

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES**

Igor Itioka Gregorio

**ESTUDO SOBRE MUNIÇÕES INTELIGENTES E ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE
CURSO DA ARTILHARIA DE TUBO 155 MM VISANDO A MELHOR OPÇÃO PARA
AQUISIÇÃO E EMPREGO EM AMBIENTE URBANO**

**Resende
2022**

	APÊNDICE III (TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL) AO ANEXO B (NITCC) ÀS DIRETRIZES PARA A GOVERNANÇA DA PESQUISA ACADÊMICA E DA DOCTRINA NA AMAN	AMAN 2022
---	--	----------------------

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL

TÍTULO DO TRABALHO: ESTUDO SOBRE MUNIÇÕES INTELIGENTES E ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO DA ARTILHARIA DE TUBO 155 MM VISANDO A MELHOR OPÇÃO PARA AQUISIÇÃO E EMPREGO EM AMBIENTE URBANO
AUTOR: IGOR ITIOKA GREGORIO

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.

Autorizo a Academia Militar das Agulhas Negras a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

A Academia Militar das Agulhas Negras poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção de Ensino da Academia Militar das Agulhas Negras.

Resende, 28 de Julho de 2022.

Igor Itioka Gregorio

Cad Igor Itioka Gregorio

Dados internacionais de catalogação na fonte

G818e GREGORIO, Igor Itioka

Estudo sobre munições inteligentes e espoletas de correção do Curso de Artilharia de tubo 155 mm visando a melhor opção para aquisição e emprego em ambiente urbano / Igor Itioka Gregorio – Resende; 2022. 44 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Cícero Farias Tourinho

TCC (Graduação em Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2022.

1.Munição Inteligente. 2.Espoleta de Correção de Curso
3.Artilharia de Campanha. 4.Munição Convencional I. Título.

CDD: 355

Igor Itioka Gregorio

ESTUDO SOBRE MUNIÇÕES INTELIGENTES E ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO DA ARTILHARIA DE TUBO 155 MM VISANDO A MELHOR OPÇÃO PARA AQUISIÇÃO E EMPREGO EM AMBIENTE URBANO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientador: Cícero Farias Tourinho – 1º Ten

Resende
2022

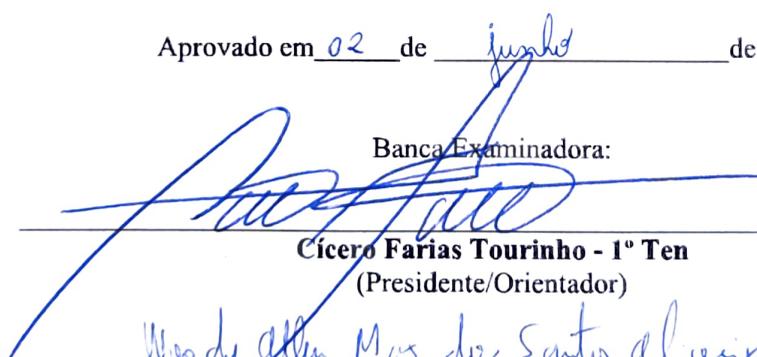
Igor Itioka Gregorio

ESTUDO SOBRE MUNIÇÕES INTELIGENTES E ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO DA ARTILHARIA DE TUBO 155 MM VISANDO A MELHOR OPÇÃO PARA AQUISIÇÃO E EMPREGO EM AMBIENTE URBANO

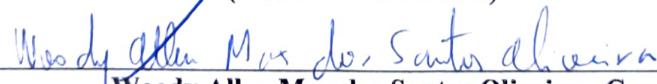
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em 02 de junho de 2022:

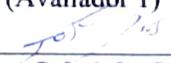
Banca Examinadora:



Cícero Farias Tourinho - 1º Ten
(Presidente/Orientador)



Woody Allen Max dos Santos Oliveira - Cap
(Avaliador 1)



Matheus Henrique Sobrinho Mariano - 1º Ten
(Avaliador 2)

Resende
2022

Dedico este trabalho, primeiramente à Deus, que me guiou através das dificuldades e me deu forças para prosseguir na minha jornada, para que eu pudesse ingressar na AMAN e realizar meu sonho de me tornar oficial do Exército Brasileiro e, também, aos meus pais que sempre me apoiaram neste meu sonho, e me incentivavam a nunca desistir dele.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a Deus pelas oportunidades que Ele tem me proporcionado e por me ajudar a sempre seguir em frente.

Aos meu pais, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e incentivando, desde o dia em que optei pela carreira de oficial do Exército Brasileiro.

Ao 1º Tenente Farias, pelo esforço, dedicação e abnegação ao me orientar no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço por suas correções, orientações e incentivos.

Aos Senhores oficiais, que se dedicaram a responder meu questionário, tornando possível meu prosseguimento neste trabalho.

Por fim, agradeço aos amigos que também me deram conselhos e me apoiaram para que eu conseguisse prosseguir na minha jornada.

RESUMO

ESTUDO SOBRE MUNIÇÕES INTELIGENTES E ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO DA ARTILHARIA DE TUBO 155 MM VISANDO A MELHOR OPÇÃO PARA AQUISIÇÃO E EMPREGO EM AMBIENTE URBANO

AUTOR: Igor Itioka Gregorio
ORIENTADOR: Cícero Farias Tourinho

O presente estudo buscou apresentar as características e o funcionamento das principais munições inteligentes e espoletas de correção de curso presentes no mercado internacional, mostrando a necessidade da aquisição de projéteis de precisão, para que a Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro tenha a capacidade de desencadear fogos em áreas edificadas com o mínimo de danos colaterais possível. A fim de evitar a violação do DICA (Direito Internacional dos Conflitos Armados) fica inviável utilizar munições convencionais em ambientes urbanos, devido a seus efeitos que resultariam em severos danos colaterais. A finalidade é demonstrar a superioridade das munições inteligentes e espoletas de correção de curso frente às munições convencionais, alertando sobre a necessidade de se adquirir uma dessas tecnologias, a fim de tornar a Artilharia de Campanha apta a realizar disparos de precisão em ambiente urbano, evitando os danos colaterais que teriam sido causados caso fossem utilizadas munições convencionais ao invés de munições inteligentes. Para tanto, este trabalho descreveu os efeitos causados pelas munições convencionais utilizadas pela Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro, e também analisou as características e o funcionamento das munições inteligentes M982 *Excalibur*, M712 *Copperhead*, *Oto Vulcano* V155 GLR-SAL e das espoletas de correção de curso M1156 *PGK* e *Top Gun*, que possibilitaram a comparação de dados nos quesitos precisão, alcance, custo e capacidade de emprego dessas tecnologias pela artilharia brasileira. Com a pesquisa bibliográfica e o questionário aplicado, foi possível concluir que a munição mais vantajosa a ser adquirida a fim de capacitar a artilharia de tubo a ser empregada em ambientes urbanos é a M982 *Excalibur*.

Palavras-chave: Artilharia de campanha. Munição convencional. Munição inteligente. Espoleta de correção de curso. Ambiente urbano. Danos colaterais.

ABSTRACT

STUDY ABOUT INTELLIGENT AMMUNITION AND COURSE CORRECTION FUZES OF THE 155 MM TUBE ARTILLERY AIMING AT THE BEST OPTION FOR ACQUISITION AND EMPLOYMENT IN URBAN ENVIRONMENT

AUTHOR: Igor Itioka Gregorio
ADVISOR: Cícero Farias Tourinho

The present study sought to present the characteristics and operation of the main intelligent ammunition and course correction fuzes present in the international market, showing the need to acquire precision projectiles so that the Brazilian Army Field Artillery can trigger fires in built areas with the minimal collateral damage as possible. In order to avoid violating the LOAC (Law of Armed Conflict) it is impossible to use conventional ammunition in urban environments due to its effects that would result in severe collateral damage. The purpose is to demonstrate the superiority of smart ammunition and course correction fuzes against conventional ammunition, warning about the need to acquire one of these technologies, in order to make the Field Artillery able to perform precision fires in an urban environment, avoiding the collateral damage that would have been caused if conventional munitions were used instead of “smart weapons”. Therefore, this work described the effects caused by conventional ammunition used by the Field Artillery of the Brazilian Army, and also analyzed the characteristics and operation of the intelligent ammunition M982 Excalibur, M712 Copperhead, Oto Vulcano V155 GLR-SAL and the course correction fuzes M1156 PGK and Top Gun, which made it possible to compare data in terms of accuracy, range, cost and capacity of use of these technologies by Brazilian Artillery. With the bibliographic research and the applied questionnaire, it was possible to conclude that the most advantageous ammunition to be acquired in order to enable the tube artillery to be used in urban environments is the M982Excalibur.

