

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

NOME COMPLETO: JOHNNY DAS NEVES BRAZ

TÍTULO: Interoperabilidade: A falta de Padronização de material de comunicações Interforças é um óbice?

PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

RIO DE JANEIRO, RJ
2020

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO

JOHNNY DAS NEVES BRAZ

**INTEROPERABILIDADE: A FALTA DE PADRONIZAÇÃO DO MATERIAL DE
COMUNICAÇÕES INTERFORÇAS É UM ÓBICE?**

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pelos professores responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, afim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

TÍTULO: INTEROPERABILIDADE: A FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS DE COMUNICAÇÕES INTERFORÇAS É UM ÓBICE?

AUTOR: JOHNNY DAS NEVES BRAZ
ORIENTADOR: MILTON LUIZ PAIVA DE LIMA

RESUMO

Este trabalho consiste em um estudo exploratório sobre o impacto da falta de padronização de material de comunicações, em Operações Conjuntas, no Corpo de Fuzileiros Navais (CFN). Através de procedimento bibliográfico e documental, abordando os conceitos do Sistema de Comunicações, Sistema de Comando e Controle e Interoperabilidade, a complexidade de se constituir um Sistema de Sistemas, demandas de novas arquiteturas Orientada a Objetos para integrar os sistemas e um quadro comparativo de equipamentos rádios táticos utilizados pelas Forças Armadas. A partir do que foi abordado, foi possível perceber os desafios do Ministério da Defesa (MD) em alcançar a interoperabilidade dos Sistemas de Comando e Controle das Forças Armadas, a necessidade de novas arquiteturas de sistemas obedecendo a padrões internacionais e do MD e entender que os rádios táticos apesar de obedecerem os padrões internacionais, os parâmetros de criptografia e antibloqueio eletrônico são critérios de cada fabricante. Adicionalmente, o estudo permitiu mostrar que o CFN está se modernizando para obter um sistema integrado de comando e controle e para se adaptar a guerra moderna.

PALAVRAS-CHAVE: Interoperabilidade. Comunicações. Interforças.

INTEROPERABILIDADE: A FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE MATERIAL DE COMUNICAÇÕES INTERFORÇAS É UM ÓBICE?

Johnny das Neves Braz¹

Declaro que sou autor(a)¹ deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços). “Deixar este texto no trabalho conforme se apresenta, fonte e cor vermelha”.

RESUMO - Este trabalho consiste em um estudo exploratório sobre o impacto da falta de padronização de material de comunicações, em Operações Conjuntas, no Corpo de Fuzileiros Navais (CFN). Através de procedimento bibliográfico e documental, abordando os conceitos do Sistema de Comunicações, Sistema de Comando e Controle e Interoperabilidade, a complexidade de se constituir um Sistema de Sistemas, demandas de novas arquiteturas Orientada a Objetos para integrar os sistemas e um quadro comparativo de equipamentos rádios táticos utilizados pelas Forças Armadas. A partir do que foi abordado, foi possível perceber os desafios do Ministério da Defesa (MD) em alcançar a interoperabilidade dos Sistemas de Comando e Controle das Forças Armadas, a necessidade de novas arquiteturas de sistemas obedecendo a padrões internacionais e do MD e entender que os rádios táticos apesar de obedecerem os padrões internacionais, os parâmetros de criptografia e antibloqueio eletrônico são critérios de cada fabricante. Adicionalmente, o estudo permitiu mostrar que o CFN está se modernizando para obter um sistema integrado de comando e controle e para se adaptar a guerra moderna.

PALAVRAS-CHAVE: Interoperabilidade. Comunicações. Interforças.

¹ fnjohnnynb@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias de comunicações vem permitindo aos combates modernos oportunidades e vantagens decisivas. Através da consciência situacional em amplo espectro, sistemas com inteligência artificial, análise e tráfego de dados em larga escala e sistemas com “*Internet of Things*” (IoT), as Forças Armadas vêm se modernizando para operar em rede e de forma conjunta.

