



**CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES**

**1º TEN ART RODRIGO FAGUNDES DAVIS**

**O EMPREGO DE MÍSSEIS E FOGUETES DOTADOS DE SUBMUNIÇÕES  
EFICAZES CONTRA BLINDAGEM REATIVA**



**CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES**

**1º TEN ART RODRIGO FAGUNDES DAVIS**

**O EMPREGO DE MÍSSEIS E FOGUETES DOTADOS DE SUBMUNIÇÕES  
EFICAZES CONTRA BLINDAGEM REATIVA**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.



MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
COMANDO MILITAR DO PLANALTO  
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES  
DIVISÃO DE DOCTRINA E PESQUISA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: 1º TEN ART RODRIGO FAGUNDES DAVIS

TÍTULO: O EMPREGO DE MÍSSEIS E FOGUETES DOTADOS DE SUBMUNIÇÕES  
EFICAZES CONTRA BLINDAGEM REATIVA

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

APROVADO \_\_\_\_\_ EM \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2020  
CONCEITO: \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

Membro	Menção Atribuída
DANIEL SUCCI SILVA – Maj Chefe da Divisão de Ensino	
RODRIGO VINICIUS DA SILVA – Maj Chefe da Divisão de Doutrina	
RAFAEL ROCHA DE OLIVEIRA - Cap Orientador	

RODRIGO FAGUNDES DAVIS – 1º Ten  
Aluno

“Quase sempre existe um bom caminho que você ainda não descobriu. Procure até encontrar, em vez de se contentar com a escolha que está diante dos seus olhos no momento”.

(RAY DALIO)

# O EMPREGO DE MÍSSEIS E FOGUETES DOTADOS DE SUBMUNIÇÕES EFICAZES CONTRA BLINDAGEM REATIVA

Rodrigo Fagundes Davis<sup>1</sup>

## RESUMO

O presente trabalho pretende verificar se as submunições dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 do sistema ASTROS são eficazes no ataque contra alvos dotados de Blindagem Reativa. Este trabalho primeiramente buscou verificar um pouco da história do surgimento dos carros de combate blindados e das munições tipo cluster, assim como suas principais características e inovações. Em sequência verificou-se, através de pesquisa, as tendências para o uso da Blindagem Reativa e das submunições capazes de penetrá-las. Em relação às submunições de artilharia analisadas por este trabalho verificou-se que as submunições dotadas de sensores infravermelhos, sensores de ondas milimétricas, de radares e que possuam efeito do tipo *Explosively Formed Penetrator* (EFP) são ideais para serem utilizados contra Blindagem Reativa. No tocante a submunição do sistema ASTROS analisada, sua ausência de tecnologia agregada em relação à sensores nos permite afirmar que ela só é efetiva quando há uma altíssima concentração de fogos em uma área onde os Blindados estejam extremamente próximos, já que assim há uma possibilidade mínima de uma submunição atingir a uma área aproximada de 01 m<sup>2</sup> na parte superior do Blindado, onde ele é mais vulnerável. Pelo efeito de Munroe-Newmann de carga dirigida o seu desempenho para perfura Blindagem Reativa é pequeno quando comparado com o efeito das submunições do tipo EFP. Analisaram-se diversas outras submunições anti-blindagem capazes de serem transportadas por mísseis e foguetes e verificou-se que elas possuem uma tecnologia muito maior que a submunição do sistema ASTROS, possibilitando a elas adquirir alvos blindados através de seus sensores e atingi-los com extrema precisão no ponto em que são mais vulneráveis. Sendo assim, conclui-se que a submunição de 70 mm dos foguetes do sistema ASTROS conseguem ser eficazes apenas contra caminhões e veículos blindados leves, como obuseiros autopropulsados, veículos blindados de transporte de pessoal e veículos de combate de Infantaria, caso os atinjam. Contra carros de combate com maior tecnologia de blindagem, elas são eficazes apenas se uma das submunições atingir a área vulnerável sobre o compartimento do motor ou da torre, porém a sua tecnologia não lhe garante formas de busca e de um guiamento autônomo até o ponto específico do alvo blindado.

**Palavras-chave:** Artilharia de Campanha. Mísseis. Foguetes. ASTROS. Munições. Submunições. Blindagem. Blindagem Reativa. Blindados.

---

\* 1º Tenente da Arma de Artilharia. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2015. Especialização *Latu Sensu* em Operação da VBCOAP M108 e M109 A3 (CIBId) em 2017.

## **ABSTRACT**

The present work intends to verify if the submunitions of the rockets SS-40, SS-60 and SS-80 of the ASTROS system are effective in attacking targets with Reactive Armor. This work first sought to verify a little of the history of the armored tanks and cluster munitions, as well as their main characteristics and innovations. In sequence, it was found, through research, the trends for the use of Reactive Armor and submunitions capable of penetrating them. Regarding the artillery submunitions analyzed by this work, it was found that submunitions with infrared sensors, millimeter wave sensors, radars and which have an Explosively Formed Penetrator (EFP) effect are ideal to be used against Reactive Armor. Regarding the submunition of the analyzed ASTROS system, its absence of aggregate technology in relation to sensors allows us to affirm that it is only effective when there is a very high concentration of fires in an area where the armored vehicles are extremely close, as there is thus a minimal possibility of a submunition reaching an area of approximately 01 square meter at the top of the tank, where it is most vulnerable. Due to the Munroe-Newmann effect of directed charge, its performance for reactive armor drilling is small when compared to the effect of EFP type submunitions. Several other anti-armor submunitions capable of being transported by missiles and rockets were analyzed and it was found that they have a much higher technology than the submunition of the ASTROS system, enabling them to acquire armored targets through their sensors and hit them with extreme precision at the point where they are most vulnerable. Thus, it is concluded that the 70 mm submunition of the ASTROS system rockets can be effective only against trucks and light armored vehicles, such as self-propelled howitzers, armored personnel carriers and infantry fighting vehicles, if they reach them. Against tanks with higher armor technology, they are effective only if one of the submunitions reaches the vulnerable area over the engine or tower compartment, but their outdated technology does not guarantee ways of searching and autonomous guidance to the point specific of the armored target.

**Palabras clave:** Field Artillery. Missiles. Rockets. ASTROS. Ammunition. Submunitions. Armor. Reactive Armored. Tanks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Blindado Soviético T72, 125 mm TH com blindagem reativa.....	18
Figura 02	- (a) Diagrama esquemático da ogiva em Tandem do tipo Carga Perfurante de Blindagem como Carga Precursora e Carga Principal como Carga Moldada; e (b) diagrama esquemático da ogiva em Tandem do tipo Carga Moldada tanto na Carga Precursora como na Carga Principal.....	20
Figura 03	- Efeito do EFP .....	21
Figura 04	- Submunições .....	24
Figura 05	- Submunições ejetadas .....	39
Figura 06	- Submunição aletas abertas .....	30
Figura 07	- Submunição aletas fechadas.....	30
Figura 08	- Interior da submunição da AVIBRAS.....	31
Figura 09	- Antes do teste da submunição da AVIBRAS.....	31
Figura 10	- Após o teste da Submunição da AVIBRAS .....	32
Figura 11	- Submunição BAT .....	33
Figura 12	- Interior da submunição BAT.....	34
Figura 13	- Interior da submunição SMArt.....	35
Figura 14	- Foguetes e granadas com a submunição SMArt.....	36
Figura 15	- MLRS com submunição SADARM.....	37
Figura 16	- Submunição SADARM.....	37
Figura 17	- Submunição SADARM – vista frontal.....	38
Figura 18	- Submunição SPBE.....	38
Figura 19	- Acionamento da BONUS.....	40
Figura 20	- Munição BONUS em diversos ângulos.....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Estimativa de preços dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80.....	28
Quadro 2	- Características da submunição BAT.....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
1.1	PROBLEMA.....	09
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.3	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES .....	11
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
2.1	REVISÃO DE LITERATURA .....	15
<b>3</b>	<b>A BLINDAGEM REATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>TECNOLOGIAS PARA PERFURAR BLINDAGEM REATIVA....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>SUBMUNIÇÕES DE MÍSSEIS E FOGUETES .....</b>	<b>23</b>
5.1	OS TIPOS DE SUBMUNIÇÕES PARA ATAQUE A VIATURAS BLINDADAS.....	25
5.2	SUBMUNIÇÕES GUIADAS POR SENSORES PASSIVOS .....	26
5.3	SUBMUNIÇÕES GUIADAS POR SENSORES ATIVOS.....	27
<b>6</b>	<b>A MUNIÇÃO DO SISTEMA ASTROS.....</b>	<b>28</b>
6.1	SUBMUNIÇÕES DO SISTEMA ASTROS.....	29
<b>7</b>	<b>SUBMUNIÇÕES ANTI-BLINDAGEM MODERNAS.....</b>	<b>33</b>
7.1	SUBMUNIÇÃO BRILLIANT ANTI-ARMOR TECHNOLOGY (BAT).....	33
7.2	SUBMUNIÇÃO SMART.....	35
7.3	SUBMUNIÇÃO SENSE AND DESTROY ARMOR (SADARM)...	36
7.4	SUBMUNIÇÃO SPBE.....	38
7.5	SUBMUNIÇÃO BONUS BOFORS.....	39
<b>8</b>	<b>RESULTADO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS</b>	<b>42</b>

8.1	RESULTADOS.....	42
8.2	ANÁLISE.....	43
8.3	INTERPRETAÇÃO.....	44
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na evolução do combate e das tecnologias de defesa, sempre houve a dicotomia entre armamento/munição e proteção, cada vez que uma nova proteção é desenvolvida (contra armamentos/munições em uso), um novo armamento/munição tende a ser desenvolvido, para vencer esta proteção. Com o uso do novo armamento/munição, desenvolve-se uma nova proteção, a fim de resistir a ele. Gerando assim, um ciclo contínuo de evolução. Estreitando o tema para o combate blindado, podemos dizer que blindagens e munições evoluem lado a lado. Para cada nova munição, desenvolve-se uma blindagem capaz de resistir a ela. Para cada nova blindagem, desenvolve-se uma munição capaz de penetrá-la (BRASIL, 2017).

Corroborando com o argumento temos a seguinte colocação de Louro:

“A guerra se modifica de acordo com as mudanças sociais e tecnológicas, ocorridas de maneiras diferentes em diversos períodos da história. Essas mudanças mantêm as organizações militares em busca constante por discerni-las e até mesmo antecipá-las, evitando com isso que possam ver seus métodos operacionais tornarem-se obsoletos.” (LOURO, 2011, p. 14).

Sendo assim, analisando esta evolução tecnológica constante, este trabalho tem como objeto o estudo das melhores soluções para utilização de submunições de mísseis e foguetes do Sistema ASTROS (*Artillery Saturation Rocket System*) que sejam eficazes contra as modernas Blindagens Reativas, conhecidas pelo nome de *Explosive Reactive Armour* (ERA), utilizadas por diversas Forças Armadas ao redor do mundo. Este estudo se divide na análise das Blindagens Reativas utilizadas nos dias de hoje e a eficácia de submunições de mísseis e foguetes capazes de penetrá-las, neutralizando ou destruindo estes tipos de alvo. Este estudo valeu-se de referências dentro e fora da instituição Exército Brasileiro (EB). Para tanto, o trabalho foi dividido nas seguintes seções: introdução; objetivos; procedimentos metodológicos; discussão e, por fim, a conclusão.

