	

XII. Curso para comandantes de outras unidades	
XIII. Instrução tiro noturno	
XIV. Treinamentos	
XV. Intervenção em penitenciárias	manifestação com distúrbio
XVI. Manifestação em presídios	
XVII. Distúrbio civil	Distúrbio civil
XVIII. Contenção de distúrbio	
XIX. Eventos	Eventos (tipo)
XX. Eventos de alta complexidade	
XXI. Operação Verão	
XXII. Baile <i>funk</i>	
XXIII. Policiamento ordinário	Resistência à abordagem policial
XXIV. Aumento de ocorrências	
XXV. Resistência à abordagem policial	
XXVI. Reintegração de posse	Reintegração de posse
XXVII. Manifestação estudantil	Manifestação estudantil

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

As categorias preliminares e as agrupadas supracitadas no quadro 16 foram utilizadas para o desenvolvimento do questionário. Para tanto, também foram utilizados registros das entrevistas correlacionados às categorias agrupadas e preliminares para compor o questionário,⁶ além do conhecimento do pesquisador, a fim de facilitar o entendimento dos respondentes sobre os propósitos da pesquisa. Assim, foram definidas *a priori* as variáveis originais para compor o questionário e o modelo preditivo proposto na pesquisa, conforme o quadro 17. Para efeito de compreensão das próximas etapas, as 15 possíveis variáveis que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais foram codificadas em colunas conforme a sequência alfanumérica V2 até V16, sendo a primeira coluna reservada para a variável V1,

⁶ O instrumento de pesquisa encontra-se no Apêndice D.

preenchida pelas quantidades de materiais presentes nas requisições do SIGA. Essas codificações foram necessárias para a padronização e análise algorítmica do *Machine Learning*.

Quadro 17 – Variáveis originais

Variáveis originais
V2 - Manifestação de sindicatos (com distúrbio civil)
V3 - Manifestação de sindicatos (sem distúrbio civil)
V4 - Manifestação estudantil (com distúrbio civil)
V5 - Manifestação estudantil (sem distúrbio civil)
V6 - Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil) (com distúrbio civil)
V7 - Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil) (sem distúrbio civil)
V8 - Manifestação provocada por ocorrências policiais (com distúrbio civil)
V9 - Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais
V10 - Eventos esportivos em estádio de futebol (com distúrbio civil)
V11 - Eventos esportivos em estádio de futebol (sem distúrbio civil)
V12 -. Eventos de baile <i>funk</i> (sem autorização da prefeitura)
V13 - Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura)
V14 - Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura e Operação Verão)
V15 - Resistência à abordagem policial “abordagens corriqueiras”
V16 - Reintegração de posse

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

5.2 Análise fatorial exploratória das variáveis originais

No intuito de verificar se era possível construir um modelo de previsão com menor número de variáveis, mais parcimonioso, e que não perdesse capacidade preditiva, realizou-se análise fatorial exploratória nas variáveis descritas no quadro 17. Para tanto, foram utilizadas 240 observações coletadas através de questionário, sendo este o tamanho da amostra para a análise fatorial, número superior às 100 observações propostas por Hair *et al.* (2009). O objetivo desse procedimento foi avaliar a inter-relação das variáveis que afetam a demanda das munições e granadas menos letais e, por conseguinte, concatenar as variáveis com altas correlações. Inicialmente, para verificar se as variáveis originais continham correlações suficientes para a análise fatorial, foi avaliada a medida global de adequação amostral por meio do critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), a qual varia entre 0 e 1, sendo valores próximos de 1 desejáveis.

Segundo a tabela 5, o critério KMO foi igual de 0,87, considerado meritório (HUTCHESON; SOFRONIOU, 1999), ou seja, os fatores encontrados na análise fatorial conseguem descrever de forma satisfatória as variações dos dados originais. Corroborando o critério KMO, o teste de esfericidade de Bartlett mostrou significância menor que 0,05, indicando que a matriz de correlações possui dados adequados para a aplicação da análise fatorial (DZIUBAN; SHIRKEY, 1974; KAISER; RICE, 1974; HAIR *et al.*, 2009).

Tabela 5 - A estatística KMO e teste de Bartlett

Critério de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO)		0,87
Teste de Esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado aprox.	593.55
	gl	14
	Valor-p	<2,2e-16

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Em um primeiro momento, as análises preliminares de KMO e de esfericidade de Bartlett confirmaram os parâmetros de continuidade para a análise fatorial. Nesse sentido, corroborando as análises preliminares, verificou-se se os valores das medidas de adequação amostral (MMA) de cada variável eram significantes para a

AFE. Assim, conforme a tabela 6, todas as variáveis apresentaram valores MMA superiores a 0,05, indicando a continuação da AFE.

Tabela 6 - Medida de adequação amostral das variáveis independentes

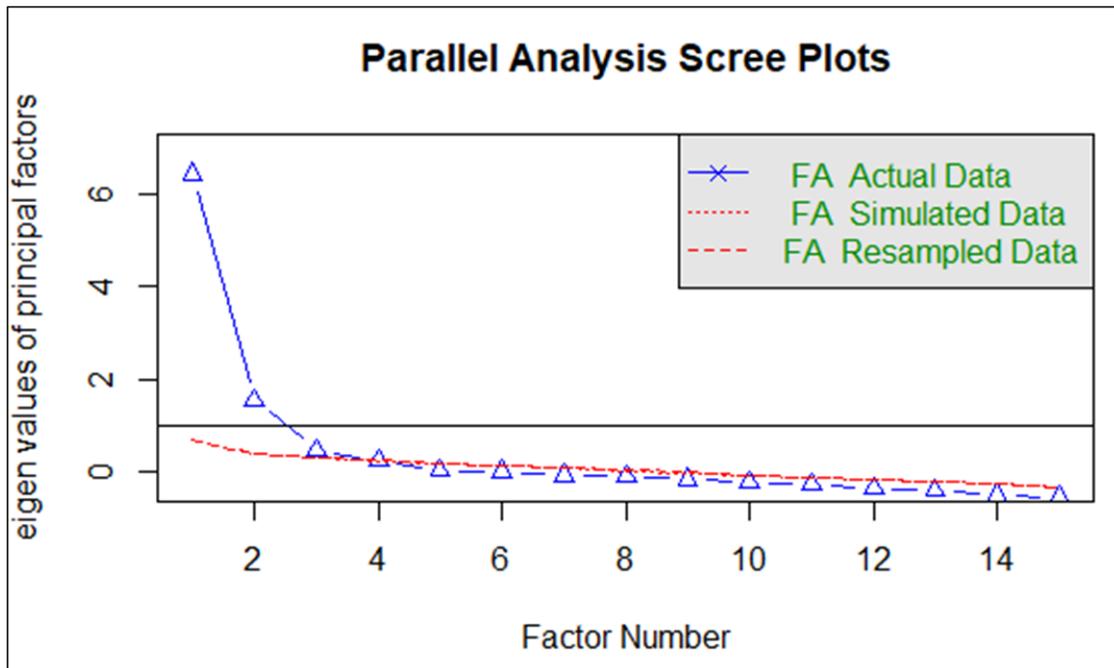
Variáveis	Medida de adequação amostral (MMA)
V2	0,91
V3	0,85
V4	0,84
V5	0,85
V6	0,83
V7	0,89
V8	0,85
V9	0,97
V10	0,83
V11	0,88
V12	0,83
V13	0,87
V14	0,91
V15	0,82
V16	0,93

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A confirmação dos critérios de KMO, esfericidade de Bartlett e MMA permitiu a análise do *screeplot* gerado pelo teste *scree* e pela análise paralela (AP), conforme a figura 5. A análise paralela como método de retenção de fator sugeriu que três fatores fossem selecionados para a realização da análise fatorial, o que também foi confirmado pela a análise do *screeplot*. A linha azul no *screeplot* mostra os valores reais do banco de dados, e as duas linhas vermelhas mostram os dados simulados e

reamostrados, sendo possível verificar que o ponto de inflexão, posição da diferença entre os dados simulados e reais, tende a ser mínimo. Assim, é possível inferir que a quantidade de três fatores é a quantidade sugerida pelo teste *Scree*, corroborando a análise paralela, que também sugeriu a retenção de três fatores.

Figura 5 - *Screeplot* da análise paralela



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Foi possível analisar, conforme a tabela 7, os resultados dos autovalores, da variância explicada e variância acumulada, por meio do método de estimação máxima de verossimilhança para os três fatores retidos.

Tabela 7 – Fatores com respectivos autovalores e percentuais de variância explicada e acumulada

Fator	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	3,68	24,50	24,50
2	3,08	20,50	45,10
3	2,36	15,70	60,80

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Os resultados na tabela 7 indicam que o primeiro fator possui autovalor igual a 3,68, o qual consegue explicar 24,50% da variância dos dados originais. O segundo autovalor de 3,08 consegue explicar 20,50% da variância, e o último fator com autovalor de 2,36 consegue explicar 15,70%. Assim, é possível afirmar que o método de extração por Máxima Verossimilhança com três fatores consegue explicar 60,80% dos dados originais.

As cargas fatoriais de cada variável e seus respectivos fatores estão presentes na tabela 8. Considerando que o objetivo da pesquisa é construir um conjunto de fatores causais que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais, a metodologia aqui desenvolvida visou considerar todas as variáveis originais catalogadas no quadro 17, de forma a reduzir as variáveis originais em fatores somente quando os fatores explicassem aproximadamente 50% da variância de uma variável original. Esta interpretação de significância das cargas fatoriais se baseou em Hair *et al.* (2009), que argumentam que, ao interpretar cargas fatoriais, é preciso considerar quais cargas devem ser consideradas para a formação do fator, sendo necessário analisar a significância prática na matriz fatorial em termos das cargas fatoriais.

A significância prática sugerida pelos autores se pauta na correlação da variável e do fator, na qual a carga ao quadrado representa a quantia de variância total da variável explicada pelo fator (HAIR *et al.*, 2009). Dessa forma, se a carga for superior a 0,70, o fator tem a capacidade de explicar 50% da variância de uma variável (HAIR *et al.*, 2009), sendo este o critério utilizado para concatenar as variáveis nos três fatores propostos pelos critérios de análise paralela e teste *Scree*.

Tabela 8 - Cargas iniciais dos fatores extraídos pelo método de máxima verossimilhança e rotação Varimax

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3
V2	0,214	0,275	0,701
V3	0,904		0,284
V4	0,272	0,306	0,773
V5	0,899	0,130	0,249

V6	0,160	0,438	0,762
V7	0,846	0,242	0,219
V8	0,131	0,637	0,321
V9	0,168	0,413	0,334
V10		0,646	0,321
V11	0,785	0,323	
V12	0,132	0,709	0,173
V13	0,300	0,654	0,164
V14	0,507	0,424	0,123
V15	0,267	0,387	0,190
V16	0,301	0,526	0,265

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Foi possível relacionar oito variáveis que obtiveram cargas fatoriais significativas, ou seja, superior a 0,70, em três fatores, conforme valores observados na tabela 8, nomeados Fator 1, Fator 2 e Fator 3. As variáveis que não obtiveram cargas significativas, do ponto de vista da análise fatorial exploratória, poderiam ser ignoradas de modo a interpretar a solução somente com a redução de dados. Decidiu-se, entretanto, manter as variáveis com cargas não significativas, para avaliar a contribuição geral de cada variável com base na importância para o objetivo do estudo (HAIR *et al.*, 2009), as quais foram analisadas com base nos resultados do modelo de previsão *Random Forest* aplicado na pesquisa. Dessa forma, as variáveis que não obtiveram cargas fatoriais significativas foram renomeadas após o Fator 3, sendo possível obter um total de 10 fatores, conforme o quadro 18.

Quadro 18 - Fatores que influenciam a demanda

Variáveis originais que afetam a demanda	Fatores causais
V3 - Manifestação de sindicatos (sem distúrbio civil)	Fator 1 - Manifestação sem distúrbio civil
V5 - Manifestação estudantil (sem distúrbio civil)	

V7 - Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil) (sem distúrbio civil)	
V11 - Eventos esportivos em estádio de futebol (sem distúrbio civil)	
V12 - Eventos de baile <i>funk</i> (sem autorização da prefeitura)	Fator 2 - Eventos de baile <i>funk</i> (sem autorização da prefeitura)
V2 - Manifestação de sindicatos (com distúrbio civil)	Fator 3 - Manifestação com distúrbio civil
V4 - Manifestação estudantil (com distúrbio civil)	
V6 - Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil) (com distúrbio civil)	
V8 - Manifestação provocada por ocorrência policial (com distúrbio civil)	Fator 4 - Manifestação provocada por ocorrência policial (com distúrbio civil)
V9 - Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais	Fator 5 - Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais
V10 - Eventos esportivos em estádio de futebol (com distúrbio civil)	Fator 6 - Eventos esportivos em estádio de futebol (com distúrbio civil)
V13 - Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura)	Fator 7 - Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura)
V14 - Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura e Operação Verão)	Fator 8 - Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura e Operação Verão)
V15 - Resistência à abordagem policial “abordagens corriqueiras”	Fator 9 - Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras

V16 - Reintegração de posse	Fator 10 - Reintegração de posse
------------------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

5.2.1.1 Manifestação sem distúrbio civil: Fator 1

A formação do Fator 1 considerou as cargas fatoriais presentes nas variáveis originais “Manifestação de sindicatos (sem distúrbio civil)” – **0,904**; “Manifestação estudantil (sem distúrbio civil)” – **0,899**; “Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil, sem distúrbio civil)” – **0,846**; e “Eventos esportivos em estádio de futebol (sem distúrbio civil)” – **0,785**. Assim, considerando que o Fator 1 consegue explicar aproximadamente 81,72%, 80,82%, 71,57% e 61,62%, respectivamente, das variáveis originais, decidiu-se pela convergência das variáveis em um único fator: Manifestação sem distúrbio civil.