Keywords: Field artillery. Conventional ammunition. Intelligent ammunition. Course correcting fuze. Urban environment. Collateral damage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área de estilhaçamento de uma munição convencional.	18
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cenário Urbano.....	15
Figura 2 – Funcionamento do GPS.....	16
Figura 3 - Comparação do CEP de munições convencionais e munições inteligente.	18
Figura 4 – Munição M107 IMBEL.....	19
Figura 5 – M982 <i>Excalibur</i>	20
Figura 6 – Funcionamento da <i>Excalibur</i>	21
Figura 7 – Sistema designador laser.....	22
Figura 8 – M712 <i>Copperhead</i>	23
Figura 9 - <i>Oto Vulcano</i> V155 GLR-SAL.....	24
Figura 10 – M1156 PGK.....	26
Figura 11 – <i>Top Gun</i>	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
AC	Artilharia de Campanha
Art.	Artigo
Bia O	Bateria de Obuses
Cap	Capitão
CEP	<i>Circular Error Probable</i> (Erro Circular Provável)
CCF	<i>Course Correcting Fuze</i> (Espoleta de Correção de Curso)
DICA	Direito Internacional dos Conflitos Armados
EB	Exército Brasileiro
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
INS	<i>Inertial Navigation System</i> (Sistema de Navegação Inercial)
km	Quilômetros
m	Metros
mm	Milímetros
p.	Página
PGM	<i>Precision Guided Munition</i> (Munição Guiada de Precisão)
REOP	Reconhecimento Escolha e Ocupação de Posição
Tec mil	Técnicas Militares
Ten	Tenente
%	Percentual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O CENÁRIO DE COMBATE URBANO	14
2.2	MUNIÇÕES DE ARTILHARIA.....	17
2.2.1	Munição convencional M107 IMBEL	18
2.2.2	<i>M982 Excalibur</i>	19
2.2.3	<i>M712 Copperhead</i>	22
2.2.4	<i>Oto Vulcano V155 GLR-SAL</i>	24
2.3	ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO	25
2.3.1	M1156 PGK.....	25
2.3.2	<i>Top Gun</i>	26
3	REFERENCIAL METODOLÓGICO	28
3.1	TIPO DE PESQUISA.....	28
3.2	MÉTODOS	29
3.2.1	MÉTODO UTILIZADO NA PESQUISA	29
3.2.2	FORMA DE OBTENÇÃO DE DADOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A – Questionário	37
	APÊNDICE B - Respostas ao questionário aplicado ao Capitão de Artilharia Rocha Manso.....	39
	APÊNDICE C - Respostas ao questionário aplicado ao Tenente de Artilharia Samuel Pedro	42

1 INTRODUÇÃO

O tema “Munições Inteligentes” tem adquirido grande importância devido à conjuntura dos conflitos armados mais recentes e da intensificação do combate urbano. Baixas civis e de não combatentes sempre existiram durante qualquer guerra, porém, com a finalidade de garantir os Direitos Humanos, e evitar a repressão da população devido a essas baixas de não-combatentes, entrou em cena o desenvolvimento das chamadas “armas inteligentes”.

Segundo Zarpelão (2008), foi durante a crise no Oriente Médio, em 1990, que acelerou a elaboração de uma nova doutrina por parte dos Estados Unidos, a qual visava a construção e o desenvolvimento de armas com tecnologia avançada, conhecidas como “inteligentes” e que seriam capazes de destruir o inimigo mas também reduzir as baixas dos civis do adversário e as possíveis baixas estadunidenses.

Um exemplo dessas baixas de não combatentes é um ataque errôneo feito pela artilharia israelense: “Israel lamentou as mortes de inocentes e abriu uma investigação. Uma porta-voz do Exército disse que forças israelenses dispararam artilharia contra o norte de Gaza em resposta a disparos de foguetes por militantes contra Israel” (ISRAEL, 2006).

Zarpelão (2008) afirma que a mídia estadunidense admitiu que a cobertura feita na Guerra do Golfo foi bastante tendenciosa a favor dos Estados Unidos e também afirma que o governo estadunidense tinha grande interesse em posicionar a mídia a seu favor. Esse controle informacional tinha como finalidade evitar que o ocorrido na Guerra do Vietnã se repetisse, a qual foi considerada bastante impopular pela opinião pública, interna e externa, devido a circulação de imagens dos conflitos.

Além dos fatores imprecisão e opinião pública, citados acima, ao analisar as batalhas que ocorreram na história da humanidade, desde os conflitos da idade média até os conflitos armados contemporâneos, nota-se a mudança do campo de batalha, saindo dos campos, passando por trincheiras e florestas, e se aproximando cada vez mais do cenário urbano, o qual tornou-se comum na atualidade, como por exemplo, a questão dos ataques a Israel pelo grupo militante Hamas, em 2021.

A população urbana chegou a 56,2% da população total, ou seja, 4,4 bilhões de pessoas vivendo em cidades, e que até 2050 deve haver 6,7 bilhões de pessoas morando em cidades, resultando num total de 68,4% da população mundial (EUSTÁQUIO, 2021). Isso só reforça a importância da criação e do desenvolvimento das chamadas munições inteligentes para a artilharia de campanha, as quais são objetos de estudo desta pesquisa, e que também mostrará a precisão e

o alcance, os quais são superiores às munições convencionais de artilharia. Graças a essa sofisticada solução, tornou-se possível reduzir em grande escala os efeitos colaterais que seriam causados pela artilharia, caso fosse necessária sua atuação em cenário urbano.

Tal inovação em artefatos militares permitiu a redução dos efeitos colaterais como destruição de monumentos históricos, prédios, igrejas, hospitais e a própria população civil não combatente, vindo a evitar que os Direitos Humanos sejam violados. Também possibilitou a redução do consumo de munição, visto que essas munições inteligentes podem ser tão precisas que apenas uma granada é capaz de causar o mesmo dano que para o mesmo alvo, seria necessário o uso de várias granadas convencionais, além de economizar com tiros de ajustagem ou regulação.

O escopo desta pesquisa consistirá no estudo e análise das principais munições inteligentes e espoletas de precisão presentes na atualidade, visando uma escolha adequada para a aquisição por parte do Exército Brasileiro a fim de se possibilitar o emprego de sua artilharia de campanha em ambientes urbanos.

O primeiro capítulo explora as características do cenário de combate urbano e as necessidades de adequação da artilharia de tubo frente às adversidades encontradas nesse cenário de combate. Também aborda sobre o sistema GPS, seu funcionamento e sua interação ao sistema de armamento militar. As principais fontes utilizadas foram artigos científicos e monografias que tratam sobre a Guerra de 4ª Geração, conflito assimétrico, combate em áreas edificadas e o sistemaGPS, cujos principais autores foram: Carrozza, Monteiro e Sousa.

O segundo capítulo aborda as características e o funcionamento das principais munições inteligentes de artilharia e espoletas de correção de curso presentes no mercado internacional, com foco nos quesitos precisão, alcance, custo e capacidade de emprego. Também foram utilizadas fontes como artigos científicos, monografias com detalhes técnicos específicos das munições abordadas cujos principais autores foram: Manso, Carrozza e Quinodoz. Também foram utilizadas como fontes de consulta as páginas: *Global Security*, *Top War*, *Defense Update* e *Ars Technica*.

O terceiro e último capítulo compara esses artefatos bélicos, buscando eleger o artefato bélico mais vantajoso a ser adquirido pelo EB, a fim de capacitar o emprego de sua Artilharia de Campanha em áreas edificadas com reduzidos danos colaterais.

O problema a ser elucidado por essa pesquisa pode ser explorado pelo seguinte questionamento: o Exército Brasileiro não possui as chamadas munições inteligentes em seu arsenal, portanto não está apto a utilizar sua artilharia de campanha em conflitos urbanos para neutralizar alvos com o mínimo de danos colaterais, então: considerando-se todos os materiais da artilharia

de tubo do Exército Brasileiro, incluindo os novos obuseiros M109 A5 +BR, qual seria a opção ideal de munição inteligente ou espoleta de correção de curso a ser adquirida pelo EB, visando adequar sua artilharia de tubo aos conflitos urbanos, a fim de torná-la capaz de neutralizar alvos com o mínimo de danos colaterais?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é elencar as peculiaridades e características das principais munições inteligentes e espoletas de correção de curso presentes no cenário internacional, analisando os fatores precisão, custo e capacidade de emprego pelos materiais de artilharia do Exército Brasileiro, demonstrando a necessidade de aquisição de uma delas, e qual seria a melhor opção para que seja incorporada e empregada pela artilharia de campanha do Exército Brasileiro.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, foram seguidos os seguintes objetivos específicos abaixo citados a fim de permitir o desencadeamento lógico do raciocínio deste estudo:

- a) Analisar as características do cenário de combate urbano;
- b) Analisar as características e os efeitos causados pela munição convencional M107 155mm da artilharia de campanha do Exército Brasileiro;
- c) Analisar as peculiaridades e o funcionamento das principais munições inteligentes e espoletas de correção de curso, em específico: a *Excalibur*, a *Copperhead*, a *Oto Vulcano*, a PGK e a *Top Gun*;
- d) Concluir sobre a munição inteligente ou espoleta de correção de curso mais vantajosa a ser adquirida pelo Exército Brasileiro para ser empregada em ambiente urbano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CENÁRIO DE COMBATE URBANO

O cenário do combate urbano é repleto de dificuldades e obstáculos para as forças regulares atuarem, pois, no caso da artilharia de tubo, não há um campo livre para se efetuar rajadas de artilharia sem que acabe acertando prédios ou outras construções, vindo a causar baixas de civis não combatentes.

O combate urbano está inserido no contexto da Guerra de 4^a Geração ou Guerra Assimétrica, e segundo Monteiro (2017):

De qualquer forma, os defensores do conceito convergem relativamente às principais características da 4^a geração de guerras, que se caracteriza por um esbatimento das fronteiras entre a guerra e a paz, e por um regresso à conflitualidade típica da era pré-moderna, com o estado-nação a perder o monopólio da ação militar, devido ao envolvimento de atores não-estatais (como grupos de guerrilha, grupos insurgentes, terroristas, etc.).

