

# DESEMPENHO DOS MÍSSEIS E FOGUETES EM RELAÇÃO ÀS DEFESAS ANTIAÉREAS

1° Sgt Everaldo Paim Pedro<sup>1</sup>

2° Sgt José Juci Alves Lino<sup>2</sup>

## 1. Introdução

Segundo reportagem publicada no site Aventuras na História, os conflitos bélicos no século XX foram marcados pelo emprego de mísseis e foguetes como armas de guerra, em batalhas da Segunda Guerra Mundial. As tecnologias dessas armas foram desenvolvidas ao longo dos anos e se destacaram como verdadeiros meios de dissuasão e eficazes em seus empregos. Merecem destaque os mísseis franceses Exocet, os russos Scud e os americanos Tomahawks. Não podemos esquecer dos mísseis intercontinentais, por sua vez, são capazes de atingir qualquer área, sendo a base do arsenal americano e russo.

De acordo com o engenheiro Jacques Waldmann, professor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, há uma diferença básica entre mísseis e foguetes:

“O que torna os mísseis diferentes de meros foguetes é sua capacidade de aliar um sistema de propulsão (o foguete ou a turbina) a sistemas que lhes permitem corrigir sua rota.”

A distância percorrida é diretamente proporcional às chances de haver desvios, ou seja, quanto maior o alcance maior a probabilidade de erro.

O Sistema ASTROS é um sistema de lançador múltiplo de foguetes produzido pela empresa brasileira AVIBRAS. Tem a capacidade de lançar munições de diversos calibres a distâncias entre 9 a 90 Km com a necessidade de substituir os contêineres lançadores. É empregado contra alvos de grande importância militar, além de alvos estratégicos.

A viabilidade desse sistema está fundamentada na sua alta mobilidade e proteção blindada, oferecendo segurança à sua tripulação. Com a capacidade de atingir alvos a grandes distâncias, possuindo diversos calibres sobre a mesma plataforma.

A empresa AVIBRAS, além de produzi-lo, também é responsável por desenvolver um Míssil Tático de Cruzeiro (MTC-300), com alcance de até 300 quilômetros que pode ser lançado a partir de uma lançadora do Sistema ASTROS II.

De acordo com o site Poder Aéreo, o termo “stealth” passou a ser difundido desde 1980 pelos círculos de Defesa, porém ganhou notoriedade no início da década seguinte com a Guerra do Golfo e a utilização do F-117, conhecido como caça “invisível”.

Os princípios dessa tecnologia é relacionado à diminuição da *assinatura* de uma aeronave nas áreas de radar.

Para enfrentarem as ameaças oferecidas pelos mísseis e foguetes, as Defesas Antiaéreas desenvolveram sistemas antimísseis com o propósito de interceptar essas ameaças, realizando a defesa do seu volume de responsabilidade de defesa antiaérea (VRDAAe).

O PATRIOT é um sistema antimísseis norte-americano, do tipo superfície-ar. Sua finalidade é proteger os grandes centros administrativos, industriais, bases navais e aéreas

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16° Grupo de Mísseis e Foguetes.

contra os ataques aéreos. Esse sistema foi implementado pelo Exército dos Estados Unidos na década de 1980. Além dos americanos, usam esse sistema a Alemanha, Emirados Árabes Unidos, Japão, Taiwan, Países Baixos, Coreia do Sul, Arábia Saudita, Espanha, Grécia, Israel, Bahrein, Egito e Jordânia.

De acordo com Vinicius Modolo Teixeira, professor de Geografia Humana da Universidade do Estado do Mato Grosso, O S 300 surgiu com a necessidade da antiga União Soviética enfrentar as ameaças e investir em armas estratégicas como mísseis balísticos e submarinos nucleares. Para esse professor:

“Essas armas deveriam proporcionar a detecção, repulsão ou destruição de quaisquer aeronaves que ousassem invadir o vasto território da URSS, que dada sua grande extensão e longas fronteiras, necessitava desses equipamentos em quantidade. Essas armas se caracterizavam pela complexidade de estruturas necessárias para operar, não se resumindo apenas ao míssil, mas sim à vários equipamentos associados para sua operação, sendo, portanto, um sistema de armas”

A partir do desenvolvimento desse sistema, os mísseis de defesa antiaérea russos alcançaram êxito em cenários de baixa densidade surpreendendo os seus oponentes.

Esse sistema foi produzido em diversas versões, alguns deles operando em países como Argélia, Armênia, Azerbaijão, Venezuela, dentre outros.

Devido à histórica instabilidade regional, Israel desenvolveu, em parceria com os Estados Unidos, um sistema de defesa antimísseis conhecido como *Iron Dome* (Cúpula de Ferro). Ele faz parte de um amplo sistema de defesa aérea operado por Israel e projetado para proteger o país de ameaças aéreas, como mísseis balísticos e foguetes. Vale salientar que a força aérea dos países vizinhos é obsoleta e é notório que na região não há nenhum país com poderio aéreo para competir com os israelenses.

O sistema *Iron Dome* é tanto defensivo como ofensivo. Através dele, Israel tem a capacidade de destruir instalações de lançamento em território inimigo e interceptar navios oriundos do Irã e da Síria com armamentos destinados para extremistas islâmicos.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Mísseis e foguetes**

#### **2.1.1 Histórico do Sistema ASTROS II**

De acordo com Expedito Carlos Estephani Bastos, pesquisador de assuntos militares da Universidade Federal de Juiz de Fora, esse sistema passou a ser desenvolvido no início da década de 1980 para suprir uma necessidade do Iraque, à época em conflito com o Irã, que precisava de um meio dissuasório para se contrapor ao oponente. Fabricado pela empresa brasileira AVIBRAS – Indústria Aeroespacial S/A, o Sistema ASTROS II (Artillery Saturation Rocket System, com alcance entre 9 e 90 Km de distância, com uma peculiaridade ímpar até então, possibilitar a operação de 3 (três) calibres distintos sobre a mesma plataforma, tendo apenas que substituir os contêineres lançadores, cada um dos foguetes possui determinado alcance distinguindo-se pela quantidade. O calibre é inversamente proporcional à quantidade a ser disparada por cada lançadora.

Para Bastos, com aporte financeiro iraquiano, à época um aliado do Ocidente, e com o auxílio de satélites americanos que passavam informações sobre deslocamentos e localizações das forças iranianas, esse sistema foi muito bem empregado, servindo de fator

determinante no campo de batalha, em uma guerra que só terminaria no final dessa década, sem um vencedor declarado.

A primeira versão do ASTROS II foi denominado de *Brucutu* pelos seus idealizadores, devido à sua estranha aparência, montado sobre um caminhão Mercedes-Benz modelo L-2013 6x2 de fabricação nacional, onde após ser militarizado recebendo uma cabine blindada, foi oficialmente apresentado em 1982. Possuindo a capacidade de operar com diversos tipos de calibres em seu sistema composto por uma plataforma básica e todo um conjunto operacional de lançadores, remuniçadores e diretoras de tiro.

