

**MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
SISTEMAS DE ARMAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DAS VANTAGENS DO EMPREGO DO SISTEMA ASTROS II A BORDO DE  
NAVIOS DA MARINHA EM AÇÕES DE APOIO DE FOGO NAVAL**



**PRIMEIRO-TENENTE PEDRO DE CASTRO FERREIRA**

Rio de Janeiro  
2023

PRIMEIRO-TENENTE PEDRO DECASTRO FERREIRA

ANÁLISE DAS VANTAGENS DO EMPREGO DO SISTEMA ASTROS II A BORDO DE  
NAVIOS DA MARINHA EM AÇÕES DE APOIO DE FOGO NAVAL

Monografia apresentada ao Centro de Instrução  
Almirante Alexandrino como requisito parcial à  
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em  
Sistemas de Armas.

Orientadores:

CC Artur Krepp Lisboa

Prof. Dr. Marco Antonio Grivet Mattoso Maia

CIAA  
Rio de Janeiro  
2023

PRIMEIRO-TENENTE PEDRO DE CASTRO FERREIRA

ANÁLISE DAS VANTAGENS DO EMPREGO DO SISTEMA ASTROS II A BORDO DE  
NAVIOS DA MARINHA EM AÇÕES DE APOIO DE FOGO NAVAL

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial  
à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistemas de Armas.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

Artur Krepp Lisboa – CNBW \_\_\_\_\_

Marco Antonio Grivet Mattoso Maia – PUC-Rio \_\_\_\_\_

Alessandro Roberto dos Santos, PhD – CIAA \_\_\_\_\_

Dedico esse trabalho aos marinheiros que  
labutam diuturnamente para manter o poder  
combatente da Marinha do Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível.

À minha esposa por todo o apoio e compreensão nesse período do curso e de confecção do trabalho.

Aos meus orientadores, o Prof. Grivet pela disponibilidade apresentada e ao CC Krepp por todo o suporte na parte técnica. Também gostaria de agradecer ao CT(FN) Zarpelão por ter me ajudado nas dúvidas de funcionamento e particularidades do ASTROS II.

“Homens fortes criam tempos fáceis e tempos fáceis geram homens fracos, mas homens fracos criam tempos difíceis e tempos difíceis geram homens fortes” - Proverbio oriental

## ANÁLISE DAS VANTAGENS DO EMPREGO DO SISTEMA ASTROS II A BORDO DE NAVIOS DA MARINHA EM AÇÕES DE APOIO DE FOGO NAVAL

### Resumo

A evolução das capacidades de sistemas de armas e a crescente complexidade do cenário de ameaças marítimas tornam imperativo explorar novas abordagens para operações navais. Neste contexto, a pesquisa buscou compreender as potenciais vantagens do emprego do sistema ASTROS II a bordo de navios em ações de Apoio de Fogo Naval. Através de uma revisão bibliográfica da literatura especializada e um estudo de caso focado na aplicação pela Marinha dos EUA, foram identificados aspectos técnicos, operacionais e logísticos da integração desse sistema de artilharia em plataformas marítimas. Os resultados evidenciam que o ASTROS II, originalmente projetado para operações terrestres, possui atributos que podem ampliar a capacidade de resposta e flexibilidade dos navios em cenários de combate. Seu alcance, precisão e capacidade de lançamento rápido apresentam-se como diferenciadores estratégicos, permitindo operações mais ágeis e eficazes contra ameaças diversas. Contudo, a integração apresenta desafios, desde questões de espaço e estabilidade do navio até considerações sobre operações em ambientes marítimos adversos. Conclui-se que, embora o ASTROS II apresente potencial significativo para reforçar as capacidades de Apoio de Fogo Naval, é essencial uma avaliação detalhada para sua efetiva implementação, garantindo que os benefícios superem os desafios técnicos e operacionais.

**Palavras-chave:** ASTROS II; apoio de fogo naval; artilharia naval.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bateria de canhões do HMS Dreadnought.....	14
Figura 2 – ASTROS II lançando o míssil tático de cruzeiro AV-TM 300.....	16
Figura 3 – Fogo de saturação obtido com munições do tipo cluster.....	21
Figura 4 – Viatura Blindada Especial (VtrBldEsp) 6x6 ASTROS AV-LMU.....	22
Figura 5 – Tipos de foguetes utilizados pelo ASTROS II.....	24
Figura 6 – Sistema HIMARS.....	32
Figura 7 – Exercício de tiro com o HIMARS a bordo do USS Anchorage.....	34
Figura 8 – HIMARS sendo transportado por EDVM.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1 Justificativa</b> .....	11
<b>1.2 Objetivos</b> .....	12
<b>1.3 Metodologia</b> .....	12
<b>1.4 Estrutura da monografia</b> .....	12
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E CONCEITUAL</b> .....	13
<b>2.1 Evolução da artilharia naval</b> .....	13
2.1.1 Era dos Canhões.....	13
2.1.2 Revolução Industrial e Avanços na Artilharia Naval.....	13
2.1.3 Era dos Encouraçados.....	14
2.1.4 Era Moderna e Mísseis.....	14
<b>2.2 Introdução ao ASTROS II: Histórico, desenvolvimento e aplicações atuais</b> .....	16
2.2.1 Origens e Desenvolvimento.....	16
2.2.2 Características Técnicas.....	16
2.2.3 Aplicações Atuais.....	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
<b>3.1 Princípios da Artilharia Naval</b> .....	17
3.1.1 Trajetória Balística e Correção.....	18
3.1.2 Conceito de Saturação.....	20
<b>3.2 Características do Sistema ASTROS II</b> .....	22
3.2.1 Especificações Técnicas.....	23
<b>4 ANÁLISE DAS VANTAGENS</b> .....	26
<b>4.1 Aspectos Técnicos da Adaptação do ASTROS II para Uso Naval</b> .....	27
<b>4.2 Aspectos Operacionais da Integração do ASTROS II em Apoio de Fogo Naval</b> .....	29
<b>4.3 Considerações Logísticas na Implementação do ASTROS II em Ambiente Naval</b> .....	30
<b>5 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DE EMPREGO EM CENÁRIOS FICTÍCIOS</b> .....	31

<b>5.1 Estudo de caso: o emprego do HIMARS pelo USMC</b> .....	31
<b>5.2 Análise de cenários hipotéticos</b> .....	36
5.2.1 Operações Anfíbias de Grande Escala.....	36
5.2.2 Defesa contra Ameaças Assimétricas.....	36
5.2.3 Operações em Áreas Contestadas.....	36
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	37
<b>6.1 Considerações Finais</b> .....	37
<b>6.2 Sugestões para futuros trabalhos</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

# 1 INTRODUÇÃO

A artilharia naval desempenha um papel crucial nas operações de combate, proporcionando poder de fogo de precisão e apoio as operações anfíbias. À medida que a tecnologia avança e novos sistemas de armas são desenvolvidos, é vital para as marinhas modernas considerarem todas as opções disponíveis para manter e melhorar suas capacidades de combate. Dentro deste contexto, o sistema de artilharia ASTROS II, originalmente desenvolvido para operações terrestres, surge como uma alternativa potencialmente valiosa.

## 1.1 Justificativa e Relevância

A crescente complexidade dos cenários de combate e a necessidade de maior alcance e precisão em operações de Apoio de Fogo Naval (ApFN) tornam imperativo que as marinhas considerem todas as opções tecnológicas à sua disposição. O sistema de artilharia ASTROS II, com seu alcance superior em comparação com os canhões navais tradicionais, oferece uma oportunidade de ampliar consideravelmente o alcance efetivo do armamento. Adaptar o ASTROS II para uso naval pode proporcionar uma capacidade de projeção de poder sobre terra mais distante e com maior flexibilidade, preenchendo lacunas que os sistemas de canhão tradicionais podem deixar.

O ASTROS II proporcionaria uma maior independência aos Navios de maior porte da Marinha (NDM Bahia, NAM Atlântico e NDCC Almirante Saboia), deixando essa dependência atual de um Navio Escolta (Fragatas Classe Niterói, Fragata Rademaker, Corveta Barroso e Corveja Julio de Noronha) para realizar certas missões. Com isso seria possível cobrir a lacuna resultante da falta de armamento fixo nesses Navios maiores.