Tal decisão, apesar de se pautar na análise estatística da AFE, pode se dar pela relação de semelhança dos tipos de manifestações que ocorrem conforme previsão constitucional, sem atos de vandalismo e distúrbio civil. Apesar da suposição de não haver manifestação com distúrbio civil, esta característica não impede o pronto emprego dos materiais menos letais em situações que progrida para o distúrbio civil. Dessa forma, esses tipos de manifestações planejadas são considerados variáveis influenciadoras na previsibilidade de quantidades de munições e granadas menos letais para o policiamento. Além disso, este pesquisador analisa o pressuposto de que não há distinção de tipo de manifestação, mas se há a probabilidade de não ocorrer distúrbio civil.

5.2.1.2 Eventos de baile *funk* (sem autorização da prefeitura): Fator 2

O Fator 2 considerou somente a carga fatorial presente na variável original V12 (**0,709**), sendo possível explicar aproximadamente 50,27% da variância da variável “Evento de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”. Este fator representa situações em que há aglomerações de pessoas em festas, conhecidas pelo jargão “Baile do Mandela”. Estas são consideradas ilegais devido à não autorização de entidades

competentes e há grande probabilidade de utilização das munições e granadas menos letais quando ocorrem ações da Polícia Militar.

5.2.1.3 Manifestação com distúrbio civil: Fator 3

A nomeação do Fator 3, “Manifestação com distúrbio civil”, se pautou pelas cargas fatoriais presentes nas variáveis originais “Manifestação de sindicatos com distúrbio civil” (**0,701**), “Manifestação estudantil com distúrbio civil” (**0,773**) e “Manifestação de qualquer natureza, exceto manifestação de sindicatos e estudantil, com distúrbio civil” (**0,762**). Dessa forma, foi possível verificar que o Fator 3 conseguiu explicar aproximadamente 49,14%, 59,75% e 58,06% das respectivas variáveis originais. Este fator compreende manifestações com alta probabilidade de utilização das munições e granadas menos letais, considerando a característica de distúrbio civil. Assim, é possível empreender que sua formação convergiu tanto pela correlação estatística da análise fatorial exploratória, quanto do ponto nas observações das entrevistas e relatórios do SIGA.

Corroborando a formação do Fator 3 pode-se afirmar, sob a ótica deste pesquisador, que não há distinção de tipo de manifestação, sendo o planejamento da demanda realizado conforme probabilidade de haver distúrbio civil na manifestação.

5.2.1.4 Manifestação provocada por ocorrência policial, com distúrbio civil: Fator 4

A variável original V8, “Manifestação provocada por ocorrência policial, com distúrbio civil”, foi a única a formar o Fator 4, mantendo-se sozinha pelo fato de suas cargas fatoriais não se encaixarem no padrão de unificação fatorial de 0,70. O maior valor da carga fatorial de **0,637**, é encontrado no Fator 2. Contudo, o Fator 2 consegue explicar aproximadamente 41,58% da variância da variável original V8, o que não atendeu, para efeito de parâmetro de corte estabelecido nesta pesquisa, o valor aproximado de 50%.

Esta variável, no entanto, pode ser entendida como a necessidade de utilizar munições e granadas menos letais em casos de prisão em flagrante delito e outras ações policiais que ocasionaram manifestações com distúrbio civil. Neste sentido, para esse tipo de manifestação, há a probabilidade de uso de munições e granadas menos letais, seja de forma imediata à ação policial, seja quando há informações de que será realizada uma manifestação devido a uma ação policial, e esta poderá acontecer com alta probabilidade de distúrbio civil.

5.2.1.5 Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais: Fator 5

O Fator 5 foi formado somente pela variável V9, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, pois as cargas fatoriais das variáveis de correlação não atenderam ao critério de 0,70. Foi possível notar que a carga fatorial mais próxima do critério foi de **0,413**, correspondendo a aproximadamente 17,06% da variância explicada pelo Fator 2. Contudo, apesar de não haver correlação do Fator 5 com outras variáveis originais, a variável V9 se manteve no modelo preditivo, sendo renomeada para Fator 5, pois representa um determinante importante no processo de aquisição dos materiais menos letais, tendo em vista que treinamentos com as munições e granadas menos letais são indispensáveis para os policiais militares.

5.2.1.6 Eventos esportivos em estádio de futebol (com distúrbio civil): Fator 6

A variável original V10, “Eventos esportivos em estádio de futebol, com distúrbio civil”, foi a única que formou o Fator 6, tendo em vista que as cargas fatoriais não atenderam ao valor de correlação 0,70. A carga mais próxima deste valor foi observada no Fator 2, correspondendo a **0,646**, que explica aproximadamente 41,73% da variância da variável original. Apesar de não atender ao parâmetro de correlação, este fator foi mantido no modelo preditivo, pois no contexto operacional de policiamento em estádios de futebol, há históricos de violência entre torcidas organizadas, o que torna indispensável o uso de munições e granadas menos letais.

5.2.1.7 Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura: Fator 7

O Fator 7 foi nomeado a partir da não inter-relação da variável original V13, “Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas, exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura” com outras variáveis. A formação deste fator se deu porque a análise da carga fatorial da variável v13 não atingiu o requisito mínimo de 0,70, embora seja possível constatar que houve uma carga fatorial de **0,654**, na qual o Fator 2 consegue explicar aproximadamente 42,77% da variância V13. Apesar da decisão de manter o Fator 7 de forma individual para o modelo preditivo, sua relevância se dá pela alta probabilidade de uso dos materiais menos letais em eventos que acontecem no período do verão, quando há grande aglomeração de pessoas, com elevado nível de probabilidade de ocorrências policiais com uso de técnicas menos letais.

5.2.1.8 Festa em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura e Operação Verão): Fator 8

A nomeação do Fator 8 seguiu a mesma da variável V14, a qual não apresentou inter-relação com outras variáveis nos três fatores propostos pela AFE. O melhor valor da carga fatorial foi identificado no Fator 1, correspondendo a **0,507** e explicado por aproximadamente 25,70% da variância da variável original. Apesar de não ser escolhida para compor o Fator 1, foi mantida no modelo preditivo com a denominação Fator 8, tendo em vista a probabilidade do uso de forças menos letais em festas autorizadas pela prefeitura. O policiamento para os eventos autorizados pela prefeitura é planejado com antecedência, e leva em consideração a possibilidade do uso das munições e granadas menos letais em ações de controle da ordem pública, seguindo o uso progressivo da força.

5.2.1.9 Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras: Fator 9

O Fator 9 foi formado pela variável original V15, “Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras”. A carga fatorial que melhor apresentou resultado dentre os três fatores recomendados pela AFE foi de **0,387**, na qual o Fator 2 conseguiu explicar somente 14,97% da variância da V15. No entanto, o Fator 9 foi mantido na análise preditiva do modelo de previsão, pois uma das técnicas de utilização em abordagens policiais quando há resistência, seguindo o uso progressivo da força, é o emprego de ações menos letais. Trata-se, portanto, de um fator importante que deve ser considerado nas análises preditivas para modelo de previsão.

5.2.1.10 Reintegração de posse: Fator 10

O Fator 10 considerou somente a variável original V16, “Reintegração de posse”, pois não foi possível correlacioná-la com outra variável original. A carga fatorial mais bem indicada pela AFE foi de **0,526**, em que o Fator 2 explica aproximadamente 27,67% da variância da variável original. No entanto, o Fator 10 foi renomeado com o mesmo nome da variável original, pois ele é indispensável ao se planejar a quantidade de munições e granadas menos letais na atuação da Polícia Militar em casos de reintegração de posse. Dessa forma, o Fator 10 também compôs o modelo preditivo de previsão de demanda.

Os resultados dos *outputs* gerados pelo *software* R para análise fatorial exploratória e análise preditiva do *Random Forest* podem ser encontrados nos apêndices E e F desta dissertação.

5.3 Análise preditiva

O modelo de previsão por meio da modelagem *Machine Learning* foi desenvolvido com o método de regressão *Random Forest* modificado do original, proposto por Breiman (2001), com a implementação do *Cross Validation* de 5-fold e 10-fold. Para tanto, implementou-se inicialmente um conjunto de dados de teste, desconhecido do

modelo, no qual foram comparados os erros de previsão por meio do Erro Médio Absoluto (MAE) entre as variáveis originais encontradas no quadro 17, com os fatores construídos por meio da análise fatorial exploratória (AFE), presentes no quadro 18. A avaliação por meio do MAE se justifica por esta ser uma medida mais natural da magnitude do erro de previsão (WILLMOTT; MATSUURA, 2005). Também se verificou a relevância conforme a importância de cada variável original e fator que ajudaram a definir o modelo de previsão.

5.3.1 Análise para o produto GL-108 MAX

A análise no *dataset* do produto GL 108 MAX consistiu, inicialmente, em verificar valores discrepantes, *outliers*, no histórico de pedidos feitos pelos gestores militares. Partindo do pressuposto de que valores discrepantes prejudicam o desempenho do modelo de previsão (THOMOPOULOS, 2015), foi possível retirar oito valores discrepantes correspondentes a pedidos entre 15 a 25 unidades, os quais contribuíram para a média de consumo no valor de **5,754**, conforme resultado do *script* apresentado no apêndice G deste trabalho. A retirada dos *outliers* resultou no valor médio de consumo de **4,472**, segundo a tabela 9.

Tabela 9 - Análise descritiva do banco de dados do produto GL-108 MAX

Produto 1	MIN	Quartil 1	Mediana	Média	Quartil 3	Max
GL-108 MAX	1,000	3,000	4,000	4,472	5,000	10,000

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Em sequência, também se verificaram as médias de erros para as variáveis originais e fatores provenientes da AFE, sendo possível observar, conforme a tabela 10, que para o parâmetro de validação cruzada de 10-*fold* o melhor resultado para o MAE foi 1,689, utilizando-se os fatores da AFE.

Tabela 10 – Valores médios do erro absoluto médio para o produto GL 108 MAX

Produto GL 108 MAX

Preditores	k-fold	Média
Variáveis originais	5-fold	1,829
	10-fold	1,810
Fatores - AFE	5-fold	1,760
	10-fold	1,689

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Após a análise estatística do erro absoluto médio para as variáveis originais e fatores provenientes da AFE, procedeu-se à análise preditiva dos resultados escolhidos de forma aleatória pelo *Random Forest*, representados na tabela 11. Foi possível constatar que o melhor resultado gerado pelo modelo de previsão, **1,509**, foi encontrado ao se utilizar os fatores gerados pela AFE com validação cruzada de *10-fold*. Dessa forma, ao se comparar a diferença entre a média de consumo de **4,472**, o erro de previsão é aproximadamente 34% próximo à média.

Tabela 11 – Desempenho preditivo para o produto GL-108 MAX

k-fold	Preditores	Etapas	MAE
5-fold	Originais	Treino	1,769
		Teste	1,889
	Fatores-AFE	Treino	1,761
		Teste	1,760
10-fold	Originais	Treino	1,746
		Teste	1,873
	Fatores-AFE	Treino	1,868
		Teste	1,509

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Para a análise das variáveis e fatores importantes para a previsão do produto GL 108 MAX, as métricas de importância foram normalizadas para a soma de 100%. Observaram-se, conforme o gráfico 1, no apêndice E deste trabalho, a porcentagem

de importância de cada variável original e os fatores gerados pela AFE. Assim, como análise preliminar, constataram-se os seguintes valores de importância:

- a) **Variáveis originais com validação cruzada 5-fold:** o desempenho do modelo *Random Forest* teve importância superior a 50% das variáveis V14, “Festas em geral, com autorização da prefeitura, exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura e Operação Verão”, e V9, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”. Além dessas variáveis, o modelo teve influência superior a 75% da variável V12, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”.
- b) **Variáveis originais com validação cruzada 10-fold:** as variáveis V9, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, e V13, “Eventos que acontecem no período do verão – Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas, exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura”, tiveram importância de pelo menos 50% sobre o *Random Forest*; e a variável V12, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, contribuiu com uma importância superior a 75% para o desempenho do modelo.
- c) **Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 5-fold:** com a implementação dos fatores provenientes da análise fatorial exploratória, utilizando a validação cruzada 5-fold, o Fator 5, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, teve importância superior a 50% para o desempenho preditivo do *Random Forest*. Já o Fator 2, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, contribuiu com importância superior a 75%.
- d) **Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 10-fold:** o Fator 5, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, e o Fator 1, “Manifestação sem distúrbio civil”, tiveram importância superior a 50% para a modelagem preditiva. Com 75% de importância para o modelo, destacaram-se o Fator 2, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, e o Fator 8, “Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura e Operação Verão)”.