Segundo Monteiro (2017), esses grupos não estatais procuram destruir o apoio da população aos seus líderes políticos e, aos poucos, desgastar a vontade dessa mesma população em combater. Apesar de utilizar táticas de guerrilha, insurgência e terrorismo o foco não é derrotar o inimigo militarmente, mas sim enfraquecê-lo mais psicologicamente do que fisicamente, por meio de uma guerra de baixa intensidade, normalmente de longa duração (MONTEIRO, 2017).

Devido às características inerentes a este moderno ambiente operacional, predominantemente urbano, a verificação desta adaptação da Artilharia, torna-la-á dispensável para desempenhar ações num conflito deste tipo. (SOUSA, 2012).

Segundo Carrozza (2019), a necessidade de se aumentar a precisão dos disparos da artilharia em áreas edificadas evoluiu na medida em que os conflitos em áreas urbanas vinham trazendo danos à infraestrutura das cidades, trazendo consequências negativas à economia, e também uma visão negativa da opinião pública, interna e externa, contra as forças militares.

Figura 1 – O Cenário Urbano



Fonte: MARÇAL; MEDEIROS (2013).

Segundo o manual C6-40 Volume II - Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha (2001), para alvos muito desafiados (operações em ambiente de selva, montanha ou localidades) deve-se empregar a técnica de tiro vertical. No entanto, o tiro vertical envolve flechas e duração de trajeto muito grandes, o que torna sua trajetória muito sensível às mudanças atmosféricas.

É praticamente impossível empregar a artilharia de tubo com munições convencionais em ambiente urbano sem causar danos colaterais a civis e construções, contrariando os princípios do Manual de Emprego do Direito Internacional dos Conflitos Armados (DICA) nas Forças Armadas (2011, p.14), dentre eles, destacam-se:

- a) Limitação – o direito das Partes beligerantes na escolha dos meios para causar danos ao inimigo não é ilimitado, sendo imperiosa a exclusão de meios e métodos que levem ao sofrimento desnecessário e a danos supérfluos.
- b) Humanidade – o princípio da humanidade proíbe que se provoque sofrimento às pessoas e destruição de propriedades, se tais atos não forem necessários para obrigar o inimigo a se render. Por isso, são proibidos ataques exclusivamente contra civis, o que não impede que, ocasionalmente, algumas vítimas civis sofram danos; mas todas as precauções devem ser tomadas para mitigá-los.

Para solucionar tais problemas, o sistema GPS (*Global Positioning System*, do inglês Sistema de Posicionamento Global) foi fundido em granadas de artilharia para criar as munições inteligentes, também chamadas de PGM (*Precision Guided Munition*, do inglês Munição Guiada de Precisão), e as espoletas de correção de curso, conhecidas como CCF (*Course Correcting Fuze*,

do inglês espoleta de correção de curso) com o objetivo de alcançar maior precisão nos disparos e mitigar os danos colaterais causados pelos estilhaços das granadas, além de poder atingir o alvo logo nos primeiros impactos, sem a necessidade de ajustar ou regular os tiros.

Segundo Monteiro (2007), o GPS é um sistema de rádio navegação composto por 24 satélites, os quais permitem determinar a posição exata de determinada coordenada em qualquer parte do planeta, sob quaisquer condições atmosféricas. Embora tenha sido criado para fins militares, com o objetivo de guiar mísseis balísticos, ele ainda possui, desde a sua criação, dois níveis de serviço:

- Um nível de performance mais elevado, o qual é disponível apenas aos usuários militares autorizados, chamado de *Precise Positioning Service* (do inglês Serviço de Posicionamento Preciso). Possui erros de pouquíssimos metros e transmissão dos sinais cifrados, para evitar que usuários não autorizados o usem;

- Outro nível de performance mais fraca, disponível para todos os usuários do sistema GPS, conhecido como *Standard Positioning Service* (do inglês Serviço de Posicionamento Padrão), o qual fornece uma precisão de poucas dezenas de metros.

As armas guiadas por GPS (ou por outra forma de guiamento) dirigem-se a pontos de coordenadas precisas, sem terem, obviamente, capacidade para avaliar o que é que estão a destruir: a “missão” do GPS é levá-las a acertar num ponto preciso (MONTEIRO, 2007).

Figura 2 – Funcionamento do GPS



Fonte: INFO ESCOLA (2022).

2.2 MUNIÇÕES DE ARTILHARIA

As munições convencionais utilizadas pela artilharia de tubo possuem um alto grau de dispersão devido às condições impostas no momento do disparo, como por exemplo o vento, a umidade, o movimento de rotação da Terra, a usura do tubo, as variações individuais de uma peça para outra, a própria variação de fabricação, a imprecisão no levantamento topográfico e na montagem da prancheta, e as folgas no material geradas devido ao seu longo período de uso (BRASIL, 2001).

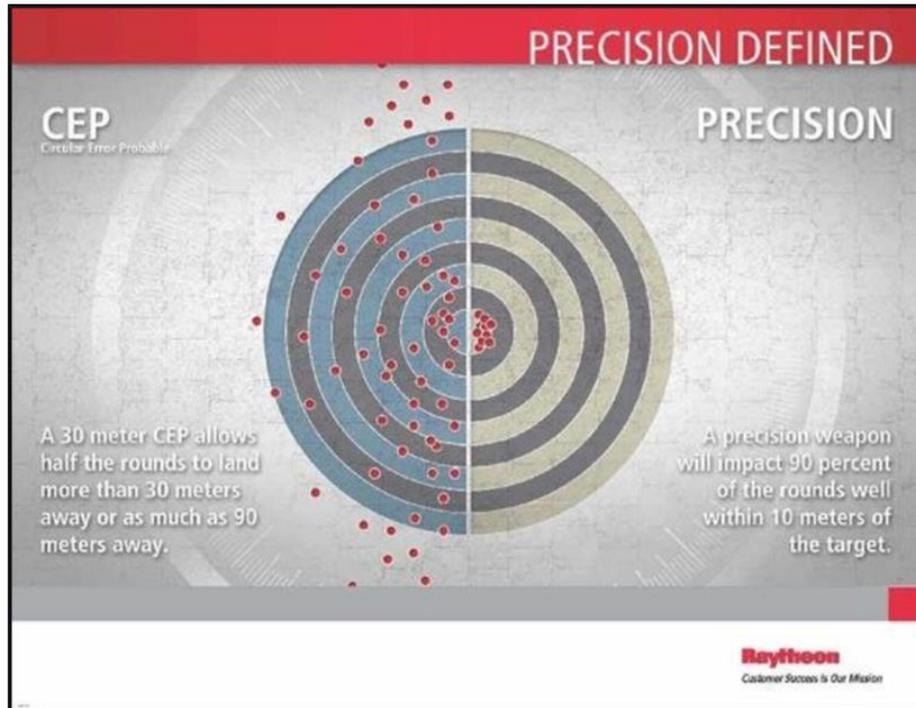
Esses fenômenos citados acima são os responsáveis pela dispersão de uma rajada de artilharia, que por sua vez, caso fosse realizada em cenário urbano, poderia causar sérios danos colaterais, vindo a destruir construções e causar baixas civis.

A precisão, pode-se dizer que é um dos critérios de maior importância quando se trata de artilharia, principalmente em um ambiente urbano. Nesse contexto, a artilharia de campanha não deve apenas bater uma área, mas sim estar apta a neutralizar pontos de determinado local específico e, além disso, deve mitigar os efeitos colaterais (NASCIMENTO, 2017).

Na artilharia de campanha, o termo letalidade significa capacidade de causar baixas e não necessariamente mortalidade. E define-se área eficazmente batida como aquela área em que há 50% de probabilidade de que um homem em pé se torne uma baixa (BRASIL, 2001).

Para realizar a comparação entre munições inteligentes e munições convencionais, é preciso explicar o conceito de Erro Circular Provável (*Circular Error Probable* – CEP). O CEP é um indicador de precisão de impacto de munição, utilizado para determinar o provável dano ao alvo. Possui como referência um círculo de raio “x” cujo interior é onde se espera que se obtenha pelo menos 50% dos impactos, ou seja, se o CEP de uma determinada granada for de 30 metros, isso significa que em uma circunferência de 30 metros de raio espera-se que 50% dos impactos atinjam o interior dessa circunferência (MANSO, 2020).

Figura 3 – Comparação do CEP de munições convencionais e munições inteligentes. À esquerda está a dispersão das munições convencionais, e a direita está a precisão das munições inteligentes, alcançando um CEP de 10 metros.



Fonte: THAI MILITARY AND ASIAN REGION (2016).

2.2.1 Munição convencional M107 155mm IMBEL

A granada M107 é uma granada alto-explosiva (AE) produzida pela empresa brasileira IMBEL, e é a principal granada utilizada pela artilharia de campanha calibre 155 mm na atualidade. Segundo Manso (2020), o custo médio de uma granada M107 AE é de aproximadamente US\$1.550,00.

Tabela 1 – Área de estilhaçamento de uma munição convencional.

MATERIAL	ÁREA DE ESTILHAÇAMENTO		
	TAMANHO APROXIMADO DA ÁREA EFICAZMENTE BATIDA POR 1 Tir Pe		RAIO DE AÇÃO DO MAIOR ESTILHAÇO
	PROFUNDIDADE	LARGURA	
105 mm	20	30	175
155 mm	30	50	360

Fonte: BRASIL (2001).