O Emprego do ASTROS II nas ações de ApFN contribuiriam para o Poder Naval, principalmente para uma de suas tarefas, que é a projeção de poder sobre terra.

A projeção de poder sobre terra significa a transposição da influência do Poder Naval sobre áreas de interesse, sejam elas terrestres ou marítimas, abrangendo um amplo espectro de atividades, que incluem, desde a presença de forças até a realização de operações navais. (EMA-305, 2017, p. 1-8)

## **1.2 Objetivos**

O objetivo principal desta pesquisa é analisar as vantagens do uso do sistema de artilharia ASTROS II a bordo de navios da Marinha na execução da missão de Apoio de Fogo Naval (Naval Surface Fire Support). Busca-se entender os desafios, as vantagens e as potenciais aplicações operacionais de tal integração.

## **1.3 Metodologia**

Para alcançar os objetivos propostos, esta pesquisa adotará uma metodologia baseada em pesquisa bibliográfica. Serão analisados documentos, artigos, estudos anteriores e literatura técnica sobre o ASTROS II e sistemas similares, bem como teorias e práticas relacionadas à artilharia naval. A pesquisa bibliográfica permitirá uma compreensão holística do tema, baseada em evidências e análises já realizadas na área.

## **1.4 Estrutura da Monografia**

A monografia está estruturada da seguinte forma:

- Capítulo 2: Contextualização Histórica e Conceitual, abordando a evolução da artilharia naval e uma introdução ao ASTROS II;
- Capítulo 3: Fundamentação Teórica, detalhando os princípios da artilharia naval e as características específicas do ASTROS II;
- Capítulo 4: Análise da Viabilidade, discutindo aspectos técnicos, operacionais e logísticos do emprego do sistema em ambiente naval;
- Capítulo 5: Estudo de caso, exame de sistemas de foguetes em uso naval por outras nações;
- Capítulo 6: Conclusões e Recomendações, onde serão sintetizadas as principais descobertas e sugestões para futuros estudos ou aplicações práticas.

Esta organização visa a uma progressão lógica e completa do tema, permitindo ao leitor uma compreensão clara da relevância, do contexto e das implicações do emprego do ASTROS II em navios.

## **2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E CONCEITUAL**

O desenvolvimento e emprego da artilharia naval moldou significativamente a trajetória histórica das operações marítimas. O poder de um navio não se baseava apenas em sua capacidade de manobra ou na resistência de seu casco, mas também no calibre e na capacidade de seus armamentos. Neste capítulo, examinamos a evolução da artilharia naval e introduzimos o sistema ASTROS II, lançando luz sobre sua origem e usos contemporâneos.

### **2.1 Evolução da artilharia naval**

A história da artilharia naval é rica e multifacetada, ligada tanto à evolução da tecnologia como à geopolítica global. A necessidade de dominar os mares, seja para fins comerciais, estratégicos ou imperiais, sempre impulsionou inovações em armamento naval.

#### **2.1.1 Era dos Canhões**

Nos primeiros estágios do combate naval, os navios eram primariamente plataformas para a projeção de poder de combate corpo a corpo ou através de arcos e bestas. No entanto, a introdução de canhões de metal, especialmente após o surgimento da pólvora na China e sua subsequente disseminação na Europa, proporcionou um salto qualitativo na capacidade de combate naval (WELLER, 1978). Estes primeiros canhões, muitas vezes montados em carretas de madeira, eram rudimentares e exigiam grande esforço manual para recarregar e disparar. Apesar de sua ineficiência, eles ampliaram significativamente o alcance do poder de fogo naval, permitindo que os navios atacassem de uma distância segura.

#### **2.1.2 Revolução Industrial e Avanços na Artilharia Naval**

Ainda segundo Weller (1978), com a chegada da Revolução Industrial, as inovações técnicas se infiltraram rapidamente na artilharia naval. Máquinas a vapor permitiram que os navios se movessem independentemente do vento, enquanto avanços na metalurgia levaram à construção de canhões mais longos, mais precisos e mais potentes. O desenvolvimento de conchas<sup>1</sup> explosivas e a transição para canhões de alma raiada transformaram a natureza da guerra naval, tornando-a mais mortífera. Além disso, a

---

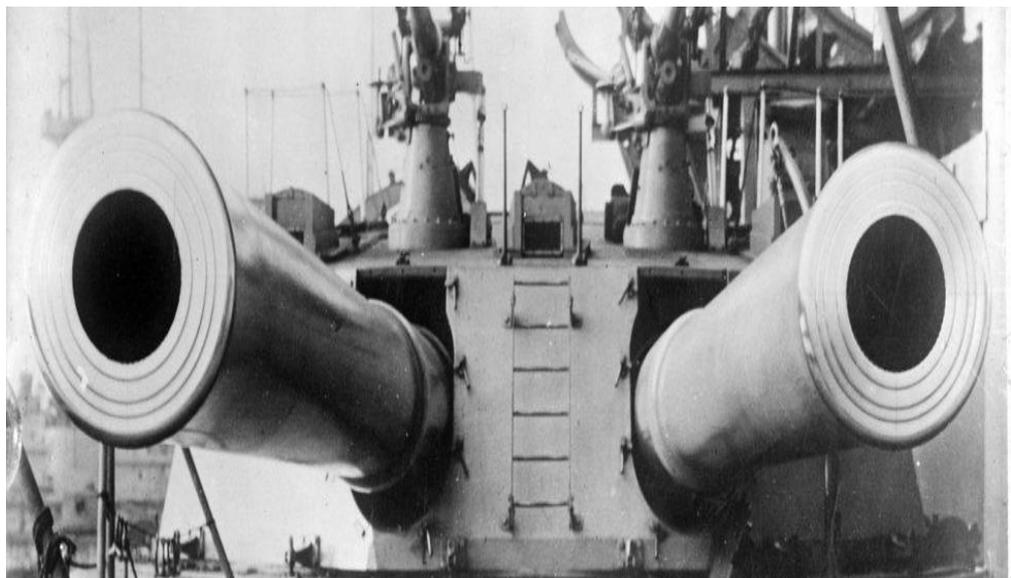
<sup>1</sup> Concha - concha é um projétil oco, de formato cilíndrico, terminando em um cone, cheio de material explosivo. É munição disparada por um canhão.

introdução do ferro e depois do aço no design dos navios levou à era dos navios blindados, protegendo-os do crescente poder dos canhões.

### 2.1.3 Era dos Encouraçados

O HMS Dreadnought, lançado em 1906, inaugurou uma nova era na artilharia naval. Com seu perfil distintivo e baterias de canhões pesados, os encouraçados tornaram-se o principal instrumento de poder naval nas primeiras décadas do século XX (ESTADOS UNIDOS, 1949). Eles dominaram a estratégia naval até que a aviação naval e os submarinos começaram a ameaçar sua supremacia. A Batalha da Jutlândia em 1916, a maior batalha naval da Primeira Guerra Mundial, destacou tanto o poder destrutivo quanto as limitações dos encouraçados.

Figura 1: Bateria de canhões do HMS *Dreadnought*



Fonte: Farley, 2017<sup>2</sup>

### 2.1.4 Era Moderna e Mísseis

No rescaldo da Segunda Guerra Mundial, tornou-se evidente que o poder aéreo e a capacidade de lançar mísseis de longo alcance estavam redefinindo a guerra naval (w). Mísseis guiados, especialmente quando combinados com tecnologia de radar avançada, ofereciam a capacidade de atingir alvos a distâncias inimagináveis algumas décadas antes. Além disso, os submarinos nucleares, capazes de permanecer submersos por períodos muito

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://warisboring.com/hms-dreadnought-changed-naval-warfare-forever/>>. Acesso em: 02 out. 2023.

mais longos e carregando mísseis balísticos, representavam uma ameaça estratégica que ultrapassava o domínio puramente naval.

A evolução da artilharia naval reflete uma adaptação contínua às realidades táticas e tecnológicas. Desde os primeiros canhões montados em navios de madeira até os mísseis balísticos de hoje, o objetivo sempre foi aumentar a letalidade, o alcance e a eficiência das armas navais.