5.3.2 Análise para o produto AM 403

A análise do banco de dados do produto AM 403 se iniciou com a verificação dos valores discrepantes presentes no histórico de pedidos realizados. Constatou-se que houve 11 valores discrepantes entre os valores de 672 a 4.704 unidades, os quais contribuíram para uma média de **315** unidades. Dessa forma, após a retirada dos *outliers*, foi possível verificar que a média foi de **174,4**, conforme a tabela 12.

Tabela 12 - Análise descritiva do banco de dados do produto AM 403

Produto 2	MIN	Quartil 1	Mediana	Média	Quartil 3	Max
AM 403	10,0	100,0	160,0	174,4	200,0	512,0

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Para observar a média do erro de previsão, realizou-se a análise estatística do MAE, conforme a tabela 13, em que se constatou que o melhor valor médio para o MAE foi encontrado para a previsão utilizando-se as variáveis originais e a validação cruzada de *10-fold*, resultando no valor de **77,11**.

Tabela 13 - Valores médios do erro absoluto médio para o produto AM 403

Preditores	k-fold	Média
Variáveis originais	5-fold	83,63
	10-fold	77,11
Fatores - AFE	5-fold	80,31
	10-fold	78,46

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Os valores de desempenho preditivo do *Random Forest* foram relacionados na tabela 14, onde foi possível verificar que o melhor valor do erro médio absoluto resultou da modelagem utilizando os fatores encontrados na análise fatorial exploratória com a implementação da validação cruzada de *10-fold*, o que gerou um MAE igual a **66,168**.

Assim, ao se comparar o valor da média do produto AM 403, **174,4**, com o melhor valor para o desempenho do *Random Forest*, o erro de previsão foi de aproximadamente 38% perto da média.

Tabela 14 - Desempenho preditivo para o produto AM 403

k-fold	Preditores	Etapas	MAE
5-fold	Originais	Treino	85,541
		Teste	81,721
	Fatores-AFE	Treino	86,256
		Teste	74,362
10-fold	Originais	Treino	86,998
		Teste	67,229
	Fatores-AFE	Treino	90,749
		Teste	66,168

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A análise de importância das variáveis originais e fatores provenientes da AFE está representada no gráfico 2, apêndice F, sendo possível observar os seguintes resultados:

- a) **Variáveis originais com validação cruzada 5-fold:** nos testes preditivos utilizando as variáveis originais com validação cruzada de *5-fold*, somente a variável V6, “Manifestação (qualquer natureza; exceto manifestação de sindicatos e estudantil) com distúrbio civil”, teve importância superior a 75% dentre as variáveis originais, não sendo possível observar outra variável que tenha contribuído com um grau de importância de pelo menos 50% para a modelagem de previsão.
- b) **Variáveis originais com validação cruzada 10-fold:** o parâmetro de *10-fold* na validação cruzada para o teste com as variáveis originais repetiu o resultado da validação cruzada *5-fold*, ou seja, a variável V6 teve importância superior a 75% para o desempenho do modelo, não havendo outra variável que tenha contribuído com uma importância de no mínimo 50%.

- c) **Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 5-fold:** a substituição das variáveis originais para os fatores provenientes da AFE nos testes com validação cruzada 5-fold indicou que o Fator 4, “Manifestação provocada por ocorrência policial com distúrbio civil”, o Fator 3, “Manifestação com distúrbio civil”, e o Fator 9, “Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras”, tiveram importância de pelo menos 75% para o modelo preditivo. Além disso, o Fator 8, “Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura e Operação Verão)”, o Fator 10, “Reintegração de posse”, o Fator 5, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, e o Fator 7, “Eventos que acontecem no período do verão - Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura”, contribuíram com uma importância superior a 75% para a modelagem *Random Forest*.
- d) **Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 10-fold:** observou-se que a previsão do produto AM 403 utilizando os fatores gerados pela AFE e com validação cruzada 10-fold teve influência somente do Fator 3, “Manifestação com distúrbio civil”, com grau de importância superior a 75% para o modelo de previsão, não sendo possível observar outra variável que tenha contribuído com pelo menos 50% de importância.

5.3.3 Análise para o produto GL 304

A análise inicial para o produto GL 304 buscou verificar os valores discrepantes no histórico de pedidos realizados pelos gestores militares. Foram constatados 15 *outliers* dentre os valores de 40 a 250 unidades, que contribuíram para uma média de **24,74**. A retirada dos valores discrepantes resultou no valor médio de **9,01**, conforme a tabela 15.

Tabela 15 – Análise descritiva do banco de dados do produto GL 304

	MIN	Quartil 1	Mediana	Média	Quartil 3	Max
--	-----	-----------	---------	-------	-----------	-----

Produto 3	1,00	5,00	7,50	9,01	11,50	30,00
GL 304						

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Também foi realizado o cálculo médio do MAE para a modelagem preditiva, conforme a tabela 16. Diante dos resultados, verificou-se que a média do erro médio absoluto foi de **4,287**, utilizando-se a previsão por meio das variáveis originais e validação cruzada de *10-fold*.

Tabela 16 - Valores médios do erro absoluto médio para o produto GL 304

Preditores	k-fold	Média
Variáveis originais	5-fold	4,643
	10-fold	4,287
Fatores - AFE	5-fold	4,495
	10-fold	4,817

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

O desenvolvimento do modelo *Random Forest* para o produto 3 resultou nos valores dos erros médios absolutos indicados na tabela 17. Foi possível constatar que, para o produto 3, a previsão utilizando a validação cruzada de *10-fold* resultou no menor valor MAE de 3,478, considerando as variáveis originais como predictoras para o modelo de previsão. Assim, comparou-se o valor da média de utilização do produto GL 304, de **9,01**, com o melhor valor para o desempenho do *Random Forest*, com variáveis originais e validação cruzada de *10-fold*, **3,478**, onde se verificou o erro de previsão de aproximadamente 38% em relação à média.

Tabela 17 - Desempenho preditivo para o produto GL 304

k-fold	Preditores	Etapas	MAE
5-fold	Originais	Treino	4,592
		Teste	4,694
	Fatores-AFE	Treino	5,119

		Teste	3,872
10-fold	Originais	Treino	5,095
		Teste	3,478
	Fatores-AFE	Treino	4,440
		Teste	5,195

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

A importância das variáveis originais e dos fatores encontrados na AFE, para o produto GL 304, está representada no gráfico 3, apêndice F. Desta forma, foram observados os seguintes resultados:

- a) **Variáveis originais com validação cruzada 5-fold:** o modelo de previsão para as variáveis originais com a implementação da validação cruzada de 5-fold teve contribuição de importância superior a 75% da variável V12, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, e uma contribuição de importância superior a 50% da variável V9, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”.
- b) **Variáveis originais com validação cruzada 10-fold:** o teste preditivo com as variáveis originais e com a validação cruzada de 10-fold apresentou, com importância superior a 75%, a variável original V12, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, e uma importância superior a 50% na variável V9, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”.
- c) **Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 5-fold:** o *Random Forest*, quando testado com os fatores da AFE e com validação cruzada 5-fold, teve contribuição de importância na previsão superior a 75% do Fator 5, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”, e do Fator 7, “Eventos que acontecem no período do verão - Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura”, além da importância superior a 50% do Fator 2, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”.

d) Fatores gerados pela AFE com validação cruzada 10-fold: quando testado para os fatores da AFE e com validação cruzada 10-fold, o modelo teve contribuição superior a 75% de importância na previsão do Fator 7, “Eventos que acontecem no período do verão - Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura”, e do Fator 2, “Eventos de baile *funk*, sem autorização da prefeitura”, e com participação superior a 50% de importância do Fator 5, “Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais”.

5.3.4 Análises de adequação dos fatores causais para o modelo de previsão

Com base nos resultados e análises descritas nas seções anteriores e nas observações presentes nos gráficos localizados no apêndice F, foi possível construir as 15 variáveis provenientes da abordagem qualitativa ou os 10 fatores, após a análise fatorial exploratória, que mais se adequam aos objetivos aqui propostos. Nesse sentido, observou-se que para os produtos GL-108 MAX e AM 403, a previsão do *Random Forest* com a utilização dos 10 fatores após a AFE apresentou melhores resultados preditivos; quanto ao desempenho preditivo para o produto GL-304, o modelo teve melhores resultados com a implementação das 15 variáveis provenientes da abordagem qualitativa. Dessa forma, como análise preliminar, este pesquisador optou por adotar, neste trabalho, os 10 fatores provenientes após AFE como proposta para compor o modelo de previsão.

Os resultados nos testes de previsibilidade utilizando os fatores causais para os produtos GL 108 MAX, AM 403 e GL 304 apresentaram comportamentos díspares de importância na previsão para os produtos. Contudo, apesar de graus de importâncias diferentes, somente o Fator 6, “Eventos esportivos em estádio de futebol, com distúrbio civil”, não teve importância para a previsão de demanda, tanto nos testes com validação cruzada 5-fold, quanto para 10-fold nos três produtos testados, apesar de ter apresentado importância na previsão com as 15 variáveis originais. Nesse sentido, embora o Fator 6 se caracterize pelo distúrbio civil, tal evento não se aproxima em sentido do Fator 3, “Manifestação com distúrbio civil”, na ótica deste pesquisador.

Decidiu-se, então, manter o Fator 6 como fator causal nesta pesquisa, a fim de possibilitar que futuros estudos possam corroborar a permanência do fator ou sua retirada do conjunto de fatores causais que influenciam a demanda na Polícia Militar do Estado do Espírito Santo.

A análise do tipo de produto e fatores que mais se correlacionam de forma conceitual demanda um conhecimento mais robusto de forma conceitual; por isso, este pesquisador preferiu deixá-la para futuras propostas de pesquisas. Nesse ínterim, atendendo os objetivos desta pesquisa, os fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais desenvolvidos ao longo desta pesquisa estão apresentados no quadro 19.

Quadro 19 – Fatores causas que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais na PMES

Fatores causais
Fator 1 - Manifestação sem distúrbio civil
Fator 2 - Eventos de baile <i>funk</i> (sem autorização da prefeitura)
Fator 3 - Manifestação com distúrbio civil
Fator 4 - Manifestação provocada por ocorrência policial (com distúrbio civil)
Fator 5 - Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais.
Fator 6 - Eventos esportivos em estádio de futebol (com distúrbio civil)
Fator 7 - Eventos que acontecem no período do verão - Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura)
Fator 8 - Festas em geral, com autorização da prefeitura (exceto baile <i>funk</i> sem autorização da prefeitura e Operação Verão)
Fator 9 - Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras
Fator 10 - Reintegração de posse

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de se garantir um estado de prontidão permanente para operações policiais, de forma a atender, a qualquer tempo, uma convocação dos governos federal e estadual na garantia da ordem pública, implica a existência de uma instituição militar com alta capacidade organizacional, visando ao fornecimento de materiais em tempo hábil (SOKRI, 2014; AKGÜN; ERDAL, 2019). Nesse sentido, no intuito de subsidiar gestores de materiais bélicos da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo nas tomadas de decisões de previsibilidade de demanda de munições e granadas menos letais, a presente pesquisa buscou desenvolver um modelo de previsão de demanda.

Foram identificadas, inicialmente, 15 variáveis causais que influenciam a demanda dos materiais menos letais, de modo que após a aplicação da análise fatorial exploratória, foi possível reduzir as 15 variáveis a 10 fatores causais: (i) Manifestação sem distúrbio civil; (ii) Manifestação com distúrbio civil; (iii) Eventos de baile *funk* sem autorização da prefeitura; (iv) Manifestação provocada por ocorrência policial com distúrbio civil; (v) Treinamento em cursos de formação, habilitação, aperfeiçoamento e operacionais; (vi) Eventos esportivos em estádio de futebol com distúrbio civil; (vii) Eventos que acontecem no período do verão - Operação Verão (carnaval, micaretas e outras festas com aglomerações de pessoas; exceto baile *funk* sem autorização da prefeitura; (viii) Festas em geral com autorização da prefeitura, (exceto baile *funk*, sem autorização da prefeitura e Operação Verão); (ix) Resistência à abordagem policial em abordagens corriqueiras; e (x) Reintegração de posse.