### 1.1 PROBLEMA

Nos dias de hoje, em termos militares, proteção equivale a blindagem. No futuro, os

sistemas de blindagem ativa podem se tornar cada vez mais comuns. E já está sendo dada grande atenção à blindagem contra submunições que chegam por cima da viatura, como evidenciado pela matriz de blindagem do obuseiro autopropulsado alemão PzH 2000 155mm (MATSUMURA, STEEB, GORDON IV, 1998, p. 34, tradução nossa).

Dentre essas novas tecnologias, temos o objeto de nosso estudo, que é a Blindagem Reativa. Ela foi desenvolvida pela primeira vez durante a década de 1970 como um meio de proteger veículos blindados contra armas anti-blindagem de carga oca (*shaped-charge anti-armor weapons*), incluindo armas de infantaria portátil (HHIW) e mísseis antitanque guiados (ATGMs). O mesmo conceito também pode ser aplicado para proteger veículos contra munições perfurantes de energia cinética “munições flecha” (KEPs), como “munições flecha” perfurantes do tipo APFSDS (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Do exposto, verifica-se as munições de carga oca, como é o caso das submunições dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 dos sistema ASTROS, a princípio, tendem a não ser mais tão eficazes contra as modernas viaturas dotadas de Blindagem Reativa.

A solução aponta para o desenvolvimento de novas tecnologias para as submunições do Sistema ASTROS capazes de perfurar Blindagens Reativas. O fato de já existirem estudos voltados para este tipo de tecnologia, como as submunições de mísseis norte-americanas *Brilliant Anti-Armor Submunition* (BAT) e a GMLRS-SMART, desenvolvida pela empresa alemã Diehl VA Systeme Stiftung & Co. KG, faz com que verifiquemos que as submunições de 70 mm utilizadas pelo Sistema ASTROS, fabricadas pela AVIBRAS, provavelmente já não são realmente eficazes contra os Blindados mais modernos presentes nos campos de batalha das guerras atuais.

Visando o cumprimento de missões de destruição e neutralização de Blindados modernos, tal pesquisa pretende solucionar o seguinte questionamento:

**As submunições presentes nos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 são eficazes contra alvos Blindados dotados de Blindagem Reativa?**

## 1.2 OBJETIVOS

Este estudo tem como **objetivo geral** verificar qual a melhor submunição para ser

empregada no sistema ASTROS que seja eficaz contra a Blindagem Reativa. Para o desencadeamento do raciocínio lógico do trabalho, foram formulados dois **objetivos específicos** abaixo relacionados:

a. verificar a atual eficácia da submunição do Sistema ASTROS para destruir ou neutralizar alvos dotados de Blindagem Reativa; e

b. consolidar o estudo de tecnologias alternativas para o emprego de submunições eficazes contra Blindagem Reativa do Sistema de Lançadores Múltiplo de Foguetes Estadunidense e de outros Exércitos que possam ser utilizados pelo Sistema ASTROS da Força Terrestre.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

No manual Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes (Bia LMF), durante a Busca e Análise de Alvos para Mísseis e Foguetes, a doutrina do EB considera como alvos em potencial e compensadores os Blindados (BRASIL, 1999, P. 4-3).

O manual acima citado nos traz também que uma Bia LMF utiliza o sistema ASTROS II e nos mostra que esse sistema possui características tais como: um alto grau de resposta às necessidades de apoio de fogo da força e um alto grau de efeitos sobre o alvo, permitindo desfechar uma grande massa de fogos sobre o alvo em consequência do seu poder de fogo. Diz ainda que o sistema permite: ocupar rapidamente as posições de tiro previamente selecionadas e abandoná-las sem demora após a eficácia ter sido realizada; responder prontamente à solicitação de apoio de fogo sobre alvos inopinados, quando necessário; conduzir tecnicamente a direção de tiro; determinar prontamente os elementos de tiro para a realização das missões atribuídas, por meios computadorizados; e conduzir fogos em missões tipo eficácia, na quase totalidade das vezes, ou tipo ajustarei, eventualmente, com uso do radar, dentre outros meios, sob quaisquer situação e condições meteorológicas (BRASIL, 1999, p. 12-1).

Verificamos, assim, que o sistema ASTROS atende a diversas demandas da Artilharia de Campanha no que concerne a rapidez no apoio e a um grande poder de fogo, com um alto grau de efeito sobre o alvo. Analisamos também que os Lançadores Múltiplos de Foguetes do EB devem ser capazes de serem efetivos contra alvos compensadores, como é o caso dos Blindados. Entretanto, dada a importância estratégica

do sistema ASTROS e as missões atribuídas a ele, deve-se ter absoluta certeza que, após se adquirir um alvo compensador formado por tropas de carros de combate blindados, os tiros efetuados sobre os mesmos sejam capazes de destruí-los ou ao menos neutralizá-los. E, justamente neste ponto que o presente trabalho pretende responder a uma questão relevante, que é a de que a munição do sistema ASTROS ao atingir um alvo dotado de Blindagem Reativa consegue ou não ser eficaz para penetrá-la e causar danos ao veículo e baixas a sua guarnição. Além de trazer possíveis alternativas no uso de cabeças de guerra capazes de serem mais eficazes contra esse tipo de proteção do que nossas munições atualmente utilizadas nos Lançadores de Mísseis e Foguetes.

Conseguimos extrair do manual de Bia LMF que uma submunição dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 possui um calibre de 70 mm e um efeito anticarro de capacidade de perfuração (em chapas de aço) de um mínimo de 200mm. Verifica-se também que sua altitude de ejeção-padrão é de 3000m acima do alvo, tendo sua espoleta de impacto armada após a abertura da ogiva e a sua ejeção (BRASIL, 1999, p. 12-3).

Com isso, verificamos que a submunição utilizada pelos foguetes do EB não possui nenhuma tecnologia de guiamento para atingir o alvo e que sua capacidade de perfuração de blindagem se refere a apenas a sua eficácia contra blindagens padrão de aço.

Atualmente empresas como a Northrop-Grumman e a Diehl VA Systeme Stiftung & Co. KG desenvolvem submunições capazes de penetrar blindagens modernas, inclusive a Blindagem Reativa. Desse modo, o presente trabalho pretende buscar possíveis inovações para os mísseis e foguetes em uso e em desenvolvimento em parceria do EB com empresas privadas nacionais. A justificativa para isso é de que de nada adianta termos os melhores sistemas de posicionamento, pontaria, busca de alvos, cálculos de tiro, com sistemas de Lançadores de Mísseis e Foguetes que realizam tiros preciso, se a munição utilizada não for capaz de converter o alvo em uma baixa, ou pelo menos tirá-lo de combate.

Os resultados alcançados com esta pesquisa visam dar subsídios para o EB realizar futuras aquisições de munições de mísseis e foguetes que neutralizem viaturas blindadas que possuam proteções tipo ERA e para destacar contra quais veículos a

submunção atual do Sistema ASTROS é realmente eficaz, mostrando suas possibilidades e limitações contra alvos veiculares blindados e não blindados.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho terá como base, quanto à abordagem, a **pesquisa qualitativa**. No emprego desta metodologia serão seguidos os seguintes passos: levantamento da bibliografia e de documentos pertinentes; seleção da bibliografia e de documentos; leitura analítica da bibliografia e dos documentos selecionados; montagens dos arquivos: ocasião em que serão elaboradas as fichas bibliográficas de citações, resumos e análise; e, análise crítica, tabulação das informações obtidas e consolidação das questões de estudo.

A coleta de material será realizada por meio de consultas aos Trabalhos arquivados no Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes (C I Art Msl Fgt), aos manuais do EB, aos manuais de outros exércitos, aos livros, artigos, revistas e à rede mundial de computadores.

Por fim, confrontaremos os dados com a hipótese proposta, verificando a afirmação ou a negação para a questão levantada, de que as submunições presentes nos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 são eficazes contra alvos Blindados dotados de Blindagem Reativa.

A população analisada serão as munições SS-40, SS-60 e SS-80. A amostra do estudo serão as submunições de 70mm da empresa AVIBRAS empregado nestes foguetes.

Em relação ao método, o presente trabalho será desenvolvido com base em pesquisas bibliográficas e documentais. A pesquisa será realizada de **forma exploratória**, pois a pretensão do trabalho é realizar uma análise geral das condições de emprego das submunições do Sistema ASTROS contra viaturas dotadas de Blindagem Reativa modernas. Além de que o campo pesquisado é relativamente recente no emprego do EB, visto que os mísseis e foguetes começaram a ser adotados pelo Brasil no início da década de 1990. (BASTOS, 2012). Além do mais, será realizado um estudo exploratório com base nas submunições de mísseis e foguetes de Artilharia utilizados por outros exércitos.

Os procedimentos metodológicos empregados foram do **tipo comparativo**, levando-se em consideração o que já existe na artilharia de mísseis e foguetes do EB e de outros exércitos do mundo.

## 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Iniciamos o delineamento da pesquisa com a apresentação dos fatos geradores do problema, a fim de viabilizar a sua solução para a conclusão da presente pesquisa. Todo o estudo foi baseado em uma revisão de literatura no período compreendido entre os anos de 1984 e 2020. A revisão da literatura aqui apresentada mostra um pouco do histórico que levou ao desenvolvimento da Blindagem Reativa e algumas soluções tecnológicas encontradas para vencer este tipo de proteção utilizando submunições de Artilharia.

Para uma melhor compreensão dos fatos geradores do problema devemos inicialmente voltar ao período compreendido entre o início do século XX até a Primeira Guerra Mundial. Nesta época se viu o início do uso vários avanços tecnológicos voltados para o combate. A pólvora sem fumaça de cordite e rifles de repetição foram utilizados pelos britânicos durante a Guerra dos Bôeres (1899-1902), na África do Sul; batalhas navais em grande escala e uso em grande emprego de metralhadoras na Guerra Russo-Japonesa (1904-1905); e já na Primeira Guerra Mundial (1914-1918) o mundo pôde ver a introdução da guerra submarina, bombardeio aéreo realizado por dirigíveis, aeronaves dotadas de metralhadoras e bombas, mas em especial para o nosso estudo, foi durante essa fase que surgiram os primeiros Blindados (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1984, p. 2-8, tradução nossa).

Como já visto, o avanço da tecnologia dá um ímpeto para que novas pesquisas sejam desenvolvidas. Por exemplo, o efeito de carga moldada (ou carga oca) foi descoberto em 1888. Entretanto, foi feito pouco uso deste princípio até a Segunda Guerra Mundial, quando os avanços tecnológicos fizeram dos Blindados uma grande arma de guerra e se viu a necessidade de criar algum tipo de armamento para detê-los. Em contrapartida, como é de se esperar em uma evolução natural dos combates, um progresso significativo foi feito para diminuir o efeito de uma carga moldada na blindagem. E assim a corrida bélica/tecnológica nunca para, pois novos materiais e aplicações para derrotar os novos tipos de blindagem surgirão para, futuramente, novas blindagens serem desenvolvidas para pará-los (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1984, p. 2-1, tradução nossa).