## **2.2 Introdução ao ASTROS II: Histórico, desenvolvimento e aplicações atuais**

O ASTROS II (*Artillery SaTuration ROcket System*) é um sistema de lançamento múltiplo de foguetes desenvolvido no Brasil pela empresa Avibras Indústria Aeroespacial. Desde sua concepção na década de 1980, o sistema ASTROS II tornou-se um dos sistemas de lançamento múltiplo de foguetes mais bem-sucedidos e amplamente exportados da América Latina. Esta seção fornece uma visão detalhada da sua evolução, características técnicas e implicações no cenário de defesa global.

### **2.2.1 Origens e Desenvolvimento**

Na década de 1980, a indústria de defesa brasileira começou a se concentrar em desenvolver uma capacidade autóctone em sistemas de armas estratégicos, eliminando a dependência de fornecedores estrangeiros (BARCELOS, 2021). Neste contexto, a Avibras desenvolveu o ASTROS II como uma resposta aos modernos sistemas MLRS (*Multiple Launch Rocket Systems*) que começavam a ser empregados em várias forças armadas ao redor do mundo.

### **2.2.2 Características Técnicas**

O ASTROS II é um sistema modular, consistindo de veículos de lançamento, transporte e carga, posto de comando e radar. Os foguetes podem variar em alcance, desde os SS-30 com 30 km até os mais recentes SS-80 com alcance de 80 km ou mais (Sousa, 2015). Uma das características distintivas do ASTROS II é a sua capacidade de disparar salvas rápidas, cobrindo uma vasta área em pouco tempo.

Um ponto importante a destacar é o desenvolvimento contínuo de munições guiadas, como o míssil tático de cruzeiro AV-TM 300, ampliando consideravelmente a capacidade de precisão e o alcance do sistema, ultrapassando 300 km.

Figura 2: ASTROS II lançando o míssil táctico de cruzeiro AV-TM 300



Fonte: Avibrás<sup>3</sup>

### 2.2.3 Aplicações Atuais

Desde a sua introdução, o ASTROS II foi adotado não apenas pelo Exército Brasileiro, mas também exportado para várias nações ao redor do mundo. Seu uso em conflitos, como durante a Guerra do Golfo, demonstrou sua eficácia em situações de combate reais (FERREIRA, 2023). Atualmente, com o desenvolvimento contínuo de novas munições e tecnologias de apoio, o ASTROS II mantém sua relevância no cenário de defesa global, competindo diretamente com sistemas similares produzidos em outras nações.

---

<sup>3</sup> Disponível em: < <https://www.avibras.com.br/site/areas-de-atuacao/defesa/astros.html> >. Acesso em: 12 out. 2023.

Face ao exposto nessa seção, podemos inferir que o sistema ASTROS II representa um marco na indústria de defesa brasileira, demonstrando a capacidade da Base Industrial de Defesa brasileira de desenvolver e exportar sistemas de armas complexos e de alta tecnologia. A sua presença contínua em cenários de conflito e a sua exportação para várias nações ressaltam o seu valor e eficácia como um sistema moderno de lançamento múltiplo de foguetes.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A compreensão de qualquer tópico complexo exige uma base sólida nas teorias e princípios fundamentais que o sustentam. Para tanto, na presente seção são explorados os princípios básicos da artilharia naval, abordando a evolução histórica e técnicas que moldaram seu papel em operações marítimas ao longo dos anos. Isso nos permitirá não apenas entender a relevância dessa área da guerra naval, mas também discernir as nuances e especificidades que o distinguem. Em seguida, voltaremos nossa atenção para o sistema ASTROS II, detalhando suas características técnicas e operacionais, permitindo assim um entendimento claro de sua capacidade e potencial no contexto naval.

#### **3.1 Princípios da Artilharia Naval**

A artilharia naval representa um dos pilares fundamentais da projeção de poder no ambiente marítimo. Desde que as primeiras embarcações foram equipadas com dispositivos capazes de disparar projéteis contra alvos em terra ou no mar, a natureza e o propósito da artilharia naval têm evoluído em resposta às necessidades estratégicas e táticas, bem como aos avanços tecnológicos.

As raízes da artilharia em navios remontam às antigas civilizações que utilizavam máquinas de cerco, como balistas e catapultas, montadas em embarcações. No entanto, a verdadeira revolução ocorreu com a invenção da pólvora na China e sua subsequente disseminação para a Europa. Isso levou à criação do canhão, uma arma que mudaria drasticamente a face da guerra naval.

Na era das embarcações de madeira, os canhões eram geralmente de alma lisa e disparavam projéteis esféricos. A principal limitação era a precisão, uma vez que a tecnologia da época não permitia tiros de longa distância com grande precisão. No entanto, a potência bruta dos canhões fez deles uma força dominante nos mares.

A artilharia naval é, por natureza, uma combinação de engenharia mecânica, balística e tática naval (WELLER, 1978). A engenharia envolvida no design de canhões, a ciência da balística que governa o voo de projéteis e as táticas empregadas para maximizar a eficiência das armas são todos componentes cruciais.

O propósito principal da artilharia naval sempre foi duplo, de acordo com Weller (1978):

- I. Projeção de Poder contra Embarcações Inimigas - desde os tempos das galés até os modernos navios de guerra, a capacidade de infligir dano ou destruir embarcações inimigas foi uma necessidade primordial e basilar do combate naval. Isso não se refere apenas a batalhas navais diretas, mas também à capacidade de impor bloqueios, proteger rotas de comércio, negar o uso do mar ao inimigo e manter a supremacia naval.
- II. Apoio de Fogo à projeção de poder sobre terra - com a capacidade de se aproximar de áreas costeiras, os navios de guerra armados com artilharia pesada proporcionaram uma plataforma móvel para bombardear fortificações, apoiar desembarques anfíbios e influenciar batalhas em terra. A capacidade de fornecer apoio de fogo a partir do mar deu às marinhas uma flexibilidade estratégica inigualável.

Com a invenção do canhão de alma raiada no século XIX, a precisão da artilharia naval melhorou substancialmente. Isso permitiu que os navios atingissem alvos com maior precisão a distâncias maiores. Além disso, o desenvolvimento de munições explosivas, como a granada, proporcionou um poder destrutivo muito maior do que os simples projéteis sólidos anteriores. No século XX, a introdução de sistemas de controle de tiro computadorizados e radares aprimoraram ainda mais a capacidade de acertar alvos com precisão, mesmo em condições adversas ou em movimento.

A artilharia naval tem experimentado uma constante evolução na história da guerra marítima. Sua natureza e propósito refletem a necessidade contínua de projeção de poder sobre terra e de apoio a operações terrestres. Enquanto a tecnologia e as táticas têm avançado, o papel fundamental da artilharia naval em assegurar o domínio marítimo e apoiar missões em terra permanece tão vital hoje quanto nos tempos antigos.

### 3.1.1 Trajetória Balística e Correção

A trajetória balística refere-se ao caminho que um projétil percorre ao ser lançado ou disparado no ar sob a influência da gravidade, resistência do ar e, em certos casos, efeitos rotacionais da Terra. Entender essa trajetória é fundamental para a artilharia naval, visto que permite prever com precisão onde o projétil atingirá e, assim, corrigir disparos subsequentes através da observação de tiro para aumentar a eficiência. Vamos explorar esses conceitos em detalhes.

Segundo o trabalho da Royal Society (2021), a trajetória balística de um projétil é determinada por vários fatores:

- I. Velocidade Inicial - quando um projétil é disparado, sua velocidade inicial, determinada pela carga propulsora e design da arma, é o principal fator na determinação do seu alcance máximo.
- II. Resistência do Ar - conforme o projétil viaja pelo ar, ele enfrenta a resistência aerodinâmica. Esta resistência, que depende da forma, tamanho e velocidade do projétil, bem como da densidade do ar, reduz a velocidade do projétil e, por conseguinte, seu alcance.
- III. Gravidade - a gravidade “puxa” o projétil em direção à Terra, fazendo-o seguir uma trajetória parabólica. A inclinação da arma ao disparar determinará o ângulo de elevação e, assim, a distância que o projétil percorrerá.
- IV. Efeito Coriolis - em longas distâncias, o efeito rotacional da Terra (efeito Coriolis) pode desviar o projétil de seu curso previsto. Este efeito é especialmente notável em tiros de muito longo alcance e varia de acordo com a latitude do disparo.