A redução na quantidade de variáveis se deve, sobretudo, não à necessidade de caracterizar o tipo de manifestação, mas se há probabilidade de ocorrer distúrbio civil nas manifestações. Esta constatação também converge com o procedimento de utilização dos materiais menos letais preconizado pela PMES, o qual se baseia no uso progressivo da força pelos agentes de segurança, sendo a utilização das munições e granadas menos letais a resposta a uma agressão não letal. Nesse ínterim, a redução do conjunto de variáveis proporcionou um modelo mais parcimonioso para as características preditivas da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo.

Para avaliar a capacidade preditiva do modelo de previsão, foram selecionados três produtos (GL-108 MAX, AM 403, GL 304), os quais foram submetidos à modelagem do *Random Forest*. Comparou-se o desempenho preditivo das 15 variáveis iniciais provenientes da abordagem qualitativa com os 10 fatores construídos por meio da AFE. Assim, utilizando a métrica estatística do erro médio absoluto (*mean absolut error* – MAE), constatou-se que, para o produto GL-108 MAX, o melhor erro preditivo ocorreu ao se utilizar os 10 fatores com o parâmetro de validação cruzada de *10-fold*, onde o erro de previsão foi de 33,74% em relação à média dos pedidos para o produto. Para a modelagem preditiva utilizando o produto AM 403, o MAE apresentou melhor resultado com os 10 fatores e parâmetro de validação cruzada de *10-fold*, tendo um erro de previsão de 37,94% em relação à média de consumo do produto. Para o teste de desempenho preditivo para o produto GL-304, o melhor valor MAE foi ao utilizar os 10 fatores com o parâmetro de validação cruzada de *5-fold*, apresentando um erro de previsão de 38,60% em relação à média de pedidos.

Os resultados obtidos nesta pesquisa trazem contribuições para o campo acadêmico e prático, ao ser um dos primeiros estudos a avaliar os efeitos de fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais no âmbito policial militar. Sob a égide da contribuição teórica, o estudo permite compreender, sob a ótica dos policiais militares, os fatores que influenciam a demanda desses materiais. Descobriu-se, por meio da análise fatorial exploratória, que não há distinção de manifestações sindicais, estudantis ou outra categoria, mas se há probabilidade de distúrbio civil ou não, pode-se formar o modelo de previsão mais parcimonioso sem perder a capacidade preditiva. Além disso, foi possível constatar que o método de previsão *Random Forest* com validação cruzada *k-fold* é factível de ser aplicado no planejamento da demanda das munições e granadas menos letais, sendo uma alternativa ao método original proposto por Breiman (2001).

Assim, o modelo aqui proposto surge como suporte para as decisões tomadas pelos gestores militares, ao preverem as quantidades de munições e granadas menos letais, sendo uma tentativa de implantar novas práticas de gestão alinhada com a Nova Gestão Pública, que busca maximizar a eficiência da gestão de recursos no setor público (SCHUBERT, 2009; PÉREZ-LÓPEZ; PRIOR; ZAFRA-GÓMEZ, 2015).

6.1 Limitações e estudos futuros

A pesquisa apresenta limitações quanto ao desenvolvimento metodológico, em que as amostras representativas da população ficaram limitadas à região metropolitana da Grande Vitória. Isso restringiu as características dos fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo. No entanto, tendo em vista que existem outras quatro regiões (Norte, Noroeste, Sul e Serrana) onde a polícia militar capixaba está presente, é possível realizar pesquisas que apliquem o modelo desenvolvido na região metropolitana nessas regiões, ou até mesmo em outras instituições policiais pertencentes a outros Estados. Trata-se de uma forma de corroborar a confirmação dos fatores identificados neste estudo, explorando novas informações que ajudem a melhorar o desempenho preditivo do modelo de previsão.

A segunda limitação verificada foi a implementação de somente uma técnica de previsão de demanda, *Random Forest*, com validação cruzada de *5-fold* e *10-fold*. A limitação de tempo de conclusão desta pesquisa foi a causa para a não operacionalidade dos fatores com outras técnicas de previsão de demanda. Dessa forma será possível implementar, em pesquisas futuras, técnicas de previsão com características diferentes da técnica aqui aplicada, no intuito de comparar os erros de previsão entre as técnicas, tal como analisar a importância de cada fator causal para a previsibilidade da demanda.

Também é importante salientar a limitação quanto à decisão de se manter as variáveis que não obtiveram cargas fatoriais significativas na análise fatorial exploratória. Nesta pesquisa adotou-se, para a formação dos fatores provenientes da análise fatorial exploratória, uma carga fatorial com significância superior a 0,70 para a correlação das variáveis em fatores, mantendo as variáveis com menor significância, tendo em vista que o objetivo da AFE fora interpretar o modelo somente com a redução de dados (HAIR *et al.*, 2009). Tal decisão também se pautou no ineditismo desta pesquisa quanto a exploração e identificação dos fatores causais que afetam a demanda de munições e granadas menos letais, como no caráter de explorar a importância de cada variável no modelo de previsão. Dessa maneira, é possível reespecificar o modelo retirando as variáveis que obtiveram menor índice de significância, e realizar uma derivação de uma nova solução fatorial com as possíveis variáveis eliminadas (HAIR

et al., 2009), no intuito de comparar a acurácia de previsão entre o conjunto com os 10 fatores aqui delineados com o conjunto reduzido de fatores.

Outra limitação foi a escolha de somente três produtos utilizados pela Polícia Militar do Estado do Espírito Santo para as análises de previsão de demanda. Considerando que a PMES contém um espectro superior de tipos de munições e granadas menos letais, é possível, em estudos futuros, testes preditivos com outros materiais no intuito de avaliar o comportamento de importância de fatores causais para o modelo, tal como para cada tipo de munição e granada menos letal.

Também como forma de comparar o desempenho preditivo do modelo proposto nesta pesquisa, é possível avaliar a performance do algoritmo de aprendizado somente com os fatores que tiveram maior importância para a acurácia da previsão das munições e granadas menos letais, como forma de complementar as análises da análise fatorial exploratória. Tal verificação é necessária para se construir um modelo de previsão mais parcimonioso sem reduzir a capacidade preditiva.

Por fim, corroborando possibilidades de pesquisas futuras que aprimorem um modelo ideal para a Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, urge a necessidade de um estudo que implemente o conhecimento do gestor de material bélico, o qual possui habilidade empírica, construída ao longo da carreira militar, para realizar a previsão de demanda de munições e granadas menos letais com técnicas quantitativas de previsão demanda, no intuito de melhorar a acurácia preditiva.

REFERÊNCIAS

AKGÜN, I.; ERDAL, H. Solving an ammunition distribution network design problem using multi-objective mathematical modeling, combined AHP-TOPSIS, and GIS. **Computers and Industrial Engineering**, v. 129, p. 512-528, 2019.

ALBRIGHT, R. E. What can past technology forecasts tell us about the future? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, n. 5, p. 443-464, 2002.

ALEXANDER, J. B. **Armas não-letais – alternativas para os conflitos do século XXI**. Traduzido por Jose Magalhães de Souza. Rio de Janeiro: Editora Welser-Itage, 2003.

ALPAYDIN, E. **Introduction to Machine Learning**. 3. ed. Cambridge, MA, MIT Press, 2014.

ANTUNES, A.; BONFIM, D.; MONTEIRO, N. Forecasting banking crises with dynamic panel probit models. **International Journal of Forecasting**, v. 34, n. 2, p. 249-275, 2018.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ARMSTRONG, J. S. How to Make Better Forecasts and Decisions: Avoid Face-to-Face Meetings. **Foresight - The International Journal of Applied Forecasting**, n. 5, p. 3-8, 2006.

ARMSTRONG, J. S.; GROHMAN, M. C. A comparative study of methods for long-range market forecasting. **Management Science**, v. 19, n. 2, p. 211-221, 1972.

ASCHER, W. Problems of forecasting and technology assessment. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 13, n. 2, 149-156, 1979.

ATHANASOPOULOS, G.; HYNDMAN, R. J.; KOURENTZES, N.; PETROPOULOS, F. Forecasting with temporal hierarchies. **European Journal of Operational Research**, v. 262, n. 1, p. 60-74, 2017.

BABAI, M. Z.; DALLERY, Y.; BOUBAKER, S.; KALAI, R. A new method to forecast intermittent demand in the presence of inventory obsolescence. **International Journal of Production Economics**, v. 29, p. 30-41, 2019.

BABAI, M. Z.; SYNTETOS, A.; TEUNTER, R. H. Intermittent demand forecasting: An empirical study on accuracy and the risk of obsolescence. **International Journal of Production Economics**, v. 157, n. 1, p. 212-219, 2014.

BALLOU, R. H. Natureza das Previsões. In: BALLOU, R. H. (Ed.). **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BENKACHCHA, S.; BENHRA, J.; HASSANI, H, E. Causal method and time series forecasting model based on artificial neural network. **International Journal of Computer Applications**, v. 75, n. 7, p. 37-42, 2013.

BERGMEIR, C.; BENÍTEZ, J. M. On the use of cross-validation for times series predictor evaluation. **Information Sciences**, v. 191, p. 192-213, 2012.

BERGMEIR, C.; HYNDMAN, R. J.; KOO, G. A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive time series prediction. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 120, p. 70-83, 2018.

BERG, J. E.; NELSON, F. D.; RIETZ, T. A. Prediction market accuracy in the long run. **International Journal of Forecasting**, v. 24, n. 2, p. 285-300, 2008.

BEUTEL, A. L.; MINNER, S. Safety stock planning under causal demand forecasting. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 2, p. 637-645, 2012.

BIAU, G; SCORNET, E. A random forest guided tour. **TEST**, v. 25, n. 2, p. 197-227, 2016.

BOM, P. R. D. Fiscal rules and the intergenerational welfare effects of public investment. **Economic Modelling**, v.81, 2019.

BONI, V.; QUARESMA, S. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em Tese: Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 2, n. 3, p. 68-80, 2005.

BORNMANN, L.; MARX, W. How to evaluate individual researchers working in the natural and life sciences meaningfully? A proposal of methods based on percentiles of citations. **Scientometrics**, v. 98, n. 1, p. 487-509, 2014.

BOROWY, I. Degrowth and public health in Cuba: Lessons from the past? **Journal of Cleaner Production**, v. 38, p. 17-26, 2013.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, B. M.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BRANDL, S. G.; STROSHINE, M. S. Oleoresin capsicum spray and tasers: a comparison of factors predicting use and effectiveness. **Criminal Justice Policy Review**, v. 28, n. 3, p. 279-306, 2017.

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

_____. Decreto n. 9.493, de 05 de set. de 2018. **Aprova o Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados**, Brasília, DF, set 2018.

_____. Exército. Comando de Operações Terrestres. EB70-CI-11.415: **Caderno de instrução tecnologia menos letal**. 1ª ed. Brasília, 2017.

_____. Exército. Estado-Maior. **EB20-MC-10.204: Logística**. 3ª ed. Brasília, 2014. Estado-Maior do Exército, 2014. Portaria n. 002-EME, 2 jan. 2014.

_____. Ministério da Defesa. **Doutrina Militar de Defesa**. 2. ed. Brasília, 2007.

BURRELL, G.; MORGAN, G. **Sociological Paradigms and Organizational Analysis**. London: Heinemann, 1979.

BREIMAN, L. Random Forest. **Machine Learning**, v. 45, p. 5-32, 2001.

CAMPBELL, D. T.; FISKE, D. W. Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. **Psychological Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 81-105, 1959.

CARBONE, R.; ANDERSEN, A.; CORRIVEAU, Y.; CORSON, P. P. Comparing for different time series methods the value of technical expertise individualized analysis, and judgmental adjustment. **Management Science**, v. 29, n. 5, p. 559-566, 1983.

CATELA, E. Y. S.; BÊRNI, D. A.; FERNANDEZ, B. P. M. **Como fazer descrição e análise quantitativa de dados**. In. BÊRNI, Duilio de Avila ; FERNANDEZ, Brena Paula Magno (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa: modelando as ciências empresariais**. São Paulo, SP: Saraiva, 2012.

CAZARES, S.; BELANICH, J.; SNYDER, J. A.; PICUCCI, P. M.; HOLZER, J. R. Measures of effectiveness for non-lethal weapons: aligning behavioral experiments with operational success. **Institute for Defense Analyses**, Alexandria, VA, 2015.

CHASE, C. W. **Demand-driven forecasting: A structured approach to forecasting**, 2. ed., Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2009.

CHOPRA, S; MEINDL, P. **Supply chain management: strategy, planning, and operation**. 6 ed. Boston: Pearson, 2016.

COHEN, J.; COHEN, P.; WEST, S. G.; AIKEN, L. S. **Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences**, 3. ed. Mahawah, NJ: Erlbaum, 2003.

CONDOR. **Tecnologias não letais**. Disponível em: <<http://www.condornaletal.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2019.

CRESWELL, J. W. Uma estrutura para projeto. In CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

_____. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. 3. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2014.