Na década de 1970 o Exército dos Estados Unidos verificou que um lançador poderia entregar o mesmo poder de fogo de 28 obuseiros de 8 polegadas. O Lançador Múltiplo de Foguetes poderia ser usado contra alvos mecanizados de alta densidade e fornecer fogos de interdição (MCKENNEY, 2007, p. 291, tradução nossa).

Dessa forma, vemos que a Artilharia de Campanha acompanhou a evolução bélica para ter seus fogos cada vez mais rápidos, precisos, longos e eficazes, inclusive contra tropas blindadas. Os artilheiros verificaram que os foguetes seriam em certa medida mais letais contra grandes concentrações de Blindados, pelo seu volume de fogo, entretanto a munição ainda teria que ser capaz de vencer as grossas camadas de aço dos carros de combate.

Em relação a evolução das munições, por sua vez, foi notório que o uso extensivo de blindagem durante a Primeira Guerra levou ao desenvolvimento de armas anti-blindagem, projéteis perfurantes e munições de carga oca. Projéteis perfurantes e anti-blindagem evoluíram com a Segunda Guerra Mundial. Muito do trabalho feito para melhorar as composições de alto explosivo foi direcionado para encontrar os materiais mais eficiente para as munições anti-blindagem. Para os projéteis eficazes contra blindados, o picrato de amônio, relativamente insensível, há muito era o preferido. Como era improvável que detonasse com o impacto na blindagem, o projétil poderia penetrar na placa de blindagem antes de explodir. Mas a experiência com pesados blindados alemães no norte da África mostrou que algo mais era necessário além da força e da ação dos estilhaços. Somado a isso, verificou-se a necessidade de um maior efeito incendiário dentro do alvo blindado (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1984, p. 2-17, tradução nossa).

Apesar de nenhum novo explosivo para projéteis de artilharia entrar em uso durante a Segunda Guerra Mundial, uma nova maneira de empregar explosivos surgiu. O efeito de uma carga oca ou projétil de carga moldada contra alvos blindados foi demonstrado pela primeira vez com sucesso com os lança rojões e os rifles com lançadores de granadas. A aplicação do princípio da carga moldada à Artilharia prosseguiu naturalmente. A escolha desse tipo de munições para obuses foi lógica porque sua baixa velocidade tornava os tipos convencionais de projéteis perfurantes ineficazes, ao passo que para um explosivo de carga moldada era possível atingir tal efeito a baixa velocidade (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1984, p. 2-18, tradução nossa).

Mas as blindagens também não ficaram pra traz nesta corrida desenfreada pela vitória no combate. Surge então, a Blindagem Reativa, ou conhecida pelo termo em inglês *Explosive Reactive Armour* (ERA) ou mesmo somente *Reactive Armour* (RA), para frear o efeito da munição de carga oca e da munição de energia cinética tipo KEP. A primeira patente para Blindagem Reativa foi registrada na Alemanha em 1970 por um norueguês, Dr. Manfred Held, que mais tarde trabalhou com a Rafael Armament Development Authority Ltd. para desenvolver o projeto “Blazer” de Blindagem Reativa para Blindados israelenses, que apareceram em combate em 1982. A União Soviética também vinha trabalhando por conta própria para a concepção de Blindagens Reativas e desenvolveu sua primeira geração de blindagem reativa cerca de um ano depois (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Novas munições anti-blindagem surgiram especificamente para perfurar a Blindagem Reativa. O primeiro efeito usando foi o da cabeça de guerra Tandem, que inclui um precursor menor, além da carga principal, que perfura a blindagem (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

Após esta breve explicação histórica da evolução armamentista, para explicarmos o surgimento da blindagem tipo ERA e das munições eficazes contra a mesma, temos embasamento e respaldo teórico para analisarmos com mais profundidade os efeitos da submunição de 70 mm do sistema ASTROS, que funciona a partir do efeito de carga oca, e verificarmos sua eficácia contra a blindagem ERA.

### 3 A BLINDAGEM REATIVA

Segundo o governo norte-americano a tendência no desenvolvimento de novas blindagens tem sido direcionada a blindagens que alcançam um alto nível de proteção, sendo mensuradas pela equivalência em espessura de aço (esse tipo de medida geralmente é expresso como milímetros de RHA, sigla de *Rolled Homogeneous Armor*). Novos materiais mais leves, como cerâmica, laminados e Blindagem Reativas estão presentes nos carros de combate mais modernos e são equivalentes a altos índices de RHA. Blindagem Reativas (figura 01) são blindagens modulares que contêm pequenas cargas explosivas que detonam quando atingidas por uma ogiva, desviando assim o jato de carga moldada. Entretanto, essas blindagens não são muito eficazes contra munições que utilizam o princípio de penetração por energia cinética (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).



Figura 01 - Blindado Soviético T72, 125 mm TH com blindagem reativa  
Fonte: (HANUSA, [2020?]).

Blindagens mais aprimoradas são aplicadas principalmente nas superfícies frontais dos Blindados para protegê-los contra a maior ameaça no campo de batalha, que é o fogo direto de Blindados inimigos e armas anti-blindagem. A parte superior e inferior dos carros de combate permanece relativamente desprotegida. A colocação de mais

blindagem na parte superior e inferior do veículo também significaria uma adição significativa no peso do mesmo, sendo incompatível com o projeto da maioria dos chassis, aumentando também significativamente o gasto de combustível e a exigência de força do motor. Devido à necessidade de manter o fluxo de ar desobstruído para os radiadores do motor, não convém colocar Blindagem Reativa em certas partes do veículo (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

A característica essencial da maioria dos projetos de Blindagem Reativa é uma camada de material explosivo imprensado entre duas placas de metal. Quando o jato quente de uma carga oca ou uma munição tipo KEP atinge este “sanduíche”, ele aciona o explosivo da camada do meio, fazendo com que as duas placas de metal se separem. Esta separação desestabiliza o jato de plasma conforme ele as atravessa, reduzindo assim sua capacidade de penetração na blindagem principal do veículo (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

#### 4 TECNOLOGIAS PARA PERFURAR BLINDAGEM REATIVA

Conforme Dullum, o próprio efeito de carga oca (efeito HEAT) permite que uma submunição cluster perfure uma blindagem robusta. Quando essas submunições foram introduzidas, há mais de 30 anos, munições com esse tipo de efeito eram os únicos meios práticos para derrotar unidades blindadas com fogos a longos alcances e tiros indiretos. Os veículos fortemente blindados de hoje possuem proteção que minimiza o efeito de uma pequena carga oca vinda de cima (DULLUM, 2008, p. 141, tradução nossa).

De acordo com Pinder, não surpreendentemente, novas armas anti-blindagem estão surgindo e são projetadas especificamente para neutralizar a Blindagem Reativa usando uma cabeça de guerra Tandem, que inclui um precursor menor, além da carga principal, que irá perfurar a blindagem (figura 02). A carga precursora detona a camada explosiva da Blindagem Reativa antes da carga principal, para permitir que ela penetre mais facilmente no Blindado. Munições Tandem já começaram a aparecer em ATGMs e HHIWs. À medida que essas novas ameaças tornem-se cada vez mais avançadas, os veículos blindados precisarão de cada vez maior proteção contra elas (PINDER, 1999, p. 24, tradução nossa).

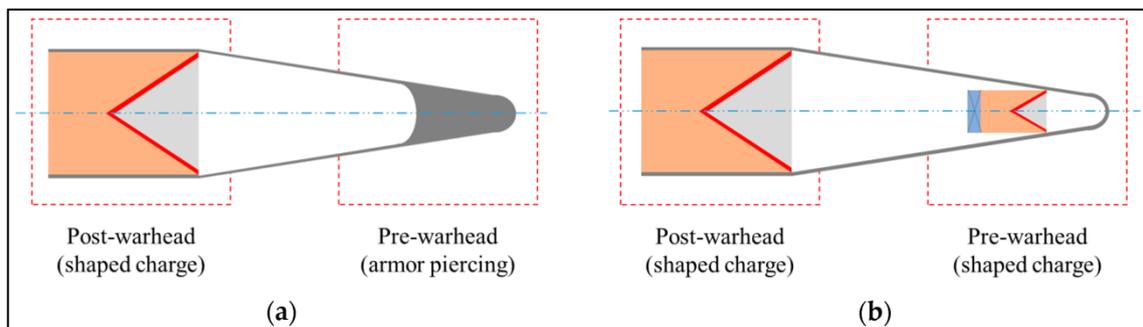


Figura 02 – (a) Diagrama esquemático da ogiva em Tandem do tipo Carga Perfurante de Blindagem como Carga Precursora e Carga Principal como Carga Moldada; e (b) diagrama esquemático da ogiva em Tandem do tipo Carga Moldada tanto na Carga Precursora como na Carga Principal.

Fonte: (DING; RAN; TANG, 2018, p. 02).

Existe ainda outra tecnologia que surgiu com o intuito de perfurar as blindagens mais modernas, que são as munições do tipo *Explosively Formed Penetrators* (EFPs)

(figura 03). EFPs são pedaços de metal que penetram na blindagem em virtude de sua alta velocidade e massa, ou seja, sua energia cinética. Embora formados por explosivos, eles não contêm explosivos no momento do contato com o alvo e são chamados de penetradores de energia cinética. (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 178, tradução nossa).

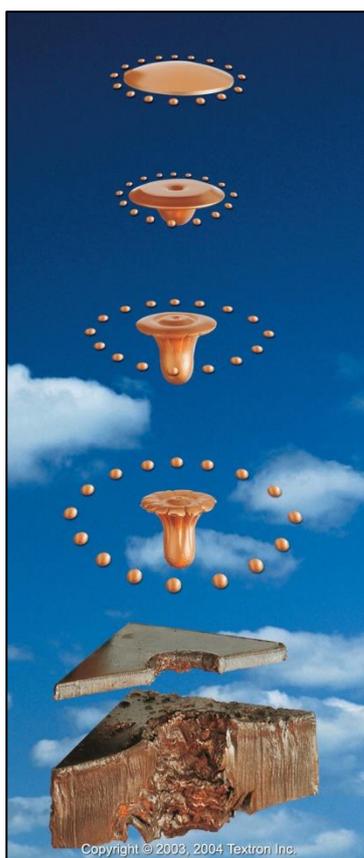


Figura 03 – Efeito do EFP  
Fonte: (JONES, 2017).

As munições de carga moldada tradicionais normalmente penetram em maiores espessuras de blindagem tradicionais do que munições do tipo *Explosively Formed Penetrators* (EFPs), mas podem ser combatidas mais facilmente, com novos materiais de blindagem e blindagem tipo ERA. EFPs normalmente penetram menos na blindagem, mas são mais difíceis de combater, até mesmo pelas blindagens mais avançadas do tipo ERA (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 172, tradução nossa).

