

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC (IM) OSMAR JUNIO DA SILVA XISTO

**SISTEMAS DE COMANDO E CONTROLE NA GUERRA NAVAL:
Análise Comparativa da Batalha de Midway e do Incidente do Voo
655 da Iran Air.**

Rio de Janeiro

2024

CC (IM) OSMAR JUNIO DA SILVA XISTO

**SISTEMAS DE COMANDO E CONTROLE NA GUERRA NAVAL:
Análise Comparativa da Batalha de Midway e do Incidente do Voo
655 da Iran Air.**

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CF Anselmo

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, cuja presença e força me guiaram ao longo desta jornada;

Aos meus pais, sou eternamente grato pelo suporte e pela dedicação em construir uma base sólida para o meu crescimento intelectual;

Minha esposa, Aline, e minha filha, Clarice, merecem um agradecimento especial: vocês são minha fonte de inspiração e motivação para ser uma pessoa melhor a cada dia; e

Por fim, expresso minha gratidão ao CF Anselmo, cuja paciência e orientação foram essenciais para a realização deste trabalho.

"Comando e Controle não é um fim em si mesmo, mas sim um meio para criar valor."

(David S. Alberts e Richard E. Hayes)

RESUMO

Este estudo explora e compara os Sistemas de Comando e Controle (SisC²) empregados na Batalha de Midway e no incidente com o voo 655 da Iran Air. Analisa-se como esses sistemas influenciaram decisões estratégicas e os resultados das operações, abordando aspectos doutrinários, tecnológicos e humanos. A pesquisa destaca a importância do equilíbrio entre tecnologias avançadas e o discernimento humano. Em Midway, a coordenação de inteligência e liderança resultou em uma vitória estratégica para os Estados Unidos. Por outro lado, o incidente do voo 655 evidenciou problemas críticos, como a dependência excessiva de sistemas automáticos e falhas comunicativas, que levaram a uma tragédia. A análise ressalta a importância de sistemas intuitivos, treinamento adequado e comunicação clara para a eficácia dos SisC². As lições derivadas desses eventos são essenciais para aprimorar os sistemas de controle nas operações militares modernas.

Palavras-chave: Sistemas de Comando e Controle. Batalha de Midway. Voo 655 Iran Air. Tecnologia e discernimento. Operações militares.

ABSTRACT

Command and Control Systems in Naval Warfare: Comparative Analysis of the Battle of Midway and the Iran Air Flight 655 Incident

This paper investigates and compares the Command and Control (C²) systems utilized during the Battle of Midway and the incident involving Iran Air Flight 655. It examines how these systems influenced strategic decisions and outcomes, focusing on doctrinal, technological, and human factors. The research emphasizes the balance between advanced technologies and human judgment. In Midway, coordinated intelligence and leadership led to a strategic victory for the United States. Conversely, the Flight 655 incident highlighted critical issues such as over-reliance on automated systems and communication failures, resulting in tragedy. The analysis underscores the necessity of intuitive systems, adequate training, and clear communication for the effectiveness of C² systems. The insights drawn from these events are vital for enhancing control systems in modern military operations.

Keywords: Command and Control systems. Battle of Midway. Iran Air Flight 655. Technology and judgment. Military operations.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Disposição dos Meios para a Batalha de Midway.....	17
FIGURA 2 - Trajetória do voo 655 Iran Air.....	29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Comparação dos Aspectos dos SisC ² na Batalha de Midway e no Incidente do Voo 655 da Iran Air.....	47
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEGIS	- Advanced Electronic Guidance and Instrumentation System
C ²	- Comando e Controle
CINCPAC	- Commander in Chief, Pacific Fleet
EMA	- Estado Maior da Armada
EUA	- Estados Unidos da América
ICAO	- International Civil Aviation Organization
IFF	- Identification Friend or Foe
MB	- Marinha do Brasil
SBD	- Scout Bomber Douglas
SisC ²	- Sistemas de Comando e Controle
USS	- United States Ship
TBD	- Torpedo Bomber Douglas
TO	- Teatro de Operações

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	ESTUDO DE CASO 1: A BATALHA DE MIDWAY.....	15
2.1	CONTEXTO HISTÓRICO: A BATALHA DE MIDWAY.....	16
2.2	ANÁLISE DO SISTEMA DE C ² ENVOLVIDO.....	18
2.2.1	Estrutura de C ² na Batalha de Midway.....	19
2.2.2	Compreensão do C ² na Batalha de Midway.....	20
2.2.3	Decisões Estratégicas e Avaliação de Riscos.....	22
2.2.4	O Elemento Humano no C ²	23
2.3	CONSEQUÊNCIAS E APRENDIZADOS.....	23
2.4	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	26
3	ESTUDO DE CASO 2 – INCIDENTE DO VOO 655 DA IRAN AIR.....	27
3.1	CONTEXTO HISTÓRICO	28
3.2	ANÁLISE DO SISTEMA DE C ² ENVOLVIDO	30
3.2.1	Dinâmica de Tomada de Decisão	31
3.2.2	Papel das Tecnologias	33
3.2.3	Falhas no Sistema de C ²	36
3.3	CONSEQUÊNCIAS E APRENDIZADOS	37
3.4	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	39
4	COMPARAÇÃO ENTRE OS CASOS.....	40
4.1	SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS NAS ABORDAGENS DE C ²	40
4.1.1	Integração de Tecnologia E Informação	41
4.1.2	Processo Decisório e Autoridade	42
4.1.3	Estrutura e Flexibilidade do C ²	42
4.1.4	Interação Humano-Máquina	43
4.1.5	Comunicação	44
4.1.6	Cultura Organizacional	45
4.2	REFLEXÃO SOBRE O IMPACTO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS	45
4.3	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	48
5	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A liderança do comandante desempenha um papel fundamental no curso das operações militares, exercendo uma influência significativa sobre os resultados obtidos. Como destacado por Builder, Bankes e Nordin (1999), a capacidade de avaliar rapidamente situações, tomar decisões sob pressão e orientar suas tropas é vital para o sucesso das missões. Esta habilidade se torna ainda mais importante à luz da constante evolução da integração entre o ser humano e uma variedade de metodologias, inovações e tecnologias emergentes (Brasil, 2015).

Neste contexto, o Sistema¹ de Comando e Controle² (SisC²) é essencial, englobando elementos como instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal. Sua função primordial é oferecer ao decisor a capacidade de planejar, direcionar e controlar as atividades de sua organização (Brasil, 2015), configurando-se, portanto, não como um fim em si mesmo, mas como um instrumento para criar valor e garantir o cumprimento de missões (Alberts & Hayes, 2006). Esta concepção destaca a interdependência entre o exercício do comando e a estrutura de suporte à decisão.

A relevância dos SisC² nas operações navais é evidente, visto que estes sistemas moldam o destino de confrontos no mar e a eficácia de decisões militares. O desenvolvimento desses sistemas é impulsionado por uma busca contínua pelo melhor equilíbrio entre comando centralizado e autonomia tática, um esforço que se manifesta na capacidade do sistema de ser configurado, adaptado ou reconfigurado com facilidade para atender aos diversos requisitos operacionais sem necessidade de alterações fundamentais em sua estrutura (Allard, 1996). Tal esforço reflete a

¹ Sistema de Comando e Controle é o conjunto de instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para o decisor planejar, dirigir e controlar as ações da sua organização (Brasil, 2015, p. 16)

² O Conceito de C² é, simultaneamente, ciência e arte. Ele trata do funcionamento de uma cadeia de comando e envolve três componentes imprescindíveis e interdependentes: a) autoridade, legitimamente investida, da qual emanam as decisões que materializam o exercício do comando e para a qual fluem as informações necessárias ao exercício do controle; b) processo decisório, baseado no arcabouço doutrinário, que permite a formulação de ordens e estabelece o fluxo de informações necessário ao seu cumprimento; e c) estrutura, que inclui pessoal, instalações, equipamentos e tecnologias necessários ao exercício da atividade de comando e controle. (Brasil, 2015, p. 16)

compreensão de que a dinâmica de comando deve evoluir em conjunto com o cenário de ameaças e tecnologias disponíveis.

Apesar da importância do uso da tecnologia para modernizar e otimizar o processo decisório, é imperativo reconhecer que ela não pode substituir a responsabilidade intrínseca do comandante. A tomada de decisão, especialmente em contextos complexos e dinâmicos, requer um julgamento humano refinado, intuição e experiência - elementos que a tecnologia, por mais avançada que seja, ainda não consegue replicar completamente (Builder, Bankes & Nordin, 1999).

Este trabalho adota uma abordagem metodológica qualitativa, centrada na análise criteriosa de documentos históricos e na revisão minuciosa de literatura especializada. Mediante uma estratégia comparativa, investigam-se os SisC² utilizados em eventos históricos significativos com o intuito de elucidar como as decisões de comando influenciaram a execução e os resultados das operações militares em questão. O objetivo geral da pesquisa é Analisar o papel dos SisC² na condução de decisões críticas e nos desfechos observados na Batalha de Midway e no incidente do voo 655 da Iran Air. Esta análise enfatiza a interação entre progressos tecnológicos e discernimento humano, buscando extrair ensinamentos relevantes de C² que possam ser aplicados no contexto específico da Marinha do Brasil (MB).

O escopo desta investigação concentra-se nos SisC² empregados durante a Batalha de Midway e no caso do voo 655 da Iran Air, com atenção particular à estrutura, autoridade e consequências dessas escolhas operacionais. A pesquisa delimita-se aos elementos doutrinários, tecnológicos e humanos implicados, considerando o contexto histórico de cada evento e suas particularidades.

A indagação que direciona este estudo é: quais foram os elementos decisivos para as divergências nos resultados da Batalha de Midway e do incidente do voo 655 da Iran Air à luz dos SisC² implementados? Para tratar desta questão, o estudo é articulado em quatro seções principais:

A primeira seção explora a Batalha de Midway, um ponto de inflexão na Segunda Guerra Mundial no Teatro do Pacífico, destacando o papel vital do C² em situações de alta incerteza e pressão operacional. Pretende-se identificar como a integração eficaz de inteligência e tomada de decisão impactou no desfecho da batalha, tendo em vista que a capacidade estadunidense de interceptar comunicações japonesas e surpreender sua frota é apresentada como um testemunho da relevância de um SisC² ágil e adaptável, culminando em uma vitória estratégica de imenso valor.

A segunda seção expõe o incidente do voo 655 da Iran Air, detalhando um lamentável erro de decisão que revelou deficiências decisivas nos SisC², destacando os perigos de uma excessiva dependência tecnológica sem o adequado discernimento. A destruição inadvertida de um avião civil pela Marinha estadunidense, resultando na perda de 290 vidas, enfatiza a importância de SisC² não somente avançados, mas também integrados a protocolos claros que fomentem a capacidade de julgamento humano sob intensa pressão.

Na terceira seção, será realizada uma análise comparativa dos SisC², avaliando-se as semelhanças e discrepâncias nas abordagens de comando empregadas na Batalha de Midway e no episódio do voo 655. A discussão se aprofunda no impacto dos avanços tecnológicos sobre a evolução do C².

Na seção conclusiva, são apresentadas as inferências derivadas do estudo, salientando as lições apreendidas e as potenciais aplicações práticas para a Marinha do Brasil, com o propósito de aprimorar as futuras estratégias de C².

2. A BATALHA DE MIDWAY

Este capítulo examina a Batalha de Midway como um estudo de caso paradigmático para compreender o impacto decisivo dos SisC² em operações militares. Avalia-se a integração entre informação³, decisão e ação dentro do SisC², destacando como essa sinergia foi vital para superar desafios e alcançar uma vitória decisiva. Além disso, este estudo enfatiza o papel essencial do domínio da informação⁴ e da autoridade decisória na condução de operações bem-sucedidas, evidenciando a relevância do C² na história militar.