Contudo, o princípio das comunicações ainda consiste em um transmissor, um receptor, a mensagem e o meio de transmissão. Entretanto, torna-se notório a evolução das formas de criptografia, do aumento de funcionalidades, na qual é possível transmitir voz e dados ao mesmo tempo, melhoria nos componentes físicos, tornando-os mais resistentes às condições climáticas e aos modos de utilização.

Entretanto, foi necessário, através dos órgãos internacionais, a padronização dos componentes de “*software*” e “*hardware*” para que as tecnologias de comunicações se tornassem interoperáveis. E ainda existem diversos desafios referente às padronizações de “*software*” e à dependência das tecnologias de informação para que os meios de comunicações atinjam a interoperabilidade.

O exposto anteriormente evidencia a necessidade das Forças Armadas operarem em rede e de forma interoperável e tal fato é uma das motivações desse trabalho. Também é muito importante considerar a seguinte questão: qual seria o impacto da falta de padronização do material de comunicações no Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) em Operações Conjuntas, na qual exigem interoperabilidade entre os Sistemas de Comando e Controle?

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é analisar o impacto, no Corpo de Fuzileiros Navais, da falta de padronização de material de comunicações em proveito das Operações Conjuntas na qual exigem interoperabilidade interforças.

São propostos três objetivos específicos.

Explicar o Sistema de Comunicações do CFN, abordando os principais conceitos, características, possibilidades e principais equipamentos, além de explicar sua relação com o Sistema de Comando e Controle.

Descrever os principais conceitos do Sistema de Comando e Controle abordando suas características, possibilidades e limitações, além de descrever os principais conceitos de Interoperabilidade abordando suas camadas e subdivisões.

Analisar o impacto da falta de padronização de material de comunicações no Sistema de Comunicação e Sistema de Comando e Controle do CFN e sua relação com as outras Forças Armadas.

3. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo da pesquisa exploratória, será realizado uma pesquisa básica, com análise qualitativa e um procedimento bibliográfico e documental. Para tanto, serão utilizadas as publicações do Ministério da Defesa e das Forças Armadas, além das principais referências bibliográficas sobre o assunto de interoperabilidade.

Como hipótese básica, acredita-se que somente a padronização do material de comunicações não será suficiente para alcançar a interoperabilidade interforças. Além da padronização dos requisitos de “software” e “hardware” para que os equipamentos de comunicações se comuniquem, é necessária uma infraestrutura de tecnologia de informações (TI) para que operem em rede e tornem os Sistemas de Comando e Controle interoperável.

Cabe destacar que o Sistema de Comunicações do CFN é mobiliado pelo Batalhão de Comando e Controle (BtlCmndoCt), nas quais foram atribuídas tarefas de instalar, operar, manter e proteger o sistema de comunicações. Esse sistema consiste em equipamentos de comunicações rádios com capacidade de operar em rede com a finalidade de manter um fluxo contínuo de informações entre o Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNAv) e os Escalões subordinados.

Portanto, o Sistema de Comunicações é um sistema dentre outros sistemas do Sistema de Comando e Controle. O Sistema de Comando e Controle, além do Sistema de Comunicações, conta também, com Sistema de Tecnologia de Informações, Sistema de Comunicações por Satélite, Sistema de Apoio de Fogo entre outros. Portanto, o Sistema de Comando e Controle é mobiliado, além do BtlCmndoCt, por outras Organizações Militares (OM).

Como características principais o Sistema de Comunicações tem como objetivo melhorar a consciência situacional, garantir a disponibilidade, integridade e confiabilidade das informações, permitindo, assim, que as decisões sejam tomadas de forma mais rápida.

Entretanto, para que o Sistema de Comunicações opere em rede, para que integre o Sistema de Comando e Controle ou até mesmo para que se torne

interoperável com outros Sistemas de Comando e Controle, faz-se necessário a utilização do Sistema de Tecnologia de Informações.

Pode-se perceber a importância da interoperabilidade por permitir que diversos sistemas troquem informações entre si. Se tratando de Operações interforças, essa interoperabilidade permite vantagens decisivas, além de uma melhor combinação dos meios. Porém, a interoperabilidade possui diversas camadas e subdivisões.