Verificamos em nosso estudo, entre outros aspectos, que apesar da submunição de carga moldada (carga oca) penetrar mais em blindagens convencionais, a submunição do tipo EFP e Tandem são mais eficazes contra Blindagem Reativa. Tese comprovada por Ding, Ran e Tang que em seu artigo nos trazem que: “Os resultados experimentais mostram que a eficiência protetiva da estrutura da blindagem tipo ERA contra uma cabeça de guerra de carga moldada (carga oca) em formato convencional é de 70 a 90%” (DING; RAN; TANG, 2018, p. 01, tradução nossa).

## 5 SUBMUNIÇÕES DE MÍSSEIS E FOGUETES

Como evidencia Dullum, o conceito de dispersar uma série de submunições explosivas de uma única munição transportadora é, na verdade, bastante novo. Provavelmente foi usado pela primeira vez pela *Luftwaffe* alemã quando bombardeou portos na costa leste da Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial. A submunição então utilizada, chamada de bomba borboleta, tinha o tamanho de um punho e era estabilizada e freada por um dispositivo de quatro asas que deu origem ao nome. A URSS também desenvolveu submunições ao mesmo tempo, denominado OKT-1.5. Este sistema estava em uso até pouco tempo, sendo aplicado na guerra do Afeganistão (DULLUM, 2008, p. 11, tradução nossa).

A submunição cluster tipo borboleta foi posteriormente copiada e renomeada para M83 pelos Estados Unidos na década de 1950 para ser usado primeiro na Guerra da Coreia, depois na Indochina na década de 1960. Mais tarde, os EUA desenvolveram diferentes munições de fragmentação tanto para lançamento aéreo quanto para Artilharia de Campanha. Seu objetivo era derrotar a Infantaria e as tropas de guerrilha em ambientes de selva (DULLUM, 2008, p. 11, tradução nossa).

Na Guerra Fria, as armas nucleares inicialmente tiveram o foco principal, mas a partir da década de 1970 as forças convencionais passaram a ter um papel cada vez maior. Isso levou a um impulso no desenvolvimento de submunições e, especialmente, de munições de Artilharia. O objetivo era obter um sistema para derrotar a Infantaria em grande escala e as formações de Blindados. Outros alvos de alto valor eram Postos de Comando, alvos de logística e, não menos importante, Grupos de Artilharia de Campanha (DULLUM, 2008, p. 11, tradução nossa).

A partir daí, a tecnologia proliferou para vários países da OTAN e, finalmente, também para o Pacto de Varsóvia. Nas últimas duas décadas, as submunições tipo cluster foram usadas em vários conflitos no Oriente Médio, bem como nos Bálcãs, no Cáucaso e no Afeganistão (DULLUM, 2008, p. 11, tradução nossa).

Um dos primeiros tipos de efeito utilizado para as submunições foi provavelmente o de minas terrestres. Mais tarde, muitos outros tipos foram surgindo, incluindo: munições explosivas e fragmentadoras (ICM - *Improved Conventional Munition*), mini munições explosivas e fragmentadoras com uma carga modelada (DPICM - *Dual Purpose Improved*

*Conventional Munition*), munições incendiárias, submunições geradoras de ruído eletromagnético (ECM - Contramedida Eletrônica), minas anti-blindagem, minas antipessoal, e submunições anti-blindagem avançadas (DULLUM, 2010, p. 54, tradução nossa).

As submunições são normalmente ejetadas a uma determinada altitude (figura 04), garantindo uma dispersão adequada das mesmas, sem comprometer a precisão do lançamento. Em alguns sistemas, o tempo de ejeção é controlado pelo sistema de controle de fogo, especificando ou definindo ativamente o tempo do detonador. Em algumas ocasiões, pode ser útil ignorar essa configuração para minimizar a dispersão ou alcançar alvos situados atrás de altas elevações (DULLUM, 2010, p. 54, tradução nossa).



Figura 04 – Submunições  
Fonte: (DULLUM, 2010, p. 56).

O alcance máximo da submunição é determinado principalmente pela massa e, até certo ponto, pelo tamanho das unidades de submunição. Se a expulsão ocorrer em uma altitude que garanta que a submunição alcance a velocidade natural de queda livre, a velocidade de impacto também será determinada pela massa e tamanho da submunição. Uma expulsão a uma altitude que exceda a altura ideal é inútil, pois irá apenas aumentar marginalmente a dispersão da submunição, mas diminuirá a precisão dos fogos (DULLUM, 2010, p. 54, tradução nossa).

A utilização de submunição é bastante comum em munições de artilharia de foguete. A principal razão para o uso de submunições é que elas espalham o efeito da carga útil sobre uma determinada área. Se a submunição for espalhada de forma inadequada, haverá uma supersaturação do efeito dentro da área, e muito do efeito será desperdiçado. A área do alvo deve ser grande o bastante para que a supersaturação seja evitada. Por outro lado, a área não pode ser tão grande a ponto de exceder o tamanho de um alvo típico, espalhando assim parte do efeito para fora do alvo e aumentando a possibilidade de danos colaterais (DULLUM, 2010, p. 51, tradução nossa).

A balística da submunição é geralmente simples e pode ser modelada por modelos balísticos bidimensionais. A maioria das submunições tem algum tipo de estabilizador, como um paraquedas, flaps ou aletas, evitando qualquer rotação caótica da munição durante sua descida até o alvo (DULLUM, 2010, p. 51, tradução nossa).

## 5.1 OS TIPOS DE SUBMUNIÇÕES PARA ATAQUE A VIATURAS BLINDADAS

Como já analisado, a parte superior e inferior dos carros de combate blindados é mais vulnerável a ataques, tendo em vista que os projetistas dão mais ênfase para reforçar a blindagem da superfície frontal, lateral e a traseira desses tipos de veículos, já que no combate há maior probabilidade de haver uma ameaça de fogo direto vindo de outros carros de combate ou de armamentos da Infantaria do que eles serem alvejados por fogo indireto de Artilharia. Existem três gerações de munições de ataque pelo topo que podem ser usadas pela Artilharia. São elas as munições cluster convencionais e duas gerações de submunições “inteligentes” agora em desenvolvimento: submunições guiadas por sensores passivos como sensores infravermelhos (IR) e sensores que captam ondas milimétricas (MMW); e submunições com guiamento terminal por radares ativos (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 173, tradução nossa).

Vele ressaltar que a fase de testes de protótipos de submunições inteligentes é muito importante, e deve ser bem analisada pelo exército que irá adquirir este tipo de produto. A maior parte dos testes de submunições da década de 1980 foi realizada em condições artificiais que tornaram os alvos mais fáceis de detectar - tempo claro, fundos de alto contraste e, em alguns casos, assinaturas térmicas artificialmente aprimoradas. Por causa das diferenças consideráveis entre os veículos blindados de diferentes

exércitos e entre os climas e o terreno dos campos de teste e os campos de batalha em potencial (que podem ser obscurecidos por neblina, chuva e vegetação), é essencial que os testes sejam realizados com alvos realistas, em condições realistas (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 171, tradução nossa).

Há ainda a possibilidade de mísseis e foguetes transportarem submunições que contenham minas inteligentes capazes de danificar a parte inferior de veículos blindados. Historicamente, as minas foram armas relativamente ineficazes e receberam pouca atenção. A principal limitação era que elas tinham que ser colocadas à mão, um processo lento que permitia pouca flexibilidade para reagir às mudanças nas circunstâncias. Novas tecnologias permitem que as minas sejam lançadas por aeronaves ou Artilharia e podem possibilitar que as minas desempenhem um papel mais imediato e responsivo no ataque de unidades blindadas. Por exemplo, as minas podem ser rapidamente colocadas imediatamente na frente de uma unidade em movimento, criando uma concentração de obstáculos (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 171, tradução nossa).

## 5.2 SUBMUNIÇÕES GUIADAS POR SENSORES PASSIVOS

Essas submunições utilizam sensores infravermelhos (IR) e de ondas milimétricas (MMW). Como ponto fraco deste tipo de submunição, observa-se que o terreno produz grande “desordem” no contraste (camuflagem natural de fundo), tornando difícil para os sensores detectar o alvo em uma grande gama de sinais. As áreas urbanas produzem desordem severa em ambas as bandas IR e MMW. Se o inimigo usar cidades como áreas de reunião tornaria um ataque com essas munições muito difícil. As nuvens baixas e a neblina também interferem no desempenho dos sensores infravermelhos. A chuva afeta os sensores IR e MMW (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 179, tradução nossa).

Entretanto, sensores multiespectrais (que são sensíveis em mais de uma banda de comprimento de onda), e o uso de análise "multi-domínio" mais sofisticada do que informações obtidas a partir de um sensor MMW de modo único apenas acabam com a incapacidade de identificação de alvos pela interferência da camuflagem e da desordem no contraste do ambiente. Para enganar os sensores IR e MMW os alvos simulados devem se parecer muito com modelos de veículos em escala real, que obviamente são de

praticidade limitada. Iscas simples de IR, como sinalizadores ou incêndios, são facilmente rejeitados. Sensores de infravermelho podem, no entanto, ser suscetíveis a iscas que reproduzem mais fielmente a potência e a temperatura de um motor blindado (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1987, p. 179, tradução nossa).

Os sensores passivos usam a radiação eletromagnética que é produzida naturalmente por um alvo. Essa radiação dá origem a uma assinatura térmica, que é o contraste do alvo para o fundo que cada material gera. Qualquer corpo emite radiação em maior ou menor grau. A uma temperatura de 27°C a 77°C, a intensidade máxima dessa radiação cai na banda infravermelha (IR). As vantagens de tal radar infravermelho consistem na segurança da detecção da emissão de tais ondas e nas dificuldades de bloqueio e camuflagem do alvo. Desvantagens estão associadas à impossibilidade de seleção direta de alvos em longos alcances e à forte influência das condições atmosféricas. O mesmo princípio é aplicado a sistemas de radar passivos de ondas milimétricas, que são quase livres dessas desvantagens em comparação com sistemas de infravermelho. O sinal útil é essencialmente menor na onda milimétrica do que na banda IR. No entanto, isso não é um problema para o uso de tais sistemas radiométricos de ondas milimétricas (XIAO; ZHOU; ZHANG, 2008, p. 330, tradução nossa).

### 5.3 SUBMUNIÇÕES GUIADAS POR SENSORES ATIVOS

As submunições do tipo *Terminally Guided Warhead* (TGW) podem buscar alvos em áreas muito maiores que as munições dotadas apenas de sensores passivo IR e WWM. As cabeças de guerra guiadas terminalmente seguem o conceito de *long-glide* originalmente proposto pela equipe liderada pela Raytheon. Após serem ejetadas as submunições TGW começam seu mergulho em direção ao alvo e apontam individualmente para ele por meio de radares de ondas milimétricas. Os alvos são adquiridos inicialmente pelos buscadores de 94 Ghz operando no modo ativo, e passam a ser analisados pelo sensor radiométrico passivo na faixa dos 250 m acima do alvo, a fim de minimizar problemas do brilho. Um mergulho brusco durante os estágios finais do ataque permite que a submunição penetre nas superfícies superiores levemente blindadas de um carro de combate (MARK, 1984, tradução nossa).