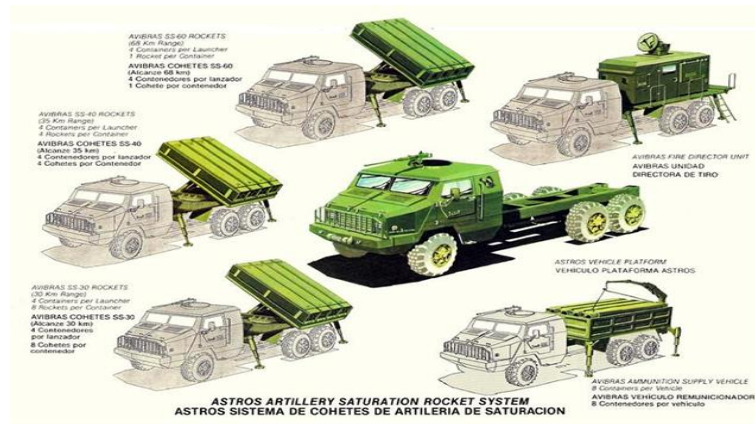


Figura 1: primeira versão do sistema ASTROS II

De acordo com Bastos:

“Após de realizar os primeiros testes, percebeu-se que era preciso um caminhão com tração 6x6, mais robusto em relação ao escolhido, e a princípio cogitou-se em adquirir no próprio país tanto que o escolhido foi uma versão mais robusta do caminhão Engesa E-25, que poderia suportar a blindagem, mas devido a problemas existentes entre as duas empresas essa opção foi descartada e passou-se a importar da Alemanha um chassi Mercedes-Benz 2028-A, (...)”

Ainda de acordo com esse pesquisador da Universidade Federal de Juiz de Fora, várias unidades foram compradas pelo Iraque, que foram empregadas contra o Irã entre os anos de 1983 a 1988 e posteriormente, no início da década de 1990, com a invasão do Kuwait pelo Iraque. Formou-se uma coalizão liderada pelos EUA, dando início a mais uma guerra com o propósito de livrar aquele país das mãos de Saddam Hussein. De acordo com o pesquisador Expedito Bastos, esse conflito teve apenas cem horas de combate terrestre sendo definida pelo poder aéreo, o qual optou pela caça ao Sistema ASTROS II, visto que era grande o temor dos americanos tanto que o relatório *Conduct of the Persian Gulf War – Final Report to Congress*, elaborado pelo Departamento de Defesa e publicado em abril de 1992, na página 835, menciona as qualidades das performances do Sistema ASTROS II, em um pequeno parágrafo, sendo o único armamento não americano a ser mencionado.

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

Os americanos ficaram tão impressionados com o Sistema, que em 2003 foi elaborado um amplo programa de dissuasão sobre as tropas iraquianas sendo encontrado um panfleto em que aparece dois F-15 neutralizando um ASTROS II, como forma de incentivar a rendição e o abandono de seus armamentos.

Outro país que demonstrou interesse no Sistema foi a Arábia Saudita, que adquiriu junto ao Iraque algumas baterias no início da década de 1990, por ocasião do final do conflito com a libertação do Kwait e em 2003 com a derrocada definitiva de Saddam Hussein.

O Sistema Astros dotado de grande mobilidade tática, haja vista locomover-se a grandes distâncias por meios próprios, tendo também a capacidade de ser transportado individualmente por avião cargueiro C-130 Hércules, por vias ferroviárias, rodovias e por rios através de balsas, que possibilita a ampliação das suas operações para a Bacia Amazônica e Pantanal.



Figura 2: Plataforma versão MK-6 lançando um foguete SS-40

### 2.1.2 Foguetes do SISTEMA ASTROS II

O sistema ASTROS conta, atualmente, com cinco tipos de foguetes: SS-09-TS, SS-30, SS-40, SS-60 e SS-80. Cada um com suas características que permitem um leque de possibilidades no momento de selecionar a missão de tiro. De acordo com o Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, seguem abaixo as características dos foguetes:

#### □ FOGUETE SS-09 TS

É empregado apenas para adestramento do sistema, possuindo um calibre nominal de 70 mm (sem turgências) e medindo 1,68 m, com anel de retenção. Possui uma espoleta detonadora de impacto AVE-70 M9-B e óxido de titânio como carga de sinalização. Pode alcançar de 6,3 Km a 10,6 Km ao nível do mar.



Figura 3: Foguete SS-09 TS

#### □ FOGUETE SS-30

Possui TNT como carga explosiva e espoleta percutente, podendo atingir entre 9,8 Km a 39,2 Km ao nível do mar. Seu calibre é de 127 mm e pode produzir uma área

eficazmente batida de 52 m<sup>2</sup>. Seu peso total (com cabeça de guerra e anel de retenção) é 69,50 Kgf e mede quase 3 metros de comprimento.



Figura 4: Foguete SS-30

#### □ **FOGUETE SS-40**

Sua carga explosiva contém 20 submunições. Seu alcance varia entre 16,6 Km e 33,6 Km ao nível do mar. Sua espoleta é temporizada com carga de ejeção (5 a 200 s). Podendo produzir uma área eficazmente batida de 90 m<sup>2</sup>. Seu tamanho é de 4,24 m e pesa cerca de 151,8 Kgf com a cabeça de guerra. Seu calibre é de 177 mm.



Figura 5: Foguete SS-40

#### □ **FOGUETE SS-60**

Sua carga explosiva contém 65 submunições, possui um calibre nominal de 300 mm. Seu comprimento total com cabeça de guerra é de 5,46 m podendo alcançar entre 23,2 Km a 70,4 Km ao nível do mar. Produz uma elipse de 400 x 520 m como área eficazmente batida. Seu peso total com cabeça de guerra chega a 576,3 Kgf.



Figura 6: Foguete SS-60

#### □ **FOGUETE SS-80**

Possui um calibre nominal de 300 mm. Sua espoleta é temporizada com carga de ejeção (5 a 200 s). Seu comprimento é de 5,46 m, pode alcançar uma distância entre 28,5 Km a 87 Km ao nível do mar. Produz uma elipse de 600 x 500 m como área eficazmente batida.



<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

Figura 7: Foguete SS-80

### 2.1.3 Conjunto Refletor/Radome

Constitui-se uma peça de aço refletora encaixada no interior do radome. Essa peça permite à Unidade Controladora de Fogo – VBUCF-MSR – rastrear a trajetória do foguete. O radome é um invólucro tubular para o conjunto refletor, possibilitando o formato aerodinâmico da cabeça de guerra com o propósito de permitir que o sinal do radar passe em ambas as direções, com o mínimo de perda. (2020. p. 35).