Quando se fala em requisitos de sistema ou do equipamento, existem diversos fabricantes que seguem padrões internacionais ou padrões estabelecidos por órgãos reguladores do setor. Como exemplo, tem-se a Motorola, Hytera Kenwood e ICOM como fabricantes de equipamentos rádio de tecnologia duo; Harris e Elbyt Systems (Tadiran) como fabricantes de equipamentos militares; e grandes empresas de TI como CISCO, IBM, Amazon e outros.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Sistema de Comunicações

Segundo o CGCFN-61 (2008), as comunicações efetuadas pelas OM da Marinha do Brasil, são denominadas Comunicações Navais e visam servir ao comando fazendo com que sua voz alcance todos os elementos subordinados.

Além disso, de acordo com Medeiros (2016), entende-se por sistema de comunicações o conjunto de equipamentos elétricos e eletrônicos necessários para estabelecer enlaces de comunicações entre dois pontos distantes, como, por exemplo, equipamentos rádios, antenas e cabos.

Então, pode-se considerar que o Sistema de Comunicações Navais são meios elétricos e eletrônicos com o objetivo de estabelecer enlace de comunicações entre dois escalões em lugares distintos. Normalmente, essa ligação se dá do Escalão considerado para os escalões subordinados através de enlaces rádios, fios ou por satélite.

Portanto, o Sistema de Comunicações do CFN é mobiliado pelo Batalhão de Comando e Controle (BtlCmndoCt), nas quais foram atribuídas tarefas de instalar, operar, manter e proteger o sistema de comunicações. Esse sistema consiste em equipamentos de comunicações rádios ligados em rede com a finalidade de manter um fluxo contínuo de informações entre o Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais

(GptOpFuzNAv) e os Escalões subordinados, e por vezes com outros Sistemas de Comunicações militares.

A Estratégia Nacional de Defesa – END (2012) e a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle - MD31-M-03 (2015), ressaltam a importância e a necessidade de meios de comunicações modernas capazes de operar em rede. Além disso, o CGCFN-61 (2008) já destaca o importante papel do avanço das comunicações para alcançar o êxito nas operações.

Quando se aborda o tema comunicações modernas, refere-se à capacidade de transmitir voz e dados ao mesmo tempo. Portanto, os equipamentos rádios não só transmitem voz, como também, imagens, vídeos, realizam transmissão de vídeo em tempo real e de posicionamento GPS.

No entanto, devido a segurança e privacidade, esses equipamentos se utilizam de tecnologias de criptografias e salto de frequência. Outro ponto importante, segundo Filho (2017) em seu artigo, as funcionalidades tendem mais para ser definida em “*software*” e menos projetada em “*hardware*”.

Outra característica importante dos equipamentos modernos de comunicações é a robustez. Segundo Medeiros (2016), os equipamentos têm que ser submetidos a inúmeros testes rigorosos como fluatibilidade, vedação, teste de fungos, corrosão, resistência a quedas, pressão e temperaturas para corresponder as necessidades dos ambientes operacionais.

4.1.1 Requisitos essenciais do Sistema de Comunicações

De acordo com Medeiros (2015) deve-se buscar os requisitos essenciais para o sistema de comunicações. São eles:

- a) Confiabilidade: Entende-se como enlace de comunicações contínuo, portanto, deve-se prever redundância das comunicações para garantir a continuidade das comunicações.
- b) Qualidade: Está relacionado com a relação sinal/ruído e a distorção. Deve-se buscar a melhor qualidade do sinal possível.
- c) Segurança das comunicações: Visa dificultar o uso de nossas informações transmitidas pelo inimigo, para isso, deve-se adotar medidas de proteção dos enlaces como enlaces criptografados e com saltos de frequências.

d) Rapidez de resposta: É a relação do processo de chamada e a efetivação do enlace para a tramitação da mensagem. Este requisito depende muito do nível tecnológico dos equipamentos empregados no sistema.

e) Flexibilidade: É a capacidade do sistema realizar enlaces com outros sistemas, por exemplo, “o sistema de telefonia fixa além de enlaçar assinantes do próprio sistema, permite acesso ao sistema de telefonia móvel celular, à Internet” (MEDEIROS, 2016, p. 34).