Essa granada, ao arrebentar, lança estilhaços para frente, para os lados e para trás, com velocidade inicial de aproximadamente 1000 m/s. Pode também ser combinada com diversas

espoletas, por exemplo, a espoleta percudente instantânea, a espoleta percudente com retardo, espoleta tempo e espoleta de proximidade, resultando em diversas combinações para produzir diferentes efeitos (BRASIL, 2001).

Se disparada de um M109A5 com carga 5MACS com RAP ou carga 8 com RAP, possui um alcance de 30 km (BRASIL, 2019).

Figura 4 – Munição M107 IMBEL



Fonte: IMBEL (2022).

2.2.2 Munição M982 *Excalibur*

A *Excalibur* é fruto de um desenvolvimento em conjunto pela *Raytheon Company* (dos Estados Unidos) e da *BAE Systems Bofors* (da Suécia), os quais eram responsáveis pelo desenvolvimento do sistema de orientação e da fuselagem respectivamente. (GLOBAL SECURITY, 2011, tradução nossa)

A granada de precisão de alcance estendido M982 *Excalibur* 155 mm é uma munição do tipo “*fire and forget*”, que significa “atire e esqueça”, com a finalidade de fornecer capacidade de atacar três principais conjuntos de alvos: veículos leves, veículos blindados e bunkers. Devido à sua precisão e eficácia, a *Excalibur* foi projetada para reduzir os esforços logísticos das forças terrestres e também, para reduzir os danos colaterais através de seu padrão de fragmentação concentrado, do seu final de trajetória quase vertical e da sua grande precisão. (GLOBAL SECURITY, 2011, tradução nossa).

Figura 5 – M982 *Excalibur*

Fonte: ASC ARMY (2022).

A *Excalibur* é uma família de granadas, com três variantes (*Block I*, *Block II* e *Block III*), as quais mudam seu efeito de acordo com a necessidade do apoio de fogo. A primeira etapa do programa é o *Block I*, que consiste em uma PGM (*Precision Guided Munition*, do inglês munição guiada de precisão) de ogiva alto-explosiva (AE) para alvos únicos. A *Block II* (*Smart*) possui as mesmas características da anterior, porém traz em seu interior submunições inteligentes para mais de um alvo móvel. A *Block III* (*Discrimination*) também possui as mesmas características da *Block I*, porém esta é capaz de atingir alvos em movimento e detectar automaticamente o alvo de maior valor. A *Block I* teve seu batismo de fogo no Iraque em 2007 e ainda continua fazendo sucesso em campanha. Ela foi dividida em três fases, Ia-1, Ia-2 e a mais moderna Ib. Atualmente a fase *Block I* do projeto já está completa, com granadas em produção e fornecimento. A *Block II* está em fase de testes de campo, faltando os testes de combate. E a *Block III* ainda está em fase de desenvolvimento (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

A *Excalibur* possui em sua composição uma espoleta multimodo com sua unidade de orientação por GPS/INS (Sistema de Posicionamento Global/ Sistema de Navegação Inercial), seguido de um sistema de navegação e controle com quatro lemes dianteiros (aletas), depois a ogiva propriamente dita e, na parte traseira, o gerador de gás para estabilizar o vácuo de pressão atrás do projétil garantindo um maior alcance e as aletas de estabilização giratórias (TOP WAR, 2015, tradução nossa).

Para alcançar o alvo, seus sensores inerciais são ativados na trajetória ascendente e quando uma granada atinge seu ponto mais alto, o receptor GPS é ativado e, logo após, os lemes dianteiros são revelados. Os lemes dianteiros são responsáveis por criar uma força de sustentação suficiente para controlar a trajetória e aumentar seu alcance de tiro (TOP WAR, 2015, tradução nossa).

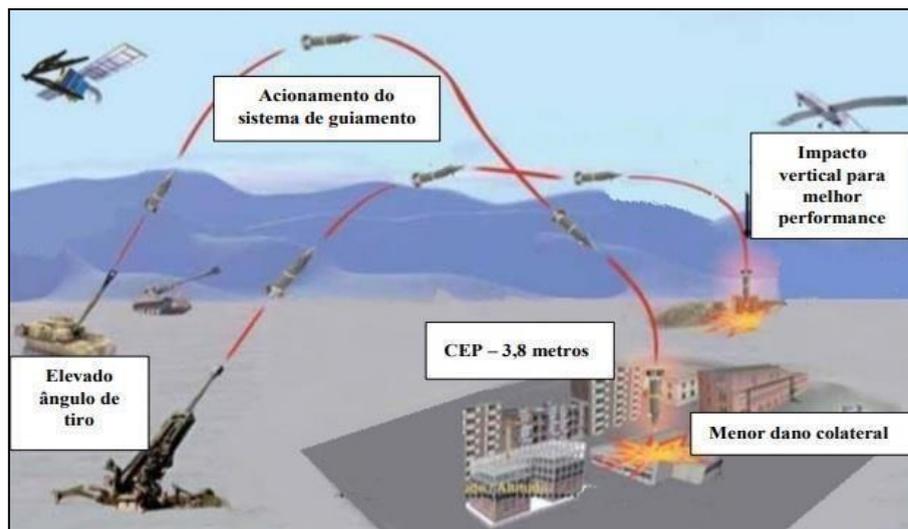
O sistema de orientação da *Excalibur* combina os sistemas GPS/INS (Sistema de Posicionamento Global/ Sistema de Navegação Inercial) com a orientação a laser semiativa e por

isso ela pode ser empregada em todos os climas e sob quaisquer condições climáticas. O último modelo (Ib) tem o CEP inferior a 4 metros e, graças ao novo P-INS, implantados durante os testes em 2016, conseguiu reduzir o CEP para 2 metros, apenas usando o sistema GPS/INS, sem utilizar o laser semiativo. Possui também um alcance próximo de 40 km, praticamente o dobro de uma munição convencional 155 mm. Sua espoleta é vinculada eletronicamente ao sistema de orientação e controle e, além disso, permite a configuração de três tipos de detonação e ângulos de impacto. Um dos métodos é a detonação em altura, o segundo modo é a detonação no impacto e o terceiro é a detonação com atraso, para instalações ou fortificações com ângulo de impacto próximo de 90° (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

No entanto, seus custos continuam excessivos, considerando a quantidade e as características dos alvos que a artilharia de campanha normalmente deve abater. Seu uso se restringe a alvos de alto valor tático ou estratégico, que representam um elevado risco de danos colaterais. O custo de cada munição *Excalibur Ib*, embora reduzido em relação aos modelos anteriores, atualmente é de US\$50.000 (QUINODOZ, 2017, p.7, tradução nossa).

Segundo Manso (2020), a *Excalibur* é compatível com diversos obuseiros, incluindo o sueco *Archer*, o alemão PzH2000, o britânico AS90, o sul-coreano K9, o sul-africano G6 e os norte-americanos M777, M109 (série) e M198.

Figura 6 – Funcionamento da *Excalibur*



Fonte: MENDES (2021).

2.2.3 Munição M712 *Copperhead*

Segundo Nascimento et al. (2020), durante os anos 70 foi desenvolvida a primeira munição inteligente, a munição M712 *Copperhead*. Essa granada é guiada a laser e é destinada a ser usada como uma arma anti-carro ou contra alvos estagnados, a qual foi muito utilizada na operação *Desert Storm*. Essa granada possui um alcance mínimo de 3 km e alcance máximo de 16 km. A sua principal desvantagem é que para ela atingir o alvo, necessita de um equipamento laser para designar o alvo, o qual é disparado por um observador avançado que utilizará um equipamento designador laser para indicar o alvo desde o momento em que a granada é acionada até o momento em que atinge o alvo, sendo que, sob certas circunstâncias meteorológicas, ela pode não funcionar adequadamente.

De acordo com Carrozza (2019), essa granada alto-explosiva (AE) tem sua trajetória corrigida por aletas acopladas em seu corpo, as quais permitem a correção da sua trajetória, graças ao seu guiamento por GPS até o alvo, o qual deve estar iluminado pelo designador laser. Seu sistema de guiamento inicia-se a partir do momento em que a granada atinge sua altura máxima, onde os sensores da granada percebem a energia refletida do laser sobre o alvo.

Figura 7 – Sistema designador laser



Fonte: DEFENSE ARABIA (2021).

Para o emprego em áreas urbanas, seu uso fica ainda mais limitado, devido aos possíveis obstáculos que podem vir a dificultar a visada livre do observador com seu designador laser para o alvo, principalmente em áreas que possuem prédios, postes e construções de grande altura. Além desses fatores físicos, outros fatores como chuva forte e cortinas de fumaça, seja ela proveniente

de granadas de fumaça ou até mesmo de objetos em chamas, podem vir a impedir que o laser atinja o alvo, causando uma desorientação na granada, e como consequência, ela atingirá um lugar diferente, podendo causar efeitos colaterais como baixas de não combatentes, e danos a infraestruturas civis.

Segundo Manso (2020), a *Copperhead* alcançou um CEP da ordem de 5 a 20 metros, e com esse aumento significativo de precisão, tal tecnologia possibilitou a obtenção do efeito desejado pela granada sobre o alvo já no primeiro disparo, permitindo o emprego de uma menor quantidade de munições e, conseqüentemente, garantindo uma redução dos esforços logísticos para o remuniciamento.