Para estabelecer uma análise abrangente, este capítulo é estruturado em três seções principais. A primeira seção delinea o contexto histórico da Batalha de Midway que sob a liderança do Almirante Chester W. Nimitz e a capacidade estadunidense de decifrar comunicações japonesas, as forças americanas obtiveram uma vitória significativa sobre a marinha inimiga, superando expectativas adversas. Esse sucesso foi possibilitado pela superioridade no C², manifesta pela excelência na aquisição, distribuição e aplicação de informações de inteligência.

A segunda seção foca na análise minuciosa do SisC² empregado pelas forças armadas estadunidenses durante a batalha. Essa análise abordará a estrutura e a funcionalidade do SisC², com ênfase na interação entre autoridade, processo decisório e estrutura operacional. Serão discutidas as especificidades do SisC², destacando a integração da inteligência, a liderança decisória e a infraestrutura operacional. A seção também explorará o elemento humano no C², ilustrando como a competência e a sinergia do pessoal foram cruciais para o sucesso das operações.

A terceira seção identifica as consequências e os aprendizados derivados da Batalha de Midway, destacando as lições aplicáveis aos SisC² contemporâneos. A análise se concentrará nas implicações práticas para o desenvolvimento e a melhoria dos SisC², enfatizando a necessidade de um equilíbrio entre recursos de última geração e julgamento humano. Este estudo conclui com uma reflexão sobre como as

³ Pode-se definir a informação como o resultado do processamento, manipulação e organização de dados, de tal forma que represente uma modificação quantitativa ou qualitativa no conhecimento de quem a recebe, baseada em métodos e processos de obtenção e consubstanciada em diferentes domínios (Brasil, 2015, p. 19).

⁴ O domínio pelo qual circula a informação engloba militares e civis, organizações e sistemas, responsáveis por coletar, processar, disseminar ou executar ações a ela relacionadas (Brasil, 2015, p. 20).

lições aprendidas podem ser aplicadas para aprimorar as estratégias de C², garantindo operações militares mais seguras e eficazes no futuro.

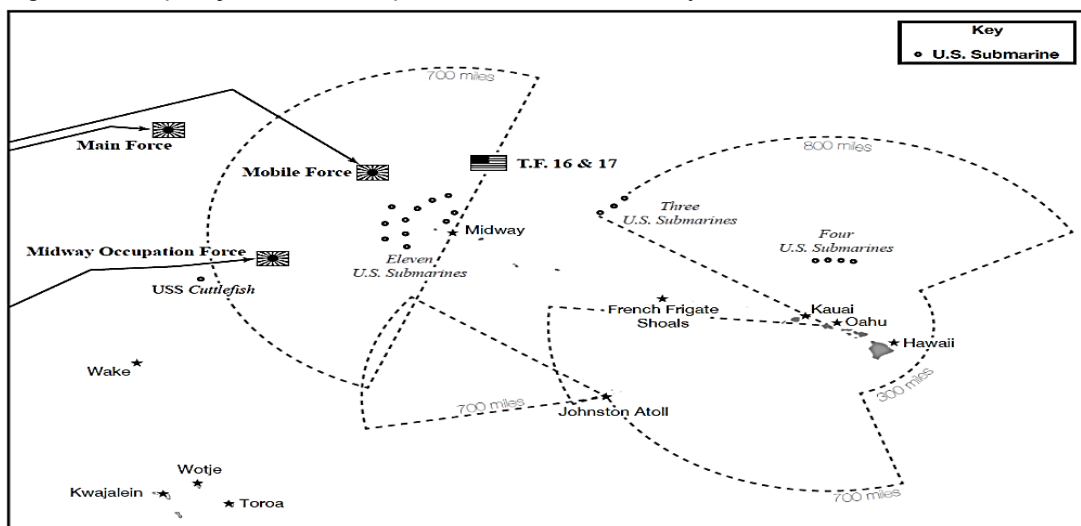
2.1.Contexto Histórico

A Batalha de Midway, ocorrida entre 3 e 6 de junho de 1942, serve como exemplo da importância dos SisC² no sucesso das operações militares. Comandada pelo Almirante Nimitz, Comandante-Chefe da Frota do Pacífico, as forças estadunidenses alcançaram uma vitória estratégica notável sobre a marinha japonesa, superando expectativas desfavoráveis (Vidigal, 2009). Essa conquista foi, fundamentalmente, possibilitada pela superioridade no C², que se manifestou pela excelência na aquisição, distribuição e aplicação de informações de inteligência (Builder; Bankes; Nordin, 1999).

Desempenhando um papel vital nesta vitória, a Unidade de Rádio da Frota do Pacífico, em Pearl Harbor, conhecida como Estação Hypo e liderada pelo Tenente Rochefort, foi essencial ao decodificar as comunicações japonesas. Tal proeza forneceu a Nimitz detalhes precisos sobre os planos operacionais do Japão, incluindo a data e localização do ataque a Midway. A interpretação acurada dessas informações pelo Comandante Layton, oficial de inteligência, permitiu a elaboração de um Plano Operacional (Plano de Operação CINCPAC n.º 29-42) que visava ao posicionamento e a preparação dos recursos disponíveis, a fim de maximizar seu efeito contra as forças adversárias (Potter, 1976; Builder; Bankes; Nordin, 1999).

Incapaz de proteger todas as áreas, Nimitz aproveitou a inteligência disponível e as variadas perspectivas de sua equipe para identificar a oportunidade mais promissora — uma emboscada em Midway — e posicionou suas forças de maneira a maximizar o impacto. Embora essa decisão pareça válida em retrospectiva, foi uma aposta considerável e não uma escolha evidente na época. O "risco calculado" de Nimitz foi meticulosamente planejado, deliberado e extremamente audacioso. A Figura 1 ilustra a disposição das forças estadunidenses durante a Batalha de Midway, destacando a importância do posicionamento e da movimentação coordenada das unidades navais e aéreas, fatores decisivos para a vitória (Hone, 2022).

Figura 3 - Disposição dos Meios para a Batalha de Midway



Fonte: HONE, 2022

Dentro desse contexto, a supremacia do SisC² estadunidense, possibilitada pela integração entre a coleta de informações e a tomada de decisão, emergiu como elemento vital para o desfecho favorável. A capacidade deles de interceptar e decodificar comunicações japonesas, integrando tais informações ao núcleo do processo decisório, demonstrou ser um diferencial estratégico significativo. Segundo Potter (1976), a liderança de Nimitz foi marcada pela assertividade e competência, com decisões baseadas em sólidas estimativas de inteligência, apesar das dúvidas de alguns de seus oficiais, evidenciando a robustez de um SisC² caracterizado por um eficiente processo decisório e uma estrutura de comando unificada.

Desde logo, a coordenação entre as unidades de inteligência e as forças operacionais, foi facilitada por meios de comunicação avançados para a época, isso trouxe agilidade e possibilidade de delegação de autoridade aos comandantes dos navios (Potter, 1976). Assim, os porta-aviões estadunidenses posicionaram suas forças estrategicamente, surpreendendo a frota japonesa e lançando ataques decisivos. Em verdade, a adaptação de uma estrutura de C² responsiva, conforme descrito por Vidigal (2009), foi determinante para a alteração do equilíbrio de forças.

Portanto, a vitória em Midway ilustra a indispensabilidade de um SisC² bem desenvolvido, marcado pela liderança perspicaz, processos de decisão sólidos e uma infraestrutura operacional adequada. A capacidade de Nimitz de utilizar inteligência para embasar decisões operacionais e estratégicas evidenciou-se como um pilar para o sucesso, ressaltando a interdependência entre a eficácia do C² e a conquista militar, conforme analisado por Potter (1976) e Vidigal (2009).

Avançando para uma investigação mais aprofundada sobre o SisC² utilizado, que se revelou determinante para o êxito, observa-se que este sistema compreendia instalações, equipamentos, sistemas de informação e comunicação, doutrinas, procedimentos e pessoal. Funcionando como a espinha dorsal da operacionalidade estadunidense, tal sistema entrelaçou autoridade, processo decisório e estrutura, formando um conjunto coeso e adaptável frente aos desafios do confronto no Pacífico.

Na próxima seção serão abordadas as especificidades do SisC² que marcaram a dinâmica decisória. Será enfatizado como a interação entre autoridade, processo decisório informado e estrutura operacional, não apenas facilitou a coordenação e execução de operações, mas também permitiu uma adaptação ágil frente às incertezas e aos imprevistos característicos do ambiente de combate.

2.2. Análise do SisC² Envolvido

O almirante Nimitz é frequentemente apontado como um modelo de liderança e autoridade bem aplicadas, apoiando-se em uma base doutrinária sólida para desenvolver suas estratégias, conforme observado por Builder, Bankes e Nordin (1999). Seu método sublinha a grande importância da combinação entre liderança e o processo de tomada de decisão, adaptável às mudanças contínuas no Teatro de Operações (TO). Inclusive Allard (1996) destaca a capacidade do SisC² para promover decisões informadas e coordenar ações integradas bem-sucedidas de elementos-chave. Coakley (1992) acrescenta profundidade a essa compreensão:

C² é o processo pelo qual **os comandantes se comunicam com superiores e subordinados**; recebem suas missões; aprendem tudo o que podem sobre o inimigo, o ambiente ou o campo de batalha e suas próprias forças; fazem seus planos de batalha; atribuem tarefas a subordinados; monitoram a batalha; comparam o que está acontecendo na batalha com seus planos de batalha; **decidem quais ajustes são necessários**; implementa-os; e, finalmente, avaliam o resultado da batalha⁵. (COAKLEY, 1992, p. 178, tradução nossa, grifo nosso.)

⁵ No original: "C2 is the process by which commanders communicate with superiors and subordinates; receive their missions; learn everything they can about the enemy, the environment or battleground, and their own forces; make their battle plans; assign tasks to subordinates; monitor the battle; compare what's happening in the battle with their battle plans; decide what adjustments are necessary; make them; and, finally, evaluate the outcome of the battle."

Merece menção que a flexibilidade⁶ possibilitada pelo SisC² foi determinante para a rápida reação às mudanças no TO, uma observação feita por Newland e Tornatore (1985). Essa vantagem foi proporcionada pela delegação de autoridade aos comandantes no TO, que desta forma obtiveram a adaptabilidade necessária para explorar as falhas do inimigo e ajustar suas estratégias de maneira ágil, conforme enfatizado por Swift (2024) e Hone (2022). A decifração de códigos pela Estação Hypo, um fator crucial para as operações em Midway mencionado por Potter (1976), confirma como a inteligência, quando integrada ao C², pode intensificar o impacto contra adversários, solidificando o sucesso de ações coordenadas.

Ademais, o papel das inovações no aprimoramento da comunicação e na disseminação de informações foi outro elemento chave para o sucesso das operações estadunidenses, com os porta-aviões USS Enterprise, USS Hornet e USS Yorktown atuando como centros de comando móveis, ressaltando a relevância de uma estrutura de C² bem planejada na coordenação das forças (Builder, Bankes, Nordin, 1999).

Por último, a liderança de Nimitz e a implementação de um SisC² flexível e resistente decorrem do exercício da autoridade, do processo decisório fundamentado e da estrutura do C² integrada com pessoal, instalações e soluções de vanguarda. Essa combinação provou ser decisiva para maximizar o desempenho operacional em um ambiente volátil e desafiador Swift (2024).

2.2.1. Estrutura de C² na Batalha de Midway

No que é pertinente à estrutura de C², enfatiza-se que foi integrada com pessoal, instalações, equipamentos e recursos avançados, o que não só facilitou a comunicação e a execução de estratégias como também otimizou o desempenho frente a um teatro de operações imprevisível e desafiador (Massette, 2017).

Assim, os porta-aviões USS Enterprise, USS Hornet e USS Yorktown foram modernizados para desempenharem a função de centros de comando móveis.

⁶ É a capacidade dos sistemas de C² de modificarem sua organização e suas funcionalidades, de modo a atender aos ditames impostos pela evolução da situação operacional. O sistema de C² deverá ter capacidade para ser reconfigurado rapidamente e para responder a uma iminente mudança de ambiente (Brasil, 2015, p. 18).