_____. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CUDEK, R.; O'DELL, L. L. Applications of standard error estimates in unrestricted factor analysis: Significance tests for factor loadings and correlations. **Psychological Bulletin**, v. 115, p. 475-487, 1994.

DAVYDENKO, A.; FILDES, R. Measuring forecasting accuracy: The case of judgmental adjustments to SKU-level demand forecasts. **International Journal of Forecasting**, v. 29, n. 3, p. 510-522, 2013.

DEPARTMENT OF DEFENSE DIRECTIVE 3000.3, **Policy for Non-Lethal Weapons**. Julho de 1996. Disponível em: <http://jnlwp.defense.gov/>. Acesso em: 2 nov. 2018.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística aplicada à Administração e Economia**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill Editora, 2014.

DOWNS, R. L. Less lethal weapons: a technologist's perspective. **Policing**, v. 30, n. 3, p. 358-384, 2007.

DZIUBAN, C. D.; SHIRKEY, E. C. When is a correlation matrix appropriate for factor analysis? Some decision rules. **Psychological Bulletin**, v.81, n. 6, p. 358-361, 1974.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Constituição: Estado do Espírito Santo 1989**. Vitória: Assembleia Legislativa, 1989.

_____. Decreto nº 3412-R, de 15 de outubro de 2013. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Espírito Santo. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Espírito Santo, 16 out. 2013. p. 17.

_____. Decreto nº 4266-R, de 20 de junho de 2013. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Espírito Santo. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Espírito Santo, 21 jun. 2013. p. 05.

_____. Lei Complementar nº 533, de 29 de dezembro de 2009, com suas respectivas alterações. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar e fixa o efetivo da Polícia Militar do Espírito Santo – PMES e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 29 dez. 2009.

FERNÁNDEZ-DELGADO, M.; CERNADAS, E.; BARRO, S.; AMORIM, D. Do we need hundreds of classifiers to solve real world classification problems? **Journal of Machine Learning Research**, v. 15, n. 1, p. 3.133-3.181, 2014.

FIDLER, D. P. The international legal implications of “non-lethal” weapons. **Michigan Journal of International Law**, v. 21, n. 1, 1999.

FLORES, B. E.; OLSON, D. L.; PEARCE, S. L. Use of cost and accuracy measures in forecasting method selection: A physical distribution example. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 1, p. 139-160, 1993.

FORTES, A.; AUGUSTO, A.; RODRIGUES, T. **Manifestações no Brasil: as ruas em disputa**. Rio de Janeiro: Oficina Raquel, 2016.

FABRINGER, R. L.; WEGENER, D. T.; MACCALLUM, R. C.; STRAHAN, E. J. Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. **Psychological Methods**, v. 4, p. 272-299, 1999.

FAWAGREH, K.; GABER, M. M.; ELYA, E. Random forest: from early developments to recent advancements. **Systems Science and Control Engineering**, v. 2, n. 1, p. 602-609, 2014.

PASCARELLI FILHO, M. **A nova administração pública: profissionalização, eficiência, e governança**. 1. ed. São Paulo: DVS Editora, 2011.

FORD, J. K.; MACCALLUM, R. C.; TAIT, M. The application of exploratory factor analysis in applied psychology: a critical review and analysis. **Personnel Psychology**, v. 39, n. 2, p. 291-314, 1986.

FUSHIKI, T. Estimation of prediction error by using *K*-fold cross-validation. **Statistics and Computing**, v. 21, n. 2, p. 137-146, 2009.

GERRING, J. **Case Study Research: Principles and Practices**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

GHANMI, A. Forecasting air-to-ground munitions demand in military operations using Markov-Modulated Poisson Process. **Journal of Economics and Management Theory**, v. 1, n. 1, p. 22-33, 2017.

GLASER, B. G.; STRAUSS, A. The discovery of grounded theory. New York: Aldine Publishing, 1967.

GILLILAND M. **The business forecasting deal: exposing myths, eliminating bad practices, providing practical solutions**, John Wiley & Sons, Hoboken, 2010.

GOLDSTEIN, D. G.; GIGERENZER, G. Fast and frugal forecasting. **International Journal of Forecasting**, v. 25, n. 4, p. 760-772, 2009.

GRICE, J. W. Computing and evaluating factor scores. **Psychological Methods**, v. 6, n. 4, p. 430-450, 2001.

GRÖMPING, U. Variable importance assessment in regression: linear regression versus random forest. **The American Statistician**, v. 63, n. 4, p. 308-319, 2009.

GUBA E. G. **The alternative paradigm dialog**. In GUBA E. G (Ed.), **The paradigm dialog**. Newbury Park, CA: Sage, p. 17-27, 1990.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. **Competing paradigms in qualitative research**. In DENZIN, N.; LINCOLN, Y. S (Ed.), **Handbook of qualitative research**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, p. 105-117, 1994.

GUPTA, D. **Applied analytics through case studies using SAS and R: implementing predictive models and machine learning techniques**. 1. ed, Boston, Massachusetts: Apress, 2018.

GUTHRIE, J.; YONGVANICH, K. RICCERI, F. Using content analysis as a research method to inquire into intellectual capital reporting. **Journal of Intellectual Capital**, v. 5, p. 282-293, 2004.

HABER, S. E.; SITGREAVES, R.; SOLOMON, H. A demand prediction technique for items in military inventory systems. **Naval Research Logistics Quarterly**, v. 16, n. 3, p. 297-308, 1969.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. **The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction**. 2. ed, Springer, New York, 2009.

HAUSMAN, A.; JOHNSTON, W. J. The role of innovation in driving the economy: Lessons from the global financial crisis. **Journal of Business Research**, v. 67, n. 1, p. 2720-2726, 2014.

HAWKINS, D. M. The problem of overfitting. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 44, p. 1-12, 2004.

HOOD, C. A public management for all seasons? **Public Administration**, v. 69, n. 1, p. 3-19, 1991.

HONG, C.; LI, J. On measuring the effects of fiscal policy in global financial crisis: Evidences from an export-oriented island economy. **Economic Modelling**, v. 46, p. 412-415, 2015.

HORN, J. L. A rationale and test for the number of factors in factor analysis. **Psychometrika**, v. 30, n. 2, p. 179-185, 1965.

HUMPHREYS, L. G.; MONTANELLI, R. G. An investigation of the parallel analysis criterion for determining the number of common factors. **Multivariate Behavioral Research**, v. 10, n. 2, p. 193-206, 1975.

KANYONGO, G. Y. The influence of reliability on four rules for determining the number of components to retain. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, v, 5, n. 2, p. 332-343, 2006.

KOHAVI, R. A study of cross-validation and bootstrap accuracy estimation and model selection. In: **Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence**, (ed. C.A. San Mateo), p. 1137-1143, 1995.

KRASKA, P. B. Militarization and policing: Its relevance to 21st century police. **Policing**, v. 1, n. 4, p. 501-513, 2007.

KRIPPENDORFF, K. **Contente analysis: An introduction to its methodology**. 2. ed., Thousand Oaks, CA: Sage, 2004.

KUHN, M. Building predictive models in R using the caret package. **Journal of Statistical Software**, v. 28, n. 5, 2008.

KUMAR, A. Pre-processing and modelling using caret package in R. **International Journal of Computer Applications**, v. 181, n. 6, p. 39-42, 2018.

KUO, R. J.; TSENG, Y. S.; CHEN, Z. Y. Integration of fuzzy neural network and artificial immune system-based back-propagation neural network for sales forecasting using qualitative and quantitative data. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, n. 6, p. 1191-1207, 2016.

HUTCHESON, G. D.; SOFRONIOU, N. **The multivariate social scientist: Introductory statistics using generalized linear models**. London: Sage Publications, 1999.

LANGLEY, P.; SIMON, H. A. Applications of machine learning and rule induction. **Communications of the ACM**, v. 38, n. 11, p. 64-64, 1995.

LAVILLE, C.; DIONNE, J.; SIMAN, L. M. As estratégias de verificação. In: LAVILLE, C.; DIONNE, J.; SIMAN, L. M. (Eds.). **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte, MG: UFMG, p. 131-161, 1999.

LAWSON, E. Police militarization and the use of lethal force. **Political Research Quarterly**, v. 72, n. 1, p. 177-189, 2019.

LEE, C. K.; SONG, H. J.; MJELDE, J. W. The forecasting of international expo tourism using quantitative and qualitative techniques. **Tourism Management**, v. 29, n. 6, p. 1084-1098, 2008.

LEITE, F. T. **Metodologia científica: métodos e técnicas de pesquisa: monografias, dissertações, teses e livros**. 2. ed. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2008.

LOREK, K. S.; MCDONALD, C. L.; PATZ, D. H. A comparative examination of management forecasts and Box-Jenkins forecasts of earnings. **Accounting Review**, v. 51, n. 2, p. 321-330, 1976.

LOUPPE, G.; WEHENKEL, L. Understanding variable importances in forecast of randomized trees. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 26, p. 431-439, 2013.

LUAN, J.; ZHANG, C.; XU, B.; XUE, Y.; REN, Y. The predictive performances of random forest models with limited sample size and different species traits. **Fisheries Research**, in press, 2020.

LUI, S.; MITCHELL, J.; WEALE, M. The Utility of Expectational Data: Firm-Level Evidence Using Matched Qualitative-Quantitative UK Surveys. **International Journal of Forecasting**, v. 27, n. 4, p. 1128-1146, 2011.

McCANDLESS, T. C.; HAUPT, S. E. The super-turbine wind power conversion paradox: using machine learning to reduce errors caused by Jensen's inequality. **Wind Energy Science**, v. 4, p. 343-353, 2019.

MACDONALD, J. M.; KAMINSKI, R. J.; SMITH, M. R. The effect of less-lethal Weapons on injuries in police use-of-force events. **American Journal of Public Health**, v. 99, n. 12, p. 2268-2274, 2009.

MAHDAVINEJAD, M. S.; REZVAN, M.; BAREKATAIN, M.; ABIDI, P.; BARNAGHI, P.; SHETH, A. P. Machine learning for internet of things data analysis: a survey. **Digital Communications and Networks**, v. 4, n. 3, p. 161-175, 2018.

MAHMOUD, E. Accuracy in forecasting: A survey. **Journal of Forecasting**, v. 3, n. 2, p. 139-159, 1984.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. 3 ed. New York: John Willey & Sons, 1998.

MALTRITZ, D.; WÜSTE, S. Determinants of budget deficits in Europe: The role and relations of fiscal rules, fiscal councils, creative accounting and the Euro. **Economic Modelling**, v. 48, p. 222-226, 2015.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

_____. **Técnica de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

MARTIN, C. A.; WITT, S. F. Forecasting tourism demand: A comparison of the accuracy of several quantitative methods. **International Journal of Forecasting**, v. 5, n. 1, p. 7-19, 1989.

MARTÍN-MARTÍN, A.; ORDUNA-MALEA, E.; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, E. Coverage of highly-cited documents in Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A multidisciplinary comparison. **Scientometrics**, v. 116, n. 3, p. 2175-2188, 2018.

MELESE, F.; FRANK, R.; ANGELIS, D.; DILLARD, J. Applying insights from transaction cost economics to improve cost estimates for public sector purchases: The case of U.S. military acquisition. **International Public Management Journal**, v. 10, n. 4, p. 357-385, 2007.

MENG, T.; JING, X.; YAN, Z.; PEDRYCZ, W. A survey on machine learning for data fusion. **Information Fusion**, v. 57, p. 115-129, 2020.

MEZZACAPPA, E. Effectiveness testing of non-lethal weapons. **The Journal of Defense Modeling and Simulation**, v. 11, n. 2, p. 91-101, 2013.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS, GABINETE DO MINISTRO. **Portaria Interministerial No- 4.226**, de 31 de dezembro de 2010. Estabelece Diretrizes sobre o Uso da Força pelos Agentes de Segurança Pública.

MOON, S.; HICKS, C.; SIMPSON, A. The development of a hierarchical forecasting method for predicting spare parts demand in the South Korean Navy - A case study. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 2, p. 794-802, 2012.

MOON, S.; SIMPSON, A.; HICKS, C. The development of a classification model for predicting the performance of forecasting methods for naval spare parts demand. **International Journal of Production Economics**, v. 143, n. 2, p. 449-454, 2013.

MORSE, J. M.; BARRET, M.; MAYAN, M. OLSON, K.; SPIERS, J. Verification strategies for establishing reliability and validity in qualitative research. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2002.

NEGRETE, A. C. A. et al. **Mapeamento da base industrial de Defesa**. Brasília: ABDI/Ipea, 2016. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Princípios Básicos sobre a Utilização da Força e de Armas de Fogo pelos Funcionários Responsáveis pela Aplicação da Lei (PBUFAF)**, 8º Congresso das Nações Unidas – Havana, Cuba, 1990.

ORDUNA-MALEA, E; AYLLÓN, J. M.; MARTÍN-MARTÍN, A.; LÓPEZ-CÓZAR, E. D. Methods for estimating the size of Google Scholar. **Scientometrics**, v. 104, n. 3, p. 931-949, 2015.