Em comparação, o míssil de cruzeiro *Tomahawk* com capacidade nuclear custa aproximadamente US\$ 1 milhão por disparo, enquanto o projétil de 155 milímetros guiado por laser M712 *Copperhead* e as munições guiadas por GPS M982 *Excalibur* custam menos de US\$ 70.000 por disparo. (GALLAGHER, 2016, tradução nossa).

O manual técnico do Exército EB40-MT-20.XXX prevê a utilização de diversos tipos de granadas 155 mm para os obuseiros autopropulsados M109A3, M109A5 e o M109A5+BR, incluindo a munição *Copperhead*, tornando-a utilizável pela artilharia de tubo do EB. Porém, de acordo com o manual C6-40 volume II - Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha (2001) a *Copperhead* não está apta a ser utilizada pelos obuseiros M114 e M114A1, tornando-a apta apenas para os obuseiros da série M109.

Figura 8 – M712 *Copperhead*



Fonte: FAS MAN (2018).

2.2.4 Munição *Oto Vulcano* V155 GLR-SAL

A empresa italiana *Oto Melara*, com o objetivo aumentar a precisão e o alcance das armas terrestres e navais, desenvolveu a família de munições *Vulcano*. Em 2012 assinou um acordo com a empresa alemã *Diehl Defense* para implementar o programa *Vulcano*. No estágio final de desenvolvimento da *Vulcano*, há três variantes dessa granada: a munição não orientada BER (*Balistic Extended Range*), a GLR de longo alcance (*Guided Long Range*) com sistema de orientação GPS/INS, e a GLR com sistema de orientação SAL (*Semi Active Laser*) integrado ao sistema GPS/INS (TOP WAR, 2015, tradução nossa).

Seu sistema de controle de navegação possui quatro lemes localizados no nariz do projétil. Com a nova espoleta 4AP (4 *Action Plus*) a *Vulcano* GLR-SAL possui quatro modos de detonação: percussão, distância, tempo e jateamento de ar. No modo percussão, a espoleta detona no momento do impacto. No modo tempo, é inserido um determinado tempo, para a detonação antes do impacto ou de atraso para a detonação após o impacto. No modo jateamento de ar, um sensor de micro-ondas existente na espoleta permite medir a distância até o solo, fazendo com que a granada exploda na altura programada. Possui ainda como medida de segurança, a fim de evitar que a granada não detone, uma espoleta remota que detonará no momento do impacto. A *Vulcano* possui entalhes em seu corpo que lhe conferem uma fragmentação concentrada, aumentando sua letalidade. (TOP WAR, 2015, tradução nossa).

Figura 9 – *Oto Vulcano* V155 GLR-SAL



Fonte: DIEHL DEFENSE (2022).

Devido ao seu sistema de orientação que integra os sistemas GPS/INS/SAL, é considerada uma PGM para todas as variações climáticas, assim como a *Excalibur 1b*, porém, a diferença está no alcance, em que a *Vulcano* é capaz de alcançar os 80 km, tornando-se a munição de artilharia de tubo com maior alcance. Com a implementação de orientação ativa a *Vulcano* possui capacidade de discriminação de alvos, permitindo engajar alvos blindados em movimento. Possui como desvantagem seu elevado custo, em cerca de US\$50.000 (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

Utilizando somente o sistema de orientação GPS/INS a *Vulcano* atinge um CEP de 3 a 15 metros, dependendo do sinal GPS. Se houver também a iluminação do alvo por um designador laser, seu CEP é reduzido para 1 m no caso de alvos parados, e 3 m para alvos em movimento, como veículos blindados. Porém, para que o sistema de orientação SAL seja usado, é necessário que o alvo esteja dentro de um “cone” em relação à direção, para que a granada consiga manobrar, e assim corrigir sua direção, possibilitando o engajamento do alvo (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

A munição *Vulcano* V155 GLR-SAL pode ser disparada a partir do obuseiro autopropulsado sobre rodas alemão PzH2000, obuseiros auto rebocados norte-americanos FH 70 e M777, obuseiro autopropulsado sobre rodas francês CAESER e obuseiros autopropulsados sobre lagartas norte-americano M109 (série). (MANSO, 2020, p.16).

2.3 ESPOLETAS DE CORREÇÃO DE CURSO

Com o objetivo de combinar a precisão, gerada pelo avanço tecnológico das munições inteligentes, aliada a um menor custo de produção, e como consequência, um custo viável de aquisição, as indústrias bélicas desenvolveram as chamadas Espoletas de Correção de Curso (*Course Correcting Fuze – CCF*). Embora exista uma pequena variedade de CCF's, os seus sistemas de correção de trajetória são bastante similares e limitados, os quais combinam seu sistema GPS com suas aletas para manobrar a granada e assim corrigir sua trajetória, tornando as granadas equipadas com essas espoletas muito parecidas com as PGM.

2.3.1 Espoleta M1156 PGK (*Precision Guidance Kit – Kit de Orientação de Precisão*)

A espoleta PGK (Kit de Orientação de Precisão) é um modelo de espoleta de correção de trajetória, desenvolvida atualmente pela *Orbital ATK*. Esta CCF já passou da fase final de produção, a qual concluiu com êxito os testes de campo realizados em 2013, e também foram comprovadas em combate no Afeganistão (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

A PGK possui apenas um sistema de orientação, o GPS, o qual atualiza constantemente sua posição no espaço, fornecendo dados para que o sistema de controle possa corrigir a trajetória continuamente. Para a correção de sua trajetória, o sistema de controle utilizado é o “*roll decoupled*” com aletas fixas que oferecem correções da trajetória em 2D (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

Figura 10 – M1156 PGK



Fonte: MÜLLER, Leonardo Jones (2015).

A PGK está em desenvolvimento desde 2013, e já passou por diferentes tipos de testes. Nos últimos três anos, teve seus custos reduzidos em 50%, passando de US\$15.000 para menos de US\$10.000 por granada, e também obteve melhorias em relação ao seu CEP, que reduziu de 50 m para 10 metros nos últimos testes. Ela também conta com um sistema de segurança que permite que ela não detone a carga explosiva caso a granada não atinja dentro do CEP de 10 metros (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

A M1156 PGK pode ser programada para funcionar como espoleta de proximidade ou percutente, possuindo também um recurso de segurança que torna o projétil inerte caso sua incidência não seja dentro do CEP de 10 m ou seu sinal de GPS seja interceptado. Ademais, é compatível, segundo o sítio GlobalSecurity.com, com as munições AE de 155 mm dos modelos M107, M795 e M549 (MANSO,2020, p.18).

2.3.2 Espoleta *Top Gun*

A CCF *Top Gun* é desenvolvida pela empresa IAI (*Israel Aerospace Industries*) e está na fase de conclusão de testes. Ela utiliza o sistema de navegação GPS/INS com o sistema de controle “*spin break*” com aletas que se desdobram e corrigem a trajetória, possibilitando uma correção em 2D. Após a realização dos testes, a *Top Gun* atingiu um CEP de menos de 10 m. Ao contrário da sua concorrente PGK, ela tem a capacidade de ser utilizada em várias variações climáticas, graças a sua navegação INS, a qual permite que a granada continue se orientando até o alvo mesmo que

seu sinal GPS tenha sido interceptado. Por ainda não ter entrado em fase de produção, não se sabe seu custo final, mas é provável que seja maior que sua concorrente PGK, devido ao seu sistema de navegação inercial (QUINODOZ, 2017, tradução nossa).

O custo de aquisição desta CCF, segundo o sítio eletrônico *Wikipedia*, está por volta de US\$20.000.

Figura 11 – *Top Gun*



Fonte: ESHEL (2018).

3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE PESQUISA

Como visto na Introdução deste trabalho, foi elaborado um problema de pesquisa com base nas seguintes questões: considerando as munições inteligentes e as espoletas de correção de curso presentes no mercado internacional, qual seria a opção ideal de aquisição, visando o emprego em áreas urbanas? Qual desses artefatos é mais preciso? Qual possui maior alcance? Com essa aquisição, estará a Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro apta a realizar concentrações em áreas urbanas com elevada precisão, rapidez e com o mínimo de danos colaterais?

Como ponto de partida, foram levantadas as seguintes hipóteses: com a aquisição de munições inteligentes ou espoletas de correção de curso, a Artilharia de Campanha estará apta a realizar concentrações precisas em conflitos urbanos, diminuindo os danos colaterais; o emprego de munições inteligentes é mais eficiente que as munições convencionais; e por último, dentre essas munições inteligentes ou espoletas de correção de curso apresentadas, há uma mais vantajosa, que se sobressai diante das demais, para ser adquirida e empregada pela Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro.

Foi realizada uma pesquisa do tipo exploratória e descritiva a fim de verificar as características das principais munições inteligentes e espoletas de correção de curso de artilharia de campanha presentes no mercado internacional e propor a melhor opção de aquisição para o emprego em ambiente urbano, face as necessidades do Exército Brasileiro.