## 6 A MUNIÇÃO DO SISTEMA ASTROS

Atualmente o Sistema ASTROS do EB utiliza os seguintes foguetes: SS-09 TS (*Target Signaling*), SS-30 HE (*Hight Explosive*), SS-40 MW (*Multiple Warhead*), SS-60 HE/MW e o SS-80 HE/MW. Os números 09, 30, 40, 60 e 80 são referentes ao alcance dos foguetes. O sistema de mísseis do Sistema ASTROS do EB ainda está em produção.

O foguete SS-09 TS de calibre nominal de 70 mm, serve apenas para treinamento e sinalização. Contém propelente de propulsão e carga explosiva envolvida com pó químico para sinalização e treinamento. O foguete SS-30 (127 mm), é o único que possui a característica de ser apenas alto explosivo (HE), já que possui uma cabeça de guerra unitária com explosivo TNT, que é detonado apenas quando colide com o alvo. Sua espoleta é de impacto mecânico, regulada para a condição de funcionamento instantâneo.

Já os foguetes SS-40 (180 mm), SS-60 (300 mm) e SS-80 (300 mm) são os de maior interesse para nosso estudo, pois são os únicos capazes de lançar submunições sobre o alvo inimigo. Os três foguetes utilizam a mesma submunição, diferenciando-se apenas pelo número que cada um carrega. O SS-40 carrega 20 submunições, o SS-60 carrega 65 submunições e o SS-80 carrega 52 submunições (BRASIL, 2020a).

A seguir a tabela nos mostra uma estimativa de valores atuais convertidos para dólares norte americanos (USD) dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80. Os valores aproximados foram repassados pela equipe de instrutores do C I Art Msl Fgt.

Foguete	Valor em dólares norte americanos
SS-40	\$ 24.414,00 (USD)
SS-60	\$ 70.327,00 (USD)
SS-80	\$ 107.570,00 (USD)

Quadro 01 – Estimativa de preços dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80.

Fonte: (Instrutores do C I Art Msl Fgt).

Vale ressaltar que um novo foguete guiado brasileiro que utiliza submunições está em desenvolvimento em conjunto com o EB e a AVIBRAS. É o foguete SS-40G, que tem como Requisitos Técnicos Básicos possuir uma cabeça de guerra múltipla com submunições com capacidade de produzir uma Área Eficazmente Batida (AEB) de 0,078 Km<sup>2</sup> a uma altura mínima de ejeção de 400 m. Deve também possuir sistema de guiamento que, com uma rajada de 16 (dezesesseis) tiros lançados a partir de uma mesma

viatura, garanta que 95% (noventa e cinco por cento) das submunições atinjam o solo dentro de uma área máxima de 0,4 Km<sup>2</sup>, a uma distância mínima de 30 km (BRASIL, 2014).

As munições MW dos foguetes convencionais possuem um involucro contendo submunições. A uma altura aproximada de 3.000 m do alvo, estas submunições são ejetadas e distribuídas sobre o alvo (figura 05).

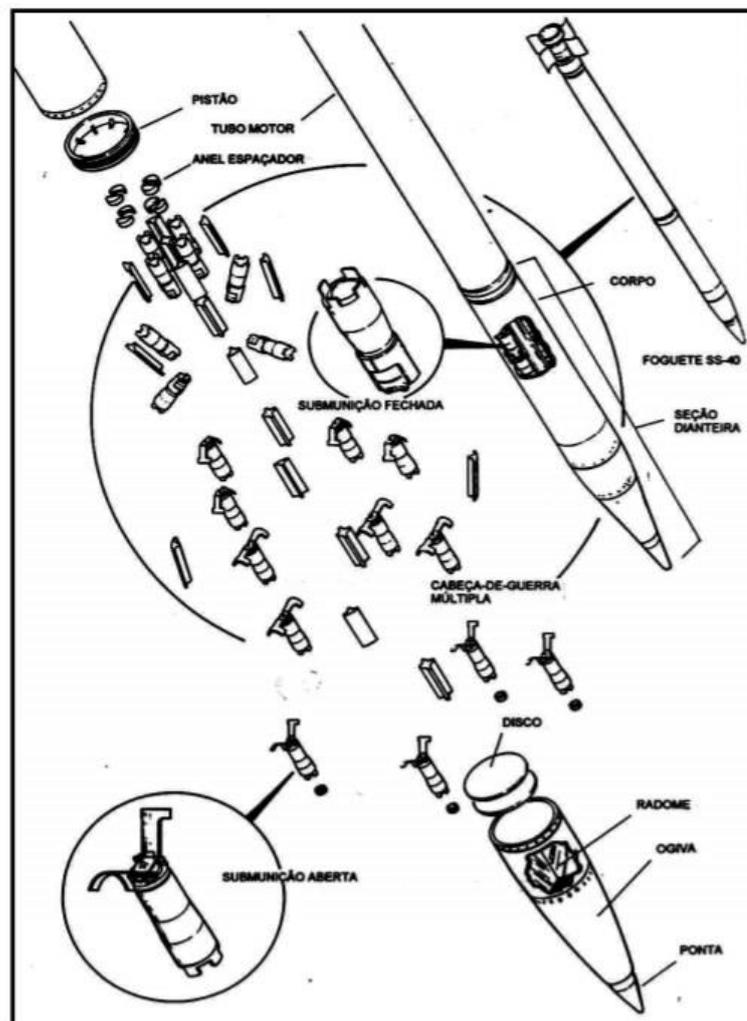


Figura 05 – Submunições ejetadas  
Fonte: (BRASIL, 2020a).

## 6.1 SUBMUNIÇÕES DO SISTEMA ASTROS

A cabeça de guerra dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 e as suas espoletas de tempo de auto acionamento são um tipo de cabeça de guerra múltipla projetada para ser

eficaz contra alvos constituídos por pessoal ou Blindados. Quando ejetadas, cobrem uma vasta área de terreno e produzem um efeito antipessoal e anticarro eficaz. As submunições são equipadas com espoletas de alta eficiência e com capacidade de autodestruição (BRASIL, 2020a, p. 1-1).

Um cilindro oco do foguete, fabricado em aço contém todos os componentes da carga de submunições. Seu provável raio de ação é de 42 m antipessoal e possui um cone para efeito anti-carro (perfuração de até 20 cm de aço carbono). Sua carga explosiva é o RDX e o calibre nominal de cada submunição é de 70 mm (figura 06 e 07). Seu comprimento é de 200 mm, o seu peso é de 1,8 kg, e o peso do explosivo RDX é de 0,377 g (BRASIL, 2020a).

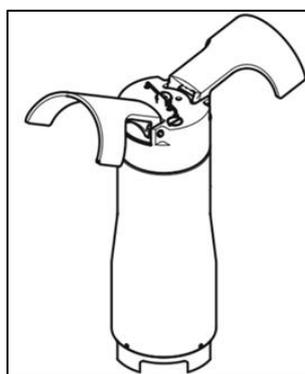


Figura 06 – Submunição aletas abertas  
Fonte: (AVIBRAS, 2018, p. 4-6).

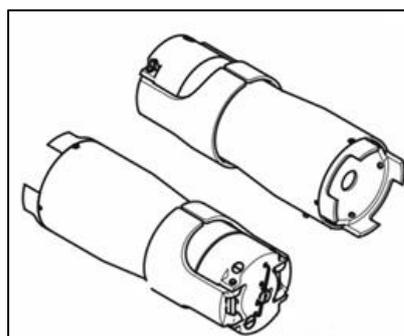


Figura 07 – Submunição aletas fechadas  
Fonte: (AVIBRAS, 2018, p. 4-6).

A submunição é constituída pelas seguintes partes: corpo, linha de carga, carga explosiva, carga primária, detonador principal, detonador de auto-destruição, aletas e tampa (figura 08).

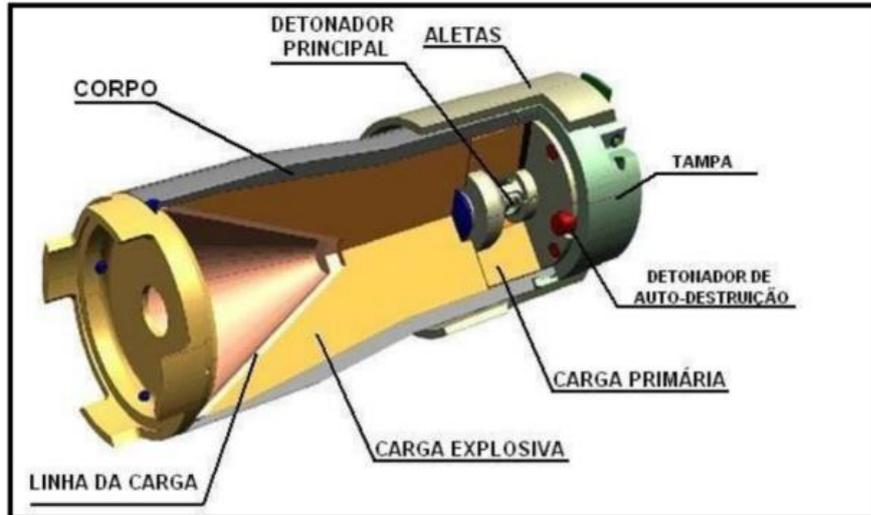


Figura 08 – interior submunição  
Fonte: (BRASIL, 2020a).

A submunição é acionada por impacto no alvo. Em caso de impacto suave o sistema de iniciação principal não é acionado. A submunição, que é equipada com um dispositivo de autodestruição, se autodestrói cerca de 20 segundos após o impacto no solo ter ocorrido.

Os efeitos da submunição são antipessoal, agindo através de fragmentação de estilhaços de aço carbono quando as submunições detonam e anti-blindagem com o efeito do impacto com carga oca em cone (figura 09 e 10).



Figura 09 – Antes do teste da submunição da AVIBRAS  
Fonte: (BRASIL, 2020b).



Figura 10 – Após o teste da submunição da AVIBRAS  
Fonte: (BRASIL, 2020b).

## 7 SUBMUNIÇÕES ANTI-BLINDAGEM MODERNAS

Neste capítulo verificaremos as principais submunições utilizadas para o ataque a Blindados pelos principais exércitos do mundo.

### 7.1 SUBMUNIÇÃO BRILLIANT ANTI-ARMOR TECHNOLOGY (BAT)

As submunições *Brilliant Anti-armor Technology* (BAT) são equipadas com sensores acústicos e infravermelhos que dão a cada submunição a capacidade de adquirir e atacar alvos blindados móveis (figura 11). Após a cabeça de guerra dispersar as submunições BAT, cada uma busca autonomamente um alvo individual dentro de uma coluna de Blindados com seu sensor acústico. Uma vez que cada submunição está perto o suficiente de seu alvo blindado selecionado, o buscador é ativado e fornece orientação durante a trajetória final. A submunição BAT tem uma cabeça de guerra Tandem, projetada para derrotar todas as Blindagens Reativas conhecidas. Seu comprimento é 91,5 cm, seu diâmetro é de 14 cm e seu peso é de 20 Kg. Cada míssil *Army Tactical Missile System* (ATACMS) *Block II* do exército norte-americano consegue transportar treze submunições BAT (ESTADOS UNIDOS, 1996, p. 1-9).