Equipados com tecnologia de ponta em sistemas de informação e comunicação, estes navios viabilizaram uma coordenação sem precedentes entre as unidades da frota, tanto aéreas quanto navais, destacando a importância em promover a comunicação profícua para sucesso das operações (Vidigal, 2009).

Esta integração de capacidades foi complementada por uma variedade de aeronaves, incluindo os caças Grumman F4F Wildcat, os bombardeiros de mergulho Douglas SBD Dauntless e os torpedeiros Douglas TBD Devastator, cada um desempenhando um papel vital nas operações de ataque e defesa (Thach, 2007). Além disso, a escolha pela inclusão do radar, tanto em unidades terrestres quanto navais, ofereceu melhor capacidade de vigilância, ampliando significativamente o alcance da detecção de forças inimigas.

Esta estrutura permitiu a disseminação das ordens de comando e a coleta eficiente de inteligência. A adaptabilidade e flexibilidade desta estrutura de C² foram fundamentais para responder às rápidas mudanças no campo de batalha, permitindo que as forças estadunidenses explorassem vulnerabilidades do inimigo e ajustassem suas táticas conforme necessário. É inegável que a capacidade de integrar e sincronizar esforços entre as diversas características da força de combate, apoiada por uma infraestrutura coesa, explica o valor inestimável de uma estrutura organizacional, bem planejada e executada, sustentando o SisC² que contribuiu significativamente para a vitória decisiva na Batalha de Midway (Hone, 2022).

De forma holística, o C² permitiu que as forças estadunidenses mantivessem a superioridade operacional, destacando a importância de uma estrutura de C² adaptativa e resiliente em enfrentar desafios complexos no teatro de operações (Vidigal, 2009).

2.2.2. Compreensão do C² na Batalha de Midway

O Sistema C² compreende uma gama de componentes interconectados que agilizam a tomada de decisão e a implementação de operações militares de forma coordenada (Brasil, 2015). Sua eficácia durante a Batalha de Midway foi notavelmente demonstrada pela harmonia entre diversos aspectos como instalações, equipamentos, sistemas de informação, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal, tudo sob a liderança do Almirante Nimitz.

Um elemento-chave para decisão de Nimitz foi a Estação Hypo, cuja proficiência em inteligência de comunicações, particularmente na análise e decifração de códigos, forneceu uma compreensão crucial sobre os planos e movimentos do adversário. As contribuições significativas da Hypo incluíram a identificação do código "AF" como referente a Midway e a antecipação do ataque em 4 de junho, permitindo a preparação de uma defesa robusta.

Essa inteligência foi fundamental no planejamento e no sucesso das operações estadunidenses, sublinhando como o SisC² proporciona uma visão detalhada do adversário, indispensável para um comando preciso em contextos militares (Hone, 2022; Radio, 2022).

Adicionalmente, a instalação do radar CXAM nos navios, incluindo o USS Yorktown, proporcionou detecção antecipada, uma vantagem que faltava à Marinha Imperial Japonesa, permitindo ataques surpresa pelos bombardeiros de mergulho dos estadunidenses e evidenciando a falha na coordenação na resposta tardia do Japão (LeCompte, 1992).

Além da questão tecnológica, Nimitz desenvolveu um plano operacional detalhado, transmitido aos seus subordinados por meio de dezenas de cópias do Plano Operacional n.º 29-42, refletindo a clareza com que o conceito foi comunicado. Este plano englobava não só os objetivos estratégicos e operacionais, mas também instruções específicas para cada unidade envolvida. A execução desse plano foi realizada com comunicações limitadas para evitar a detecção pelo inimigo.

Durante a batalha, as comunicações entre os comandantes Spruance e Fletcher foram intencionalmente restritas para evitar detecção pelo inimigo. Ambos operaram com uma autonomia limitada dentro do plano estratégico de Nimitz (Builder, Bankes, Nordin, 1999). Eles, por exemplo, utilizaram sinais visuais e mensagens codificadas para coordenar suas ações, uma adaptação pragmática às limitações tecnológicas e ao risco de interceptações não só para manter o elemento surpresa, mas também para a eficácia das operações (Builder, Bankes, Nordin, 1999).

Chama a atenção que a implementação do SisC² durante a Batalha de Midway demonstrou um equilíbrio efetivo entre comando centralizado e autonomia local. Apesar das restrições de comunicação, os comandantes no TO foram capazes de tomar decisões acertadas que se alinhavam com o plano geral de Nimitz, respondendo dinamicamente ao contexto tático em mudança.

Essa descentralização controlada permitiu uma execução flexível e adaptativa do plano operacional, destacando a importância da confiança e da competência dos líderes subordinados dentro do C². Esta interação entre planejamento estratégico, execução tática e adaptação às condições de comunicação e segurança reflete a complexidade e a eficácia do SisC² em contextos de combate modernos.

2.2.3. Decisões Estratégicas e Avaliação de Riscos

Uma das decisões fundamentais foi a de emboscar a frota japonesa, fundamentada em informações adquiridas e tratadas. Nimitz, desviando-se da doutrina naval convencional, optou por posicionar as forças de porta-aviões estadunidense próximo de Midway, estabelecendo uma emboscada em vez de postergar o confronto até que as forças americanas pudessem competir em termos de igualdade numérica. Esta decisão não apenas reflete a audácia e a inovação táticas, mas também a capacidade de adaptação e reação rápida (Vidigal, 2009).

Não resta dúvidas que, ao utilizar Midway como isca e reforçar suas defesas enquanto mantinha os porta-aviões prontos para o ataque, Nimitz colocou a ilha em uma posição de grande risco, mas também maximizou o potencial de infligir danos substanciais à frota adversária. Este equilíbrio entre risco e recompensa foi um elemento chave da estratégia, demonstrando uma habilidade em avaliar e aceitar riscos calculados, que não só alterou o curso da guerra no Pacífico, mas também redefiniu as práticas de C², enfatizando a integração entre inteligência, flexibilidade tática e liderança estratégica (Vidigal, 2009).

A avaliação de riscos inerente a estas decisões estratégicas ilustra uma ponderação cuidadosa entre a vantagem e o potencial sacrifício, destacando a importância de um processo decisório informado, adaptativo e corajoso frente a desafios significativos. Logo, as decisões fundamentais tomadas por Nimitz, baseadas em uma compreensão abrangente do ambiente operacional e uma comunicação clara de seu plano, evidenciam sua capacidade de liderar de maneira proativa e inovadora. Essas ações foram vitais para enfrentar e superar adversários ágeis e bem equipados, reforçando como a informação e uma avaliação meticulosa da situação podem determinar o resultado de conflitos.

2.2.4.O Elemento Humano no C²

A eficácia do SisC² transcende a mera implementação de desenvolvimento tecnológico e estratégia, enraíza-se profundamente nas capacidades e na sinergia do elemento humano. Os operadores de radar, criptoanalistas e comandantes não são apenas executores de ordens; eles são peças-chave que, com sua formação, experiência e, notavelmente, sua intuição, formam a espinha dorsal do SisC². A capacidade desses indivíduos de interpretar e reagir a informações em um cenário de guerra dinâmico e incerto é vital. Por exemplo, a habilidade dos criptoanalistas em quebrar os códigos japoneses não se baseava apenas em seu treinamento técnico, mas também em sua capacidade de pensar criativamente e antecipar os movimentos do adversário.

Além disso, a cultura organizacional da Marinha estadunidense, que valorizava a iniciativa e a tomada de decisões descentralizada, permitiu que essas habilidades individuais florescessem. Este ambiente encorajou a inovação e a adaptação, permitindo aos comandantes e às suas equipes no campo aplicar julgamentos baseados não apenas em protocolos rígidos, mas também em avaliações situacionais.

Adicionalmente, Kolwics (2020) explica que nessa batalha o Almirante Nimitz comunicou suas intenções ao Almirantes Raymond Spruance e Frank Fletcher deixando-lhes a liberdade de agir conforme as oportunidades imprevistas de grande recompensa que aparecem no TO.

Essa utilização flexível do C², que integrava tanto a competência técnica quanto o discernimento humano, foi crucial para a implementação de estratégias adaptativas que aproveitavam as oportunidades e mitigavam os riscos em tempo real. Assim, o triunfo em Midway pode ser atribuído não só à superioridade material ou tecnológica, mas, de forma significativa, à mestria e ao espírito inovador dos indivíduos que operavam dentro do SisC².

2.3.Consequências e Aprendizados

Extraí-se do caso que a vitória de Midway não apenas marcou um ponto de virada na Segunda Guerra Mundial, redefinindo a dinâmica de poder no Teatro do Pacífico, mas também destacou o papel vital dos SisC² no sucesso de operações

militares complexas, demonstrando que desenvolvê-los corretamente é indispensável para obter superioridade estratégica e tática em contextos de conflito (Alberts; Hayes, 2006). Assim, a análise desta batalha revela várias lições indispensáveis, aplicáveis não somente ao contexto histórico, mas igualmente relevantes para a evolução dos SisC² contemporâneos, notadamente à MB.

Dentro desse contexto, a capacidade dos EUA de adaptar rapidamente sua estratégia baseada em informações de inteligência precisas foi fundamental, visto que o uso adequado do C² permitiu que o Almirante Nimitz posicionasse suas forças de maneira a maximizar a eficácia operacional contra um inimigo superior em número. Portanto, esta adaptabilidade do C², que equilibra autoridade decisória, processos informados e uma estrutura operacional integrada, serve como um modelo para o desenvolvimento de sistemas capazes de responder dinamicamente a cenários em constante mudança.

Não resta dúvidas que a Batalha de Midway deu luz à importância da sinergia entre avanços científicos, que proporcionaram a quebra de códigos, o uso de radar, e o raciocínio acurado. A habilidade de integrar dados de inteligência ao processo decisório, aproveitando tanto a análise técnica quanto o discernimento humano, destacou-se como um componente para o sucesso (Potter, 1976; Newland; Tornatore, 1985). Assim, há a necessidade contínua de desenvolver SisC² que harmonizem o progresso dos equipamentos e a intuição para garantir decisões estratégicas e táticas informadas e proveitosas.

Cumprе ponderar a forma correta com que as forças estadunidenses utilizaram informações de inteligência para antecipar e neutralizar a ameaça japonesa. Assim depreende-se que a capacidade de coletar, analisar e distribuir informações de maneira eficiente é vital para o C² efetivo e deve continuar a ser uma prioridade na evolução dos SisC², enfatizando o desenvolvimento de capacidades avançadas de inteligência, vigilância e reconhecimento.

Indo ao encontro da prática observada, a Doutrina para o Sistema Militar de C², do Ministério da Defesa, aponta a importância da informação para o processo decisório:

A informação fornecida na quantidade e qualidade adequadas, para as pessoas certas e no momento oportuno, agregará valor na condução da atividade de C². A informação tem as dimensões de relevância, precisão e oportunidade. Por isso, um padrão superior no domínio da informação é atingido quando a relevância, a precisão e a oportunidade chegam a cem por cento. As necessidades de informação deverão ser definidas e

dimensionadas previamente, dedicando-se cuidados especiais àquelas que conduzirão ao processo decisório (Brasil, 2015, p.16)

Ademais, a descentralização nas tomadas de decisão se mostra imprescindível para o desempenho otimizado de um SisC², possibilitando respostas táticas imediatas e adaptáveis, o que indica a importância de uma liderança que adjudique autonomia com segurança. Os comandantes em todos os escalões devem ter a habilidade para fazer escolhas independentes e coerentes com os objetivos maiores, realçando a importância de se formar líderes capacitados para decisões autônomas. Igualmente, os SisC² precisam ser concebidos para promover uma comunicação efetiva e apoiar a independência operacional.

Além disso, a experiência da Batalha de Midway destacou o papel fundamental da capacidade na atribuição de responsabilidades. Assim, o discernimento e a percepção, desde os decifradores de códigos até os líderes no TO, foram cruciais para o sucesso das operações. Esta situação enfatiza a valorização do potencial do decisor nos SisC², incentivando a confiança nas avaliações do pessoal e incentivando o crescimento de destrezas e de liderança em diversos níveis.