PARENTE, R.; ANDERSON-PARENTE, J. A case study of long-term Delphi accuracy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, n. 9, p. 1705-1711, 2011.

PAOLINE, E. A.; TERRIL, W. Listen to me! Police officers' views of appropriate use of force. **Journal of Crime and Justice**, v. 34, n. 3, p. 178-189, 2011.

PÉREZ-LÓPEZ, G.; PRIOR, D.; ZAFRA-GÓMEZ, J, L. Rethinking New Public Management delivery forms and efficiency: Long-term effects in Spanish local government. **Journal of Public Administration Research and Theory**, v. 25, n. 4, p. 1.157-1.183, 2015.

PETERSON, R. A. A meta-analysis of variance accounted for and factor loadings in exploratory factor analysis. **Marketing Letter**, v. 11, n. 3, p. 261-275, 2000.

PESANTEZ, J. E.; BERGLUND, E. Z.; KAZA, N. Smart meters data for modeling and forecasting water demand at the user-level. **Environmental Modelling and Software**, *in press*, 2020.

PMES. **Polícia Militar do Espírito Santo**, 2019. Disponível em: <<http://pm.es.gov.br/identidade-corporativa>>. Acesso em: 20 set. 2019.

_____. Organograma da Polícia Militar do Espírito Santo. **Polícia Militar do Espírito Santo**, 2019. Disponível em: <<http://pm.es.gov.br/organograma>>. Acesso em: 11 out. 2019.

PRAK, D.; TEUNTER, R. A general method for addressing forecasting uncertainty in inventory models. **International Journal of Forecasting**, v. 35, n. 1, p. 224-238, 2019.

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

R Development Core Team. 2020a. **An Introduction to R**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. de 2020.

R Development Core Team. 2020b. **Package ‘caret’**. Disponível em: < <https://cran.rproject.org/web/packages/caret/caret.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

R Development Core Team. 2020c. **Package ‘psych’**. Disponível em: < <https://cran.rproject.org/web/packages/psych/psych.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

R Development Core Team. 2015. **Package ‘GPArotation’**. Disponível em: < <https://cran.rproject.org/web/packages/GPArotation/GPArotation.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

RAMPAZZO, L. **Metodologia científica para alunos de graduação e pós-graduação**. 3. ed. São Paulo. Edições Loyola, 2002.

RAWLINGS, J.; PANTULA, S. G.; DICKEY, D. A. **Applied regression analysis**, 2. ed., New York: Springer-Verlag, 1998.

SANTÍN, D.; APARICIO, J.; LAURA, L. Economic crisis and public education: A productivity analysis using a Hicks-Moorsteen index. **Economic Modelling**, v.71, p. 34–44, 2018.

SARBIN, T. R. Contributions to the study of actuarial and individual methods of prediction. **American Journal of Sociology**, v. 48, n. 5, p. 593-602, 1943.

SAVIO, N. D.; NIKOLOPOULOS, K. A strategic forecasting framework for governmental decision-making and planning. **International Journal of Forecasting**, v. 29, n. 2, p. 311-321, 2013.

SENATRO, D. L.; PIETRO, C.; PAOLA, C.; CARMELINA, C. Regression analysis for energy demand projection: an application to TIMES-Basilicata and TIMES-Italy energy models. **Energy**, v. 1, 2020.

SHTUB, A.; SIMON, M. Determination of reorder points for spare parts in a two-echelon inventory system: The case of non-identical maintenance facilities. **European Journal of Operational Research**, v. 73, n. 3, p. 458-464, 1994.

SOKKHEY, P; OKAZAKI, T. Hybrid machine learning algorithms for predicting academic performance. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 11, n. 1, p. 32-41, 2020.

SOKRI, A. Military supply chain flexibility. **Journal of Modelling in Management**, v. 9, n. 1, p. 78-86, 2014.

SCHUBERT, T. Empirical observations on New Public Management to increase efficiency in public research - Boon or base? **Research Policy**, v. 38, n. 8, p. 1225-1234, 2009.

SESP. Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa Social. **Comandos de policiamento ostensivo da Polícia Militar do Espírito Santo**. Escala 1:1.480.000, Vitória, 2018a.

SESP. Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa Social. **Divisão das unidades operacionais da Polícia Militar do Espírito Santo**. Escala 1:1.480.000, Vitória, 2018b.

SINISCALCHI, J. Non-lethal technologies: Implications for military strategy. **Center for strategy and technology**, n. 3, Alabama: Air War College, Alabama, 1998.

STURGES, J. E.; HANRAHAN, K. J. Comparing telephone and face-to-face qualitative interviewing: A research note. **Qualitative Research**, v. 4, n. 1, p. 107-118, 2004.

TEUNTER, R. H.; SYNTETOS, A. A.; BABAI, M. Z. Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. **European Journal of Operational Research**, v. 214, n. 3, p. 606-615, 2011.

THOMOPOULOS, N. **Demand forecasting for inventory control**. Springer, 2015.

THIAGARAJAN, R.; RAHMAN, M.; GOSSINK, D.; CALBERT, G. A data mining approach to improve military demand forecasting. **Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research**, v.4, n. 3, p. 205-214, 2014.

TRAPERO, J. R.; CARDÓS, M.; KOURENTZES, N. Quantile forecast optimal combination to enhance safety stock estimation. **International Journal of Forecasting**, v. 35, n. 1, p. 239-250, 2019.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VAN DER LAAN, E. et al. Demand forecasting and order planning for humanitarian logistics: An empirical assessment. **Journal of Operations Management**, v. 45, p. 114-122, 2016.

VILKE, G. M.; CHAN, T. C. Less lethal technology: medical issues. **Policing**, v. 30, n. 3, p. 341-357, 2007.

WANG, C. H.; CHEN, J. Y. Demand forecasting and financial estimation considering the interactive dynamics of semiconductor supply-chain companies. **Computer and Industrial Engineering**, v. 138, 106104, 2019.

WILLMOTT, C.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model. **Climate Research**, v. 30, p. 79-82, 2005.

WOLF, R.; MESLOH, C.; HENYCH, M; THOMPSON, L. F. Police use of force and the cumulative force factor. **Policing**, v. 32, n. 4, p. 739-757, 2009.

XU, L.; HU, O.; GUO, Y.; ZHANG, M.; LU, D.; CAI, C. B.; XIE, S.; GOODARZI, M.; FU, H. Y.; SHE, Y. B. Representative splitting cross validation. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 183, p. 29-35, 2018.

XU, Y.; GOODACRE, R. On splitting training and validation set: a comparative study of cross-validation, bootstrap and systematic sampling for estimating the

generalization performance of supervised learning. **Journal of Analysis and Testing**, v. 2, n. 3, p. 249-262, 2018.

YIN, R. K **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. São Paulo: Bookdman, 2001.

_____. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

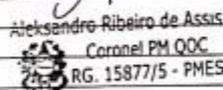
ZWICK, W. R.; VELICER, W. F. Comparison of five rules for determining the number of components to retain. **Psychological Bulletin**, v. 99, n. 3, p. 432-442, 1986.

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA POLÍCIA MILITAR DO ESPÍRITO SANTO



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
POLÍCIA MILITAR – COMANDO GERAL
AJUDÂNCIA GERAL
"Policia Militar, herói protetor da sociedade"



PROCESSO _____ RUBRICA _____ FOLHA _____
DESPACHO Nº 1238/2019 – Aj. Geral
Em: 08.05.2019.
Ao Cel QOCPM Diretor de Apoio Logístico.
Anexo: Requerimento interposto pelo Sd QPMP-C THIAGO PAVAN SILVA, RG 21.696-1/NF 3258742, o qual solicita autorização para coletar dados e entrevistas para trabalho de conclusão de curso junto a UFES.
Trata-se do requerimento interposto pelo Sd QPMP-C THIAGO PAVAN SILVA, RG 21.696-1/NF 3258742, o qual solicita autorização para coletar dados e entrevistas para trabalho de conclusão de curso de mestrado junto a UFES , após crivo deste Comando Geral, autorizo a realização das entrevistas e o acesso aos dados conforme solicitado, encaminho a esse insigne Diretor, para conhecimento e demais providências pertinentes.
 ALEKSANDRO RIBEIRO DE ASSIS – CEL QOCPM Subcomandante Geral da PMES
 Aleksandro Ribeiro de Assis Coronel PM QOC RG. 15877/5 - PMES

D MES / 1204 / 1000 V 91536 / 19

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Programa de
Pós- Graduação
em Administração
UFES
Mestrado e Doutorado

Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas
Programa de Pós – Graduação em Administração
Av. Fernando Ferrari s/nº - Campus de Goiabeiras
CEP. 29060.090-ES-Brasil-Tel.(27)4009.7712
Email: ppgadm@npd.ufes.br; www.ppgadm.ufes.br/

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O senhor (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa, que tem como título provisório: **Proposta de metodologia de previsão de demanda para munições e granadas menos letais no âmbito policial militar**, que tem como objetivo propor uma metodologia quantitativa de previsão de demanda para munições e granadas menos letais que contribua com a melhora da acurácia de previsão no âmbito da polícia militar do Espírito Santo.

A pesquisa busca identificar fatores que influenciam a demanda de munições e granadas menos letais, analisar a relevância dos fatores que influenciam a demanda dos materiais e desenvolver uma metodologia de previsão de demanda. Dessa forma, o modelo de previsão visa contribuir com a gestão de materiais bélicos na PMES, o que poderá ajudar, por exemplo, na manutenção de estoques de segurança de materiais menos letais e permitir à organização planejar suas ações sob volatilidades da demanda.

A vossa participação na pesquisa será por meio de entrevistas anônimas gravadas, cujos arquivos de áudio serão apagados após a transcrição em texto. Caso o senhor se sinta desconfortável com a entrevista, ela será encerrada.

As informações desta pesquisa terão caráter sigiloso, não sendo utilizadas para outros fins. O anonimato está garantido para o seu nome, sendo ele modificado para um nome fictício. O relatório de pesquisa informará, todavia, o cargo e o tempo de serviço visto que essas informações são essenciais para a análise pretendida.

Eu,, fui informado dos objetivos da pesquisa de maneira clara. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim eu o desejar. O mestrando Thiago Pavan Silva (pesquisador responsável) certificou-me de que todos os dados desta pesquisa referentes à entrevista serão confidenciais e terei liberdade de retirar meu consentimento de participação na pesquisa. Em face destas informações autorizo a realização desta pesquisa.

Assinatura do (a) participante
(suprimido), ____ de _____ de 2019

Na qualidade de Pesquisador responsável pela Pesquisa acima descrita, declaro ter cumprido as exigências contidas na Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas que envolvem seres humanos, aplicáveis à presente pesquisa.

Thiago Pavan Silva (Pesquisador)

Em caso de dúvidas, entre em contato:	
Pesquisador	Thiago Pavan Silva / E-mail: wpavanjr@hotmail.com / Tel.: (27) 99228-9249
PPGAdm	Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória-ES, CEP 29.075-910, Campus Goiabeiras, CCJE, / Email: ppgadm@gmail.com / telefone 4009-2794

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Identificação do entrevistado:

1. Nome do entrevistado:
2. Tempo de serviço militar:
3. Tempo na função de P4:

Formação acadêmica:

1. Possui curso de graduação?
2. Possui curso de especialização, mestrado, doutorado? Se sim, qual curso?

Gestão de materiais bélicos (munições e granadas menos letais):

1. Na unidade em que o senhor (a) exerce a função de gestor de materiais bélicos, quais são os tipos de demandas, ocorrências policiais “ordinárias”, que necessitam de emprego de munições e granadas menos letais?
2. Além das demandas de ocorrências policiais “ordinárias” quais outros fatores (instabilidade política, econômica, social) que podem contribuir para ocorrências policiais que necessitam do emprego destes materiais?
3. O senhor(a) utiliza alguma fonte de informação (dados históricos, informação de setores investigativos, informação da tropa) para realizar a previsão de demanda?
4. Os pedidos realizados no SIGA são as necessidades reais da OME, ou há um acréscimo na quantidade de pedidos? Se sim, por que?