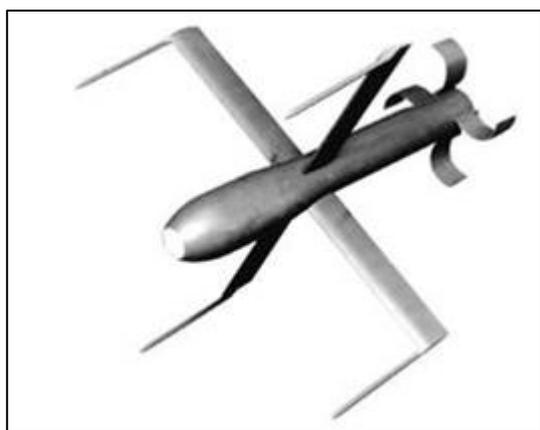


Figura 11 – Submunição BAT

Fonte: (DA SILVA; DINIZ; FERRARI, 2011, p. 19).

Entre as partes da submunição BAT (figura 12) encontramos os Sensores Acústicos, as Asas/*Flaps*, a Carga Principal, o Subsistema de Desaceleração e Estabilização, as aletas de cauda curvas, a Bateria Térmica, o Sensor de dados do ar,

Dispositivo Eletrônico de Segurança e de Armar (ESAD), Dispositivos de Controle, Unidade Central Eletrônica (CEU), a Unidade de medição inercial (IMU), a Carga Precursora, o Buscador de IR / MMW, a Espoleta de Impacto e Altimetro e o Regulador de Potência.

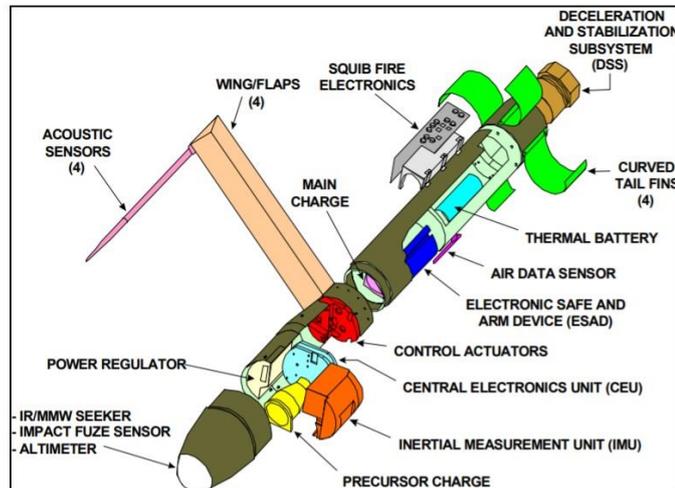


Figura 12 – Interior da submunição BAT  
Fonte: (KISSEL, 1999).

Abaixo temos algumas características e custos de produção da submunição tipo BAT de acordo com o *General Accounting Office* (GAO) do governo norte-americano:

Missão	Controle do campo de através de fogos com efeito anti-blindagem profundos que atrasam, interrompem e destroem alvos em movimento
Alvos	Alvos móveis tipo <i>hard</i> e tipo <i>soft</i>
Plataforma	Lançadora MLRS M270
Primeira entrega	2001
Método de guiamento	Míssil - GPS / INS; submunição - sensores acústicos e infravermelhos ou acústicos, infravermelhos e de ondas milimétricas
Alcance	Mais de 15 milhas náuticas (~ 28 Km)
Custo de desenvolvimento	\$ 1.327,5 milhões (USD)
Custo de produção	\$ 2.651,8 milhões (USD)
Custo de aquisição total	\$ 3.979,3 milhões (USD)
Custo de aquisição por unidade	\$ 3,3 milhões (USD)
Custo de produção por unidade	\$ 2,2 milhões (USD)

Quadro 2 – Características da submunição BAT.

Fonte: (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1995, tradução nossa).

## 7.2 SUBMUNIÇÃO SMART

O fabricante da submunição SMArt, a empresa alemã Diehl Defense GmbH & Co. KG, nos traz que seu produto tem entre outras características um modo triplo de aquisição de alvos, incluindo um sensor infravermelho passivo (IR), um sensor de onda milimétrica (MMW) passiva de 94 GHz (radiômetro), e ainda um sensor de onda milimétrica ativa de 94 GHz (radar). Sua ogiva é revestida de tântalo de alto desempenho, possui função de autodestruição integrada, com o esgotamento da bateria iniciando a autodestruição. O fabricante garante danos colaterais mínimos (WICH, 2007, tradução nossa).



Figura 13 – Interior SMArt  
Fonte: (VALCOURT, 2004).

De interesse para nosso estudo, a empresa nos traz que esta submunição é robusta para proteção contra medidas passivas de defesa e contra Blindagem Reativa. Varre uma grande área para busca de alvos (WICH, 2007, tradução nossa).

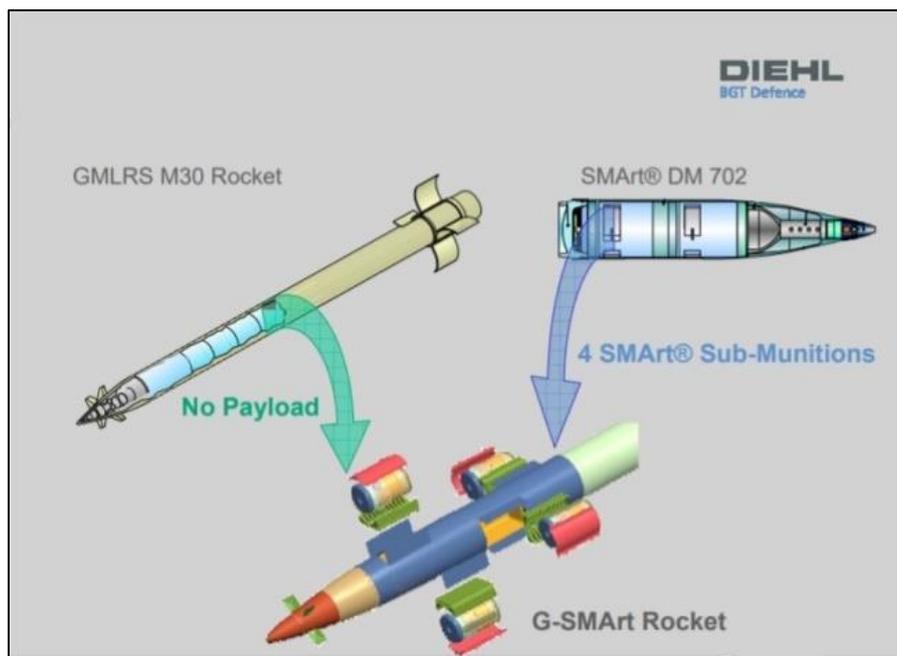


Figura 14 – Submunição SMArt  
Fonte: (WICH, 2007).

### 7.3 SUBMUNIÇÃO SENSE AND DESTROY ARMOR (SADARM)

A *Sense and Destroy Armor* (SADARM) é uma submunição do tipo "dispare e esqueça". O uso primário pretendido pelo SADARM é funcionar como um sistema de contrabateria contra obuseiros autopropulsados. Pode ser usado também contra veículos blindados de transporte de pessoal e outros veículos blindados em posições estacionárias. Ele foi projetado para o ataque pela parte superior do blindado por fogo indireto. O exército norte-americano está desenvolvendo dois tamanhos de submunições SADARM: para uso com obuseiros de 155 mm e o para uso no *Multiple Launch Rocket System* (MLRS). O projétil de 155 mm carrega duas submunições, e o foguete carrega seis. Cada submunição tem a capacidade de detectar e derrotar um alvo (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1993).

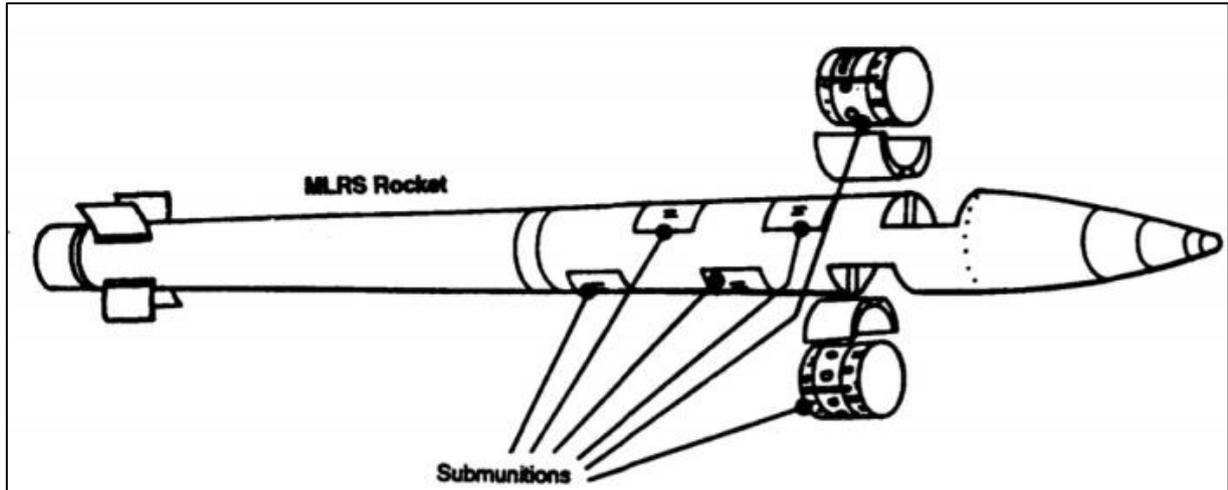


Figura 15 – MLRS com submunição SADARM  
 Fonte: (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1993).

Ele combina ondas milimétricas, tecnologia de processamento de infravermelhos e de sinal. Após as munições serem ejetadas da munição “carga” (granada de obuseiro, míssil ou foguete) os sensores da submunição iniciam a procura de alvos no solo (VENTURI, 2015).

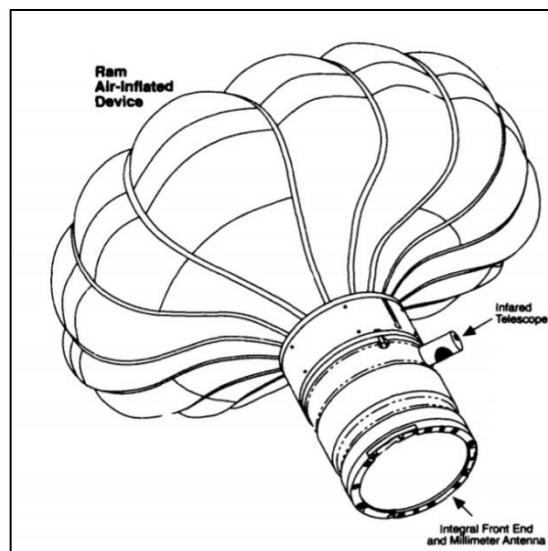


Figura 16 – Submunição SADARM  
 Fonte: (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1993).