Dada a complexidade dos fatores que influenciam a trajetória balística, a correção de tiro é uma componente crucial da artilharia naval, onde podemos listar os seguintes processos:

- I. Observação e *Feedback* - em tempos mais antigos, observadores posicionados em pontos elevados (como mastros) ou em pequenas embarcações relatavam o ponto de impacto dos projéteis. Essas observações eram então usadas para ajustar tiros subsequentes.

- II. Sistemas Modernos - com a evolução tecnológica, a correção de tiro tem se beneficiado enormemente de avanços em radares e sistemas de sensores. Estes sistemas podem rastrear a trajetória do projétil em tempo real e fornecer feedback instantâneo para ajustes.
- III. Análise de Dados - o processamento de dados, através do uso de computadores avançados a bordo, permite análises rápidas das variáveis que afetam a trajetória balística. Isso possibilita correções em tempo real, aumentando a precisão do disparo em situações dinâmicas.
- IV. Munições Guiadas - em algumas situações, projéteis ou mísseis guiados são utilizados, que podem ajustar sua própria trajetória em voo com base em sistemas de orientação incorporados.

A compreensão detalhada da trajetória balística e dos mecanismos de correção é fundamental para a eficácia da artilharia naval. A interação complexa entre física e tecnologia, combinada com as necessidades táticas do campo de batalha, faz da balística uma ciência e arte que é central para o sucesso das operações navais. Com os avanços tecnológicos, a precisão da artilharia naval vem se aperfeiçoando e garantindo um engajamento mais eficiente de alvos em um ambiente tático cada vez mais dinâmico e complexo.

### 3.1.2 Conceito de Saturação

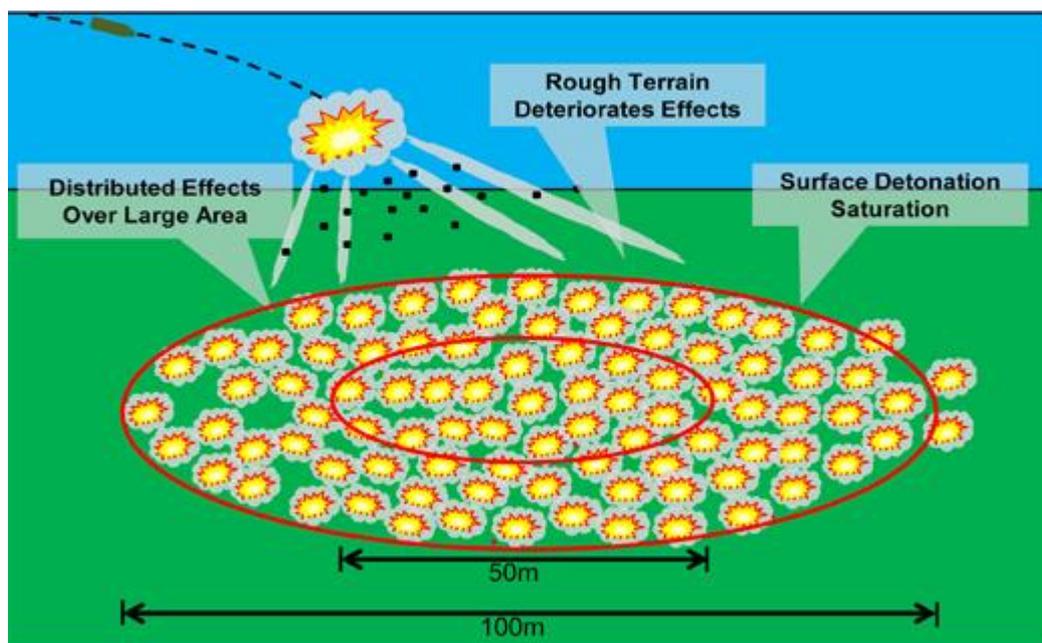
O conceito de saturação, no contexto militar e, em muitos outros domínios técnicos e científicos, refere-se à ideia de sobrecarregar ou sobrepopostrar um sistema, área ou alvo específico até que sua capacidade de defesa ou reação seja superada. Em um cenário tático, um ataque de saturação é realizado lançando uma grande quantidade de munições ou forças simultaneamente contra um alvo específico. O objetivo é esgotar as defesas do alvo, garantindo que pelo menos uma parte do ataque tenha êxito. Isto é comumente visto no uso de múltiplos mísseis ou projéteis contra sistemas de defesa antiaérea ou antimísseis.

Os sistemas defensivos, como interceptores de mísseis ou sistemas antiaéreos, têm uma capacidade finita de detecção, rastreamento e neutralização. Ao enfrentar um ataque de saturação, esses sistemas podem não conseguir lidar com o volume de ameaças simultâneas, permitindo que algumas munições atinjam seus objetivos. Este é o objetivo principal do ataque de saturação.

Uma das manifestações mais contemporâneas desse conceito pode ser vista no uso de mísseis de cruzeiro e mísseis balísticos. Ao serem lançados em grandes volumes, esses mísseis objetivam saturar defesas antimísseis estratégicas, permitindo que ao menos uma parte deles atinja seus alvos. Além dos mísseis, foguetes de longo alcance, como os utilizados pelo sistema ASTROS também podem ser utilizados em ataques de saturação, principalmente por terem custos de aquisição significativamente inferiores aos dos mísseis. Contudo, a precisão dos foguetes também é inferior.

Outro exemplo é a munição do tipo *cluster*, que utiliza uma estratégia similar. Em vez de confiar em um único explosivo, essas munições liberam diversas sub-munições sobre uma ampla área. A dispersão cria uma matriz de ameaças, complicando os esforços defensivos e aumentando a probabilidade de causar danos ao adversário.

Figura 3: Fogo de saturação obtido com munições do tipo *cluster*



Fonte: Forbes, 2023<sup>4</sup>

A saturação também transcende o domínio puramente físico. Na era digital, a guerra eletrônica adotou esse conceito ao utilizar múltiplos sinais de interferência ou bloqueio para confundir ou desativar sensores e sistemas de comunicação. Isso sobrecarrega os sistemas defensivos, tornando-os menos eficazes ou completamente inoperantes, negando ao oponente o uso do espectro eletromagnético – componente vital na guerra moderna.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2023/07/07/with-american-made-cluster-shells-ukrainian-artillery-will-be-more-destructive-faster-moving-and-more-survivable/>>. Acesso em: 02 out. 2023.

Em um cenário mais contemporâneo, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), popularmente conhecidas como drones, exemplificam essa tática. Enxames de drones, carregando pequenas cargas explosivas ou simplesmente servindo como distrações, podem ser empregados para confundir e sobrecarregar defesas aéreas, apresentando tantos alvos simultâneos que se torna impraticável neutralizar cada um individualmente.

Naturalmente, adotar uma estratégia de saturação tem suas implicações. Do ponto de vista logístico e financeiro, o custo pode ser proibitivo, pois requer uma quantidade significativa de munições, recursos e plataformas. Portanto, é imperativo para as forças armadas avaliarem meticulosamente o equilíbrio entre os benefícios potenciais de um ataque de saturação bem-sucedido e os custos inerentes a tal operação.

Enquanto o panorama da tecnologia militar continua a evoluir, a essência do conceito de saturação — superar as defesas adversárias com uma avalanche de ameaças simultâneas — permanece uma tática valiosa (MARTIN et al, 2020). Adaptar-se a esse conceito e desenvolver medidas defensivas eficazes contra ele é um desafio contínuo na estratégia militar moderna.

### 3.2 Características do Sistema ASTROS II

O Sistema de Artilharia de Foguetes para Saturação de Área, mais conhecido como ASTROS II, é um sistema de lançamento múltiplo de foguetes de origem brasileira. Desenvolvido pela empresa Avibras Indústria Aeroespacial, este sistema representa um marco importante na capacidade de defesa e ataque do Brasil, sendo exportado para vários países ao redor do mundo. Nesta subseção, analisaremos as características técnicas e operacionais do ASTROS II.