APÊNDICE E – LISTA DE TABELAS

Tabela 18 - Desempenho preditivo com 5-fold e 10-fold

Produto	k-fold CV	Preditores	Etapas	Desempenho preditivo				
				RMSE	<i>Rsquare</i>	MAE		
1: GL-108	5-fold	Originais	Treino	2,306	9,675e-02	1,769		
			Teste	2,410	3,047e-05	1,889		
		Fatores-AFE	Treino	2,303	1,031e-01	1,761		
			Teste	2,326	2,778e-03	1,760		
		10-fold	Originais	Treino	2,298	1,332e-01	1,746	
				Teste	2,368	5,596e-02	1,873	
	Fatores-AFE		Treino	2,415	2,465e-01	1,868		
			Teste	2,045	2,014e-06	1,509		
	2: AM 403		5-fold	Originais	Treino	108,172	0,0135	85,541
					Teste	108,035	0,0119	81,721
		Fatores-AFE		Treino	111,667	0,0249	86,256	
				Teste	102,276	0,1465	74,362	
10-fold		Originais		Treino	111,593	0,2529	86,998	
				Teste	87,789	0,0062	67,229	
		Fatores-AFE	Treino	113,392	0,0942	90,749		
			Teste	81,1734	0,0253	66,168		
				Originais	Treino	6,015	0,178	4,592

3: GL 304	5-fold		Teste	5,529	0,017	4,694
		Fatores- AFE	Treino	6,254	0,037	5,130
			Teste	5,326	0,137	3,872
	10-fold	Originais	Treino	6,249	0,091	5,095
			Teste	4,367	0,176	3,478
		Fatores- AFE	Treino	5,511	0,164	4,440
Teste			6,571	0,0717	5,195	

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 19 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 1, com variáveis originais

Variáveis originais			
Produto 1: GL 108 MAX			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	2,306	3,047e-05	1,769
1st Qu.	2,332	2,421e-02	1,799
Median	2,358	4,839e-02	1,829
Mean	2,358	4,839e-02	1,829
3rd Qu.	2,384	7,257e-02	1,859
Max.	2,411	9,675e-02	1,889

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 20 - Análise descritiva de 5-fold para o produto 1, com fatores - AFE

Fatores - AFE			
Produto 1: GL 108 MAX			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	2,303	0,002778	1,760
1st Qu.	2,308	0,027859	1,760
Median	2,314	0,052940	1,760
Mean	2,314	0,052940	1,760

3rd Qu.	2,320	0,078021	1,761
Max.	2,326	0,103102	1,761

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 21 – Análise descritiva com 10-*fold* para o produto 1, com variáveis originais

Variáveis Originais			
Produto 1: GL 108 MAX			
10-<i>fold</i>	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	2,299	0,05596	1,746
1st Qu.	2,316	0,07527	1,778
Median	2,334	0,09457	1,810
Mean	2,334	0,09457	1,810
3rd Qu.	2,351	0,11338	1,841
Max.	2,368	0,13319	1,873

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 22 – Análise descritiva com 10-*fold* para o produto 1, com fatores - AFE

FATORES - AFE			
Produto 1: GL 108 MAX			
10-<i>fold</i>	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	2,045	2,010e-06	1,509
1st Qu.	2,137	6,163e-02	1,509
Median	2,230	1,233e-01	1,689
Mean	2,230	1,233e-01	1,689
3rd Qu.	2,323	1,849e-01	1,778
Max.	2,415	2,465e-01	1,868

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 23 - Análise descritiva de 5-*fold* para o produto 2, com variáveis originais

Variáveis Originais			
Produto 2: AM 403			
5-<i>fold</i>	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	108,0	0,01189	81,72

1st Qu.	108,1	0,01230	82,68
Median	108,1	0,01271	83,63
Mean	108,1	0,01271	83,63
3rd Qu.	108,1	0,01313	84,59
Max.	108,2	0,01354	85,54

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 24 - Análise descritiva de 10-*fold* para o produto 2, com variáveis originais

Variáveis Originais			
Produto 2: AM 403			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	87,79	0,006175	67,23
1st Qu.	93,74	0,067853	72,17
Median	99,69	0,129532	77,11
Mean	99,69	0,129532	77,11
3rd Qu.	105,64	0,191210	82,06
Max.	111,59	0,252888	87,00

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 25 - Análise descritiva com 5-*fold* para o produto 2, com fatores - AFE

FATORES - AFE			
Produto 2: AM 403			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	102,3	0,02490	74,36
1st Qu.	104,6	0,05531	77,34
Median	107,0	0,08571	80,31
Mean	107,0	0,08571	80,31
3rd Qu.	109,3	0,11612	83,28
Max.	111,7	0,14653	86,26

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 26 - Análise descritiva com 10-*fold* para o produto 2, com fatores - AFE

FATORES - AFE			
Produto 2: AM 403			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	81,17	0,02527	66,17
1st Qu.	89,23	0,04250	72,31
Median	97,28	0,05973	78,46
Mean	97,28	0,05973	78,46
3rd Qu.	105,34	0,07697	84,60
Max.	113,39	0,09420	90,75

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 27 - Análise descritiva de 5-*fold* para o produto 3, com variáveis originais

Variáveis Originais			
Produto 3: GL 304			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	5,529	0,01657	4,593
1st Qu.	5,650	0,05690	4,618
Median	5,772	0,09724	4,643
Mean	5,772	0,09724	4,643
3rd Qu.	5,893	0,13757	4,669
Max.	6,015	0,17790	4,694

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 28 - Análise descritiva de 10-*fold* para o produto 3, com variáveis originais

Variáveis Originais			
Produto 3: GL 304			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	4,367	0,09063	3,478
1st Qu.	4,838	0,11201	3,883
Median	5,308	0,13339	4,287
Mean	5,308	0,13339	4,287
3rd Qu.	5,779	0,15477	4,691

Max.	6,249	0,17615	5,095
------	-------	---------	-------

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Tabela 29 - Análise descritiva com 5-fold para o produto 3, com fatores - AFE

FATORES - AFE			
Produto 3: GL 304			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	5,331	0,03311	3,872
1st Qu.	5,562	0,05923	4,184
Median	5,793	0,08534	4,495
Mean	5,793	0,08534	4,495
3rd Qu.	6,024	0,11146	4,807
Max.	6,255	0,13757	5,119

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

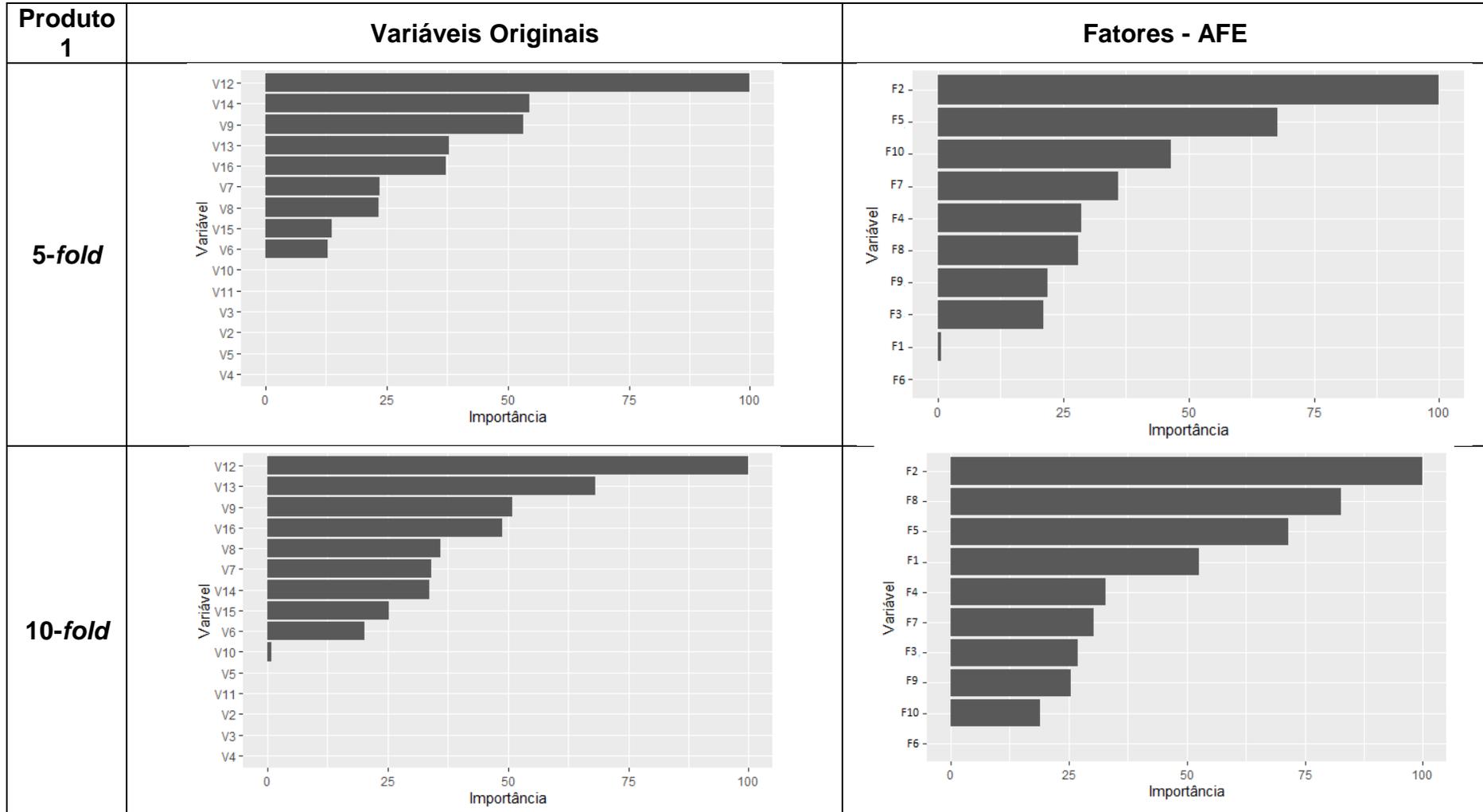
Tabela 30 - Análise descritiva com 10-fold para o produto 3, com fatores - AFE

FATORES - AFE			
Produto 3: GL 304			
5-fold	RMSE	RSquared	MAE
MIN:	5,511	0,07166	4,440
1st Qu.	5,776	0,09472	4,629
Median	6,041	0,11778	4,817
Mean	6,041	0,11778	4,817
3rd Qu.	6,306	0,14084	5,006
Max.	6,571	0,16390	5,195

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

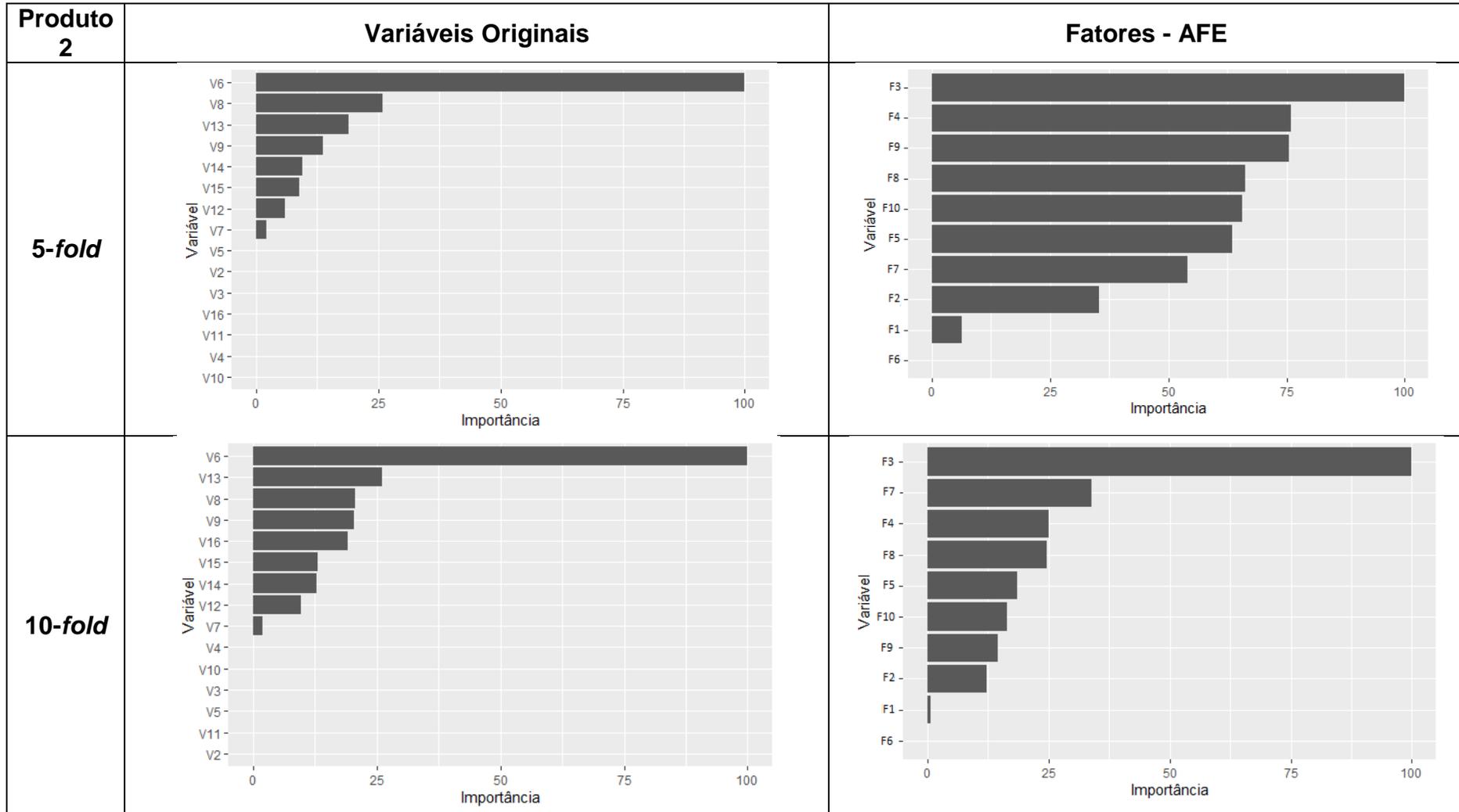
APÊNDICE F – LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - *Rplot* das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto GL 108 MAX