Além disso, esta pesquisa utilizou uma abordagem quantitativa, onde foi analisado as seguintes variáveis: precisão (erro circular provável), alcance, custo e capacidade de emprego da artilharia de campanha, elaborando tabelas para uma análise quantitativa e comparativa entre essas variáveis, a fim de se chegar à conclusão da munição mais vantajosa e adequada a ser adquirida pelo EB, para ser empregada em ambiente urbano.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Método utilizado na pesquisa

Primeiramente, como procedimento utilizado para a coleta de dados foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de rever a literatura que nos fornecesse base teórica para dar prosseguimento na pesquisa. Desse levantamento, destacaram-se: Carrozza (2019), Monteiro (2007), Monteiro (2017), Nascimento (2017), Quinodoz (2017), Sousa (2012), Zarpelão (2008). E também destacaram-se as páginas *Global Security*, *Top War*, *Defense Update* e *Ars Technica*.

O método utilizado na pesquisa foi o dedutivo, pois foram analisados e comparados dados generalizados dos autores acima citados, a fim de chegar a uma conclusão a respeito das hipóteses defendidas neste trabalho

3.2.2 Forma de obtenção de dados e Instrumentos de Pesquisa

Foi utilizado como instrumento de coleta de dados um questionário, realizado ao Capitão de Artilharia Rocha Manso, graduado em Ciências Militares e pós graduado em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, com o tema de sua monografia sobre atualização de doutrina das munições previstas para a AC, o qual abordou sobre diversas munições inteligentes, incluindo as munições abordadas por este trabalho. E ao Tenente de Artilharia Samuel Pedro, graduado em Ciências Militares e especialista em blindados, em especial os obuseiros autopropulsados da série M109A5 e M109A5+BR. Este questionário contém perguntas abertas relacionadas ao tema, com o objetivo de obter dados oriundos de profissionais com conhecimentos desta área de estudo.

As respostas dos questionários realizados aos oficiais de artilharia encontram-se no final deste trabalho, Apêndices B e C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta pesquisa buscou analisar o funcionamento e as características das munições inteligentes M712 *Copperhead*, M892 *Excalibur*, *Oto Vulcano* V 155 GLR-SAL, das espoletas de correção de curso M1156 PGK e *Top Gun* e da munição convencional M107 utilizada pela AC brasileira, a fim de compará-las nos quesitos alcance, precisão e preço, com o objetivo de eleger a mais adequada para o EB adquirir para emprego em ambiente urbano.

Conforme o questionário realizado ao Capitão Rocha Manso, apêndice “B” deste trabalho, com a aquisição desse tipo de armamento é possível observar certos ganhos operacionais, por exemplo “... a capacidade de prestar o Apoio de Fogo adequado ao Elemento de Manobra com o engajamento preciso de alvos compensadores, isso com baixo risco de efeito colateral, em consonância com o DICA, proporcionando segurança à tropa apoiada e, principalmente, aos não combatentes”.

Analisando as respostas dos questionários propostos, foi possível observar que com a aquisição de uma dessas tecnologias, a AC de tubo estará apta a realizar disparos mais precisos em áreas edificadas com reduzidos danos colaterais, pois o emprego desses artefatos bélicos garantem precisão e alcance superiores aos da granada convencional. Notadamente, embora com alto custo, a aquisição de PGM’s ou CCF’s trarão grandes benefícios à força terrestre, além de elevar seu poder de dissuasão.

Conforme o questionário realizado ao Tenente Samuel Pedro, apêndice “C” deste trabalho, podemos observar a importância da aquisição dessas novas tecnologias, pois “... além de ser uma excelente ferramenta para emprego em área edificada, pode ser muito bem empregada em área rural”. Graças a aquisição do obuseiro M109A5+BR, grande parte das munições inteligentes podem ser empregadas pela AC, no entanto, ainda está sendo aprovado o manual técnico do M109A5+BR que especifica quais munições podem ser empregadas por este obuseiro, embora as granadas aqui apresentadas, segundo seus fabricantes, são compatíveis com os obuseiros americanos da série M109.

Analisando e comparando as PGM’s e as CCF’s apresentadas neste trabalho, observou-se as seguintes vantagens e desvantagens:

A granada *Copperhead* possui como desvantagens, o seu alcance limitado de apenas 16 km e a sua necessidade de se possuir um observador desdobrado no terreno com um designador laser, o qual tem seu trabalho bastante dificultado em áreas edificadas ou sob condições meteorológicas adversas, por exemplo a presença de neblina ou de chuvas fortes.

Já a granada *Oto Vulcano* possui vários pontos fortes, por exemplo: sua espoleta com quatro modos de detonação (percussão, distância, tempo e jateamento de ar), que ainda conta com uma medida de segurança na espoleta para evitar que a granada não detone. Graças ao seu sistema de navegação GPS/INS/SAL, ela pode ser usada sob quaisquer condições climáticas. Possui ainda como vantagem seu alcance de 80 km e um CEP de 15 m a 3 m sem o designador laser e de 1 metro com o designador laser. Porém, possui com desvantagem seu elevado custo de US\$50.000,00. A Vulcano conta ainda com um padrão de fragmentação concentrado.

Dentre as diversas vantagens da granada *Excalibur* está sua espoleta multimodo, o seu padrão de fragmentação concentrado, do seu final de trajetória quase que vertical, do seu CEP de 2 m graças ao novo sistema P-INS implantado no seu sistema de orientação, o seu alcance de até 40 km, também é considerada uma granada para todas as condições climáticas. Porém, assim como sua concorrente Vulcano, sua desvantagem é seu elevado custo de mercado, que está por volta dos US\$50.000,00.

Partindo para as espoletas de correção de curso, a M1156 PGK que atingiu um CEP de 10 m, possui como vantagens um sistema de segurança que não permite que a granada detone caso atinja um CEP superior a 10 m, pode ser empregada por qualquer material 155 mm da AC brasileira, e além de possuir baixo custo, que está abaixo dos US\$10.000,00.

Por último, a espoleta *Top Gun* possui como vantagens seu sistema de navegação INS, tornando uma granada para quaisquer condições climáticas, e também atingiu um CEP de menos de 10 m, e assim como a PGK, pode ser empregada por qualquer material 155 mm da AC brasileira, diferentemente das PGM's, as quais só podem ser disparadas a partir do M109A5+BR. Porém como desvantagens, possui seu custo por volta dos US\$20.000,00 e a falta de um sistema de segurança caso a granada venha a atingir um CEP de grandeza superior a prevista pelo fabricante.

Analisando as três munições inteligentes acima, o primeiro resultado significativo a que se chega, é que das três munições a mais vantajosa é sem dúvida a granada *Excalibur*, diferindo das demais pelo seu CEP de 2 m sob quaisquer condições climáticas, pelo seu padrão de fragmentação concentrado e principalmente pelo seu ângulo de incidência quase que vertical. Sobre a *Excalibur* o Ten Samuel Pedro afirma “ela é a mais precisa dentre as opções, pois além de contar com um padrão de fragmentação concentrado, o que a torna diferente das espoletas de correção de curso acopladas as granadas convencionais M107, diminuindo sua chance de causar danos colaterais, ela também possui um final de trajetória quase vertical e não necessita

de sistema de guiamento a laser, o qual é limitado dependendo das condições climáticas do momento”.

O segundo resultado significativo a que se chega é que a PGK é mais vantajosa que a *Top Gun*, principalmente pelo seu sistema de segurança que impede que a granada detone caso seu CEP seja superior a 10 m. “Considerando o custo-benefício, a espoleta M1156 PGK atende muito bem as necessidades atuais do EB frente ao combate moderno. O valor de aquisição está dentro das possibilidades da Força e confere-lhe a capacidade de atuar, conforme os preceitos do DICA, em conflitos cuja zona de combate encontra-se em áreas predominantemente urbanas” afirma Capitão Rocha Manso.

Comparando as respostas do questionário com a pesquisa bibliográfica, os artefatos que mais se destacaram foram a *Excalibur* e a espoleta PGK. Embora a espoleta PGK seja um ótimo custo-benefício, ela continua sendo acoplada a uma munição convencional M107, a qual, de acordo com a tabela 1 deste trabalho, possui uma grande área de estilhaçamento, que somado ao CEP de 10 m, torna-se arriscado demais seu uso em áreas edificadas, pois no combate urbano, a precisão deve ser sempre a maior possível, não apenas para evitar baixas de não combatentes, mas também para atingir o alvo logo no primeiro impacto.

Nos conflitos de quarta geração, onde há a possibilidade do inimigo encontrar-se dissimulado em meio a população civil, a precisão dos disparos de artilharia deve ser sempre a maior possível, pois nos dias de hoje, assim como ocorreu na Guerra do Vietnã, o apoio da população tem valor extraordinário, e pode fazer com que Exército ganhe ou perca a aprovação da população, influenciando nos resultados do conflito.

Conclui-se que, embora com elevado custo, a granada *Excalibur* possui uma precisão quase que cirúrgica, que aliada com seu padrão de fragmentação concentrado e de seu final de trajetória quase vertical (evitando que edifícios de grande altura atrapalhem a trajetória do tiro), tornem a *Excalibur* a munição inteligente mais adequada para ser empregada em ambiente urbano, a fim de manter inviolado os preceitos do DICA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar o cenário do combate urbano, e as características e funcionamento das munições inteligentes e espoletas de correção de curso presentes no mercado internacional, e comparando-as nos quesitos alcance, precisão, custo e capacidade de emprego pela AC brasileira.

Os resultados obtidos pela pesquisa bibliográfica, ampliaram o conhecimento das características do cenário de combate urbano e das munições inteligentes e espoletas de correção de curso estudadas neste trabalho, que somadas as respostas do questionário realizado, foi possível compreender a importância da aquisição de uma dessas tecnologias e qual a melhor opção para ser adquirida a fim de capacitar a AC do Exército Brasileiro a executar disparos precisos em áreas edificadas.