Figura 4: Viatura Blindada Especial (VtrBldEsp) 6x6 ASTROS AV-LMU



Fonte: Marinha do Brasil<sup>5</sup>

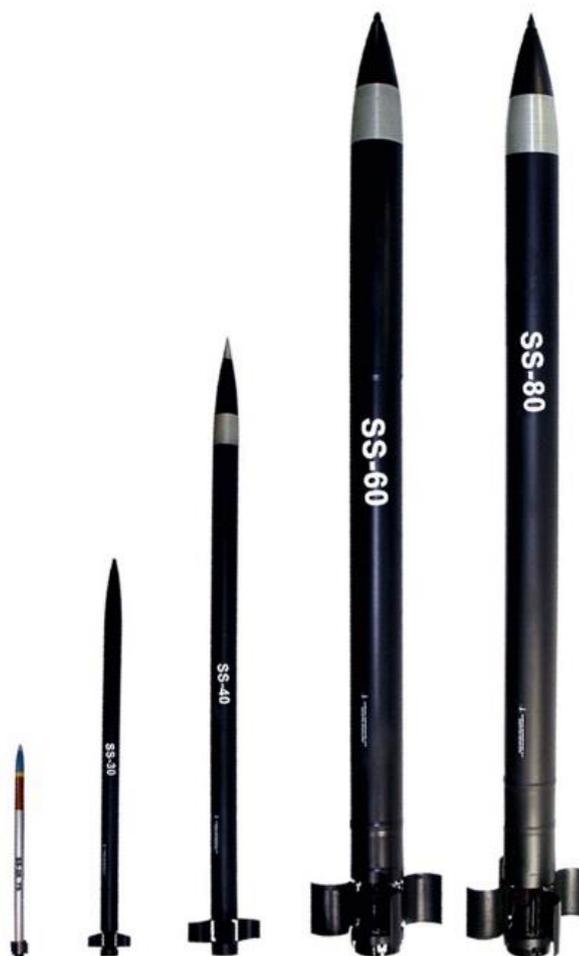
---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/meios-navais/viatura-blindada-especial-vtrbl desp-6x6-astros-av-lmu>>. Acesso em: 10 set. 2023.

### 3.2.1 Especificações Técnicas

- I. Plataforma e Mobilidade - o ASTROS II é montado em um veículo tático com tração 6x6, o que lhe confere alta mobilidade em diversos tipos de terreno. O sistema foi projetado para ser rapidamente implantado e estar pronto para o combate em um curto período após a chegada à posição de lançamento.
- II. Munições - o sistema ASTROS II pode disparar uma variedade de foguetes com diferentes alcances e cargas úteis:
  - a) SS-30: alcance de até 30 km;
  - b) SS-40: alcance de até 40 km;
  - c) SS-60: alcance de até 60 km; e
  - d) SS-80: alcance de 80 km.Além dos foguetes acima, o ASTROS II também foi adaptado para lançar o míssil tático de cruzeiro AV-TM 300, com um alcance de até 300 km, em desenvolvimento pela Avibras.
- III. Sistema de Controle de Tiro - equipado com um sistema computadorizado avançado de controle de tiro, o ASTROS II pode realizar disparos precisos sob diversas condições atmosféricas e topográficas. O sistema permite o planejamento de missões, cálculos balísticos e de solução de tiro, seleção de alvos e lançamento de foguetes de forma sequencial ou simultânea.
- III. Proteção e Autonomia – a cabine do veículo lançador é blindada para proporcionar proteção contra fragmentos e projéteis de armas de fogo de menor calibre. O sistema possui autonomia operacional de vários dias em campo, dependendo das condições do terreno e da logística disponível.

Figura 5: Tipos de foguetes utilizados pelo ASTROS II



Fonte: Forças Terrestres<sup>6</sup>

Dentro do contexto de operações militares envolvendo sistemas de lançamento múltiplo de foguetes, certos atributos se destacam como fundamentais para garantir a eficácia das missões. Dentre estes, a versatilidade é preeminente. O sistema ASTROS II, concebido e desenvolvido com precisão, manifesta uma habilidade intrínseca de dirigir ataques contra uma diversidade de objetivos (BARCELOS, 2021). Estes abrangem desde agrupamentos táticos de tropas e conjuntos de veículos até construções estáticas de relevância estratégica. Tal flexibilidade é corroborada pelo espectro diversificado de munições que o sistema é capaz de acomodar e lançar, adaptando-se às especificidades da missão em questão.

---

<sup>6</sup> Disponível em: < <https://www.forte.jor.br/2021/08/03/exercito-brasileiro-realiza-testes-de-tiro-com-novo-foguete-ss-60-do-sistema-astros/>>. Acesso em: 09 out. 2023.

Adicionalmente, a característica de saturação de área inerente ao ASTROS II merece destaque. Este sistema foi meticulosamente projetado para missões em que se pretende liberar uma profusão de projéteis, com o intuito de sobrecarregar e potencialmente anular as defesas adversárias. Tal abordagem não apenas apresenta desafios para a interceptação efetiva destes projéteis pelo oponente, mas também assegura danos dispersos e abrangentes, comprometendo a operacionalidade e a logística do inimigo.

Em um cenário bélico contemporâneo, onde a aquisição e análise de informações em tempo real são imperativas, o ASTROS II demonstra proficiência ao integrar-se com sistemas avançados de inteligência. A sua interação com mecanismos de reconhecimento e vigilância amplifica a precisão dos ataques. Tal sinergia permite um procedimento operacional coeso, que engloba a rápida detecção de ameaças ou alvos, a identificação acurada, a realização de ataques certos e, subsequente, a avaliação pormenorizada dos resultados dessas ofensivas.

Segundo Ferreira (2023), o ASTROS II não só se posiciona como uma ferramenta formidável à disposição das forças armadas brasileiras, marcada por sua destacada mobilidade, acurácia e capacidade de saturação, mas também se erige como representativo da competência e inovação da indústria de defesa nacional. A presença deste sistema não apenas robustece as prerrogativas defensivas e ofensivas do Brasil, mas também solidifica o renome do país no panorama de defesa internacional, evidenciando sua expertise técnica e inovadora.

No âmbito militar, a escolha dos sistemas de armamentos requer uma análise minuciosa de suas características, vantagens e limitações. Quando se compara o ASTROS II à artilharia convencional naval, observam-se distinções notáveis.

Um dos aspectos cruciais que distinguem os dois é o tipo de projétil utilizado. A artilharia convencional naval, tradicionalmente, emprega projéteis balísticos com natureza primariamente cinética ou explosiva. Estes projéteis, ao serem lançados, são impulsionados por cargas propulsoras e seguem uma trajetória balística pré-determinada até seu alvo. Em contraste, o ASTROS II utiliza foguetes e mísseis que possuem uma trajetória de voo motorizada e controlada, possibilitando ajustes durante o voo e carregando uma diversidade de cargas úteis.

Em termos de alcance e precisão, os canhões navais, ainda que de calibre elevado, apresentam limitações de alcance que geralmente não ultrapassam algumas dezenas de quilômetros. Além disso, fatores ambientais, como vento, salinidade do ar e temperatura, podem influenciar sua precisão. Por outro lado, o ASTROS II, quando munido com projéteis apropriados como o AV-TM 300, tem a capacidade de atingir alvos a distâncias superiores,

chegando até 300 km. Seu sistema de orientação moderno confere a este armamento uma precisão substancialmente elevada.

O volume de fogo é outra dimensão de comparação relevante. Enquanto a artilharia naval convencional usualmente lança um projétil por vez, estando sua taxa de tiro atrelada à velocidade de recarga, o ASTROS II, concebido como sistema de lançamento múltiplo de foguetes, é capaz de disparar sequências rápidas de foguetes, saturando uma região-alvo em pouco tempo.

Quanto às vantagens associadas ao ASTROS II, destacam-se: sua adaptabilidade para diferentes missões e cenários devido à diversidade de munições disponíveis; sua proeminente capacidade de saturação de área, que dificulta a interceptação total por sistemas antiaéreos adversários; e seu alcance ampliado, fundamental em situações em que a antecipação do ataque é estratégica (BARCELOS, 2021).