Consoante com o pensamento de Medeiros, o CGCFN-61, considera como requisitos essenciais às Comunicações Navais a Confiança, Segurança, Rapidez, Flexibilidade e Integração. Praticamente os conceitos de Confiança, Segurança e Rapidez são equivalentes aos conceitos de Medeiros. Entretanto, a publicação considera como Flexibilidade a capacidade de utilização de meios alternativos para manter os enlaces de comunicações, define a Integração como a capacidade de um sistema de comunicações poder ter acesso a outros de interesse e não tem como requisito essencial a Qualidade.

4.1.2 Emprego dos meios do Sistemas de Comunicações Navais

Os sistemas mais utilizados do Sistema de Comunicações para integrar o Sistema de Comando e Controle do CFN são os sistemas de telefonia móvel celular, com os equipamento rádio móveis e suas estações rádio base -ERB, o sistema rádio em visibilidade, com os equipamentos VHF e UHF, sistema rádio em HF, com os equipamentos HF, e sistema de comunicação por satélite, através da SISCOMIS que provê Internet e telefonia de rede fixa e móvel (BRASIL, 2008).

De acordo com CGCFN-61, o Sistema de Comunicações Navais emprega os meios Ótico, Acústico, Elétrico e Postal para transmissão e recepção de mensagens. Entretanto, normalmente, como consta no CGCFN-60, no nível tático, nível organizacional do Sistema de Comando e Controle do CFN, são empregadas comunicações HF, VHF, UHF e por satélite.

4.1.3 Classificação dos Equipamentos de Comunicações

De acordo com o tipo da missão a ser realizada e das características das áreas de operações, é levantado quais os equipamentos rádios que irão atender a necessidade do sistema de comunicações. Então, cada equipamento rádio tem suas peculiaridades para atender os requisitos de confiabilidade, segurança, flexibilidade rapidez e integração como previsto na doutrina militar.

Medeiros (2016) classifica os equipamentos de comunicações:

- a) Quanto à instalação: pode ser fixa, geralmente instalada em edifício, veicular, instalada em veículos, ou portátil, pode ser transportada na mochila ou na mão.
- b) Quanto à montagem das partes (transmissor e receptor): pode ser com transmissor e receptor separados, normalmente utilizado em navios da Marinha do Brasil - MB, ou em um único volume, geralmente utilizados no CFN.
- c) Quanto ao número de canais de conversação: pode ser rádio monocal e rádio multicanal.
- d) Quanto às faixas disponíveis: pode ser classificada como monobanda , HF, VHF, UHF, banda dupla (win-band), VHF/UHF, Banda tripla (three-band), HF/VHF/UHF, e multibanda, denominação utilizada para designar um rádio ou antena que opera em mais de uma faixa de frequência.
- e) Quanto à modulação da onda portadora: pode ser CW, AM, FM e AM/FM.
- f) Quanto ao tipo de sinal de informação: pode ser de sinal analógico ou sinal digital.
- g) Quanto ao modo de geração da frequência de trabalho: pode ser frequência fixa, frequência memorizada ou frequência variável.

Então, o Sistema de Comunicações Navais é caracterizado por possuir sistemas de comunicações por satélite, telefonia, radiodifusão entre outros, com o objetivo de atender os requisitos essenciais. Desta forma, cada sistema possui um determinado tipo ou conjuntos de equipamentos rádios específicos para atender a necessidade ou o vulto da missão, bem como, as características das áreas de operações. Portanto, tona-se evidente, a complexidade do sistema de comunicações que integra o Sistema de Comando e Controle e que contribui para o contínuo fluxo de informações entre os escalões.

O Corpo de Fuzileiros Navais conta com um Sistema Integrado de Comando e Controle do Corpo de Fuzileiros Navais – SIC2CFN, é um sistema que tem por objetivo viabilizar as comunicações e, também, possibilitar a obtenção de dados e gerenciar as ações no na área de operações. Segundo a revista eletrônica Tecnologia & Defesa, o SIC2CFN é um sistema integrado que permite o gerenciamento das ações e esse sistema é constituído por módulos de Gestão do Campo de Batalha, de Artilharia, de Comunicações e de Guerra Eletrônica.