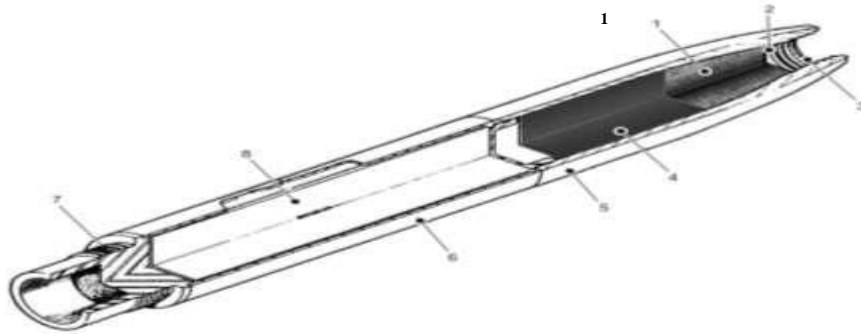


Figura 8: visão seccionada da cabeça de guerra

ITEM	DESCRIÇÃO
1	Composto explosivo
2	Disco de Vedação
3	Cavidade da espoleta
4	Composto de Sinalização
5	Ogiva
6	Radome
7	Fixação do motor-foguete
8	Conjunto do refletor angular

Tabela 1: visão seccionada da cabeça de guerra

### 2.1.4 O arsenal palestino utilizado nos conflitos contra Israel

Os grupos extremistas que atuam na Faixa de Gaza adquiriram um arsenal de foguetes básicos que tem potencializado o seu raio de ação, ao longo dos anos. A maioria projetada com tecnologia soviética e sem terem sofrido devidas atualizações.

Segunda a BBC, alguns foguetes são clandestinos, outros produzidos em oficinas na Faixa de Gaza, embora muitos ainda dependam de componentes oriundos do Irã ou da Síria, sendo importados ilegalmente.

Ainda de acordo com a BBC, em publicação no dia 14 de maio de 2021, os palestinos possuem os foguetes Qassam e Grad, cujos alcances são 48 Km e 17 Km, respectivamente. Também fazem parte do seu arsenal os sistemas de grande alcance como o Fajr-5, conhecido como M 75, podendo atingir 75 Km ameaçando cidades como Tel Aviv e Jerusalém.

O Fajr-5 é pesado e grande, podendo chegar a 6 (seis) metros de altura, causando certos problemas. Necessita de manutenção mecânica e precisa ser posicionado de forma a permanecer escondido de drones israelenses.



Figura 9: Fajr-5



Figura 10: Foguetes Qassam

### 2.1.5 MÍSSIL TÁTICO DE CRUZEIRO (MTC – 300)

O Míssil Tático de Cruzeiro (MTC 300) é um equipamento em estágio de desenvolvimento e pesquisa, projetado para ser lançado de uma plataforma do Sistema ASTROS. Desenvolvido para levar 200 Kg de carga bélica convencional a uma distância de até 300 Km, com precisão de um Círculo de Erro Provável (CEP) menor ou igual a 30 m, acarretando o mínimo de danos colaterais.

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

Ele poderá neutralizar ou destruir alvos estratégicos de eventuais inimigos muito além dos alvos táticos atualmente batidos pelos foguetes do Sistema ASTROS, conferindo uma maior capacidade de dissuasão extrarregional.

<b>Diâmetro:</b>	450 mm
<b>Comprimento:</b>	5430 mm
<b>Envergadura:</b>	1250 mm
<b>Peso:</b>	1140 kgf
<b>Alcance:</b>	de 30 km a até 300 km
<b>Controle de Voo:</b>	Navegação, Guiamento e Controle via <i>software</i> no Computador de Bordo (CDB), a partir de dados adquiridos por sensores GPS/INS e Rádio Altimetro
<b>Carga Bélica:</b>	Alto-Explosiva (HE) ou Múltipla com Submunições (MW)
<b>Propulsão:</b>	1º Estágio: Propelente Sólido (Composite)
<b>2º Estágio:</b>	Turbojato (0,85 Mach)

Tabela 2: Características técnicas do AV-TM 300

O míssil MTC 300, segundo site da empresa AVIBRÁS, será disponibilizado em duas versões: cabeça de guerra do tipo autoexplosiva, pesando no máximo 200 Kg, dos quais 109 Kg de PBX e cabeça de guerra múltipla, contendo 66 submunições de 70 mm, com a possibilidade de ser empregado como arma anticarro.

O programa de desenvolvimento desse míssil faz parte do Projeto Estratégico do Exército (PEE) ASTROS 2020, sendo uma das prioridades no processo de modernização do Exército.

Seu deslocamento é exercido por meio de sensores de navegação inercial com GPS, um sistema antijaming e rádio altímetro para mantê-lo a certa altitude do solo. Obedece seu curso de acordo com as informações armazenadas a bordo, sendo possível estabelecer waypoints.

Ele poderá ser empregado contra instalações estratégicas, alvos inimigos de valor como blindados, meios aéreos e alvos que devem ser neutralizados no início do conflito com a finalidade de prejudicar a capacidade de coordenação das ações do oponente.



Figura 12: MTC-300 desenvolvido pela AVIBRAS





Figura 13: MTC-300 sendo lançado de uma plataforma MK-6

## 2.2 Seção Reta Radar (RCS)

De acordo com o site Poder Aéreo, a Seção Reta Radar (RCS) é definida como:

“... medida de habilidade de um alvo refletir os sinais do radar na direção do receptor. A definição conceitual de RCS incluiu o fato de que somente parte da energia irradiada ilumina o alvo e uma pequena parte retorna ao receptor.”

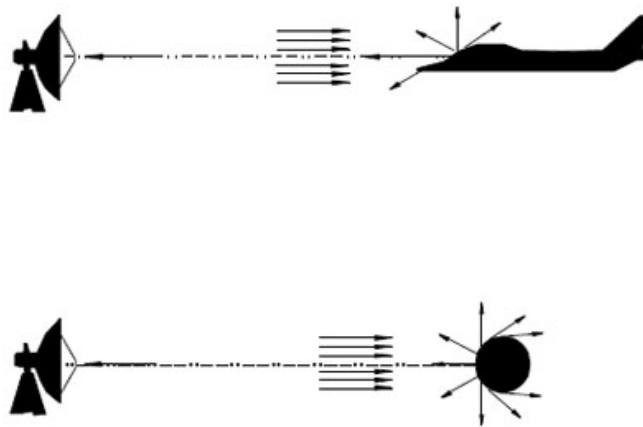


Figura 14: Seção Reta Radar (RCS)

O funcionamento dos radares é caracterizado pela emissão de ondas eletromagnéticas com feixe cônico tão rápido quanto a velocidade da luz, por meio de antenas direcionais. Ao atingirem um alvo reflexivo, parte do feixe se espalha em várias direções. Uma parte da energia liberada retorna à antena emissora.

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

A maioria dos radares funciona emitindo ondas eletromagnéticas na forma de pulsos, vários por segundo. Entre a emissão de um pulso e outro, a antena emissora do radar torna-se receptora.

A distância do alvo é descoberta pelo cálculo do tempo entre a emissão do pulso e o seu retorno.

Como o ambiente produz ruído (“clutter”), o radar só identifica ecos que estejam acima de um certo nível.

### 2.2.1 Tecnologia “stealth”

Segundo o portal Poder Aéreo, esse tipo de tecnologia tem o propósito de reduzir consideravelmente a RCS por meio de emprego de materiais não metálicos que absorvam as ondas de radar e formas na fuselagem de modo a dispersar a energia emitida para diversas direções distintas daquela de onde haja um radar inimigo.