No entanto, o sistema apresenta certas desvantagens quando cotejado à artilharia naval convencional. Questões logísticas relacionadas à complexidade de seus mísseis e foguetes, bem como a reposição destes em contexto marítimo, podem ser desafiantes. A operação do ASTROS II em ambientes salinos pode exigir modificações para resistir à corrosão, pois não foi projetado para operar em mar aberto. Além disso, sua plataforma de lançamento pode ser identificada como alvo prioritário por forças inimigas. A integração do sistema com infraestruturas navais já estabelecidas, tanto em termos de comunicação quanto de operação, pode acarretar desafios adicionais.

Concluindo, o ASTROS II e a artilharia convencional naval são sistemas complementares, cada um com suas peculiaridades e forças. A eventual incorporação do ASTROS II ao arsenal naval deve ser meticulosamente avaliada, considerando-se não somente suas capacidades operacionais, mas também os desafios técnicos e logísticos inerentes a tal decisão.

## **4 ANÁLISE DAS VANTAGENS**

Em qualquer esforço para adaptar ou introduzir novos sistemas em domínios específicos, uma avaliação meticulosa da viabilidade é essencial para garantir eficácia, eficiência e segurança. Na seção "Análise de Vantagens", focaremos na meticulosa avaliação do ASTROS II, um sistema reconhecido por sua capacidade em operações terrestres, e sua potencial transição para o ambiente naval.

Esta análise começará investigando os desafios e oportunidades técnicas desta adaptação, desde a resistência à corrosão até a necessidade de modificações estruturais. Seguindo-se a essa exploração técnica, serão abordados os aspectos operacionais, examinando como o ASTROS II pode se integrar harmoniosamente nas operações de apoio de fogo naval, destacando sua possível contribuição para aumentar a capacidade combativa das forças de Fuzileiros Navais.

Finalizaremos esta seção considerando os elementos logísticos, os quais desempenham um papel crítico em qualquer operação naval. Através deste exame tridimensional - técnico, operacional e logístico - a seção procura oferecer uma visão holística sobre a viabilidade da implementação do ASTROS II no vasto e complexo Teatro de Operações.

#### **4.1 Aspectos Técnicos da Adaptação do ASTROS II para Uso Naval**

No contexto da modernização e diversificação dos sistemas de armas navais, a possibilidade de adaptar plataformas terrestres para o ambiente marítimo é uma área de constante investigação por parte de engenheiros e especialistas em estratégia militar. O presente estudo se debruça sobre os desafios técnicos envolvidos na adaptação do sistema de artilharia ASTROS II para o uso naval.

Uma das preocupações primordiais relaciona-se ao espaço e à disposição (layout) do navio. Navios de guerra, notadamente fragatas e corvetas, são meticulosamente projetados para otimizar sua funcionalidade em um ambiente de espaço restrito, logo os navios mais indicados seriam os Navios de Desembarque de Carros de Combate, Navios-doca, Navios de Transporte de Tropas e Navios Aeródromo.

A incorporação do ASTROS II, um sistema de lançamento múltiplo de foguetes, impõe desafios no que concerne não somente à instalação do sistema em si, mas também às necessidades associadas de armazenagem, manutenção e operação. Portanto, uma possível adaptação implicaria uma revisão rigorosa de aspectos como:

- I. Armazenamento de Munições - a localização e as condições de armazenamento dos foguetes são vitais para assegurar tanto sua eficácia operacional quanto a segurança da embarcação e de sua tripulação.

- II. Operação - seria essencial garantir espaço adequado para os operadores, assim como para os sistemas de controle, comunicação e, crucialmente, rotas de evacuação para situações emergenciais.

A estabilidade da embarcação é outro elemento técnico de suma importância. A introdução de um sistema de porte como o ASTROS II pode influenciar de maneira acentuada a estabilidade do navio. Entre os aspectos a serem ponderados, destacam-se:

- I. Distribuição de peso a bordo – o embarque do sistema pode modificar o centro de gravidade da embarcação, impactando sua estabilidade, sobretudo em condições meteorológicas adversas.
- II. Impacto do Lançamento - ação de lançar uma sequência de foguetes pode gerar forças que afetam a estabilidade e manobrabilidade do navio.

Adicionalmente, o ato de disparar foguetes a partir de uma plataforma marítima é permeado por desafios inerentes ao ambiente naval:

- I. Condições de Mar - garantir o lançamento preciso em mares revoltos pode requerer sistemas de estabilização e compensação de alta complexidade, além de colocar em risco a integridade do veículo lançador e do navio em caso de fixação incorreta no convés.
- II. Salinidade e Corrosão – a natureza corrosiva do ambiente marinho exige que os componentes do ASTROS II sejam tratados ou adaptados para resistir a esta corrosão, assegurando a durabilidade do sistema.

A proposta de transpor o ASTROS II para o ambiente naval, embora estrategicamente interessante, é repleta de desafios técnicos substanciais. Decisões neste sentido demandariam uma avaliação técnica exaustiva, assim como eventuais reformulações e adaptações significativas no design original do sistema e da embarcação.

## 4.2 Aspectos Operacionais da Integração do ASTROS II em Apoio de Fogo Naval

O Apoio de Fogo Naval representa uma das ações mais críticas para uma força naval moderna, fornecendo suporte vital às tropas terrestres, especialmente aos fuzileiros navais em combate costeiro. A integração do sistema de lançamento múltiplo de foguetes ASTROS II nesse contexto poderia representar uma evolução significativa, ampliando o alcance e a capacidade de saturação do apoio prestado.

O cenário naval moderno demanda constante inovação e adaptação de estratégias e recursos (DALY, 2016). O ApFN, que tradicionalmente se apoia em canhões navais para ofensivas e defensivas, busca agora novos aliados para aprimorar seu poderio. O ASTROS II emerge como uma proposta de inovação, dadas suas características distintas e amplas capacidades.

Uma das principais vantagens do ASTROS II reside em sua habilidade de realizar ataques de supressão ágil contra adversários. Esta rapidez poderia ser valiosa, por exemplo, em momentos críticos como ações de desembarque. A vulnerabilidade das forças durante esses movimentos seria mitigada pela capacidade de suprimir rapidamente os alvos hostis, especialmente aqueles inacessíveis para os canhões tradicionais.

Além disso, o ASTROS II apresenta potencial para saturar extensas áreas com foguetes, limitando a mobilidade e estratégia do inimigo. Esta capacidade de saturação pode desestabilizar a formação inimiga, concedendo às forças amigas uma oportunidade vital para reagir e avançar no terreno.

Posições fortificadas, frequentemente desafiadoras devido à sua robustez, poderiam ser mais eficientemente neutralizadas pelo ASTROS II, contanto que esteja munido apropriadamente com munições com capacidade de penetração. Estas posições, como *bunkers*, poderiam ser mais suscetíveis aos ataques desse sistema do que ao fogo convencional de canhão.

Entretanto, a implementação bem-sucedida do ASTROS II no ambiente naval requer uma abordagem holística. Isso implica na integração efetiva com sistemas avançados de observação. *Drones* e outras tecnologias de reconhecimento, por exemplo, poderiam ser fundamentais para otimizar a precisão e eficiência dos lançamentos. Estes, munidos de câmeras e sensores avançados, seriam cruciais para a identificação e designação de alvos.

Complementarmente, a interação direta com as forças em solo seria indispensável. Esta comunicação contínua asseguraria que os lançamentos sejam realizados de maneira precisa, evitando danos não-intencionais e potencializando o impacto sobre o inimigo.

A incorporação do ASTROS II no domínio do Apoio de Fogo Naval poderia ser uma inovação transformadora para as Operações de Guerra Naval. Contudo, essa transição e integração exigiriam reflexões e estratégias meticulosas, sobretudo no que diz respeito à observação e identificação de alvos, para assegurar que suas vantagens sejam plenamente exploradas.

### **4.3 Considerações Logísticas na Implementação do ASTROS II em Ambiente Naval**

A implementação de um sistema de artilharia como o ASTROS II em uma plataforma naval traz desafios logísticos substanciais. A manutenção marítima é uma preocupação primordial, especialmente devido à corrosão que o ambiente salino pode causar. Soluções para este problema incluem a utilização de revestimentos anti-corrosivos, como polímeros epóxi e materiais de galvanização, que podem prolongar significativamente a vida útil dos componentes. Além disso, sistemas integrados de lavagem com água doce podem ser usados para minimizar os efeitos da salinidade, lavando regularmente os sistemas expostos para remover depósitos salinos.