Outro ponto de destaque, é o Programa RDS-Defesa. É um programa do Ministério da Defesa e conta com a participação das três forças para contribuir com as comunicações táticas. O programa consiste no desenvolvimento de protótipos de

rádios definidos por “software” capaz de prover comunicações independentemente de protocolo de comunicações doutrinários. (Filho, 2017).

Diante do exposto, torna-se evidente a busca das forças armadas por equipamentos de comunicações mais eficientes e eficazes, com tecnologias avançadas e com possibilidade de integração. Essa necessidade por comunicações mais modernas decorre da necessidade de ter a maior quantidade de informações possíveis para tomada de decisões.

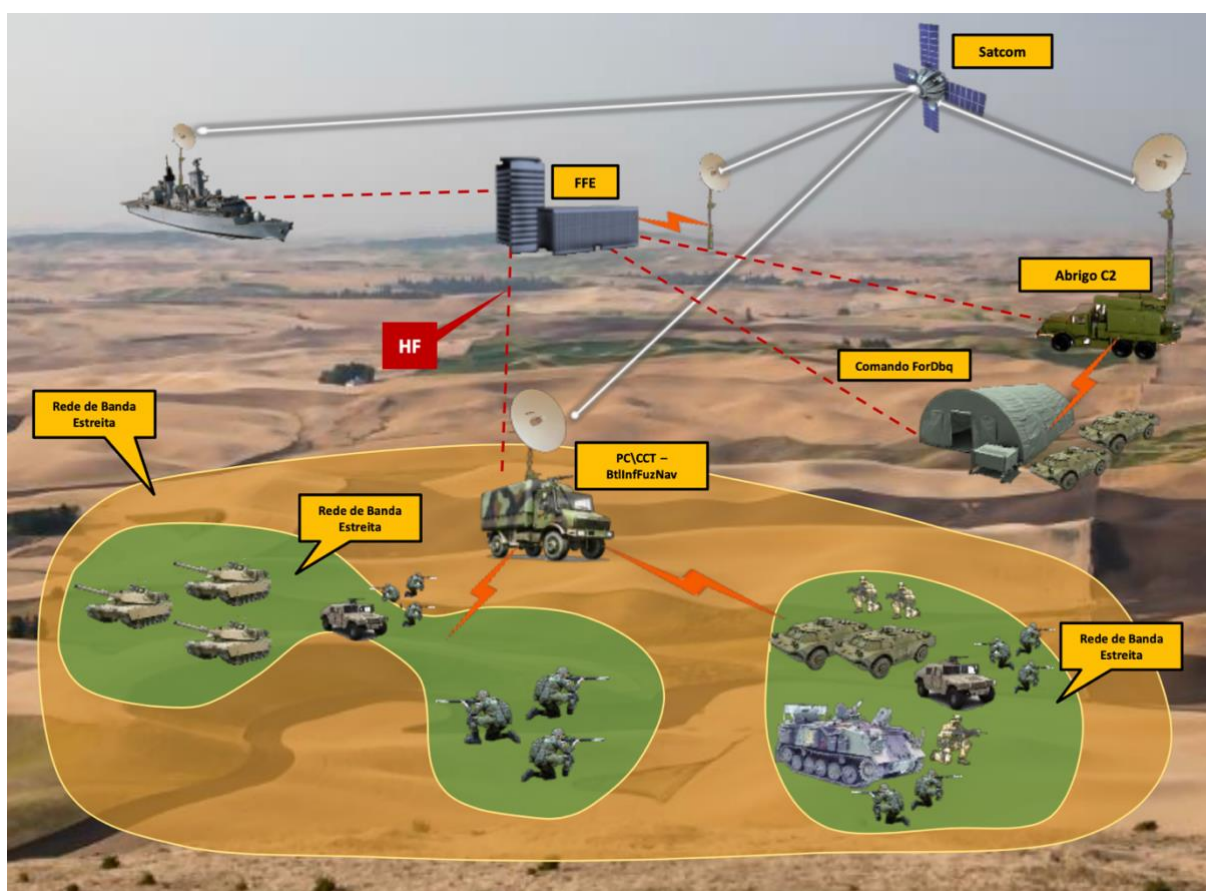


Figura 1 – Disposição básica do Sistema no amplo espectro

Fonte: Apresentação do curso operacional do SIC2CFN

4.2 Sistema de Comando e Controle e a Interoperabilidade

4.2.1 Sistema de Comando e Controle

Segundo a Doutrina do Sistema Militar de Comando e Controle (2015), Comando e Controle é conceituado como conhecimento sistematizado adquirido através de observações, identificação, pesquisas e explicações racionais de fatos ocorridos. Além disso, é conceituado, também, como conjunto de meios e procedimentos destinados a atingir uma determinada finalidade. Portanto, o