Ainda conforme o citado portal, o método mais praticado para a redução da RCS é o uso de materiais não metálicos na produção das aeronaves.

“A retransmissão das ondas de radar depende das correntes elétricas induzidas por ele na estrutura de uma aeronave. Se um material não-condutor como compostos de carbono, fibra de vidro e outros for empregado, pouquíssimas correntes serão produzidas e o eco resultante será mínimo.”

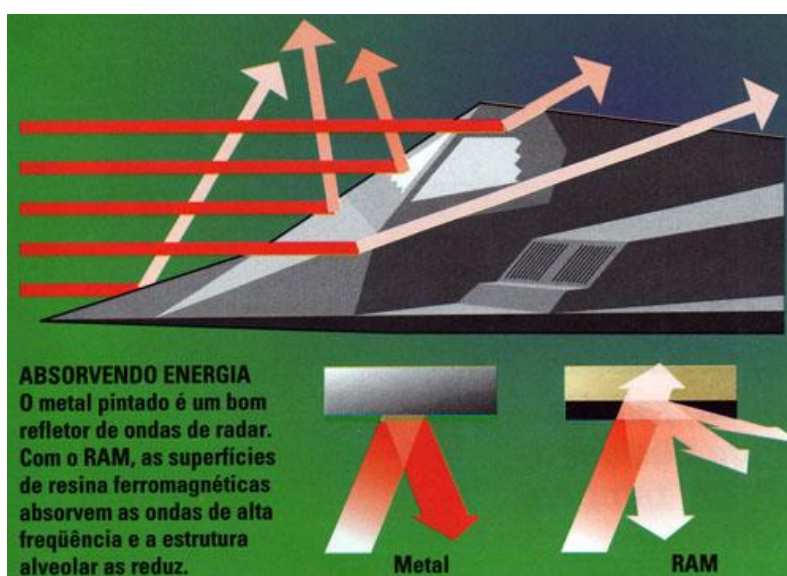


Figura 15: Dispersão de energia emitida

No tocante as reflexões residuais, utiliza-se o revestimento de determinadas partes das aeronaves com material radar absorvente (RAM), com a capacidade de absorver uma grande faixa de frequência de radar.

Segundo a publicação no referido portal,

“A aplicação de todas as técnicas descritas pode reduzir drasticamente a RCS de aeronaves de combate, mesmo as grandes. Um B-52, por exemplo, tem cerca de 100m<sup>2</sup> de RCS. Já um bombardeiro B-1B, tem RCS de apenas 1m<sup>2</sup>. O F-117A tinha entre 0,01 e 0,001 m<sup>2</sup>.”

### 2.2.3 A importância da redução da Seção Reta Radar (RCS)

A RCS é uma variável capaz de diminuir a capacidade em alcance do radar inimigo. A sua relação com o alcance do radar é inversamente proporcional devido ao feixe cônico e a energia dispersada. O alcance de detecção é proporcional à raiz quadrada da RCS. Conforme publicação do site Poder Aéreo, é possível verificar os seguintes exemplos:

“(…), se um radar tem alcance de 100 milhas contra um alvo com RCS de  $10\text{m}^2$ , o mesmo radar terá um alcance de 84 milhas contra um alvo com RCS de  $5\text{m}^2$ .

Contra um alvo de  $1\text{m}^2$  o mesmo radar teria alcance de 55 milhas. 99% de redução em refletividade é igual a 45% de redução no alcance do radar adversário.

Uma redução da RCS de  $1/1000$  pode aumentar a vantagem tática significativamente, com 82% de redução do alcance do radar inimigo.”

## 2.3 DEFESAS ANTIAÉREAS

### 2.3.1 SISTEMA ANTIAÉREO PATRIOT

#### 2.3.1.1 Considerações

De acordo com o site Sputnik, o PATRIOT é um sistema americano fabricado pela empresa RAYTHEON, está em serviço desde 1982, além dos Estados Unidos, diversos países usam esse sistema como Alemanha, Japão, Emirados Árabes Unidos, Taiwan, Holanda, Coreia do Sul, Arábia Saudita, Espanha, Grécia, Israel, Bahrein, Egito, Jordânia, Kwait e Qatar.



Figura 16: Sistema Patriot

#### 2.3.1.2 Características

Podendo atingir alvos a uma velocidade de até  $2.200\text{ m/s}$ , com tempo de desdobramento do seu sistema de 15 a 30 min. Pode destruir alvos aerodinâmicos a uma distância de até 160 Km, a uma altitude entre 0,06 e 24 Km. Tem a capacidade de atacar até 8 alvos ao mesmo tempo. É capaz de atingir alvos balísticos táticos a uma distância de até 45 Km, considerando os mísseis Erint e a uma altitude de até 20 Km. Seu radar detecta

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

alvos a uma distância de aproximadamente 180 Km. O tempo de reação do sistema é de 15 segundos e um ângulo de lançamento de 38°.

O sistema possui um setor de lançamento fixo, o sistema foi desenvolvido para detectar, acompanhar e fazer fogo contra alvos que estejam dentro do setor de 45°. Caso haja um ataque à retaguarda, é preciso rodar todo o sistema. Não dispõe de defesa escalonada. Seu lançador tem a capacidade para 16 mísseis (ERINT).

Como sistema de pontaria é preciso um satélite especial que deve estar em órbita e informar antecipadamente as coordenadas dos mísseis balísticos e sua possível trajetória de voo.

Esse sistema pode reagir a ataques a uma altitude mínima de 60 metros, sendo incapaz de abater alvos abaixo dessa altitude.



Figura 17: Disparo do sistema

## 2.3.2 SISTEMA ANTIAÉREO S-300

### 2.3.2.1 Considerações

Segundo o site Poder Aéreo, o S-300 é um sistema antiaéreo russo, do tipo superfície-ar, desenvolvido para combater aeronaves e mísseis de cruzeiro. É semelhante ao míssil americano PATRIOT. Foi concebido ainda na época da União Soviética, em 1979, com o propósito de defender as grandes instalações administrativas e industriais.

Conforme o referido site, o sistema tem a capacidade de abater mísseis balísticos, sendo considerado um dos mais potentes sistemas antiaéreos do mundo.

“Seus radares têm a capacidade de monitorar simultaneamente até 100 alvos e engajar até 12 ao mesmo tempo. Os mísseis S-300 ficam em contêineres fechados e não necessitam de manutenção ao longo do seu ciclo de vida. O S-400 é uma evolução do sistema, que entrou em serviço em 2004.”



Figura 18: S-300 VM

O radar desse sistema consegue guiar 4 mísseis contra alvos distintos, simultaneamente, tendo a capacidade de rastrear até 24 alvos de uma vez. Um míssil pode ser lançado no intervalo de três segundos.

Possuindo espoleta de proximidade e de contato em todos os mísseis, os mesmos pesam entre 1.450 Kg a 1.800 Kg sendo catapultados dos tubos lançadores antes do acionamento do foguete propulsor. De acordo com o Poder Aéreo:

“ Os mísseis são lançados verticalmente e, em seguida, tombam na direção do alvo, sendo dirigidos por uma combinação de aletas e através de vetorização de empuxo. As últimas versões do S-300 podem engajar alvos aéreos a até 200km de distância, e o S-400 até 400km.”