Conclui-se então, que a melhor opção de aquisição visando capacitar o emprego da AC brasileira em áreas urbanas é a granada M892 *Excalibur*, pois, embora com elevado custo, é a PGM que apresentou o melhor conjunto de características no que tange ao alcance, precisão, custo e capacidade de emprego, somado a outras características que favorecem a manutenção do DICA, como seu padrão de fragmentação concentrado e seu final de trajetória quase que vertical.

Como oportunidade para novos estudos, deixo a sugestão para que seja elaborado uma pesquisa mais aprofundada com foco na granada M892 *Excalibur* visando seu emprego em áreas edificadas em alvos móveis e estagnados, com o objetivo de comprovar sua eficácia para melhor satisfazer as necessidades do Exército Brasileiro.

REFERÊNCIAS

Academia Militar das Agulhas Negras. **Iniciação à Pesquisa Científica** / Academia Militar das Agulhas Negras – Resende-RJ: Acadêmica. 2. ed. rev. at, 2019.

ALEXEEVE, Alex. Overview of artillery. Part of 6. Ammunition. **Top War**, 8 out. 2015. Disponível em: <<https://en.topwar.ru/83681-obzor-artillerii-chast-6-boepripasy.html>>. Acesso em: 20 de fev. de 2022.

BRASIL. Exército. Estado-Maior. **EB70-MC-10.224**: A Artilharia de Campanha nas Operações. 1ª Ed. Brasília, DF: Estado-Maior do Exército, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **EB40-MT-20.XXX**: Manual do operador do obuseiro autopropulsado M109A3/M109A5/M109A5+BR. 1ª Ed. Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **C 6-40**: Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha, Volume I, 5ª Ed. Brasília: EGGCF, 2001.

BRASIL. Ministério da Defesa. **C 6-40**: Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha, Volume II, 5ª Ed. Brasília: EGGCF, 2001.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD34-M-03**: Manual de Emprego do Direito Internacional dos Conflitos Armados (DICA) nas Forças Armadas, 1ª Ed. Brasília, DF, 2011.

CARROZZA, Ricardo Almeida. **MUNIÇÕES INTELIGENTES: AS POSSÍVEIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SUA UTILIZAÇÃO PELA ARTILHARIA DE CAMPANHA BRASILEIRA NO AMBIENTE URBANO**, Rio de Janeiro, 2019. 19 p. Monografia (Mestrado em Ciências militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, RJ, 2019.

ESHEL, Tamir. DEFEXPO 2018 HIGHLIGHTS – Artillery. **Defense Update**, 14 abr. 2018. Disponível em: <https://defense-update.com/20180414_defexpo-2018-artillery-highlights.html>. Acesso em: 29 de mar. de 2022.

EXCALIBUR Precision 155 mm Projectiles. **ASC Army**. Disponível em: <<https://asc.army.mil/web/portfolio-item/ammo-excalibur-xm982-m982-and-m982a1-precision-guided-extended-range-projectile/>>. Acesso em : 25 de fev. de 2022.

FARIA, Caroline. GPS (Sistema de Posicionamento Global). **Info Escola**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/cartografia/gps-sistema-de-posicionamento-global/>>. Acesso em: 29 de mar. de 2022.

GALLAGHER, Sean. Long-range projectiles for Navy's newest ship too expensive to shoot. **Ars Technica**, 7 nov. 2016. Disponível em: <<https://arstechnica.com/information-technology/2016/11/long-range-projectiles-for-navys-newest-ship-too-expensive-to-shoot/#:~:text=By%20comparison%2C%20the%20nuclear%2Dcapable,less%20than%20%2470%2C000%20per%20shot>>. Acesso em: 13 de fev. de 2022.

ISRAEL mata 18 civis com artilharia em Gaza. **Jornal de Brasília**, 8 set. 2006. Disponível em: <<https://jornaldebrasil.com.br/noticias/mundo/israel-mata-18-civis-com-artilharia-em-gaza/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

MANSO, Jonas Rocha. **ATUALIZAÇÃO DOUTRINÁRIA DAS MUNIÇÕES PREVISTAS VISANDO EMPREGO DA ARTILHARIA DE CAMPANHA BRASILEIRA NO AMBIENTE URBANO**, Rio de Janeiro, 2020, 31 p. Monografia (Mestrado em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, RJ, 2020.

MARÇAL, Fábio; MEDEIROS, Wilson. Impostos sobre as áreas edificadas terá apenas correção inflacionária; lotes vagos terão aumento maior. **Prefeitura de Montes Claros**, 27 dez. 2013. Disponível em: <http://www.montesclaros.mg.gov.br/agencia_noticias/2013/dez-13/not_27_12_13_1547.php>. Acesso em: 29 de mar. de 2022.

MENDES, Lucas Matheus. **EMPREGO DA BATERIA DE OBUSES EM ÁREAS URBANIZADAS: VIABILIDADE DO USO DAS MUNIÇÕES INTELIGENTES NO EXÉRCITO BRASILEIRO**, Resende, 2021, 35 p. Monografia (Bacharel em Ciências Militares) – Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, RJ, 2021.

MONTEIRO, Luís Nuno da Cunha Sardinha. Guerras de 4ª Geração. **Revista Militar**, 12 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.revistamilitar.pt/artigo/1288>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

MONTEIRO, Luís Nuno da Cunha Sardinha. O GPS na guerra. **Revista Militar**, 17 jun. 2007. Disponível em: <<https://www.revistamilitar.pt/artigo/197>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

MUNIÇÕES de Artilharia. **IMBEL**. Disponível em: <<https://www.imbel.gov.br/index.php/municoes>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

MÜLLER, Leonardo Jones. Exército Americano adquire kits de guiagem para munição 155mm. **Portal Defesa**, 14 mar. 2015. Disponível em: <<https://portaldefesa.com/exercito-americano-adquire-kits-de-guiagem-para-municao-155mm/>>. Acesso em: 19 de mar. de 2022.

M777 155mm Ultralightweight Field Howitzer. **Thai Military And Asian Region**, 22 out. 2016. Disponível em: <<https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2016/10/22/m777-155mm-ultralightweight-field-howitzer/>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

NASCIMENTO, Diogo Figueredo. **ESTUDO DA VIABILIDADE DO EMPREGO DE MUNIÇÕES ESPECIAIS DE ARTILHARIA DE CAMPANHA FACE ÀS EXIGÊNCIAS DO COMBATE MODERNO EM AMBIENTE URBANO**. Rio de Janeiro, 2017. 56 p. Monografia (Mestrado em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

NASCIMENTO, J. et al. Combate em Ambiente Urbano Considerações sobre o emprego da Artilharia de Campanha. **Armas Combinadas**, Mafra, Portugal, ano 2020, n. 7, p. 18-19, jun. 2020.

ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. **ONU News**, 19 fev. 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>>. Acesso em: 19 de jan. de 2022.

PYKE, John. M712 Copperhead. **FAS MAN**, 21 jan. 1999. Disponível em: <<https://man.fas.org/dod-101/sys/land/m712.htm>>. Acesso em: 12 de fev. de 2022.

QUINODOZ, Fernando Daniel. Apoyo de fuego cercano en el siglo XXI: municiones guiadas de artillería de campaña y morteros. **Revista del Suboficial**, Buenos Aires, 2017. Disponível em: <<https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/pdf/interes/Mun-Guiadas.pdf>>. Acesso em: 22 de fev. de 2022.

SLOVENIA becomes 23rd nation to order Leonardo's man-portable laser designators. **Defense Arabia**, 21 jan. 2021. Disponível em: <<https://english.defensearabia.com/slovenia-becomes-23rd-nation-to-order-leonardos-man-portable-laser-designators/>>. Acesso em: 28 de fev. de 2022.

SOUSA, Pedro Herculano Gonçalves de. **Emprego de fogos letais e não letais no apoio da força**. Lisboa, 2012. 83 p. Relatório científico final do Trabalho de Investigação Aplicada – Academia Militar, Lisboa, 2012.

TOPGUN (artillery). **Wikipedia**, 2020. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/TopGun_\(artillery\)](https://en.wikipedia.org/wiki/TopGun_(artillery))>. Acesso em: 20 de fev. de 2022.

VULCANO guided ammunition family. **Diehl Defense**. Disponível em: <<https://www.diehl.com/defence/en/press-and-media/photogallery/#ammunition>>. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

XM982 Excalibur Precision Guided Extended Range Artillery Projectile. **Global Security**, 7 jul. 2011. Disponível em: <<https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m982-155-program.htm>>. Acesso em: 14 de fev. de 2022.

ZARPELÃO, Sandro Heleno Morais. **Tempestade no Iraque: a Guerra do Golfo, a política externa dos Estados Unidos, a historiografia militar e a imprensa escrita brasileira (1990-1991)**. Dissertação (Mestre em História) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2008. 292 p.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Caro Senhor Oficial de Artilharia,

Este questionário é parte de uma pesquisa sobre meu Trabalho de Conclusão de Curso, e suas respostas são muito importantes para a fase exploratória deste trabalho. Se possível, enviar as respostas para meu e-mail (igorgregorio51@gmail.com)

Questionário - Estudo sobre munições inteligentes e espoletas de correção de curso da artilharia de tubo 155 mm visando a melhor opção para aquisição e emprego em ambiente urbano.