Finalmente, o ato de outorgar autonomia aos líderes reitera a importância de SisC² que facilitam a tomada de decisões prontas e perspicazes. A capacidade de agir de forma decisiva e convincente no âmbito tático evidencia a força de um C² que funciona sob uma direção estratégica definida e integrada. Tal prática não só eleva o nível operacional, mas também fortalece a capacidade de recuperação e flexibilidade das forças militares frente a adversidades e volatilidades.

Diante disto, a Batalha de Midway permanece um estudo de caso exemplar sobre o impacto decisivo de SisC² bem concebidos e executados. As lições aprendidas reforçam a necessidade de SisC² que sejam adaptáveis, integrados e capazes de maximizar o potencial dos avanços tecnológicos, ao mesmo tempo em que valorizam a experiência e o ciclo decisório. Para forças militares contemporâneas, incluindo a Marinha do Brasil, esses aprendizados oferecem perspectivas preciosas para o aprimoramento de suas capacidades de C², assegurando que permaneçam resilientes, responsivas e efetivas diante dos desafios do século 21.

2.4. Conclusões parciais

Neste capítulo, exploramos a Batalha de Midway para compreender o impacto decisivo dos SisC² em operações militares. Analisamos como a liderança do Almirante Nimitz e a capacidade estadunidense de decifrar comunicações japonesas foram cruciais para uma vitória estratégica.

Destacamos a importância da superioridade no C², manifestada pela excelência na aquisição e aplicação de informações de inteligência, permitindo uma emboscada bem-sucedida contra a frota japonesa, em que competência e a sinergia do pessoal foram determinantes para o sucesso das operações, demonstrando a relevância do equilíbrio em um SisC².

Por fim, discutimos as consequências e aprendizados da Batalha de Midway, sublinhando a importância de SisC² que combinem a evolução das tecnologias com uma avaliação robusta, garantindo operações militares mais seguras e eficazes no futuro.

Prosseguindo, o próximo capítulo se debruçará sobre o incidente do voo 655 da Iran Air, contrastando com os eventos de Midway para explorar as vulnerabilidades e as falhas nos SisC². Este exame detalhado oferecerá uma perspectiva sobre como os desafios e erros associados ao C² podem ter implicações dramáticas, tanto em termos de vidas quanto estratégicas.

3. ESTUDO DE CASO 2 – INCIDENTE DO VOO 655 DA IRAN AIR

Este capítulo examina o incidente do voo 655 da Iran Air, ocorrido em 3 de julho de 1988, como um estudo de caso para entender as vulnerabilidades e falhas nos SisC² modernos. O trágico abate do Airbus A300 pelo cruzador USS Vincennes da Marinha estadunidense destaca possíveis limitações na interação entre sistemas com tecnologia de ponta e a análise das informações para tomada de decisão em ambientes de elevada pressão. Assim, busca-se compreender a importância de uma comunicação clara, protocolos robustos e um equilíbrio adequado entre recursos de última geração e capacidade decisória para evitar erros catastróficos.

Com o propósito de permitir a análise, este capítulo é estruturado em três seções principais, a primeira apresenta o contexto histórico do incidente, detalhando a situação geopolítica e operacional durante a Guerra Irã-Iraque, que criou um ambiente de alta tensão no Golfo Pérsico e levou o USS Vincennes a grandes falhas, já que estava engajado em um confronto com pequenas embarcações iranianas e identificou erroneamente um voo comercial como uma ameaça militar.

A segunda seção se debruça sobre a análise detalhada do SisC² utilizado pelo USS Vincennes, destacando as deficiências que contribuíram para o erro fatal. Ali serão exploradas a dinâmica de tomada de decisão, o papel das tecnologias de comunicação e informação, e a interação humano-máquina. E ainda, será examinada como a pressão do combate e a confiança excessiva nos equipamentos sem a devida análise podem resultar em decisões precipitadas e equivocadas.

A terceira seção discute as consequências e os aprendizados do incidente do voo 655 da Iran Air. A análise enfatiza a necessidade de SisC² que integrem de maneira eficaz tecnologia e a capacidade de análise dos operadores, destacando a importância de treinamento robusto, simulações realistas e uma doutrina operacional que promova a comunicação eficiente e a autonomia decisória. As lições aprendidas serão contextualizadas para mostrar como podem ser aplicadas na melhoria dos SisC² contemporâneos, assegurando operações militares mais seguras e bem-sucedidas.

3.1.Contexto Histórico

Em 3 de julho de 1988, uma trágica circunstância evidenciou profundamente as limitações humanas e tecnológicas dentro dos SisC² modernos. Durante a Guerra Irã-Iraque (1980-1988), o USS Vincennes estava envolvido em um confronto com pequenas embarcações iranianas no Estreito de Ormuz, um contexto de alta tensão militar no Golfo Pérsico. Sob intensa pressão, a tripulação do Vincennes, utilizando dados fornecidos pelo Sistema de Combate Aegis, identificou incorretamente o Airbus A300, voo 655 da Iran Air, como uma ameaça militar, confundindo-o possivelmente com um caça iraniano F-14. Segundo o relatório da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), “a aeronave foi destruída por dois mísseis superfície-ar enquanto subia de FL120 para FL140, bem dentro do corredor aéreo A59, ao sul de MOBET, nas proximidades da Ilha de Qeshm” (ICAO, 1988), resultando na perda de todas as 290 vidas a bordo (Allard, 1996; Evans, 1993; Gruner, 1990).

Tentativas de comunicação foram feitas em frequências militares e internacionais de socorro aéreo, mas não houve resposta do Airbus A300, que estava provavelmente sintonizado nas frequências civis de controle de tráfego aéreo, conforme os procedimentos padrão para voos comerciais. Outrossim, os monitores de comando e controle da Aegis não conseguiam exibir as altitudes das aeronaves rastreadas com precisão, levando a uma avaliação errônea de que a aeronave estava em uma trajetória descendente. Chama a atenção que a dinâmica interna de tomada de decisão no Vincennes continha falhas graves na interpretação dos dados dos sensores e na comunicação entre os membros da tripulação. Além disso, havia uma pressão significativa para não “absorver o primeiro ataque”, uma mentalidade reforçada pelo recente ataque ao USS Stark, que havia sido atingido por mísseis Exocet um ano antes, matando 37 marinheiros (Builder, Bankes, & Nordin, 1999).

O Comandante William C. Rogers III ao avaliar a situação com base nas informações disponíveis e no contexto de alta tensão, tomou a decisão de engajar a aeronave, que havia decolado de um aeroporto militar iraniano. Embora ele tenha pedido confirmação do código IFF⁷ da aeronave, que foi erroneamente confirmado

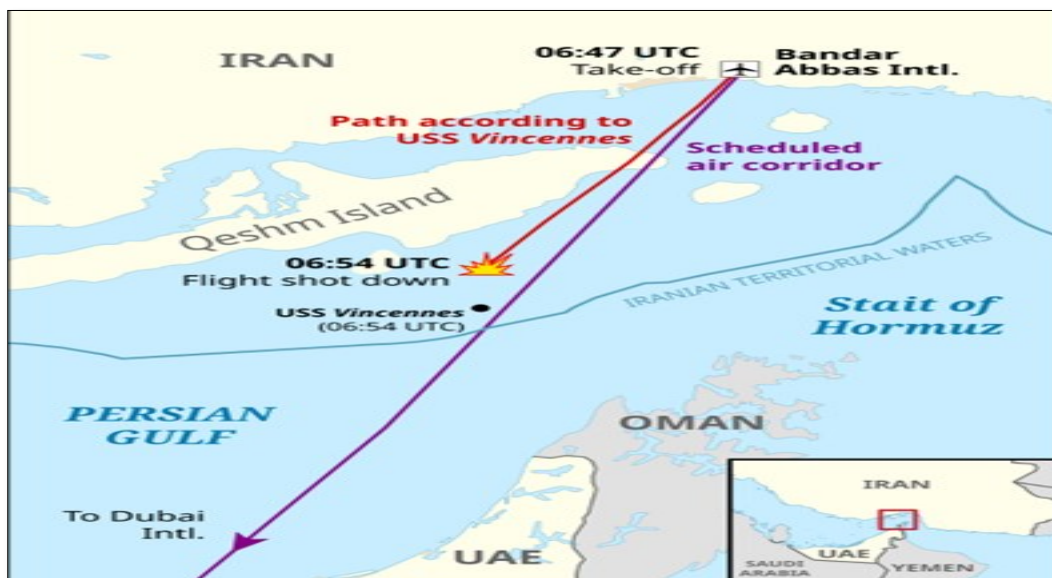
⁷ *Identification Friend or Foe.*

como sendo de uma aeronave militar, a decisão final foi tomada com base na combinação de informações imprecisas e na percepção de uma ameaça iminente.

Contribuiu para isso o fato de os sistemas de mira indicarem que o Airbus estava emitindo um sinal de "Modo II", que é um código de transponder normalmente utilizado por aeronaves militares, mas, na realidade, o voo 655 estava transmitindo um código de "Modo III", que é o padrão para aeronaves civis. Então, influenciado pela pressão do combate e pelos relatórios de inteligência que sugeriam a presença de caças F-14 iranianos, o Comandante Rogers autorizou o lançamento de dois mísseis antiaéreos contra a aeronave. Essas discrepâncias de dados, combinadas com a intensa situação de combate, resultaram na trágica decisão de abater aquele voo comercial (Builder, Bankes, & Nordin, 1999; Evans, 1993; Tingle, 2018).

A Figura 2 ilustra a trajetória do voo 655 da Iran Air, destacando os momentos críticos que levaram ao desfecho trágico. A figura evidencia a falha no reconhecimento e na comunicação que culminou na decisão de engajamento, mostrando a trajetória programada do voo 655 através do corredor aéreo A59 (em roxo) e a rota rastreada pelo USS Vincennes (em vermelho) (ICAO, 1988).

Figura 4 - Trajetória do voo 655 Iran Air



Fonte: Adaptado da Circular 260-NA/154, ICAO.

O sistema Aegis, embora operando conforme projetado, no momento de crise, forneceu taxas enormes de informações processadas (Gruner, 1990) sem considerar as limitações da cognição e capacidade de compreensão humana. Esse erro foi acentuado pela complexidade dos ambientes de combate, que demandam rápidas

decisões, e pela confiança acentuada na tecnologia em detrimento do julgamento pessoal (Tingle, 2018; Evans, 1993). Ressalte-se que as investigações⁸ revelaram que distorções de informações fornecidas pelo sistema de combate bem como o nível de adestramento do pessoal e uma série de decisões precipitadas foram fatores determinantes para o desfecho fatal.

Dessa forma, a aeronave, emitindo sinais de dois transponders, sendo um deles de uso comum por militares e outro civil, foi classificada rapidamente como hostil, sem confirmação visual ou comunicação clara com a aeronave alvo. Seguindo as regras de engajamento vigentes, a decisão foi tomada rapidamente, com apenas alguns minutos entre a detecção da aeronave e o lançamento dos mísseis (Gruner, 1990). Conforme a "Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle" (MD31-M-03), o processo decisório deveria ser suportado por informações precisas e um fluxo confiável de dados, que não houve neste evento.

Portanto, este caso exemplifica a importância de SisC² que são dependentes de sistemas sofisticados buscarem o balanceamento adequado com o raciocínio, a intuição e a avaliação dos decisores, o qual será aprimorado pelo adequado treinamento e pela evolução da doutrina. Outrossim, a análise deste incidente aponta para a necessidade de melhorias contínuas para evitar a repetição de tais tragédias e buscar essa interação entre tecnologia e humanos, reconhecendo os limites e os potenciais de ambos. Como demonstrado pelos eventos históricos e pela aplicação das teorias de C², a capacidade de equilibrá-los determinará a eficácia das forças armadas em enfrentar os desafios futuros do combate (Allard, 1996; Tingle, 2018).