Uma vez que um alvo é adquirido, os sensores determinarão o centro do alvo e o explosivo o atingirá de forma que penetre pela parte superior do blindado, que é sua parte mais vulnerável (VENTURI, 2015).

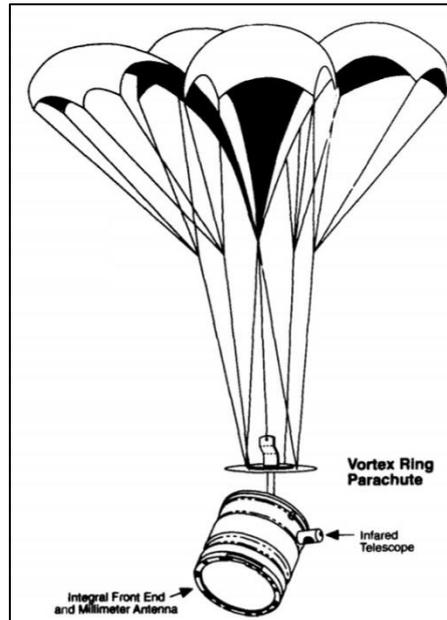


Figura 17 –Submunição SADARM – vista frontal  
Fonte: (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1993).

#### 7.4 SUBMUNIÇÃO SPBE

A submunição russa SPBE é uma ogiva guiada por sensores projetada para atacar alvos com características associadas a veículos blindados. O conjunto de sensores adquire um alvo através da radiometria, radar, infravermelho em diferentes comprimentos de onda e laser. Normalmente, dois ou três deles são encontrados em uma ogiva (figura 18) (DULLUM, 2010, p. 55, tradução nossa).



Figura 18 – Submunição SPBE  
Fonte: (MEDIUM, 2015).

As submunições são ejetadas em grandes altitudes, provavelmente 1000 m, e são desaceleradas por diferentes dispositivos antes de entrar na fase de busca, entre 200 e 300 metros acima do solo. Seu formato garante que o movimento da ogiva seja nutacional (a nutação é um movimento onde o eixo de rotação se desvia do eixo natural do objeto). Esse desvio é da ordem de 30°, de modo que ela varre o solo ao longo de uma trilha em espiral para dentro. Quando um possível alvo é encontrado, as submunições lançam um projétil sólido pesando cerca de 1 kg e com uma velocidade de cerca de 2.000 m/s contra o topo do alvo. Contra um veículo blindado, um golpe deve implicar de 20 a 50% de probabilidade de morte. Este tipo de submunições está em desenvolvimento para diferentes tipos de munições para Artilharia e bombas. No entanto, a Rússia é até agora a única nação que aplicou essa tecnologia em munições de artilharia de foguete (DULLUM, 2010, p. 55, tradução nossa).

## 7.5 SUBMUNIÇÃO BONUS BOFORS

Segundo sua fabricante, a BONUS é uma submunição lançada por artilharia capaz de combater com sucesso qualquer veículo blindado. Compatível com a maioria das armas de artilharia existentes. A granada de artilharia contendo a submunição BONUS é manuseado como um projétil convencional. Quando lançado a partir de qualquer sistema de artilharia de 155 mm, o projétil transportador da BONUS se separa para lançar duas munições composta de sensores que, então, procuram alvos dentro de uma determinada área, de até 32.000 metros quadrados (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).

Cada uma das submunições expelidas busca e neutraliza independentemente seu próprio alvo, usando uma ogiva Penetradora de Forma Explosiva, *Explosively Formed Penetrator* (EFP), com revestimento de tântalo. A alta taxa de rotação da munição, a alta velocidade de descida e a ausência de paraquedas a tornam virtualmente indetectável. Se nenhum alvo for identificado, o sistema se autodestrói para evitar deixar munições ativas no campo de batalha. Desenvolvida e produzida em cooperação pela BAE Systems na Suécia e Nexter na França, a BONUS está atualmente em uso por vários países, incluindo Finlândia, França, Noruega e Suécia (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).

O BONUS detecta e identifica alvos processando sinais recebidos de sensores infravermelhos passivos (IR) que cobrem vários comprimentos de onda. O sistema então combina os resultados com os sinais recebidos do sensor de perfil para separar os alvos de combate dos alvos falsos. Usando uma combinação de sensores, o BONUS é eficaz contra alvos que usam sistemas de proteção passiva e reativa (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).



Figura 19 – Acionamento BONUS  
Fonte: (BAE SYSTEMS, 2019).

Esta submunição atualmente só está em uso nos obuseiros de artilharia que utilizam granadas de 155mm para seu transporte, mas nada impede que sejam feitas adaptações para que mísseis e foguetes possam levar esse tipo de submunição.

Entre os dados técnicos que a BAE Systems nos traz, vemos que a submunição BONUS após ejetada e na sua fase de descida alcança a velocidade de 45 m/s a uma taxa de rotação 15 RPS; durante a fase de descida seu eixo óptico fica a 30° em relação ao seu eixo de rotação; o padrão de busca pelo alvo durante a descida é helicoidal; possui altímetro *Laser Detection and Ranging* (LADAR); após acionado seu projétil EFP atinge a blindagem a mais de 2000 m/s; sua penetração em blindagem do tipo *Rolled homogeneous armour* (RHA) varia de 100 mm a 140 mm e seu prazo de validade é de 15 anos (BAE SYSTEMS, 2019, tradução nossa).



Figura 20 – Munição BONUS  
Fonte: (BAE SYSTEMS, 2020).

A empresa Nexter Ammunition ainda cita que a submunição possui o peso de 6,5 Kg, um diâmetro de 138 mm; Insensível ao efeito do vento (sem pára-quadras); o seu sistema de autodestruição possui dois dispositivos (impacto e retardo eletrônico) e a esterilização ocorre em menos de 15 minutos após o impacto no solo (NEXTER, tradução nossa).

## 8. RESULTADO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Serão apresentados neste capítulo os resultados, a análise e a interpretação dos dados encontrados na pesquisa.

### 8.1 RESULTADO

Descobriu-se pela pesquisa que o desenvolvimento de submunições eficazes para o ataque a Blindagem Reativa é complexo devido a diversos fatores como a dificuldade de se desenvolver uma submunição confiável, o desafio de se projetar uma submunição que tenha um alto nível de resistência a contramedidas e ao penoso trabalho de desenvolvimento de um projeto desse tipo, com um custo plausível para um país com um baixo orçamento de Defesa. Para serem eficazes, as novas munições anti-blindagem devem ser capazes de penetrar em blindagem de alto índice de equivalência RHA e ter uma grande probabilidade de atingir o Blindado com precisão, em um ponto vulnerável específico, na parte superior do mesmo. O aumento da probabilidade de acertar um alvo é alcançado primeiro, tornando as munições menores, para que mais munições possam ser lançadas sobre a área do alvo. E, segundo, no caso de munições inteligentes, adicionando sensores que possam detectar o alvo e se autoguiar, apontando a munição para um ponto específico do mesmo.

Outro resultado observado ao final de nosso estudo é o fato de que munições cinéticas do tipo *Explosively Formed Penetrator* (EFP) e do tipo Tandem, são mais difíceis de combater do que as munições de carga oca e, portanto, são mais eficazes contra Blindagem Reativa.

Em relação a submunição de 70 mm utilizada pelos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 do sistema ASTROS, verificamos que ela faz parte das primeiras gerações de submunições para combate de blindagem. Suas ogivas incorporam a tecnologia de carga oca para perfuração de blindagem, devido ao efeito de Munroe-Newmann de carga dirigida. A capacidade de penetração de blindagem dessas munições é, no entanto, pequena. Dessa forma, são mais eficazes contra caminhões e veículos blindados leves, como obuseiros autopropulados, veículos blindados de transporte de pessoal e veículos de combate de Infantaria. Contra carros de combate com maior tecnologia de blindagem,

elas são eficazes apenas se uma das submunições atingir a área vulnerável sobre o compartimento do motor e a torre, que pode ser um espaço de apenas 01 m<sup>2</sup>. Como o padrão típico dessas munições é uma submunição a cada 20 m<sup>2</sup> aproximadamente, a probabilidade de atingir um ponto vital do Blindado obviamente não é muito grande. Mas contra alvos desprotegidos, os fragmentos oriundos de sua explosão têm o potencial de causar várias baixas. Elas também são relativamente baratas e possuem uma tecnologia e experiência de fabricação plenamente dominada pela indústria nacional.

Já que as submunições do sistema ASTROS não detectam alvos, elas são mais eficazes quando usadas contra grupos concentrados de veículos. Entretanto, se um pouco mais de tecnologia for agregada a elas, sensores relativamente simples podem ser usados para uma busca de alvos em pequenas áreas, o que permite que se mantenha os custos de produção relativamente baixos.

Para a tarefa de detectar o alvo em grandes áreas, a situação se torna mais complexa. Para conseguir realizar tal feito a submunição precisa se guiar autonomamente. E, o uso de sensores autônomos, sem intervenção humana, levanta a possibilidade de que essas submunições possam ser enganadas, possivelmente por técnicas de camuflagem, como colocar folhagem fresca ou redes sobre o veículo, o que reduz a capacidade desses sensores simples de detectá-los contra o "ruído" ou "desordem de fundo". Para não haver a possibilidade das submunições "inteligentes" serem enganadas, tem que haver a integração dos sensores IR, MMW, e radares, como é o caso das submunições BONUS, SMARt e SPBE.

## 8.2 ANÁLISE

Por toda a pesquisa feita confirmou-se que a submunição da AVIBRAS utilizada nos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 está tecnologicamente defasada em relação às submunições de combate a Blindados mais modernas. A ausência de sensores para detecção de alvos e para o seu guiamento preciso para os pontos mais vulneráveis dos carros de combate fazem com que ela não seja eficaz contra a Blindagem Reativa. O fato de ainda utilizar o efeito da carga oca para perfurar a blindagem também prejudicam a sua eficácia no combate a esse tipo de alvo.

### 8.3 INTERPRETAÇÃO

A hipótese da pesquisa foi rejeitada já que se percebeu pelos dados encontrados que a submunição de 70 mm da AVIBRAS não é eficaz contra a Blindagem Reativa.

Com esta pesquisa pode-se inferir que as submunições dos foguetes SS-40, SS-60 e SS-80 precisam ser substituídos por outros de maior tecnologia agregada. As conclusões obtidas se aplicam a todos as submunições de efeito anti-blindagem. Esta pesquisa possui ainda informações pertinentes para a Artilharia de Campanha no que tange ao estudo de Blindagem Reativa.

A pesquisa limitou-se a análise de dados bibliográficos de autores sobre as tendências mundiais para a utilização de blindagem modernas e as submunições mais eficazes para penetrá-las. No entanto para se chegar a melhores conclusões sobre o desempenho das submunições da AVIBRAS contra a Blindagem Reativa seria necessária a realização de análises de campo, lançando as submunições contra a blindagem analisada e verificando-se outras variáveis.

Essa pesquisa foi inovadora, pois estudou a eficácia de munições anti-blindagem contra um tipo de blindagem que carece de estudos mais profundos por parte do EB.