Figura 19: Disparo do S 300

### 2.3.2.2 Características

De acordo com o site Rússia Beyond, o primeiro S-300 de médio alcance foi desenvolvido com o propósito de defender instalações industriais, administrativas e militares de ameaças táticas, estratégicas. Oferece proteção contra mísseis de cruzeiro e aerobalísticos, sendo o principal componente de defesa antiaérea do país desde a década de 1970.

Ainda conforme o referido site:

“O S-300 PS, versão autopropulsada do S-300, foi projetado com base na experiência na Guerra do Vietnã e no Oriente Médio, onde a sobrevivência dos meios de defesa aérea dependia de sua mobilidade e capacidade de escapar do fogo inimigo. Adotado pelo exército soviético em 1983, o S-300 PS pode ser colocado em estado de alerta em cinco minutos e supera seu par americano Patriot em defesa anti-míssil.”

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

O S 300 possui uma versão móvel, trata-se do S 300 PM, totalmente distinto das primeiras versões e do PATRIOT por contar com um míssil terra-ar guiado de estágio único, sendo capaz de abater aeronaves com velocidade de até 1800 m/s a uma distância de 150 Km, no máximo e, ainda, mísseis de cruzeiro com pouca visibilidade e que navegam abaixo de 100 m a uma distância de 38 Km. Esse modelo possui disponibilidade nas versões sobre rodas e rebocadas.



Figura 20: S 300 da Eslováquia em posição de tiro

### 2.3.2.3 Venezuela desdobra seu sistema S 300 na fronteira com o Brasil

De acordo com o site DefesaNet, em fevereiro de 2019 o governo de Nicolas Maduro colocou o seu sistema de Defesa Aérea para operar próximo à fronteira com o Brasil. Segundo o site, o sistema foi posicionado no Aeroporto de Santa Elena de Uairén, distante apenas 11 Km de Pacaraima-RR.

“A Venezuela possui 3 Sistemas de Defesa Aérea S-300, que inclui lançadores, sistemas de radares e apoio. Trazer um sistema estratégico tão valioso para uma posição de fronteira tem um caráter provocativo.”



Figura 21: Sistema S 300 VM e seus sistemas de radares



Figura 22: O círculo vermelho representa a cobertura do radar do S 300. Altitude de detecção chega a 10.000 m

### 2.3.3 SISTEMA ANTIAÉREO S-400

#### 2.3.3.1 Considerações

Ainda conforme o site Sputnik, o S 400 é um sistema russo produzido pela empresa Almaz-Antey, está operando desde 2007 e, por enquanto, somente a Rússia o opera, tendo em vista que a Turquia e a China estão em fase de aquisição desse material. Trata-se de uma versão atualizada do S 300, sistema operante desde a década de 1990.



Figura 23: S 400

#### 2.3.3.2 Características

Com capacidade de atingir alvos a 4.800 m/s, seu tempo de desdobramento é de 5 a 10 minutos. Pode destruir alvos aerodinâmicos a uma distância de 250 Km, no entanto, segundo a reportagem no site Sputnik, publicada em 30 de abril de 2019, espera-se que o novo míssil 40N6 consiga alcançar 400 Km. Sua capacidade de atingir alvos com relação à

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

altitude varia entre 0,01 e 27 Km. O sistema é capaz de abater mais de 36 alvos simultaneamente.

Em relação a alvos balísticos, o S 400 pode destruí-los a uma distância de até 60 Km a uma altitude de 27 Km. Seu radar consegue detectar alvos a 600 Km. Prazo de reação de 10 segundos e um ângulo de lançamento de até 90°.

O modo de lançamento é vertical, podendo disparar de todos os ângulos sem mudar de posição. Possui a capacidade de disparar em perseguição a um alvo que tenha ultrapassado a posição de lançamento.

De acordo com a publicação do site Sputnik, no tocante à defesa escalonada:

“o sistema não só é capaz de disparar por comando remoto, como também de comandar uma rede de sistemas de defesa antiaérea, de diferentes tipos: S 400, S 300, Pantsir-S1, Tor-M1, reunindo sob o seu comando dezenas de lançadores com centenas de mísseis.”

Quanto ao lançador, possui a capacidade para 16 mísseis (9M96). Seu sistema de pontaria funciona de forma autônoma. Consegue atingir alvos a 10 metros acima do solo.



Figura 24: S 400 em posição de tiro

## 2.4 SISTEMA IRON DOME

### 2.4.1 Histórico

De acordo com uma reportagem da BBC News, publicada em 5 de agosto de 2014, o sistema IRON DOME teria suas raízes no conflito entre Israel e o grupo militante libanês *Hezbollah*, em 2006. Este grupo foi responsável pelo lançamento de milhares de foguetes que causaram grandes danos.

Porém, de acordo com a revista americana *National Interest*, os esforços de Israel para desenvolver um escudo antimísseis começou na década de 1980, contando com a colaboração dos Estados Unidos. Segundo a publicação do artigo "Desmistificando o Cúpula de Ferro":

"Os dois países assinaram um acordo em 1986 para desenvolver um sistema de defesa antimísseis e para facilitar a participação israelense na Iniciativa de Defesa Estratégica (SDI, na sigla em Inglês) de (Ronald) Reagan".

Cinco anos após esse acordo, durante a Guerra do Golfo, no contexto de ataque iraquiano contra Israel, os líderes israelenses resolveram acelerar o desenvolvimento do sistema.





Figura 25: Disparo do sistema Iron Dome (Cúpula de Ferro)

Ainda de acordo com a reportagem, No início de 2010, o Cúpula de Ferro tinha passado com sucesso em testes realizados pelo Exército israelense, em que foram usados foguetes Qassam e Grad e morteiros. Seu batismo de fogo ocorreu em abril de 2011, quando conseguiu interceptar um míssil lançado contra a cidade de Beersheba, no sul do país.

Desde que Israel investiu em uma operação militar contra militantes palestinos na Faixa de Gaza, no dia 8 de julho de 2014, a Força de Defesa de Israel contabilizou mais de 2 mil foguetes disparados. Essa chuva de foguetes lançado pelo HAMAS e por outros grupos islâmicos, deixou até agora, três civis mortos (dois israelenses e um trabalhador imigrante tailandês), segundo a reportagem da BBC News, à época.

“O contraste entre o alto número de foguetes lançados e o baixo número de vítimas tem três explicações: a preparação da população de Israel, adestrada a lidar com uma rede de abrigos, alarmes e exercícios de simulação; a ineficácia das armas do HAMAS e da JIHAD ISLÂMICA; e a eficiência do escudo antimísseis israelense, conhecido como IRON DOME (Cúpula de Ferro).

O sistema IRON DOME não é 100% eficaz e não consegue interceptar todos os foguetes lançados por militantes palestinos, no entanto, as evidências demonstram que ele tem sido de vital importância para evitar vítimas israelenses.”