No que diz respeito ao armazenamento de munições, proteger contra a umidade é crucial. O armazenamento em compartimentos herméticos, muitas vezes com atmosfera controlada, pode garantir que a umidade não afete os propulsores ou os sistemas eletrônicos das munições. Desumidificadores de estado sólido também podem ser usados para proteger a munição contra a deterioração, removendo a umidade do ar. O manuseio e transporte de munições dentro de um navio requer sistemas automatizados, como equipamentos mecanizados ou robóticos, que minimizem o risco humano e aumentem a eficiência no transporte de munições do armazenamento para os lançadores.

O adestramento e capacitação de pessoal são outros aspectos cruciais. A complexidade do ASTROS II requer simulações e treinamento virtual. Sistemas de realidade virtual podem ser empregados para simular operações de lançamento, manutenção e procedimentos de emergência, oferecendo uma experiência imersiva e acelerando a curva de aprendizado. Além disso, cursos que ensinam as tripulações a coordenar o uso do ASTROS II

com outras armas podem ser vitais para maximizar o poder de fogo em operações combinadas.

Finalmente, o reabastecimento em alto mar é uma necessidade. Para manter o ASTROS II operacional durante missões prolongadas, a transferência de munições e peças de reposição pode ser feita através de helicópteros, permitindo que navios de combate sejam reabastecidos sem a necessidade de atracar.

Conforme podemos observar, a incorporação do ASTROS II em um ambiente naval exigirá considerações logísticas intensivas. Cada desafio, desde a corrosão até o adestramento, necessitará de soluções técnicas e procedimentais específicas para garantir uma operação eficiente e eficaz do sistema em alto mar.

## **5 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DE EMPREGO EM CENÁRIOS FICTÍCIOS**

A evolução dos cenários de guerra naval moderna e a contínua busca por superioridade tática e estratégica têm impulsionado as forças armadas a reinventarem seus *modus operandi* e repensarem seus equipamentos e sistemas. Dessa forma, a integração de sistemas de armas tradicionalmente terrestres em plataformas navais tornou-se uma área de interesse crescente.

Nesta seção será abordado o emprego do sistema HIMARS pelo USMC em navios da *US Navy*, proporcionando uma visão prática de sua aplicabilidade e eficácia.

Complementarmente, conduziremos uma análise do ASTROS II em cenários fictícios, que, mesmo não sendo reais, são cuidadosamente moldados com base no ambiente tático da guerra naval contemporânea. Através destes exercícios de simulação, pretendemos descortinar as potencialidades, desafios e nuances desses sistemas em ambientes marítimos, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada de suas capacidades e limitações em cenários de combate naval.

### **5.1 Estudo de caso: o emprego do HIMARS pelo USMC a bordo de navios da *US Navy***

O *High Mobility Artillery Rocket System* (HIMARS) representa uma inovação significativa no campo da artilharia, sendo uma renomada plataforma de lançamento de foguetes e mísseis desenvolvida pelos Estados Unidos. Empregado tanto pelo Exército dos EUA quanto pelo Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA, bem como por várias forças armadas

aliadas ao redor do mundo, o HIMARS tem sido fundamental em diversas missões de combate e apoio.

Montado sobre um veículo 6x6 da família FMTV (*Family of Medium Tactical Vehicles*), o HIMARS destaca-se pela mobilidade em terrenos adversos, facilitando a rápida implantação em cenários de combate. Devido à sua capacidade de lançar foguetes e mísseis com precisão sobre alvos distantes, é frequentemente empregado em operações que exigem ataques de longo alcance, supressão de defesas aéreas inimigas e destruição de infraestruturas críticas ou concentrações de forças adversárias.

Figura 6: Sistema HIMARS

### Himars rocket launcher system



\*Range varies widely depending on munitions supplied

Source: BBC research, Getty Images



Fonte: BBC<sup>7</sup>

O sistema foi projetado para carregar e disparar seis foguetes do tipo MLRS (*Multiple Launch Rocket System*) ou um míssil tático MGM-140 ATACMS (*Army Tactical Missile System*). Esta versatilidade oferece aos planejadores militares uma ampla gama de opções, dependendo da natureza da missão. Em comparação com o sistema MLRS M270, o HIMARS é uma alternativa mais leve e compacta, permitindo um footprint operacional menor

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.bbc.com/news/world-62512681>>. Acesso em: 09 out. 2023.

e sendo facilmente transportável, ideal para operações de resposta rápida ou onde a mobilidade é essencial.

A extensão do alcance de ataque do HIMARS, que varia de 70 a mais de 300 quilômetros, é determinada pela munição selecionada. Os avançados sistemas de comunicação e controle de fogo do HIMARS permitem que receba e processe dados de alvos em tempo real, o que é vital para operações dinâmicas e ambientes de combate em constante mudança. Além disso, o sistema é totalmente compatível com modernas ferramentas de observação e reconhecimento, garantindo a precisão do alvo. A segurança da tripulação também é uma característica notável do design do HIMARS, com um compartimento específico que oferece proteção contra ameaças químicas, biológicas e outras formas de agentes nocivos.

De acordo com Daly (2016), a concepção de implementação do HIMARS no contexto naval foi impulsionada por uma necessidade operacional identificada pelo USMC (United States Marine Corps). Tradicionalmente, o poder de fogo naval americano de longo alcance em apoio às operações anfíbias era provido por cruzadores e contratorpedeiros armados com sistemas de mísseis de cruzeiro e canhões de grosso calibre.

No entanto, a mobilidade, capacidade de resposta rápida, a necessidade de aumentar o número de meios de superfície com capacidade ofensiva e a versatilidade dos mísseis lançados de sistemas como o HIMARS apresentavam um atrativo para complementar e, em alguns cenários, substituir os meios tradicionais.

Em testes conduzidos pelo USMC e US Navy, o HIMARS foi posicionado no convés de navios anfíbios da classe San Antonio. As considerações técnicas para essa integração incluíram a necessidade de fixar firmemente o lançador ao convés para evitar deslocamentos durante o lançamento, assim como adaptar o sistema para resistir ao ambiente salino e as intempéries marítimas. Além disso, a operação do HIMARS em um ambiente naval exigiu uma redefinição dos protocolos de comunicação e controle de fogo, garantindo que o lançamento de mísseis fosse coordenado com outras operações navais e aéreas no teatro de operação.

A principal motivação por trás dessa integração foi o alcance estendido e a capacidade de engajar alvos em profundidade proporcionados pelo HIMARS. Em particular, os mísseis GMLRS (*Guided Multiple Launch Rocket System*) e ATACMS (*Army Tactical Missile System*) possuem alcances de até 70 km e 300 km, respectivamente, permitindo ao USMC engajar alvos bem além do alcance dos canhões e com uma precisão considerável, com um custo inferior aos mísseis de cruzeiro *Tomahawk*.

Figura 7: Exercício de tiro com o HIMARS a bordo do USS Anchorage



Fonte: U.S. Indo-Pacific Command<sup>8</sup>

Essa capacidade, no contexto de operações no Indo-Pacífico, onde a liberdade de manobra pode ser contestada por adversários equipados com sistemas antinavio de longo alcance em um ambiente de A2/AD (*Anti access/Area Denial*), fornece ao USMC e à US Navy uma opção valiosa para realizar ataques de precisão contra alvos terrestres e navais a partir de plataformas marítimas, aumentando assim a letalidade e a flexibilidade das forças norte-americanas (DALY, 2016).

Outro fator importante é a capacidade de mover o HIMARS entre navios e terra, oferecendo flexibilidade estratégica. Ele poderia ser usado para Apoio de Fogo Naval a partir de um navio de grande porte ou, inversamente, para defender navios contra ameaças terrestres ou de superfície usando sua gama de mísseis a partir de uma posição apropriada na cabeça de

---

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.pacom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/1351282/anchorage-conducts-high-mobility-artillery-rocket-system-shoot-during-db17/>>. Acesso em 29 set. 2023.

praia. Isso também complementaria os sistemas de armas já existentes a bordo dos navios da *US Navy*, oferecendo uma matriz mais diversificada de opções de resposta.