3.2. Análise do Sistema de C² Envolvido

Certamente, a análise do SisC² empregado pelo USS Vincennes durante o episódio com o voo 655 da Iran Air revela uma série de falhas e complexidades

⁸ As investigações do incidente do voo 655 da Iran Air, conduzidas por autoridades militares e civis dos EUA e do Irã, concluíram que o abate do Airbus A300 foi resultado de erro humano e falhas no sistema de Comando e Controle (C²) do USS Vincennes. O relatório da Marinha dos EUA destacou a interpretação equivocada dos dados do radar e a falha na comunicação como fatores críticos. A investigação do Conselho Internacional de Investigação da Aviação Civil (ICAO) também criticou a falta de coordenação e os protocolos de comunicação de emergência (Evans, 1993; Gruner, 1990; Tingle, 2018).

inerentes à guerra moderna, haja vista que ele é essencial para a execução de operações militares eficazes, pois integra a autoridade, a tomada de decisões e a estrutura necessária para o C². No caso do Vincennes, essas componentes foram postas à prova sob condições extremas, revelando a necessidade de constante avaliação dos sistemas empregados e de uma harmonização mais eficaz entre a tecnologia de ponta e seus operadores.

Não resta dúvida de que a interação entre operadores e sistemas avançados, como o Aegis, mostrou-se inadequada diante da pressão do combate e da necessidade de decisões rápidas. Além disso, a falta de uma comunicação clara e eficaz, tanto interna quanto externa, exacerbou os desafios enfrentados pela tripulação que estava com baixo nível de adestramento para esse tipo de situação. Para essa temática, a análise a seguir se debruça sobre as dinâmicas de tomada de decisão, papel das tecnologias de comunicação e informação na interação humano-máquina, e as falhas específicas do SisC² que contribuíram para o trágico desfecho.

3.2.1. Dinâmica de Tomada de Decisão

No contexto do incidente envolvendo o USS Vincennes, a dinâmica de tomada de decisão apresentou uma série de desafios críticos, demonstrando a aplicação prática dos princípios da Doutrina Militar de C² (MD31-M-03). A autoridade do comandante, investida com a responsabilidade de proteger o navio e sua tripulação, foi central no processo decisório. No entanto, a estrutura de comando mostrou-se vulnerável, destacando problemas na cadeia de comando que impactaram negativamente a clareza e a execução das ordens. Essa falta de clareza, aliada à pressão do momento, contribuiu para decisões que, apesar de rápidas, foram baseadas em informações incompletas ou errôneas.

Merece menção que a consciência situacional⁹ da tripulação do USS Vincennes foi comprometida, resultando na interpretação equivocada de um avião comercial como uma ameaça militar. Por isso, essa falha crítica na percepção do ambiente

⁹ Percepção precisa dos fatores e condições que afetam a execução da tarefa durante um período determinado, permitindo ou proporcionando ao seu decisor, estar ciente do que se passa ao seu redor e assim ter condições de focar o pensamento à frente do *objetivo*. É a perfeita sintonia entre a situação percebida e a situação real (Brasil, 2015, p. 19).

operacional evidenciou uma deficiência na interpretação dos dados recebidos dos sensores do navio. Como consequência, a decisão de abrir fogo foi tomada com base em uma avaliação incorreta da situação, exacerbando os riscos inerentes à operação.

Além disso, a interoperabilidade¹⁰ e a comunicação foram elementos que demonstraram fragilidades significativas. A ausência delas entre o USS Vincennes e outras unidades, assim como com as autoridades de controle aéreo civil, impediu uma coordenação eficiente e uma troca de informações precisa. Daí, a importância de sistemas de comunicação robustos e bem integrados, capazes de operar eficazmente em situações conjuntas e interagências, como preconizado pela doutrina brasileira, decorrem da falta de clareza e de protocolos adequados para comunicação interoperável.

Adicionalmente, a flexibilidade do SisC² mostrou-se insuficiente em face de sua incapacidade de adaptar-se rapidamente a novas informações ou a mudanças na situação, resultando em uma resposta que, embora rápida, foi inadequada e mal fundamentada. Essa falha, aliada à necessidade de rapidez, sublinhou a complexidade de se tomar decisões rápidas e acertadas em ambientes de alta pressão, em que ficam evidentes as limitações do sistema como um todo.

Finalmente, a questão da confiabilidade¹¹ do SisC² do USS Vincennes ficou evidente. Embora tecnologicamente avançados para a época, esses sistemas falharam em proporcionar uma base sólida para decisões corretas, devido à dependência excessiva de informações não verificadas e à falta de uma análise crítica robusta dos dados disponíveis. Por tais razões, essa situação reforça a importância de não apenas confiar na tecnologia, mas também de garantir que os processos e procedimentos estejam adequadamente estabelecidos para interpretar e validar informações antes de ações decisivas.

Em suma, o incidente do USS Vincennes exemplifica de maneira clara como a dinâmica de tomada de decisão pode ser complexa e repleta de desafios, conforme Brasil (2015). A importância de uma consciência situacional precisa, uma estrutura de

¹⁰ capacidade dos sistemas, unidades ou forças de intercambiarem serviços ou informações ou aceitá-los de outros sistemas, unidades ou forças e, também, de empregar esses serviços ou informações, sem o comprometimento de suas funcionalidades.

¹¹ Um sistema de C² será confiável se apresentar a capacidade de sobrevivência e manutenção da eficácia, quando exposto a eventos desestabilizadores, sobretudo provenientes do ambiente operacional, de danos internos ou de casos fortuitos (Brasil, 2015, p. 19).

comando clara, comunicação eficaz, flexibilidade e rapidez, além de sistemas confiáveis, é essencial para evitar erros catastróficos e garantir que as operações sejam conduzidas de forma segura e eficiente.

3.2.2. Papel das Tecnologias

O incidente do voo 655 da Iran Air destaca a dupla face dos avanços tecnológicos: enquanto proporcionam ferramentas inestimáveis para melhorar a eficácia militar, também podem ser fonte de erros catastróficos quando a interação entre humano e máquina é inadequadamente gerida (Allard, 1996; Evans, 1993; Gruner, 1990). No campo da guerra antiaérea, o sistema Aegis exemplificava o auge do avanço científico, oferecendo capacidades sem precedentes para rastreamento e engajamento de múltiplas ameaças através do radar AN/SPY-1A¹² e da integração avançada de computadores e armas (Allard, 1996). Contudo, o trágico episódio com o voo 655 revelou uma verdade incômoda: a superioridade tecnológica, por si só, não garante decisões corretas em ambientes operacionais imprevisíveis.

Essa interação complexa, especialmente em contextos de alta tensão e decisões rápidas, evidenciou problemas significativos no C², particularmente na interpretação de dados de sensores e na tomada de decisões. Nesse sentido, a investigação subsequente sobre o incidente identificou uma série de fatores que contribuíram para o abate o avião, enfatizando principalmente a incapacidade de distinguir adequadamente entre uma aeronave comercial e uma militar, fruto de erros na interpretação dos sinais do transponder da aeronave, que levaram à suposição equivocada de que se tratava de um F-14 iraniano em rota de ataque, o que evidencia ainda mais as limitações e desafios da interface humano-máquina em SisC² avançados, como o sistema Aegis do Vincennes (Allard, 1996).

A disparidade na capacidade de interpretação de dados complexos e a deficiência comunicativa, tanto interna quanto externamente, destacam problemas

¹² O radar AN/SPY-1A é um componente essencial do sistema de combate Aegis da Marinha dos EUA. Capaz de detectar e rastrear simultaneamente centenas de alvos aéreos e de superfície, ele opera em banda S e utiliza uma matriz de varredura eletrônica para fornecer cobertura de 360 graus. Suas capacidades avançadas são cruciais para a vigilância e defesa aérea em ambientes de alta ameaça (Allard, 1996; Garcia, 2020).

fundamentais na sinergia entre operadores e tecnologia (Allard, 1996). Este caso serve como um estudo paradigmático sobre a intersecção entre a avançada capacidade de processamento e análise de dados dos sistemas computadorizados e a cognição humana. Gruner (1990) aponta para a imperiosa necessidade de desenvolver interfaces que sejam intuitivas e estejam sincronizadas com as capacidades cognitivas dos operadores, mitigando o risco de decisões baseadas em informações imprecisas ou mal interpretadas.

Apesar dos avanços nos SisC² e nas tecnologias, a obtenção de informações completas e precisas permanece um desafio para os líderes militares. Coakley (1992) ressalta que selecionar a informação apropriada é um elemento indispensável na arte da guerra. Ele acrescenta que os comandantes devem equilibrar a paciência para obter as informações corretas com a necessidade de agir rapidamente. Um atraso excessivo em busca de dados perfeitos pode resultar em informações desnecessárias ou imprecisas, comprometendo o momento ideal para decisões e a chance de agir oportunamente. Dessa forma, embora as informações sejam vitais para o C², a competência do comandante em escolher a informação adequada e o momento de sua aplicação continua sendo fundamental.

O desenvolvimento do C² na Marinha dos EUA, particularmente com a adoção de um conceito de modularidade¹³, visava equilibrar as exigências de uma rede de comando global eficiente com a necessidade de autonomia tática. Essa filosofia reflete na capacidade da Marinha de adaptar sua estrutura de C² para atender tanto às necessidades estratégicas quanto às operacionais e táticas, dependendo da missão em questão. Nos anos 80, a Marinha estadunidense foi profundamente influenciada pelo contexto da Guerra Fria e pela política de projeção de poder do governo Reagan. Este período viu a Marinha desempenhar um papel central em diversas operações, refletindo sua capacidade de projeção de poder e gestão de crises em escala mundial. A decisão de remarcar petroleiros kuwaitianos sob bandeira dos EUA e destacar uma grande força-tarefa naval para operação de defesa do tráfego marítimo no Golfo

¹³ O conceito de modularidade no contexto militar refere-se ao design de sistemas que podem ser adaptados para diferentes missões e requisitos operacionais. Isso permite a personalização e escalabilidade dos sistemas de comando e controle (C²), melhorando a eficiência e flexibilidade das operações. A modularidade facilita a integração de novos componentes tecnológicos, simplifica a manutenção e reduz o tempo de resposta a mudanças no ambiente de combate. Na Marinha dos EUA, a modularidade foi crucial para equilibrar uma rede de comando global eficiente com a necessidade de autonomia tática (Allard, 1996; Garcia, 2020).

Pérsico em 1987 exemplifica a aplicação prática da estratégia de projeção de poder (Allard, 1996; Garcia, 2020).

Dentro desse contexto, foi essencial o desenvolvimento de tecnologias que, além de avançadas, fossem projetadas com uma compreensão aprofundada das interações complexas que se manifestam durante as operações, ressaltando a importância da engenharia centrada no humano e na promoção de processos decisórios robustos (Allard, 1996; Evans, 1993; Gruner, 1990).

Além disso, o pós-incidente revelou a urgência de revisões e aprimoramentos nos SisC², destacando a importância de inovações tecnológicas que não só avancem em capacidades de detecção e comunicação, mas que também sejam flexíveis às dinâmicas operacionais e integráveis ao decisor. Essa evolução, combinada com um enfoque renovado no treinamento dos operadores, é fundamental para garantir que as informações sejam interpretadas corretamente e que decisões eficazes sejam tomadas, evitando assim como diz Evans (1993) erros trágicos em futuras operações.

Em conclusão, o incidente do USS Vincennes revela as complexidades e os perigos da guerra moderna, onde a velocidade de decisão é crucial para os resultados das operações. A tragédia do voo 655 da Iran Air serve como um lembrete sombrio dos limites da tecnologia e da necessidade de vigilância, disciplina e treinamento rigoroso dos militares na operação de sistemas de armas complexos. A dependência excessiva em tecnologia, sem consideração adequada para a intuição, experiência e treinamento, pode levar a erros fatais.

Por fim, a cultura organizacional deve promover uma tomada de decisão baseada em evidências e considerar todas as perspectivas possíveis para aprimorar a eficiência operacional e a segurança. Este incidente sublinha a importância de uma doutrina robusta que incorpore princípios de simplicidade¹⁴, flexibilidade e confiabilidade para evitar falhas catastróficas e garantir a eficácia das operações.