## 2.4.2 Funcionamento

O Cúpula de Ferro integra um amplo e complexo sistema de defesa aéreo operado por Israel com a finalidade de proteger o país contra mísseis balísticos, mísseis de cruzeiro, foguetes e outras ameaças aéreas. Esse sistema é tanto defensivo como ofensivo. Segundo a BBC News, Ofensivamente, Israel o utiliza para destruir instalações de lançamento em território inimigo e interceptar navios com armamentos vindos do Irã e da Síria, destinados aos militantes palestinos.

Projetado pela empresa Rafael Advanced Defense System LTD – uma companhia privada israelense que tem como cliente as Forças Armadas de Israel – contou com

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

financiamento americano em mais de U\$ 200 milhões de dólares e é projetado para interceptar mísseis poucos sofisticados, segundo a BBC News.

Suas baterias são compostas por mísseis interceptores, radares e sistemas de comando e controle que analisam onde os foguetes lançados pelo inimigo podem cair. De acordo com a reportagem da época, a instalação de cada bateria tem um custo de US\$ 50 milhões de dólares e cada míssil interceptor Tamir custa cerca de US\$ 60 mil. Segundo os fabricantes a tecnologia do material permite identificar quais foguetes inimigos podem atingir áreas urbanas e quais seguem em direção a regiões inabitadas. Dessa forma, o sistema identifica os foguetes que oferecem risco, podendo interceptá-los em uma distância entre 4 a 70 quilômetros.



Figura 26: O sistema pode alvejar um alvo entre 4 e 70 Km

### 2.4.3 Análise da performance do Iron Dome

De acordo com a publicação do site defesanet, de 27 de julho de 2014, ainda que o Iron Dome pareça interceptar com sucesso os foguetes lançados por extremistas islâmicos, o escudo apresenta falhas no aspecto crucial de neutralizar a cabeça de guerra – parte frontal dos armamentos carregada de estilhaços que aumentam ainda mais a letalidade. Desta forma, foguetes disparados em Gaza estão atingindo o solo com explosivos intactos. O fato de não causarem vítimas fatais ou ferimentos em Tel Aviv, Jerusalém e outras cidades é questão de sorte.

No dia 25 de julho de 2014, as Forças de Defesa de Israel informaram que o Iron Dome interceptou 15 dos 63 foguetes disparados de Gaza, neutralizando ataques a vários centros urbanos. Cerca de 47 atingiram Israel em local inabitado. Ainda assim, Richard Lloyd, consultor e especialista em armamentos da Raytheon Integrated Defense Systems, em uma publicação no site defesanet afirmou que “o sistema é falho”, justamente porque as interceptações não destroem os foguetes completamente.

O sistema foi desenvolvido para abater alvos a dezenas de quilômetros por hora, do ponto de lançamento ao provável local de impacto. A publicação consta que o Iron Dome:

“(…) é um “primo menor” do PATRIOT americano, que por sua vez, busca abater alvos com alcance maior, mais velozes. O equipamento usado por Israel dispara mísseis interceptadores de 160mm e três metros de comprimento que utilizaram sensores de orientação em tempo real para abater os foguetes inimigos em voo. Em tese, quando o míssil do Iron Dome alcança o alvo, o sensor de proximidade é ativado, detonando a carga explosiva e liberando centenas de fragmentos de metal, que devem acertar e destruir o foguete hostil.”

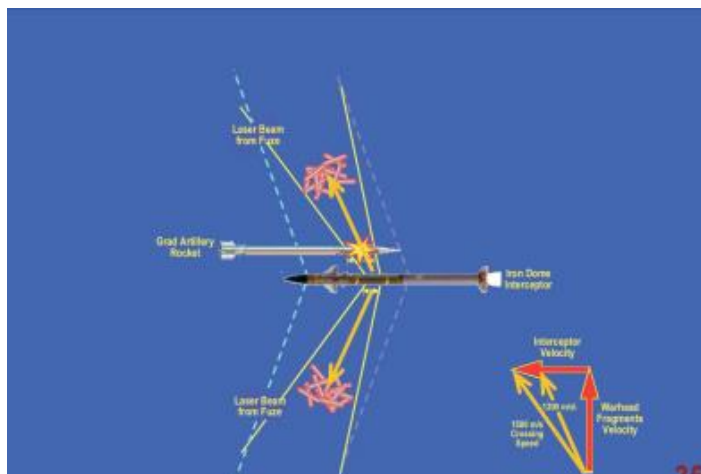


Figura 27:  
Interceptação do Iron  
Dome

Ted Postol,  
Massachusetts  
Technology (MIT)  
defesa antimísseis  
em sua análise,  
site defesenet,

físico vinculado ao  
Institute of  
e especialista em  
que auxiliou Lloyd  
em publicação no  
concorda que:

“as interceptações feitas pelo Iron Dome foram mal sucedidas nesse aspecto crítico de detonação dos foguetes. Em 1991, Postol derrubou as alegações do Exército americano de que o Sistema Patriot abateu com sucesso mísseis iraquianos Scud durante a Primeira Guerra do Golfo. Postol vinha apoiando o Iron Dome depois dos relatórios acerca da performance do sistema de contra ataques de foguetes em 2012.”

No entanto, o especialista afirma que avaliações seguintes do equipamento mostraram que seu sistema de orientação tinha comportamento errático.

“Em vez de subir constantemente até encontrar o alvo, os interceptadores faziam curvas fechadas e abruptas, e engajavam os alvos por trás ou pelas laterais. Esses problemas permanecem, segundo Postol. “Esperávamos que depois de mais de um ano e meio, quaisquer problemas ligados à orientação e controle do sistema teriam sido mitigados”, explica. “Mas ao que parece, não é o caso. Até onde sabemos [o Iron Dome] tem o mesmo comportamento errático que tinha em 2012’.”

Segundo o site defesenet, os interceptadores do Iron Dome precisam abater os foguetes frontalmente para detonar os explosivos e eliminar os estilhaços, explica Lloyd.

“Uma análise visual preliminar dos impactos feitos pelo sistema, recentemente, mostra que as interceptações ocorrem pelas laterais ou vindo de trás dos alvos, o que resulta em ‘quase zero de chance de detonação dos foguetes, tomando por base os fundamentos físicos que regem esse tipo de engajamento’, atesta o analista.”

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.



Figura 28: Mísseis israelenses, à esquerda, lançados para interceptar os foguetes do Hamas, à direita.

Em 2012, os foguetes disparados pelo Hamas alcançavam até 75 Km, todavia os modelos atuais adquiridos pelo grupo, de acordo com o site, fruto de contrabando, conseguem cobrir até o dobro dessa distância.

#### 2.4.4 As limitações do Sistema

Conforme o site Defesanet, no dia 15 de julho de 2014, o portal Technology Review, do Instituto Tecnológico de Massachussets, publicou um relatório detalhado de autoria de, Ted Postol, físico do MIT, destacando em detalhes como o sistema antimísseis israelense se comporta desde o lançamento até o momento em que deve neutralizar os foguetes hostis, e qual a eficiência real dessa Cúpula de Ferro.