- 1) Considerando as inovações tecnológicas adquiridas com as munições inteligentes e as espoletas de correção de curso, qual(is) capacidade(s) técnica(s) e operacional(is) o senhor acredita que elas trarão para a doutrina militar da artilharia de campanha em operações em áreas edificadas? Justifique sua resposta.
- 2) O senhor acredita que o baixo custo das espoletas de correção de curso, embora menos precisas, seriam opções mais adequadas/viáveis do que as munições inteligentes para realizar concentrações em ambientes urbanos com reduzido dano colateral? Justifique sua resposta.
- 3) De acordo com seu conhecimento e experiência sobre munições, é realmente possível afirmar que existiria uma redução de danos colaterais com o emprego de munições inteligentes/ espoletas de correção de curso?
- 4) O senhor considera importante a aquisição das chamadas “armas inteligentes” para a artilharia de campanha, a fim de capacitar seu emprego em ambiente urbano com o mínimo de danos colaterais? Justifique sua resposta.
- 5) Os novos obuseiros autopropulsados M109A5+BR são capazes de disparar qualquer munição inteligente sem nenhum tipo de problema?

- 6) Em sua opinião, qual das munições inteligentes ou espoletas de correção de curso é a melhor e mais vantajosa para a artilharia de campanha adquirir e empregar em combate urbano? Justifique sua resposta.

- 1- *M982 Excalibur*
- 2- *M712 Copperhead*
- 3- *Oto Vulcano V155 GLR-SAL*
- 4- *M1156 PGK*
- 5- *Top Gun*

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

Caro Senhor Capitão Rocha Manso,

Este questionário é parte de uma pesquisa sobre meu Trabalho de Conclusão de Curso, e suas respostas são muito importantes para a fase exploratória deste trabalho. Se possível, enviar as respostas para meu e-mail (igorgregorio51@gmail.com)

Questionário - Estudo sobre munições inteligentes e espoletas de correção de curso da artilharia de tubo 155 mm visando a melhor opção para aquisição e emprego em ambiente urbano.

- 1) Considerando as inovações tecnológicas adquiridas com as munições inteligentes e as espoletas de correção de curso, qual(is) capacidade(s) técnica(s) e operacional(is) o senhor acredita que elas trarão para a doutrina militar da artilharia de campanha em operações em áreas edificadas? Justifique sua resposta.

R.: Sobretudo, a capacidade de prestar o Apoio de Fogo adequado ao Elemento de Manobra com o engajamento preciso de alvos compensadores, isso com baixo risco de efeito colateral, em consonância com DICA, proporcionando segurança à tropa apoiada e, principalmente, aos não combatentes.

- 2) O senhor acredita que o baixo custo das espoletas de correção de curso, embora menos precisas, seriam opções mais adequadas/viáveis do que as munições inteligentes para realizar concentrações em ambientes urbanos com reduzido dano colateral? Justifique sua resposta.

R.: Em questão de custos, sim. Tratando-se de precisão, as munições inteligentes apresentam um erro circular provável menor que a metade do que o das espoletas de correção de trajetória.

- 3) De acordo com seu conhecimento e experiência sobre munições, é realmente possível afirmar que existiria uma redução de danos colaterais com o emprego de munições inteligentes/ espoletas de correção de curso?

R.: Inquestionavelmente. Primeiramente, o erro circular provável das munições inteligentes está na ordem de 5 m e das munições assistidas por espoletas de correção de trajetória na ordem dos 10 m para qualquer alcance em ambos os casos, enquanto que as munições convencionas possuem esse erro variando com o alcance, de maneira que quanto maior ele é maior é o erro, iniciando com um erro de 95 m para alcance de 15 km. Em segundo lugar, as munições inteligentes possuem um padrão de fragmentação concentrado e incidência quase vertical no ponto de impacto, o que reduz sobremaneira o dano colateral.

- 4) O senhor considera importante a aquisição das chamadas “armas inteligentes” para a artilharia de campanha, a fim de capacitar seu emprego em ambiente urbano com o mínimo de danos colaterais? Justifique sua resposta.

R.: Sim, pois tais artefatos viabilizam o atendimento dos conceitos atualmente preconizado pela Força, conhecidos pelo acrônimo FAMES (Flexibilidade, Adaptabilidade, Modularidade, Elasticidade e Sustentabilidade), que balizam a evolução doutrinária nos mais distintos aspectos e setores do EB. Ademais, agrega à Força a capacidade de atuar em ambiente urbano dentro dos preceitos do DICA, sobretudo o da letalidade seletiva.

- 5) Os novos obuseiros autopropulsados M109A5+BR são capazes de disparar qualquer munição inteligente sem nenhum tipo de problema?

R.: Grande parte delas, sim. Entretanto é importante salientar que não basta possuir o material capaz de empregar esse tipo de munição. Na esteira da aquisição é indispensável ter-se em conta que não se pode dissociar desse processo de modernização os demais fatores determinantes que se inter-relacionam para que isso seja possível, quais sejam: doutrina, organização (e/ou processos), adestramento, material, educação, pessoal e infraestrutura (DOAMEPI).

6) Em sua opinião, qual das munições inteligentes ou espoletas de correção de curso é a melhor e mais vantajosa para a artilharia de campanha adquirir e empregar em combate urbano? Justifique sua resposta.

1- *M982 Excalibur*

2- *M712 Copperhead*

3- *Oto Vulcano V155 GLR-SAL*

4- *M1156 PGK*

5- *Top Gun*

R.: Considerando o custo-benefício, a espoleta M1156 PGK atende muito bem as necessidades atuais do EB frente ao combate moderno. O valor de aquisição está dentro das possibilidades da Força e confere-lhe a capacidade de atuar, conforme os preceitos do DICA, em conflitos cuja zona de combate encontra-se em áreas predominantemente urbanas.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO

Caro Senhor Tenente Samuel Pedro,

Este questionário é parte de uma pesquisa sobre meu Trabalho de Conclusão de Curso, e suas respostas são muito importantes para a fase exploratória deste trabalho. Se possível, enviar as respostas para meu e-mail (igorgregorio51@gmail.com)

Questionário - Estudo sobre munições inteligentes e espoletas de correção de curso da artilharia de tubo 155 mm visando a melhor opção para aquisição e emprego em ambiente urbano.

- 1) Considerando as inovações tecnológicas adquiridas com as munições inteligentes e as espoletas de correção de curso, qual(is) capacidade(s) técnica(s) e operacional(is) o senhor acredita que elas trarão para a doutrina militar da artilharia de campanha em operações em áreas edificadas? Justifique sua resposta.

R.: Acredito que esses novos recursos possibilitarão o melhor apoio de fogo em ambiente edificado, porém haverá atualizações no subsistema observação, reforçando nossas técnicas de observação aérea e por SARP, este último ainda mais, por não termos experiência.

- 2) O senhor acredita que o baixo custo das espoletas de correção de curso, embora menos precisas, seriam opções mais adequadas/viáveis do que as munições inteligentes para realizar concentrações em ambientes urbanos com reduzido dano colateral? Justifique sua resposta.

R.: É uma possibilidade bem viável, porém ela deve ter o recurso de não detonar em caso o CEP seja ultrapassado de 10 metros, se não houver o recurso, corre-se o risco de efeitos colaterais que possam ferir o DIH.

- 3) De acordo com seu conhecimento e experiência sobre munições, é realmente possível afirmar que existiria uma redução de danos colaterais com o emprego de munições inteligentes/ espoletas de correção de curso?

R.: Os danos seriam reduzidos, sem dúvidas, mas cabe ressaltar que o emprego dessas munições diminui mas não impede, obviamente que não combatentes sejam atingidos. Realizar um tiro de artilharia em um alvo edificado onde há grandes chances de danos a civis e ao patrimônio histórico/cultural necessita de decisões acima do nível tático.

- 4) O senhor considera importante a aquisição das chamadas “armas inteligentes” para a artilharia de campanha, a fim de capacitar seu emprego em ambiente urbano com o mínimo de danos colaterais? Justifique sua resposta.

R.: Sim, pois além de ser uma excelente ferramenta para emprego em área edificada, pode ser muito bem empregada em área rural.

- 5) Os novos obuseiros autopropulsados M109A5+BR são capazes de disparar qualquer munição inteligente sem nenhum tipo de problema?

R.: O manual técnico do M109 que está sendo aprovado, amarra quais as munições e espoletas podem ser empregadas neste obuseiro, caso haja alguma atualização, deve haver uma nota doutrinária ou técnica abordando sobre o emprego das novas munições.

- 6) Em sua opinião, qual das munições inteligentes ou espoletas de correção de curso é a melhor e mais vantajosa para a artilharia de campanha adquirir e empregar em combate urbano? Justifique sua resposta.

1- M982 *Excalibur*

2- M712 *Copperhead*

3- *Oto Vulcano* V155 GLR-SAL

4- M1156 PGK

5- *Top Gun*

R.: A granada *Excalibur*. Ela é a mais precisa dentre as opções, pois além de contar com um padrão de fragmentação concentrado, o que a torna diferente das espoletas de correção de curso acopladas as granadas convencionais M107, diminuindo sua chance de causar danos colaterais. Ela também possui um final de trajetória quase vertical e não necessita de sistema de guiamento a laser, o qual é limitado dependendo das condições climáticas do momento.