¹⁴ Um sistema de C² deve ser o mais simples possível e atender aos requisitos para os quais foi concebido. Sistemas demasiadamente complexos são mais suscetíveis a falhas e difíceis de operar e gerenciar (Brasil, 2015, p. 18).

3.2.3. Falhas no Sistema de C²

A análise do incidente do USS Vincennes revela uma rede complexa de deficiências, demonstrando como decisões sob estresse extremo podem ser afetadas por falhas na interação entre tecnologia avançada e cognição humana. Este caso sublinha a importância de um desenvolvimento de SisC² que não só incorpore recursos de ponta, mas também uma doutrina operacional clara e um foco significativo nos fatores humanos. Nesse sentido, é essencial que eles sejam projetados para integrar as capacidades sistêmicas com a habilidade dos operadores de interpretar dados de forma precisa e rápida, a fim de prevenir futuras tragédias (Gruner, 1990; Evans, 1993).

O Sistema Aegis, apesar de representar um avanço significativo, revelou-se inadequado em situações de combate devido à sua complexidade e à falta de uma interface homem-máquina intuitiva. A dificuldade dos operadores em classificar corretamente uma aeronave, exacerbada pela interpretação equivocada dos sinais do transponder, avulta uma desconexão acentuada entre as capacidades tecnológicas e a percepção situacional dos operadores (Allard, 1996).

Assim, a tentativa inadequada de comunicação com o voo 655, utilizando frequências erradas, evidenciou falhas significativas na interoperabilidade dos sistemas de comunicação. Como consequência, tem-se a necessidade urgente de melhorar a capacidade dos SisC² de facilitar a troca de informações de forma clara e eficaz entre entidades militares e civis, especialmente em zonas de conflito (Swift, 2018). Nesse contexto, a partir da falha em estabelecer uma coordenação eficaz e manter uma consciência situacional coesa entre as unidades operacionais, destacou-se a lacuna na doutrina operacional e a necessidade de implementação prática dos princípios de C² aos Sistemas de Combate (Evans, 1993).

Como se pode depreender, a falta de aplicação consistente do princípio da Unidade de Comando, que visa garantir clareza e coerência nas ordens, foi um fator determinante no incidente. Embora a autoridade do comandante do USS Vincennes fosse clara, a falta de integração entre a tecnologia de C² e a percepção de ameaças comprometeram a eficácia das operações. A simplicidade e a clareza são essenciais no design e execução das operações de C², pois facilitam a compreensão das ordens e reduzem o risco de erros. No entanto, o sistema Aegis, apesar de sua sofisticação,

fracassou em fornecer uma plataforma que pudesse ser operada eficientemente em um TO com múltiplos engajamentos e sob alta pressão.

Portanto, a necessidade de flexibilidade nos SisC² é fundamental para adaptação rápida a mudanças nas condições operacionais. A resposta rígida do Sistema Aegis, sem adaptação adequada às dinâmicas do combate, resultou em uma decisão precipitada e trágica de abater uma aeronave civil. Além disso, a segurança e a confiabilidade das comunicações são imperativas para o sucesso das operações, de maneira que o equívoco em utilizar frequências adequadas para comunicação com a aeronave civil enfatiza a necessidade de sistemas de comunicação mais robustos e interoperáveis.

Não resta dúvida de que a tragédia do voo 655 da Iran Air exemplifica os desafios e as limitações dos SisC² em cenários de combate, com pressão intensa e urgência de decisões as quais exigem não apenas tecnologias avançadas, mas também doutrina sólida e treinamento extensivo. Desta forma, a análise revela a importância de integrar inovações com a cognição humana, enfatizando a necessidade de uma comunicação clara e de uma interpretação precisa dos dados, haja vista que a interface complexa do sistema Aegis e a consequente dificuldade na interpretação dos dados críticos evidenciaram a importância de desenvolver SisC² que sejam intuitivos e alinhados com as capacidades compreensão dos operadores, minimizando o risco de decisões precipitadas.

Por fim, é imperativo que a cultura organizacional dentro das forças armadas promova uma tomada de decisão informada, que considere todas as variáveis possíveis para maximizar a segurança e a eficácia operacional. Este incidente destaca a necessidade de uma doutrina robusta que incorpore princípios de simplicidade, flexibilidade e confiabilidade para garantir a eficácia das operações militares e prevenir falhas catastróficas.

3.3. Consequências e Aprendizados

O incidente revelou falhas significativas no SisC² destacando a complexidade da interação humano-máquina e suas consequências. O sistema Aegis, apesar de sua sofisticação, mostrou-se desafiador para os operadores sob condições de alta pressão, resultando em uma interpretação errônea dos sinais do transponder. Essa

lição demonstra que, em situações de combate, a clareza e simplicidade da interface são vitais para evitar erros catastróficos que podem resultar em perdas de vidas e danos diplomáticos irreparáveis.

Um dos principais aprendizados foi a necessidade de simplificar a interface dos SisC² para facilitar a tomada de decisões rápidas e precisas. No caso estudado a complexidade do sistema Aegis contribuiu para o erro decisório, demonstrando que o desenvolvimento tecnológico deve ser acompanhado de uma usabilidade prática e intuitiva. Dessa forma, deve-se buscar a simplificação da interface para reduzir a carga cognitiva dos operadores, permitindo uma resposta mais dinâmica em momentos de alta pressão, aumentando assim a segurança da operação e a eficácia das missões.

A propósito, o incidente enfatizou a importância do treinamento contínuo e realista dos operadores, já que a familiaridade e a proficiência no uso do sistema são indispensáveis para minimizar erros em emergências. Aliás, adestramentos que simulem cenários de alta pressão podem preparar melhor os operadores para enfrentar desafios semelhantes no futuro. Assim, estes quando bem treinados são capazes de tomar decisões rápidas e informadas, mitigando os riscos de erro e garantindo que as capacidades tecnológicas sejam plenamente aproveitadas.

Outra lição vital é comunicação clara e eficiente dentro do SisC² pois, a deficiência na troca de informações entre os diferentes níveis de comando durante o incidente do voo 655 exacerbou a situação, evidenciando a necessidade de protocolos mais robustos e menos suscetíveis a falhas. Frise-se que a clareza na comunicação é essencial porque garante que os elementos essenciais sejam transmitidas de maneira precisa e oportuna, evitando mal-entendidos que podem comprometer a missão e aumentar o risco de acidentes.

Por fim, percebe-se o valor de uma avaliação contínua e atualização dos SisC², bem como sistemas e procedimentos devem ser regularmente revisados e aperfeiçoados à luz de novos desafios e aprendizados, garantindo que estejam sempre alinhados com as melhores práticas e as necessidades operacionais. Além disso, a atualização contínua dos sistemas assegura que as forças armadas mantenham uma vantagem tecnológica e operacional, adaptando-se rapidamente às mudanças no cenário de ameaças.

As lições extraídas deste evento revelam a complexidade e a importância dos sistemas de C² em operações militares modernas. A necessidade de interfaces simplificadas, treinamentos contínuos, comunicações eficientes e revisões regulares

dos sistemas destaca-se como essencial para a eficácia operacional e a minimização de erros. Essas reflexões sobre as falhas e as melhorias potenciais nos sistemas de C² não apenas fornecem um entendimento profundo das dinâmicas envolvidas, mas também preparam o terreno para uma análise comparativa mais abrangente.

3.4. Conclusões parciais

Neste capítulo, examinamos o incidente do voo 655 da Iran Air para entender as vulnerabilidades nos SisC² modernos. O abate do Airbus A300 pelo USS Vincennes destacou as limitações na interação entre tecnologia avançada e a capacidade de decisão sob pressão.

Detalhamos o contexto histórico do incidente e analisamos as falhas críticas na tomada de decisão e comunicação. Exploramos as deficiências presentes no SisC² do USS Vincennes, ressaltando a necessidade de equilibrar automação e capacidade decisória.

Por fim, discutimos as consequências e aprendizados do incidente, enfatizando a importância de SisC² que integrem estrutura e o processo decisório, assegurando operações militares mais seguras e bem-sucedidas.

No próximo capítulo, procederemos à comparação entre os casos da Batalha de Midway e do incidente do voo 655 da Iran Air. Essa análise permitirá identificar semelhanças e diferenças nas abordagens de C², avaliar o impacto dos avanços tecnológicos na eficiência dos sistemas e extrair lições valiosas para futuras operações navais. Ao contrastar esses eventos históricos, buscaremos entender melhor como os sistemas de C² influenciaram os resultados e quais melhorias podem ser implementadas para otimizar o desempenho em situações críticas.

4. COMPARAÇÃO ENTRE OS CASOS

Este capítulo realiza uma análise comparativa entre a Batalha de Midway e o incidente do voo 655 da Iran Air, visando identificar as semelhanças e diferenças nas abordagens dos SisC² em ambos os eventos. A comparação visa destacar como o desenvolvimento técnico-científico e o processo de tomada de decisão influenciaram os resultados das operações militares e quais lições podem ser extraídas para aprimorar os sistemas contemporâneos.

O capítulo é organizado em três seções principais, a primeira seção analisa as semelhanças e diferenças nas abordagens de C² empregadas nos dois eventos. Serão comparadas a estrutura de C², os processos decisórios, a integração de tecnologias e a coordenação entre as unidades operacionais. A seção destacará como a liderança, a inteligência e a comunicação desempenharam papéis decisivos em cada caso, evidenciando as melhores práticas e as falhas observadas.

A segunda seção reflete sobre o impacto dos recursos de última geração na eficiência dos SisC². Nela serão discutidos seus benefícios e limitações nas operações militares, enfatizando a necessidade de um equilíbrio entre a automação da obtenção de dados por meio de sistemas modernos e as limitações do decisor em adquirir a consciência situacional. Será considerado como se deu sua influência na tomada de decisão, na comunicação e na execução das operações em ambos os casos, destacando os fatores que contribuíram para o sucesso ou fracasso das missões.

A terceira seção conclui o capítulo com uma síntese das lições aprendidas e as recomendações para o aprimoramento dos SisC² contemporâneos. A reflexão final abordará como as experiências de ambos os casos podem informar o desenvolvimento de estratégias e doutrinas mais eficazes para operações militares futuras. Serão destacadas as melhores práticas, as áreas de melhoria e as implicações práticas para as forças armadas contemporâneas, a fim de garantir uma maior resiliência em contextos operacionais complexos.

4.1. Semelhanças e Diferenças nas Abordagens de C²

Analisar as semelhanças e diferenças entre os dois eventos é essencial para compreender como diferentes abordagens de C² podem impactar os resultados das

operações militares. Portanto, identificar esses fatores oferece lições valiosas para o desenvolvimento e aprimoramento dos SisC² no futuro.

4.1.1. Integração de Tecnologia e Informação

A integração eficaz de tecnologia e informação é fundamental para a operação de SisC² ao entregar aos diversos níveis da cadeia de comando a percepção atualizada do ambiente operacional em quantidade e qualidade adequadas. Na Batalha de Midway, a evolução dos equipamentos desempenhou um papel central com a decodificação de comunicações japonesas, permitindo aos EUA obter uma vantagem estratégica decisiva. Em contrapartida, no incidente do voo 655, o Sistema de Combate Aegis proporcionou capacidades avançadas de detecção e rastreamento.

Nesse sentido, enquanto em Midway o progresso técnico foi usado como um complemento ao processo como um todo, com uma análise criteriosa das informações de inteligência orientando as decisões, no USS Vincennes a dependência excessiva do Sistema Aegis, combinada com uma interface homem-máquina inadequada e sem integração, levou a uma interpretação errônea dos dados e a uma decisão trágica.

Na Batalha de Midway, a utilização acertada das informações de inteligência, possibilitadas pelas inovações da época, permitiu decisões estratégicas bem fundamentadas. Já no incidente do voo 655, a falha na interação humano-máquina e a confiança excessiva nas respostas do Sistema Aegis expuseram as vulnerabilidades e desequilíbrio do SisC² do Vincennes. Isso ressalta a necessidade de desenvolver inovações que complementem e não substituam a capacidade de avaliação e julgamento dos operadores, garantindo interfaces intuitivas e treinamento adequado.