Figura 8: HIMARS sendo transportado por Embarcação de Desembarque de Viaturas e Materiais



Fonte: Naval News, 2019<sup>9</sup>

## 5.2 Análise de cenários hipotéticos

Para compreender plenamente o impacto potencial do sistema ASTROS II em operações navais, é vital explorar diversos cenários de combate. Foram elaborados três cenários previamente discutidos:

### 5.2.1 Operações Anfíbias de Grande Escala

As operações anfíbias exigem uma coordenação meticulosa entre as forças, com a artilharia naval desempenhando um papel crucial na preparação do ambiente de batalha.

- a) Neutralização de Baterias Antinavio: Estas baterias, muitas vezes localizadas em zonas costeiras ou ilhas próximas, representam uma ameaça significativa para as embarcações de desembarque de tropas. O ASTROS II poderia lançar um ataque de

---

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://www.navalnews.com/naval-news/2019/08/u-s-marines-demonstrate-m142-himars-mlrs-capabilities-in-amphibious-raid/>>. Acesso em: 02 out. 2023.

saturação, suprimindo ou destruindo estas baterias antes que pudessem causar danos significativos à frota.

- b) Supressão de Postos Avançados e Centros de Comando: Ao interromper as linhas de Comando e Controle (C2), as forças atacantes podem causar confusão nas linhas inimigas e preparar o terreno para um desembarque anfíbio bem-sucedido.
- c) Criação de Zonas de Exclusão: Utilizando a capacidade de ataque de precisão do ASTROS II, zonas específicas poderiam ser estabelecidas onde as forças inimigas estariam efetivamente impedidas de operar, facilitando o movimento e o desembarque de tropas.

### 5.2.2 Defesa contra Ameaças Assimétricas

Em ambientes aonde a ameaça não vem apenas de forças convencionais, mas também de táticas assimétricas, a flexibilidade do ASTROS II poderia ser crucial, considerando o emprego de munições do tipo *clusters*.

- a) Engajamento de Embarcações Rápidas: Grupos de pequenas embarcações rápidas, se não detectados e neutralizados, podem representar uma ameaça significativa para navios maiores. O ASTROS II, com a sua capacidade de lançar múltiplos foguetes rapidamente, pode ser usado para neutralizar tais ameaças, em distâncias compatíveis com o sistema de direção de tiro.
- b) Neutralização de Drones Marítimos: Com o aumento do uso de drones em ambientes marítimos, seja para reconhecimento ou para ataques diretos, a capacidade de atingir esses alvos com precisão é vital. Nesse caso, o ASTROS II seria empregado com o propósito de criar uma “barragem” onde os drones de superfície não conseguiriam penetrar.
- c) Minas Navais: O ASTROS II, em combinação com sistemas de detecção avançada, pode ser utilizado para atacar regiões suspeitas de conter minas, assegurando passagens seguras para outros navios do Grupo-Tarefa (GT).

### 5.2.3 Operações em Áreas Contestadas

Em regiões do mundo onde as águas são disputadas, a presença de sistemas como o ASTROS II pode fornecer uma camada adicional de dissuasão e capacidade de ataque.

- a) Ataque *Stand-off*: Em situações em que os navios do GT podem ser ameaçados por mísseis antinavio de longo alcance, a capacidade de engajar o inimigo de uma posição distante é crucial. O ASTROS II pode lançar mísseis de longo alcance, mantendo o navio lançador e os demais do GT fora do alcance dos sistemas de armas inimigos.
- b) Engajamento de Alvos Navais e Terrestres: Com sensores avançados e munições de precisão, o ASTROS II pode ser usado para atacar tanto alvos navais quanto terrestres, oferecendo uma capacidade multifuncional à frota em um cenário de operações multidomínio.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, observamos que a artilharia evoluiu significativamente, desde os primórdios com canhões simples até sistemas de foguete sofisticados, como o ASTROS II. A contextualização teórica demonstrou a importância estratégica do apoio de fogo naval, com foco especial nos aspectos técnicos essenciais para a eficácia dos sistemas de armas envolvidos nessa missão.

O ASTROS II, originalmente concebido para operações terrestres, apresenta um conjunto robusto de capacidades, incluindo longo alcance, precisão e potencial de ataque de saturação. Contudo, sua integração em um ambiente naval apresenta desafios técnicos, operacionais e logísticos, que foram amplamente discutidos.

Internacionalmente, o emprego de sistemas similares, como o HIMARS pelo USMC, sugere a possibilidade de uma adaptação bem-sucedida. Simulações hipotéticas na subseção 5.2 revelaram cenários em que o ASTROS II poderia oferecer vantagens táticas e estratégicas significativas em operações navais.

### 6.1 Considerações finais sobre as vantagens do emprego do ASTROS II a bordo de navios

Com base na análise realizada, as vantagens de empregar o ASTROS II a bordo de navios são mistas. Técnica e operacionalmente, há potencial para sua adaptação, especialmente em navios maiores, com espaço adequado e sistemas de estabilização, como o NDM “Bahia”, NDCC “Almirante Saboia” e o NAM “Atlântico”. No entanto, a integração logística, incluindo armazenamento de munição, manutenção e adestramento das tripulações, pode representar desafios. Contudo, os benefícios são superiores aos desafios.

A principal vantagem do ASTROS II em um contexto naval seria sua capacidade de fornecer apoio de fogo de longo alcance, especialmente em operações de apoio a desembarques anfíbios em zonas de conflito de alta intensidade. Contudo, seria imperativo garantir que o sistema seja resistente às condições marítimas, que são fundamentalmente diferentes das terrestres.

## **6.2 Sugestões para futuros trabalhos**

- a) Testes Experimentais: Antes de uma adoção total, recomenda-se conduzir testes experimentais em ambientes controlados, avaliando o ASTROS II em diferentes condições marítimas.
- b) Integração com Sistemas de Defesa: A eficiência do ASTROS II seria ampliada se integrada com sistemas de radar e defesa aérea, melhorando a capacidade de detecção e resposta a ameaças.
- c) Desenvolvimento de Versão Naval: Estudar a possibilidade de desenvolver uma versão específica para operações navais do ASTROS II, com modificações para resistência à salinidade, umidade e estabilização avançada.
- d) Capacitação Continuada: Qualquer implementação bem-sucedida exigiria um programa de adestramento robusto para equipar as tripulações com as habilidades necessárias para operar e manter o sistema em um ambiente naval.
- e) Estudos Complementares: Iniciar pesquisas sobre integração logística detalhada, abrangendo desde o armazenamento de mísseis até protocolos de manutenção especializados para ambientes marítimos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Marinha do Brasil. **EMA-305: Doutrina Militar-Naval**. Marinha do Brasil, 2017.

BARCELOS, V. R. **O Sistema ASTROS como Instrumento Dissuasório na Defesa Externa Brasileira**. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/9834/1/8202%20Barcelos.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2023.

DALY, D. **Maritime HIMARS: The Potential Marine Artillery Mission of Naval Surface Fire Support**. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/citations/trecms/AD1176127>>. Acesso em: 03 set. 2023.

ESTADOS UNIDOS, Bureau of Naval Personnel. **The Evolution of Naval Weapons**. Disponível em: <<https://www.history.navy.mil/content/dam/nhhc/research/library/online-reading-room/technology/evolutionofnavalweapons/The%20Evolution%20of%20Naval%20Weapons.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FERREIRA, R. **Sistema ASTROS CFN**. Disponível em: <<https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/ancorasefuzis/article/view/4237>>. Acesso em: 15 set. 2023.

MARTIN, B. et al. **Naval Surface Fire Support – na assessment of requirements**. Disponível em: <[https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_reports/RR4300/RR4351/RAND\\_RR4351.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR4300/RR4351/RAND_RR4351.pdf)>. Acesso em 30 jun. 2023.

ROYAL SOCIETY. **Understanding Ballistics**. Disponível em: <<https://royalsociety.org/-/media/about-us/programmes/science-and-law/royal-society-ballistics-primer.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SECK, H. **For Marine Corps, Firing Rockets Off a Ship Is Just a Starting Point**. Disponível em: <<https://www.military.com/defensetech/2017/12/01/marine-corps-firing-rockets-ship-just-starting-point.html>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

WELLER, D. **Naval Gunfire Support Of Amphibious Operations: Past, Present And Future**. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA051873.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2023.