## 9 CONCLUSÃO

Conclui-se pela análise dos dados obtidos por nosso estudo e pela pesquisa sobre o assunto relativo à submunições do Sistema ASTROS que a submunição de 70 mm da AVIBRAS conseguem ser eficazes apenas contra caminhões e veículos blindados leves, como obuseiros autopropulados, veículos blindados de transporte de pessoal e veículos de combate de Infantaria. Contra carros de combate com maior tecnologia de blindagem, elas são eficazes apenas se uma das submunições atingir a área vulnerável sobre o compartimento do motor ou da torre.

Verificou-se que a sua tecnologia não lhe garantem formas de busca e de um guiamento autônomo até o ponto específico do alvo blindado. Para acabar com esse problema, o ideal seria que a submunição do sistema ASTROS fizessem o uso de sensores, presente nas gerações atuais das munições cluster. Esses sensores acabam com a dispersão aleatória e aumentam sensivelmente a probabilidade de baixas e destruição de Blindados, de modo que menos munições são desperdiçadas em espaços vazios e menos munições precisam ser lançadas para se obter o mesmo resultado. Quanto maior for a distância das lançadoras para o alvo maior é essa dispersão, pois a densidade de saturação de fogos em relação a área de alvo é inversamente proporcional ao alcance. Os sensores também podem selecionar um determinado ponto de vulnerabilidade do carro de combate. Assim, submunições que usam sensores infravermelhos (IR) conseguem localizar o quente compartimento do motor de um veículo alvo. Já as ondas milimétricas (MMW) ajudam a localizar o centro do Blindado, onde está a torre.

O sistema ASTROS também poderia fazer proveito das submunições mais modernas que existem para o combate de Blindagem Reativa, que são as *Terminally Guided Submunitions* (TGSMs), dotadas de radares ativos. Entretanto, possuem um pacote eletrônico mais sofisticado e uma tecnologia embarcada consideravelmente mais cara, que são necessárias para traduzir as imagens dos sensores em instruções de direção para as aletas da cauda que a guiam. A maior área de busca e o maior efeito letal das TGSMs, em comparação com as submunições com sensores IR e MMW, justificam também seu maior custo.

Verificou-se também que a submunição de efeito ideal contra a Blindagem

Reativa é proporcionada pela submunição com efeito do tipo EFP ou Tandem.

Uma sugestão para pesquisas futuras relacionadas ao tema é que se estude formas viáveis de executar projetos nacionais de desenvolvimento de submunições anti-blindagem guiadas por sensores.

## REFERÊNCIAS

AVIBRAS. **Contêiner-Lançador Descartável AV-CI/SS40 Completo: Manual de Utilização M00248-8**. AVIBRAS Indústria Aeroespacial S.A. 2018.

BAE SYSTEMS. **155mm BONUS Anti-Armor, Top Attack Artillery**. BAE Systems Bofors, 2019. 02 slides, color Disponível em: <<https://www.baesystems.com/en/download-en/20190919232441/143455555732.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BAE SYSTEMS. **Bofors 155mm BONUS Munition**. Disponível em: <https://www.baesystems.com/en/product/155-bonus>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BASTOS, Expedito Carlos Stephani. **Uma realidade brasileira: Foguetes e mísseis no Exército Brasileiro 1949 – 2012**. Revista Da Cultura, ano XI, Nº 20, Agosto de 2012. Disponível em: [http://www.funceb.org.br/images/revista/23\\_1r8u.pdf](http://www.funceb.org.br/images/revista/23_1r8u.pdf). Acesso em: 01 set. 2020.

BRASIL. **C 6-16 Bateria de Lançadores Múltiplos de Foguetes**. 2. ed. Brasília, DF, 1999.

\_\_\_\_\_. Exército. Nº 37-DCT, de 31 de março de 2014. Homologa os Requisitos Técnicos Básicos - EB80- RT-76.004, 1ª Edição, 2013 do Foguete Guiado para o Sistema ASTROS. **Separata ao Boletim do Exército**. Brasília, DF, nº 18/2014, 02 mai. 2014.

\_\_\_\_\_. Exército. **Nota de aula do Curso de Operação das VBCOAP M108 e M109: Técnica de Blindados; Blindagens**. C I Bld. Santa Maria, RS, 2017.

\_\_\_\_\_. **EB70-MT-11.000 Manual Técnico Munições do Sistema ASTROS**. 1. ed. Brasília, DF, 2020a.

\_\_\_\_\_. **Nota de aula do Curso de Operação de Mísseis e Foguetes: Munições; EAD**. C I Art Msl Fgt. Formosa, GO, 2020b.

DA SILVA, Jymmys Clemente Mota; DINIZ, Rodrigo Modesto Frech; FERRARI, Daniel Morgado. **Munições Guiadas: A sua utilização no combate moderno e a necessidade de atualização do foguete SS-30**. 2011. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Conclusão do Estágio de Operação do Sistema ASTROS II) - Centro de Instrução de Mísseis e Foguetes, Formosa-GO, 2011.

DING, Liangliang; RAN, Xianwen; TANG, Wenhui. **Simulation Study on Jet Formability and Damage Characteristics of a Low-Density Material Liner**. College of Science, National University of Defense Technology (NUDT), Changsha, Hunan, China. 2018. 17 p. Disponível em:<<https://www.mdpi.com/1996-1944/11/1/72/htm>>. Acesso em: 11 set. 2020.

DULLUM, Ove. **Cluster weapons – military utility and alternatives**. Norwegian Defence Research Establishment (FFI). 2008. Disponível em: <https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:3380/07-02345.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. **The Rocket Artillery Reference Book**. Norwegian Defence Research Establishment (FFI). 2010. Disponível em: <https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:3520/09-00179.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Department of the Army. **TM 9-1300-214: MILITARY EXPLOSIVES**. Washington: Department Of The Army, 1984, 913 p.

\_\_\_\_\_. U.S. Congress, Office of Technology Assessment. **New Technology for NATO: Implementing Follow-On Force Attack**. Washington: Government Printing Office, 1987, 235 p. Disponível em: <https://www.princeton.edu/~ota/disk2/1987/8718.PDF>. Acesso em: 30 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. Unite States General Accounting Office (GAO). **Problems with the Sense and Destroy Armor Munition**. Washington: National Security International Affairs Division, 1993, 24 p. Disponível em: <https://www.gao.gov/assets/220/218769.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. Unite States General Accounting Office (GAO). **Weapons Acquisition: Precision Guided Munitions in Inventory, Production and Development**. United States General Accounting Office (GAO), Report to Congressional Committes, 1995, 60 p. Disponível em: <https://www.gao.gov/assets/230/221322.pdf>. Acesso em: 01 set. 2020.

\_\_\_\_\_. Department of the Army. **FM 6-60: Tactics, Techniques and Procedures for Multiple Launch Rocket System (MLRS) Operations**. Washington: U.S Marine Corps, 1996, 270 p.

HANUSA, Tommy. Veículos do Exército. **Soviet T72, 125 mm. TH - more reactive armor**. [2020?]. 1 fotografia. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/496873771361431245/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

JONES, N.R.Jenzen. **US CBU-97/CBU-105 'Sensor Fuzed Weapon' cluster munition**. Disponível em: <http://armamentresearch.com/us-cbu-97cbu-105-sensor-fuzed-weapon-cluster-munition/>. Armament Research Services Pty. Ltd, 2017. Acesso em: 28 ago. 2020.

KISSELL, Ann H. **An example of simulation use in Army weapon system development**. U.S. Army Aviation and Missile Command, Redstone Arsenal, AL. 1999. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=EF36929775FDDD4970E0D02D846F3CE1?doi=10.1.1.139.5942&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.

LOURO, João Marcos Macedo. **“O cavalo ou o motor”: análise do processo de motomecanização do Exército Brasileiro(1921-1942)**. 2011. 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso(Pós-Graduação em Estudos Estratégicos da Segurança e da Defesa)-Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2011.

MARK, Hewish. **Attacking Targets Beyond the FEBA: NATO needs new weapons.** International Defense Review, 1984. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/readingroom/document/cia-rdp90t00155r000500030026-8>. Acesso em: 30 ago. 2020.

MATSUMURA, John; STEEB, Randall; GORDON IV, John. **Assessment of Crusader: The Army's Next Self-Propelled Howitzer and Resupply Vehicle.** RAND'S Arroyo Center. Santa Monica, CA, Estados Unidos da América, 1998, 68 p. Disponível em: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph\\_reports/MR930/MR-930.ch2.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR930/MR-930.ch2.pdf). Acesso em: 31 ago. 2020.

MCKENNEY, Janice E. **The Organizational History of Field Artillery 1775–2003**, Center of Military History United States Army, Washington, D.C., 2007.

MEDIUM. **Russia May Have Dropped a New Kind of Cluster Bomb in Syria.** War Is Boring, 2015. Disponível em: <https://medium.com/war-is-boring/russia-may-have-dropped-a-new-kind-of-cluster-bomb-in-syria-f89c0ee5ece1>. Acesso em: 31 ago. 2020.

NEVES, Eduardo Borba; DOMINGUES, Clayton Amaral. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica.** Centro de Estudos de Pessoal (CEP), Rio de Janeiro, RJ, 2007, 204 p

NEXTER. **BONUS Target detection anti-tank shell.** Nexter Munitions, Disponível em: <https://www.nexter-group.fr/sites/default/files/fichiers-catalogue-produit/BONUS.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PINDER, John D. **Reactive Armor Tiles for Army and Marine Corps Armored Vehicles: An Independent Report to the Department of Defense and the United States Congress.** RAND'S Arroyo Center. Santa Monica, CA, Estados Unidos da América, 1999. 65 p. Disponível em: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/white\\_papers/WP119/WP119.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/white_papers/WP119/WP119.pdf)

VALCOURT, David P. **Army's Precision Fires Study.** US Army Field Artillery Center Fort Sill, 2004. Disponível em: [https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2004/precision\\_strike/ValcourtPEO\\_Huntsville.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2004/precision_strike/ValcourtPEO_Huntsville.pdf). Acesso em: 27 ago. 2020.

VENTURI, Guilherme Giannotti. **A implementação do Foguete SS-40 G na Artilharia do Exército Brasileiro.** 2015. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Conclusão do Estágio de Operação do Sistema ASTROS) - Centro de Instrução de Mísseis e Foguetes, Formosa-GO, 2015.

WICH, Harald. **Rocket Artillery in Future Scenarios, First Answer.** Diehl BGT Defence, 2007. 16 slides, color. Disponível em: [https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2007/gun\\_missile/GMWedAM2/WichPresentation.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2007/gun_missile/GMWedAM2/WichPresentation.pdf). Acesso em: 27 ago. 2020.

XIAO, Shao-Qiu; ZHOU, Ming-Tuo; ZHANG, Yan. **Millimeter wave technology in wireless Pan, Lan, and Man**. Auerbach Publications, 2008, 425p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/262487721\\_Millimeter\\_Wave\\_Radar\\_Principles\\_and\\_Applications/link/5be9f277a6fdcc3a8dd1c11a/download](https://www.researchgate.net/publication/262487721_Millimeter_Wave_Radar_Principles_and_Applications/link/5be9f277a6fdcc3a8dd1c11a/download)>. Acesso em: 30 ago. 2020.