Dentro desse contexto, a análise desses casos revela que a integração de tecnologia e informação é mais eficaz quando aquela serve para complementar e reforçar o processo decisório. A Batalha de Midway exemplifica o sucesso dessa integração, onde as soluções de ponta foram utilizadas como ferramentas, enquanto o incidente do voo 655 demonstra os riscos de uma dependência excessiva nas repostas do Aegis sem uma interface intuitiva e um treinamento adequado. Esses eventos enfatizam a importância de soluções que não apenas avance em capacidades técnicas, mas também garantam decisões informadas e precisas.

4.1.2. Processo Decisório e Autoridade

O processo decisório e a autoridade são elementos centrais dos SisC², influenciando diretamente a eficácia das operações militares. Em ambos os eventos, a autoridade estava claramente definida, e os líderes tinham a responsabilidade de tomar decisões vitais sob pressão. No entanto, a natureza e a qualidade dessas decisões variaram consideravelmente.

Na Batalha de Midway, o Almirante Nimitz demonstrou liderança decisiva e confiança nas informações de inteligência, resultando em uma estratégia bem-sucedida. No incidente do voo 655, o comandante do USS Vincennes também tinha autoridade decisória, mas a pressão do combate e a interpretação equivocada dos dados levaram a decisões precipitadas. Assim, enquanto em Midway, as decisões foram baseadas em análises detalhadas e em um plano operacional bem estruturado, resultando em uma execução eficaz, no caso do voo 655, a decisão de engajar a aeronave foi tomada rapidamente, sem a devida confirmação visual ou comunicação clara, refletindo uma falha no treinamento e na preparação para lidar com situações de alta tensão.

Interessante consignar que a robustez do processo decisório em Midway, sustentada por liderança informada e um plano bem estruturado, contrasta com a precipitação e a falta de confirmação no caso do voo 655. A análise revela a importância de um processo decisório fundamentado em dados confiáveis e em um ambiente que favoreça a calma e a clareza, mesmo sob pressão, haja vista que o estresse do combate no voo 655 evidenciou a necessidade de treinamento que prepare os operadores para manter a eficácia decisória em situações extremas.

4.1.3. Estrutura e Flexibilidade do C²

A estrutura e a flexibilidade dos SisC² são determinantes para a capacidade de adaptação e resposta eficaz em cenários operacionais. Ambos os SisC² abordados foram projetados para incluir pessoal, instalações, equipamentos e tecnologias necessários para apoiar operações complexas. A flexibilidade do C² foi essencial para a adaptação às condições mutáveis dos TO em ambos os casos.

Contudo, a eficácia da estrutura de C² variou significativamente. Em Midway, a estrutura de C² dos EUA foi altamente eficaz devido à integração coesa de suas componentes e à capacidade de adaptação rápida às mudanças no campo de batalha. A coordenação entre as unidades de inteligência e as forças operacionais permitiu uma execução eficiente das estratégias planejadas. Em contraste, no incidente do voo 655, a estrutura de C² do USS Vincennes mostrou-se inadequada para lidar com a complexidade e a velocidade das decisões exigidas. A falta de flexibilidade na interface homem-máquina e a falha na comunicação interna resultaram em uma interpretação errônea dos dados, levando a uma decisão desastrosa.

A estrutura coesa e flexível do C² em Midway permitiu uma adaptação rápida e às condições dinâmicas do combate, destacando a importância de uma integração robusta entre as várias componentes do sistema. No caso do voo 655, a estrutura rígida e a falta de flexibilidade resultaram em falhas críticas na interpretação de dados e na tomada de decisões. Revela-se a necessidade de SisC² que sejam adaptáveis e capazes de integrar rapidamente informações de várias fontes para suportar decisões precisas e informadas.

4.1.4. Interação Humano-Máquina

A interação entre operadores e equipamentos é um componente essencial dos SisC², influenciando diretamente o resultado das operações e a precisão das decisões. Em ambos os casos estudados, a influência mútua foi fundamental para a operação dos SisC². Enquanto uma vertente dessa relação possibilitou a coleta de informação a outra deveria se debruçar sobre a sua análise.

Na Batalha de Midway, ainda que de forma inicial, a interação entre sistemas e equipamentos de tecnologia avançada e os militares se destacou pela eficácia da conexão estabelecida. Sob a liderança de Nimitz, cuja capacidade de análise rigorosa das informações de inteligência foi vital, as capacidades disponíveis foram utilizadas de maneira hábil. Isso não apenas garantiu o sucesso da operação, mas também evidenciou a importância de interfaces intuitivas para a viabilidade da análise das informações obtidas, essencial para a conclusão do ciclo decisório.

Por outro lado, no USS Vincennes, a interação humano-máquina foi marcada pela avaliação superficial dos dados obtidos. A interface complexa e não intuitiva do

Sistema Aegis dificultou a interpretação correta dos dados sob pressão, levando a uma decisão errônea. A falta de treinamento adequado e de uma interface amigável contribuíram para a tragédia.

Ainda no caso do voo 655, as falhas na interface e no treinamento dos operadores evidenciam os riscos de uma dependência excessiva na tecnologia sem a devida consideração das capacidades e limitações humanas. Assim, o desenvolvimento de SisC² devem buscar não apenas avanços técnicos, mas também adaptá-los às capacidades cognitivas dos operadores para garantir decisões precisas e corretas em ambiente de combate intenso.

4.1.5. Comunicação

A comunicação é central para o funcionamento dos SisC², garantindo que informações precisas sejam transmitidas e compreendidas em tempo hábil. Em ambos os casos, a comunicação desempenhou um papel fundamental na coordenação das operações e na transmissão de informações-chave bem como influenciou diretamente a capacidade de resposta e a tomada de decisões.

Na Batalha de Midway, a comunicação foi bem coordenada, com um fluxo eficiente de informações entre as unidades de inteligência e as forças operacionais, o que permitiu uma execução bem-sucedida do Plano Operacional. Essa clareza e precisão foram vitais para o sucesso das operações. Em contraste, no incidente do voo 655, a comunicação falhou em diversos níveis, exemplificado pela tentativa inadequada de estabelecer contato com a aeronave usando frequências erradas, evidenciando a falta de interoperabilidade entre os sistemas de comunicação militar e civil. Essa falha contribuiu para a decisão equivocada de abater o avião, enfatizando a necessidade de melhorar os protocolos de comunicação e garantir a compatibilidade entre diferentes sistemas. Assim, é evidente que uma comunicação clara e eficaz é essencial para evitar mal-entendidos e decisões precipitadas, especialmente em situações que demandam uma rápida resposta.

4.1.6.Cultura Organizacional

A cultura organizacional influencia como as decisões são tomadas e como os SisC² são operados. Portanto, analisar a cultura organizacional nos dois casos ajuda a entender as diferenças nos resultados. Além disso, ambos os casos demonstram a influência da cultura organizacional na operação dos SisC², já que a cultura de liderança e tomada de decisão impactou diretamente a eficácia das operações.

Na Batalha de Midway, a cultura organizacional da Marinha estadunidense valorizava a iniciativa e a tomada de decisão descentralizada, permitindo que os comandantes no campo adaptassem suas ações às condições em mudança. Essa flexibilidade cultural, portanto, contribuiu para extrair os melhores resultados do SisC².

Em contraste, no incidente do voo 655, a cultura organizacional era mais rígida, com uma forte dependência da tecnologia e menos ênfase na flexibilidade e na adaptação. Essa rigidez contribuiu para a falta de discernimento e para a tomada de decisões precipitadas em momentos de elevado estresse.

Assim, a cultura organizacional flexível e adaptável em Midway permitiu uma tomada de decisão correta e responsiva às condições dinâmicas do TO. Por outro lado, a rigidez cultural no caso do voo 655, combinada com uma sujeição excessiva nos equipamentos, resultou em decisões precipitadas e mal-informadas. A análise sugere que uma cultura organizacional que valorize a iniciativa, a adaptabilidade e o julgamento baseado em treinamento é essencial para o sucesso dos SisC² em situações complexas e de alta pressão.

4.2. Reflexão sobre o Impacto dos Avanços Tecnológicos na Eficiência do C²

É bem verdade que avanços no campo técnico têm um impacto significativo na eficiência dos SisC²; no entanto, seu sucesso depende do equilíbrio entre a capacidade de adaptação e as condições operacionais e táticas. Por exemplo, na Batalha de Midway, melhorias como a decodificação de comunicações e o uso de radar foram integradas de maneira eficaz com a avaliação dos analistas. Além disso, a liderança do Almirante Nimitz e a capacidade de análise crítica das informações de inteligência permitiram que os EUA antecipassem e neutralizassem os planos japoneses, resultando em uma vitória estratégica. Portanto, a combinação de recursos

inovadores e julgamento humano bem fundamentado mostrou-se fundamental para o sucesso. Assim, os recursos técnicos foram utilizados como ferramentas para complementar e reforçar as decisões baseadas em cognição e liderança.

No incidente do voo 655, a confiança excessiva nos sistemas avançados do Sistema Aegis e a falha na interação humano-máquina resultaram em uma tragédia, tendo a complexidade do sistema e a falta de uma interface intuitiva dificultado a interpretação correta dos dados. Mais uma vez, este caso destaca a necessidade de desenvolver SisC² que sejam não apenas avançados tecnicamente, mas também intuitivos e ajustados às capacidades cognitivas dos militares, pois a falha em equilibrar recursos técnicos com discernimento foi decisiva para o desfecho negativo.

Em contraste, os avanços em Midway, como a decodificação de comunicações e o uso de radar, demonstraram como esses recursos podem ser um multiplicador de força quando utilizados corretamente. Por certo que a liderança eficaz e a análise crítica das informações permitiram que os EUA utilizassem esses meios para tomar decisões estratégicas bem fundamentadas. Isso destaca a importância de usar os avanços técnicos como um complemento ao julgamento, não como um substituto.

A propósito, o incidente do voo 655 mostrou os perigos da dependência excessiva em sistemas complexos sem uma integração adequada com uma análise consistente. No momento de intensidade da batalha, o Sistema Aegis revelou enormes detalhes de dados que os oficiais não puderam interpretar corretamente. Assim, não resta dúvidas que a falta de interfaces intuitivas dificultou a interpretação correta dos dados, resultando em uma decisão trágica.

A reflexão sobre esses casos revela que os avanços técnicos, por si só, não garantem a eficácia dos SisC². A integração equilibrada de recursos inovadores e julgamento humano é central para o sucesso. Em Midway, essa integração foi alcançada com êxito, resultando em decisões informadas e bem-sucedidas. No incidente do voo 655, a dependência excessiva em sistemas e a falta de interfaces intuitivas expuseram as limitações dos decisores e resultaram em um erro trágico.

Por fim, a análise destaca a importância de investir em treinamento adequado para preparar os operadores para utilizar esses recursos de maneira eficaz. Programas de treinamento robustos e simulações realistas são essenciais para garantir que os operadores estejam prontos para tomar decisões críticas em situações de alta pressão. A combinação de sistemas avançados com um treinamento eficaz e

uma cultura organizacional que valorize o julgamento humano e a adaptabilidade é fundamental para o desenvolvimento de SisC² resilientes e eficientes.

A tabela a seguir resume os principais aspectos dos SisC² utilizados na Batalha de Midway e no incidente do voo 655 da Iran Air, destacando as diferenças estruturais, tecnológicas e de decisão que influenciaram os resultados de cada operação.