Figura 29: Funcionamento do Sistema Iron Dome

No cenário ideal, o sistema de orientação a laser do Iron Dome, que fica a cerca de um metro antes da carga útil do míssil, direciona um feixe de luz para o que deve ser a ogiva do foguete a ser alvejado. Esse espaço entre os dispositivos permite estimar quando a cabeça de guerra do foguete cruzará a seção de carga útil do interceptador, para que a detonação e liberação dos fragmentos seja perpendicular no mesmo instante da passagem e acerte a parte frontal do foguete.

Para Postol a destruição incompleta dos foguetes do Hamas acontece por atrasos no sistema de orientação a laser, que deve calcular a detonação da carga útil com base na velocidade com que o alvo se aproxima do míssil interceptador. Quanto maior a precisão do cálculo, aumentam as chances de a cortina de fragmentos interceptar o foguete pela frente. Dessa forma, pequenos atrasos ou adiantamentos nesse cálculo de velocidade

diminuem consideravelmente a eficiência na interceptação, mesmo que ela aconteça frontalmente. Outro fator citado pelo analista é a proximidade entre o míssil do Iron Dome e o foguete - caso seja mais do que cerca de um metro no momento do encontro, as chances de os estilhaços penetrarem o foguete e detonarem as cargas explosivas também diminuem.

Segundo esses dados, a interceptação ideal é mais difícil do que se imagina. O físico do MIT explica como o engajamento pela cabeça de guerra é facilmente suscetível a desvios de trajetória. Caso o interceptador se aproxime do foguete com algum grau de inclinação, por menor que seja, a precisão é comprometida gravemente e ocorrem as interceptações, que derrubam os foguetes, porém mantêm a carga explosiva deste intacta e capaz de causar estragos e mortes caso atinja áreas habitadas.

Para além do sistema de orientação no próprio interceptador, Postol chama atenção para possíveis falhas no sistema de orientação principal no painel de controle do Iron Dome, que deveria colocar o míssil na posição mais adequada possível para o interceptador calcular a trajetória do foguete inimigo e o engajamento a partir daí.

Após demonstrar como alterações mínimas no cenário ideal diminuem a letalidade do sistema antimísseis, Postol então demonstra como o Iron Dome intercepta realmente os foguetes que partem de Gaza.

Os diagramas propostos pelo especialista mostram as trajetórias reais, em que os mísseis chegam aos foguetes pelos lados ou atrás. O analista mostra as graves consequências desse tipo de interceptação. Primeiro, o laser de orientação do míssil engaja o foguete, mas não consegue determinar onde está a ogiva. Em segundo, ainda que, por acaso, a carga útil do Iron Dome detone e a dispersão de fragmentos englobe a ogiva do foguete, a distância ainda será grande demais, e poucos desses fragmentos chegarão efetivamente aos explosivos. E uma vez que a carga útil dos interceptadores é pequena, há ainda a chance de que nenhum dos fragmentos chegue à ogiva.

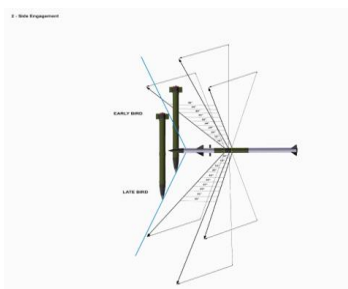


Figura 30: Interceptação lateral

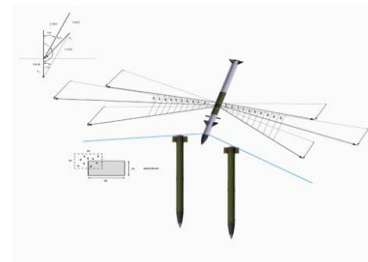


Figura 31: Interceptação à retaguarda

Se o Iron Dome está falhando sistematicamente em neutralizar a seção mais perigosa dos foguetes do Hamas, então qual a causa dos danos e mortes no lado israelense serem poucos? Postol fez uma analogia da situação atual com a do sistema Patriot contra os mísseis SCUD por ocasião da primeira Guerra do Golfo, em 1991.

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

À época, os danos foram relativamente menores tendo em vista que poucos mísseis foram lançados contra Israel - cerca de 40, segundo o site Defesanet. Ademais, as ogivas dos mísseis SCUD eram maiores e mais fáceis de serem interceptadas pelo PATRIOT. E mesmo nos vários casos em que as cargas explosivas atingiram o solo, o impacto ocorria em áreas abertas, ou a defesa civil das regiões urbanas atingidas tomou medidas para proteger a população.

No caso dos foguetes do Hamas, o físico analisa imagens de impactos registrados em solo israelense entre julho de 2012 e julho de 2014. Mesmo quando os foguetes atingiram edifícios, as imagens mostram danos bem localizados. Isso não significa que pessoas não seriam feridas ou mortas caso estivessem próximas demais da explosão, mas as imagens deixam claro que a carga explosiva dos foguetes não é potente o bastante para causar danos e mortes desde que a população esteja devidamente abrigada.



Figura 32: Restos de foguetes caídos em áreas inabitadas.

Já os resultados dos bombardeios a Gaza, são drásticos. Postol estima que:

“ (...) a potência das bombas usadas por Israel entre 500 e 1000 kgf. Nesse caso, as tentativas de proteger a população são quase inócuas, já que poucos abrigos na região suportam danos desse porte.”

Conclui-se que, diante do tamanho reduzido da carga explosiva dos foguetes do HAMAS, a capacidade do serviço público israelense avisar as populações da aproximação dessas pequenas ameaças se mostra um mecanismo de defesa bem mais eficiente do que o Iron Dome.

### 3. CONCLUSÃO

Diante das constantes evoluções dos sistemas de defesa antiaérea, faz-se necessária a busca pelo aprimoramento do sistema ASTROS II com o propósito de aumentar a furtividade dos foguetes e mísseis com relação aos sistemas de controle e alerta das defesas antiaéreas.

Neste sentido, temos que analisar a real necessidade de dispositivos radomes nos foguetes, haja vista que, por um lado eles são úteis para o acompanhamento do radar da Unidade Controladora de Fogo - UCF, por outro os tornam vulneráveis aos radares dos sistemas de controle e alerta do inimigo, possibilitando a reação de sua defesa antiaérea.

Como os mísseis de cruzeiro já possuem uma aerodinâmica que diminui consideravelmente a sua Seção Reta Radar – RCS, caso houvesse, no Míssil Tático de Cruzeiro desenvolvido pela AVIBRAS, um revestimento radar absorvente (RAM), a fim de dispersar a energia emitida, provavelmente aumentaria ainda mais a sua furtividade perante

o sistema de controle e alerta inimigo. Dessa maneira, a possibilidade do MTC – 300 ser alvejado antes de cumprir a sua finalidade diminuiria consideravelmente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MÍSSEIS, mensageiros nada amistosos. **Aventuras na História**, 23 de maio de 2021. Disponível em < <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/acervo/misseis-mensageiros-nada-amistosos-435192.phtml>>

\_\_\_\_\_. Estado Maior do Exército. **EB 70-MT-11.000**. Manual Técnico de Munições do Sistema Astros. 1ª Edição, Brasília, DF, 2020.