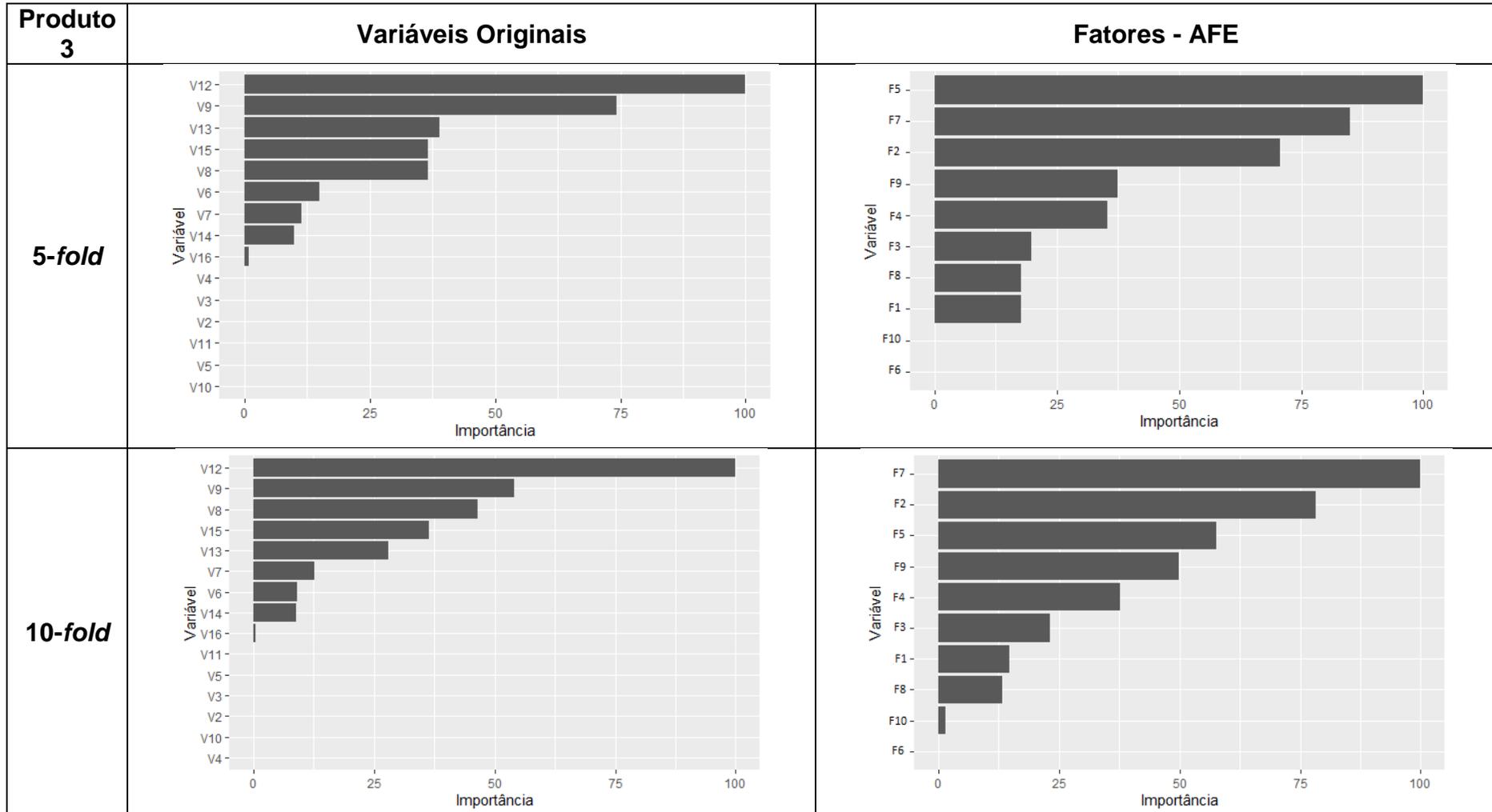
Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 2 - *Rplot* das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto AM 403



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 3 - Rplot das importâncias das variáveis/fatores para a previsão do produto GL 304



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

APÊNDICE G – SCRIPT UTILIZADO NA DISSERTAÇÃO

1) Script da análise fatorial exploratória - AFE

```
# Leitura inicial dos pacotes necessários

library(dplyr)
library(psych)
library(ggplot2)
library(reshape2)

# Entrada de dados
head(questionario)

# Resumo
summary(questionario)

# Preenchimento das posições NA com a média da variável truncada
questionario <- sapply(questionario, function(x) {
  x[is.na(x)] <- round(mean(x, na.rm=T))
  x
}) %>% as.data.frame
# Removendo as linhas nulas
# questionario <- na.omit(questionario)

# Teste de Bartlett
bartlett.test(questionario)
n=nrow(questionario)
p=ncol(questionario)
R=det(cor(questionario))
X2=-((n-1)-(2*p+5)/6)*log(R);
X2
v=p*(p-1)/2
teste=qchisq(0.05,v)
```

X2>teste # if TRUE o modelo é apropriado para a análise fatorial pelo teste de Bartlett de esfericidade

```
# Teste KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) - acima de 0.8 é recomendavel
KMO(questionario)
```

```
# Matriz de correlações amostral
```

```
mat_cor <- cor(questionario)
ggplot(data=reshape2::melt(mat_cor), aes(x=Var1, y=Var2)) +
  geom_tile(aes(fill=value)) +
  theme(axis.text.x=element_text(angle=90, hjust=1)) +
  xlab("Componente") + ylab("Componente") + labs(fill="Correlações")
```

```
# Performs a principal components analysis on the given numeric data matrix
```

```
pca <- princomp(questionario) # The calculation is done using eigen on the correlation
or covariance matrix
```

```
# pca <- prcomp(questionario) # The calculation is done by a singular value
decomposition of the (centered and possibly scaled) data matrix
```

```
summary(pca)
```

```
ggplot(data=data.frame("var"=pca$sdev^2, "comp"=1:ncol(questionario)),
  aes(x=comp, y=var)) +
  geom_bar(stat="identity", fill="steelblue") +
  labs(title="Análise principal de componentes",
  x="Componente", y = "Variância") +
  theme_minimal()
```

```
# Determinar o número de fatores ou componentes
```

```
n_factors = psych::fa.parallel(questionario, fm="ml", fa="fa")
```

```
n_factors$fa.values
```

```
# Perform maximum-likelihood factor analysis on a covariance matrix
```

```
k = n_factors$nfact
```

```
dataset_fact <- factanal(questionario, factors=k, rotation="varimax",
```

```

        scores="regression", na.action=na.pass)

load <- dataset_fact$loadings
fs <- data.frame(dataset_fact$scores)

dataset_fact <- factanal(questionario, factors=k, rotation="varimax",

        scores="regression", na.action=na.pass)

# Análise Carga Fatorial - output
dataset_fact
load

```

2) Script Random Forest e Validação Cruzada

```

# Leitura inicial dos pacotes necessários

library(caret)
library(dplyr)

# Modelagem automática do Random Forest
set.seed(1)
# Ajustar o Modelo - Validação cruzada
validacao_cruzada <- function(dataset, p=0.75, k=10, show_all_fit=F) {

# Nomeando as colunas
colnames(dataset)[1] <- "Vd"

# Obtendo o index de p% de treino
faixa_treino <- sample(nrow(dataset), round(p*nrow(dataset)), replace=F)
dataset_treino <- dataset[faixa_treino, ]
dataset_teste <- dataset[-faixa_treino, ]
# Obter os erros

```

```

# Treino
fitControl <- caret::trainControl(method="cv",
                                number=k, seeds=NULL)
fit <- caret::train(Vd ~ ., data=dataset_treino, method="rf", metric="RMSE",
                  trControl=fitControl)
if(show_all_fit) lapply(fit, print)
print(fit)
print(varImp(fit))

mtry <- as.numeric(fit$bestTune)[1]
erro <- data.frame(fit$results[fit$results$mtry == mtry,
                          c("RMSE", "Rsquared", "MAE")])

# Regressão
print("Regressão linear")
model <- lm(Vd ~ ., data=dataset_treino)
suppressWarnings(plot(model, ask=F))
print(model)

# Previsao para os 25% teste
predicao <- predict(fit, dataset_teste)
print("PrediÃ§Ã£o")
print(predicao)
erro <- rbind(erro,
              c(caret::RMSE(predicao, dataset_teste$Vd),
                caret::R2(predicao, dataset_teste$Vd),
                caret::MAE(predicao, dataset_teste$Vd))) %>%
`rownames<-` (c("train", "test"))

# Plotar as variáveis
print(ggplot(varImp(fit)) + labs(x="Variável", y = "Importância"))

return(erro)

```

```

}

#' Group dataset by factanal object
#' dataset Dataframe
#' dataset_factors factanal
#' fa_value numeric
dataset_agrupado <- function(dataset, dataset_factors, fa_value) {
  if(class(dataset_factors) != "factanal")
    stop("Entrada inválida!")
  dataset_factors <- dataset_factors$loadings

  fc <- as.data.frame(matrix(as.numeric(dataset_factors),
    attributes(dataset_factors)$dim,
    dimnames=attributes(dataset_factors)$dimnames))
  colnames(dataset) <- c("Vd", rownames(fc))

  # Coletando as variáveis a serem agrupadas
  agr <- lapply(fc, function(x) rownames(fc)[x >= fa_value])
  # Removendo fatores que não possuem variáveis
  agr <- Filter(function(x) length(x) > 0, agr)

  dataset_agr <- sapply(agr, function(x)
    apply(as.matrix(dataset[,x]), 1 ,max)) %>% as.data.frame %>%
    `colnames<-`(c(paste0("F", 1:length(agr))))
  dataset_agr <- cbind(dataset[, -which(names(dataset)%in%unique(unlist(agr)))],
    dataset_agr)
  return(dataset_agr)
}

#' Group dataset by manually
#' dataset Dataframe
#' var_agr list. List where each element corresponds to the variables to be grouped
#' var_agr = list()
#' var_agr[[1]] = c("M1", "M2", "M3")

```

```

#' var_agr[[2]] = c("M3", "M4")
#' var_agr[[3]] = c("M5, M6")

dataset_agrupado_manual <- function(dataset, var_agr) {
  if(!(any(names(dataset)%in%unique(unlist(var_agr)))))
    stop("Wrong variables")

  dataset_agr <- sapply(var_agr, function(x)
    apply(as.matrix(dataset[,x]), 1 ,max)) %>% as.data.frame %>%
    `colnames<-`(c(paste0("F", 1:length(agr)))))
  dataset_agr <- cbind(dataset[, -which(names(dataset)%in%unique(unlist(var_agr))),
    dataset_agr)
  return(dataset_agr)
}

# Carregar conjunto de dados
head(dataset)

# Selecionar as primeiras 100 linhas - Subconjunto A
faixa_A <- sample(nrow(dataset), min(100, nrow(dataset)), replace=F)
dataset_A <- dataset[faixa_A, ]

er_A = validacao_cruzada(dataset_A, p=0.75, k=10)
# show_all_fit. TRUE/FALSE. Se deseja que sejam printados todos os parâmetros
# relacionados ao treino
er_b = validacao_cruzada(dataset, p=0.75, k=10, show_all_fit=T)
er_c_5 = validacao_cruzada(dataset, p=0.75, k=5)
er_c_10 = validacao_cruzada(dataset, p=0.75, k=10)

# Pegar dataset_fact do outro script
# ex: dataset_fact <- factanal(questionario, factors=k, rotation="varimax",
scores="regression", na.action=na.pass)
dataset_agr <- dataset_agrupado(dataset, dataset_fact, 0.70)

```

```
er_d_5 = validacao_cruzada(dataset_agr, p=0.75, k=5)
er_d_10 = validacao_cruzada(dataset_agr, p=0.75, k=10)
```

```
rbind(er_A, er_b, er_c_5, er_c_10, er_d_5, er_d_10)
```

```
# Remoção dos outliers
```

```
# Manual:
```

```
l_remov <- c(1,2,3)
```

```
# Remoção automática dos outliers:
```

```
# Outliers
```

```
out <- boxplot.stats(dataset[,1])$out
```

```
out
```

```
l_remov <- which(dataset[,1] %in% out)
```

```
l_remov
```

```
# Removendo as linhas dos outliers
```

```
dataset <- dataset[-l_remov, ]
```

```
# rodar o script para retirar os outliers
```