Tabela 1 - Comparação dos Aspectos dos SisC² na Batalha de Midway e no Incidente do Voo 655 da Iran Air

Aspecto	Batalha de Midway	Incidente do voo 655 da Iran Air
Estrutura de C ²	Centralizada, com comando unificado	Descentralizada, com dependência tecnológica
Tecnologias Utilizadas	Inteligência de rádio, criptografia	Sistema de radar Aegis
Decisões Críticas	Baseadas em inteligência e liderança	Baseadas em dados tecnológicos
Resultado	Vitória estratégica para os EUA	Tragédia com perda de 290 vidas

Fonte: O Autor

A análise comparativa entre os casos estudados evidencia a complexidade e os desafios inerentes aos SisC². A Batalha de Midway exemplifica o sucesso de um sistema onde inovações técnicas foram corretamente integradas, permitindo aos seus operadores tomarem decisões bem fundamentadas e executarem as ações de forma coordenada. Em contraste, o incidente do voo 655 sublinha as graves consequências de falhas na interação humano-máquina e na comunicação, destacando a necessidade de uma integração mais harmoniosa entre recursos técnicos e capacidades humanas.

As lições extraídas desses eventos evidenciam a necessidade de desenvolvimento contínuo de SisC² que sejam adaptados aos ambientes operacionais contemporâneos. O sucesso desses sistemas não depende apenas de avanços técnicos, mas também da sua capacidade de fornecer ao decisor dados e informações seguras e adequadas para a tomada de decisão.

Além disso, o treinamento robusto e realista é essencial para preparar os operadores a utilizar esses recursos de maneira eficaz sob pressão, assegurando que possam tomar decisões de forma precisa e rápida. A comunicação eficaz e interoperável entre diferentes níveis e entidades operacionais também se revela

indispensável para evitar mal-entendidos e garantir a coordenação eficiente das ações.

Portanto, a integração equilibrada entre soluções de ponta e julgamento humano, juntamente com uma cultura organizacional que valorize a adaptabilidade e a iniciativa, constitui a base para SisC² eficientes e eficazes. Aprender com as vitórias e os erros do passado é imperativo para moldar futuros SisC² que possam enfrentar com sucesso os desafios complexos do século 21, garantindo operações militares seguras e bem-sucedidas.

4.3. Conclusões parciais

Neste capítulo, comparamos a Batalha de Midway e o incidente do voo 655 da Iran Air para identificar semelhanças e diferenças nas abordagens dos SisC². Analisamos como as inovações técnicas e o julgamento humano influenciaram os resultados das operações militares.

Ao comparar as abordagens de C², destacamos a estrutura, os processos decisórios e a integração de soluções avançadas. Refletimos sobre os benefícios e limitações dos recursos técnicos, sublinhando a importância de equilibrar automação e julgamento humano.

Concluimos com uma síntese das lições aprendidas e recomendações para aprimorar os SisC² contemporâneos, garantindo maior resiliência e eficácia em contextos operacionais complexos. No capítulo seguinte, a conclusão, exploraremos as implicações dessas lições aprendidas para o desenvolvimento de SisC² modernos e futuros, enfatizando a necessidade de equilibrar inovações de ponta e julgamento humano, liderança estratégica informada e comunicação eficaz.

5. CONCLUSÃO

A análise comparativa dos SisC² utilizados na Batalha de Midway e no incidente do voo 655 da Iran Air oferece uma visão ampla sobre a eficácia e as falhas desses sistemas em contextos históricos distintos, destacando as complexidades na integração entre tecnologia avançada e julgamento humano. A questão de pesquisa central — "Quais foram os elementos decisivos para as divergências nos resultados da Batalha de Midway e do incidente do voo 655 da Iran Air à luz dos SisC² implementados?" — é respondida através da análise desses eventos.

A pesquisa destaca diversas áreas que merecem investigação adicional. Se faz mister explorar mais a fundo as interfaces homem-máquina nos SisC², especialmente em situações de combate. Investigações futuras devem se concentrar no desenvolvimento de sistemas que aprimorem a coleta e disseminação de informações, sejam intuitivos e reduzam a carga cognitiva dos operadores. Além disso, estudos podem analisar o impacto de diferentes modelos de treinamento em cenários simulados, avaliando a eficácia de várias metodologias na preparação dos operadores para cenários reais de conflito.

No capítulo que aborda a Batalha de Midway, observamos que um SisC² bem estruturado e flexível pode converter a superioridade informacional em uma vantagem estratégica decisiva. O sucesso dos EUA em interceptar e decifrar comunicações japonesas, aliado à liderança perspicaz do Almirante Nimitz, permitiu uma adaptação rápida e eficaz às condições dinâmicas do TO, culminando em uma vitória que alterou significativamente o curso da guerra no Pacífico. A integração eficaz entre tecnologias e discernimento humano, a clareza na comunicação e a adaptabilidade do SisC² foram fundamentais para o desfecho positivo dessa operação.

No capítulo seguinte, o incidente do voo 655 da Iran Air expõe as vulnerabilidades e os riscos de um SisC² excessivamente dependente de sistemas automatizados, sem a devida consideração das limitações humanas. A tragédia resultante de uma interpretação errônea dos dados pelo sistema Aegis e de falhas na comunicação ressalta a necessidade de interfaces homem-máquina intuitivas e de treinamento adequado para os operadores. A pressão do combate e a falta de clareza nas comunicações exacerbaram as deficiências do sistema, levando a uma decisão catastrófica que sublinha a importância do equilíbrio equipamento-operador.

A comparação desses dois casos no capítulo final evidencia que a eficácia do SisC² é influenciada pela forma como os recursos tecnológicos são integrados, a qualidade da inteligência e a clareza do processo decisório. A Batalha de Midway demonstra como a integração eficiente de recursos técnicos no C² pode ampliar a capacidade operacional, enquanto o incidente do voo 655 ilustra os riscos de uma dependência excessiva em sistemas automatizados sem a adequada compreensão e protocolos de verificação. Essa dicotomia destaca a necessidade de SisC² que promovam a harmonia entre recursos de ponta e análise crítica, garantindo que as inovações tecnológicas robusteçam e não substituam o processo decisório.

Comparando os dois casos, fica evidente que o sucesso dos SisC² não depende apenas de avanços técnicos, mas da capacidade desses sistemas de complementar e reforçar o ciclo decisório. A liderança estratégica, sustentada por processos informados e estruturados, revelou-se indispensável para a eficácia do C². A integração equilibrada entre recursos técnicos e julgamento humano, juntamente com uma cultura organizacional que valorize a adaptabilidade e a iniciativa, constitui a base para SisC² que operam com sucesso e de maneira produtiva.

As lições aprendidas com esses eventos são aplicáveis à evolução dos SisC² contemporâneos, sublinhando a importância de desenvolver soluções que não apenas avancem em termos técnicos, mas que também sejam intuitivas e adaptadas às capacidades cognitivas dos operadores. A ênfase em um treinamento robusto e realista, que prepare os operadores para situações de alta pressão, é essencial para garantir decisões críticas informadas e precisas. Além disso, a comunicação clara e eficaz entre diferentes níveis e unidades operacionais deve ser priorizada para evitar mal-entendidos e garantir a coordenação eficiente das ações.

Concluindo, o estudo comparativo entre a Batalha de Midway e o incidente do voo 655 da Iran Air nos oferece lições valiosas sobre o desenvolvimento e a implementação de SisC². O equilíbrio entre tecnologias de ponta com a intuição, o raciocínio, o treinamento, a liderança informada e a comunicação eficaz é essencial para a eficácia desses sistemas. Aprender com as vitórias e os erros do passado é imperativo para moldar futuros SisC² que possam enfrentar com sucesso os desafios complexos do século 21, assegurando operações militares seguras e bem-sucedidas.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, David S.; HAYES, Richard E. **Power to the Edge: command... control...** in the information age. Washington, DC: Office of the Assistant Secretary of Defense Command and Control Research Program, 2003. 259 p.

ALBERTS, David S.; HAYES, Richard E. **Understanding Command and Control.** Washington, DC: CCRP, 2006.

ALLARD, Kenneth. **Command, Control, and the Common Defense.** Washington, DC: National Defense University, 1996.

BJORKLUND, Raymond C. **The Dollars and Sense of Command and Control.** Washington, DC: National Defense University, 1995.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD31-M-03: Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle.** Brasília, DF: Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, 2015.

BUILDER, Carl H.; BANKES, Steven C.; NORDIN, Richard. **Command Concepts: a theory derived from the practice of command and control.** Washington, DC: Rand, 1999.

COAKLEY, Thomas P. **Command and Control for War and Peace.** Darby: Diane Publishing, 1992. 221 p.

CUSHMAN, John. **Communication Systems in Military Operations.** RAND, jan. 1991. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2024/january/wartime-command-control>>. Acesso em: 09 abr. 2024.

EVANS, David. **Vincennes: A Case Study.** Proceedings Magazine, vol. 119/8/1.086, ago. 1993. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1993/august/vincennes-case-study>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

GRUNER, William. **The Vincennes Incident: A Military Misjudgment.** Naval War College Review, 1990.

HONE, Trent. **Mastering the Art of Command: Admiral Chester W. Nimitz and Victory in the Pacific.** Annapolis, MD: Naval Institute Press, 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Report on the shooting down of Iran Air Airbus A300B2-203 on 3 July 1988.** Disponível em https://reports.aviation-safety.net/1988/19880703-0_A30B_EP-IBU.pdf. Acesso em: 25 jun. de 2024.

KOLWICZ, Thomas. **O efeito colateral da tecnologia para o comando descentralizado.** Proceedings, vol. 146, n. 2, fev. 2020. Disponível em:

<<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2020/february/side-effect-tech-decentralized-command>>. Acesso em: 21 fev. 2024.

LECOMPTE, John. **A Importância do Radar na Segunda Guerra Mundial: A Batalha de Midway**. Nova York: Editora Histórica, 1992.

MACKE, Richard C. **Command and Control: The Warfighter's Glue**. Proceedings Magazine, vol. 139/1/1.319, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2013/january/command-and-control-warfighters-glue>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

MARINHA DO BRASIL. **Estado-Maior da Armada**. Doutrina Militar Naval (DMN). EMA-305. 1. ed. Brasília: Marinha do Brasil, 2017. 541 p.

MASSETTE, Sam L. **Battle of Midway, June 3-6: Naval History and Heritage Command**. Washington, DC: U.S. Navy, 2017. 80 p.

NEWLAND, John W.; TORNATORE, H. Gregory. **Introduction to Navy Command, Control, and Communications**. In: Navy Command, Control, and Communications - An Introduction. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1984.

POTTER, E. B. **Admiral Nimitz and the Battle of Midway**. Proceedings Magazine, vol. 102/7/881, jul. 1976. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1976/july/admiral-nimitz-and-battle-midway>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

STATION HYPO. **Radio Intelligence AAR USS Yorktown: Battle of Midway**. Station Hypo, 08 abr. 2022. Disponível em: <<https://stationhypo.com/2022/06/04/radio-intelligence-aar-uss-yorktown-battle-of-midway/>>. Acesso em: 08 abr. 2024.

SWIFT, Scott. **Comando e controle em tempo de guerra**. Proceedings, Annapolis, v. 150, n. 1, p. 1-451, jan. 2024. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2024/january/wartime-command-control>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

SWIFT, Scott. **Master the Art of Command and Control**. Proceedings Magazine, vol. 144/2/1.380, fev. 2018. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2018/february/master-art-command-and-control>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

THACH, John S. "Jimmie". **Voando em uma Colmeia: Lutando Três no Midway**. Revista História Naval, v. 21, n. 3, jun. 2007. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/naval-history-magazine/2007/june/flying-beehive-fighting-three-midway>>. Acesso em: 09 abr. 2024.

TINGLE, Anthony. **The Human-Machine Team Failed Vincennes**. Proceedings Magazine, vol. 144/7/1,385. jul. 2018. Disponível em: <<https://www.usni.org/magazines/proceedings/2018/july/human-machine-team-failed-vincennes>>. Acesso em: 05 mar. 2024.

U.S. NAVY. **Naval History and Heritage Command**. Battle of Midway. Washington, D.C.: U.S. Navy, 2017.

VIDIGAL, Armando; ALMEIDA, Francisco Eduardo Alves de (Org.). **Guerra no mar: batalhas e campanhas navais que mudaram a História**. Rio de Janeiro: Record, 2009. 541 p.