Qual o verdadeiro poder de fogo do Hamas. **BBC News**, 23 maio de 2021. Disponível em < <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57110074>>

BASTOS, Expedito Carlos Estephani. **Uma realidade brasileira Sistema de Artilharia de Foguetes ASTROS II**, 23 maio de 2021. Disponível em <<https://docplayer.com.br/75826744-Uma-realidade-brasileira-sistema-de-artilharia-de-foguetes-astros-ii.html>>

Míssil Tático de Cruzeiro AV – TM 300, **Centro Tecnológico do Exército**, 10 de maio de 2021. Disponível em <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/78-missil-tatico-de-cruzeiro-av-tm-300#vis%C3%A3o-geral>>

Um pouco sobre Seção Reta Radar (RCS) e tecnologia ‘stealth’. **Poder Aéreo**, 24 de maio de 2020. Disponível em: <<https://www.aereo.jor.br/2010/02/01/um-pouco-sobre-secao-reta-radar-rcs-e-tecnologia-stealth/>>

TEIXEIRA, Vinicius Modolo. **Revista de Geopolítica**. S 300: Uma arma de negociação da Geopolítica, 25 maio de 2021. Disponível em <<http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/viewFile/297/249>>

S-400 versus PATRIOT: confira características dos sistemas antiaéreos da Rússia e EUA, **Sputnik News**, 23 maio de 2021. Disponível em <<https://br.sputniknews.com/infograficos/2019043013784615-s400-patriot-comparacao-complexos-antiaereos-russia-eua/>>

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

Sistema de defesa antiaérea S 300, **Russia Beyond**, 26 de maio de 2021. Disponível em <[https://br.rbth.com/ciencia/2013/05/31/s-300\\_19533](https://br.rbth.com/ciencia/2013/05/31/s-300_19533)>

S 300/S 400, o Patriot russo. **Poder Aéreo**, 24 maio de 2021. Disponível em <<https://www.aereo.jor.br/2008/09/18/s-300s-400-o-patriot-russo/>>

Venezuela posiciona mísseis S 300 na fronteira com o Brasil. **DefesaNet**, 24 maio de 2021. Disponível em <<https://www.defesanet.com.br/ven/noticia/32142/Exclusivo-%E2%80%93-Venezuela-Posiciona-Misseis-S-300-na-Fronteira-com-o-Brasil/>>

Saiba como funciona o escudo antimísseis de Israel. **BBC News**, 28 abr de 2021. Disponível em <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804\\_escudo\\_antimissel\\_israel\\_jm\\_kb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804_escudo_antimissel_israel_jm_kb)>; e

Iron Dome, Análise e performance. **DefesaNet**, 29 Abr de 2021. Disponível em <<https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/16155/Iron-Dome--->>.

## REFERÊNCIAS DE IMAGENS

Figura 1: Disponível em: < <https://docplayer.com.br/75826744-Uma-realidade-brasileira-sistema-de-artilharia-de-foguetes-astros-ii.html>> ;

Figura 2: Disponível em: <<https://www.avibras.com.br/site/nossos-produtos-e-servicos/sistemas-de-defesa/astros.html>> ;

Figura 3: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 31;

Figura 4: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 31;

Figura 5: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 32;

Figura 6: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 32;

Figura 7: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 33;

Figura 8: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 35;

Tabela 1: Manual Técnico de Munições do Sistema ASTROS, p. 35;

Figura 9: Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Fajr-5>> ;

Figura 10: Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete\\_Qassam](https://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete_Qassam)> ;

Tabela 2: Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/78-missil-tatico-de-cruzeiro-av-tm-300#vis%C3%A3o-geral>> ;



Figura 12: Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/78-missil-tatico-de-cruzeiro-av-tm-300#vis%C3%A3o-geral>> ;

Figura 13: Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/78-missil-tatico-de-cruzeiro-av-tm-300#vis%C3%A3o-geral>> ;

Figura 14: Disponível em: <<https://www.aereo.jor.br/2010/02/01/um-pouco-sobre-secao-reta-radar-racs-e-tecnologia-stealth>> ;

Figura 15: Disponível em: <<https://www.aereo.jor.br/2010/02/01/um-pouco-sobre-secao-reta-radar-racs-e-tecnologia-stealth>> ;

Figura 16: Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/MIM-104\\_Patriot](https://pt.wikipedia.org/wiki/MIM-104_Patriot)> ;

Figura 17: Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/MIM-104\\_Patriot](https://pt.wikipedia.org/wiki/MIM-104_Patriot)> ;

Figura 18: Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/ven/noticia/32142/Exclusivo-%E2%80%93-Venezuela-Posiciona-Misseis-S-300-na-Fronteira-com-o-Brasil/>> ;

Figura 19: Disponível em: <<https://www.aereo.jor.br/2008/09/18/s-300s-400-o-patriot-russo/>> ;

Figura 20: Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/S-300>> ;

Figura 21: Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/ven/noticia/32142/Exclusivo-%E2%80%93-Venezuela-Posiciona-Misseis-S-300-na-Fronteira-com-o-Brasil/>> ;

Figura 22: Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/ven/noticia/32142/Exclusivo-%E2%80%93-Venezuela-Posiciona-Misseis-S-300-na-Fronteira-com-o-Brasil/>> ;

Figura 23: Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/S-400>> ;

Figura 24: Disponível em: <<https://br.sputniknews.com/defesa/2018033010867774-s400-patriot-vantagens-sistema-defesa-antiaerea/>> ;

Figura 25: Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804\\_escudo\\_antimissel\\_israel\\_jm\\_kb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804_escudo_antimissel_israel_jm_kb)> ;

<sup>1</sup> Primeiro Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2000, possui o curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos e o curso de Operador de Radar pela EsACosAAe

<sup>2</sup> Segundo Sargento de Artilharia do Exército Brasileiro, formado na Escola de Sargentos das Armas em 2008, possui nível superior em Licenciatura em História pelo Centro Universitário Claretiano, em 2015 e possui o Curso de Artilharia Antiaérea para Sargentos pela EsACosAAe. Atualmente é auxiliar da Seção de Operações do 16º Grupo de Mísseis e Foguetes.

Figura 26: Disponível em: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804\\_escudo\\_antimissel\\_israel\\_jm\\_kb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/08/140804_escudo_antimissel_israel_jm_kb) ;

Figura 27: Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/16155/Iron-Dome---> ;

Figura 28: Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2021/05/15/conflito-entre-israel-e-palestinos-a-impressionante-foto-que-mostra-luta-entre-domo-de-ferro-de-israel-e-misseis-do-hamas.ghtml> ;

Figura 29: Disponível em: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/07/140711\\_gaza\\_arsenais\\_hamas\\_israel](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/07/140711_gaza_arsenais_hamas_israel) ;

Figura 30: Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/16155/Iron-Dome--->;

Figura 31: Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/16155/Iron-Dome--->; e

Figura 32: Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/16155/Iron-Dome--->.