funcionamento da cadeia de comando e controle envolve a autoridade, o processo decisório e a estrutura.

A referida publicação ainda afirma que o Sistema de Comando e Controle é constituído por um Centro de Operações, local para planejamento e condução das atividades do escalão considerado, Centro de Comunicações e de Dados, permite gerenciar todo o fluxo de informações e seu armazenamento, Sistemas de Informação, em apoio ao planejamento, recursos de Tecnologia da Informação e Comunicações – TIC, que permite a integração dos sistemas.

Além disso, provê acesso à Rede Operacional de Defesa – ROD, Voz sobre IP – VoIP, Correio Eletrônico Operacional, Rede Privada Virtual (VPN), Redes de Comunicações, acesso seguro à Internet, Videoconferência e Sistemas de Apoio à decisão. Entretanto, o vulto de casa Sistema de Comando e Controle dependerá do vulto da missão, do escalão considerado e características da área de operação.

O Sistema Militar de Comando e Controle, sob a responsabilidade do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, abrange os sistemas de Comando e Controle das três forças, conforme esquematizado na Figura 2.

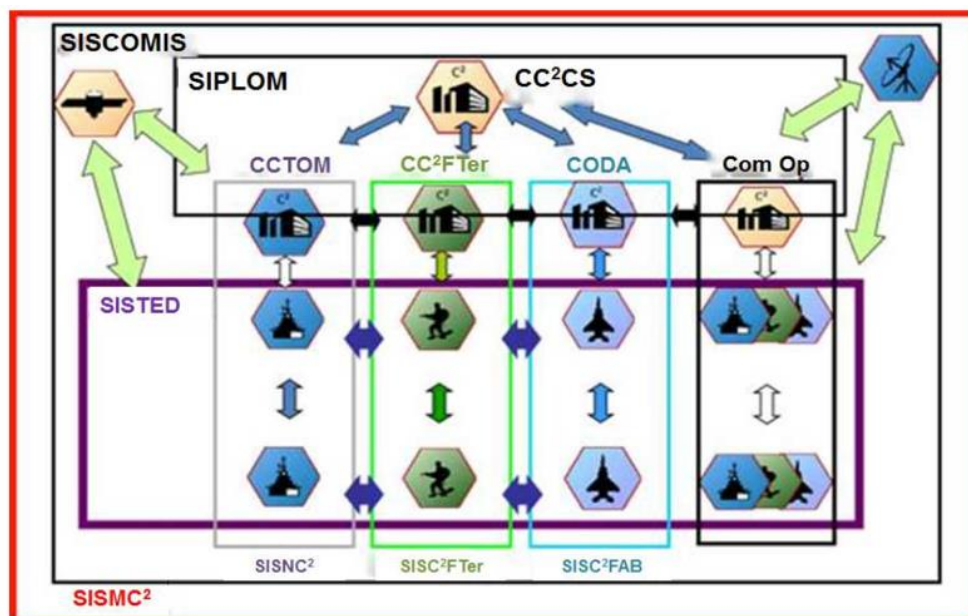


Figura 2 – Sistema Militar de Comando e Controle

Fonte: Manual de Campanha de Comando e Controle (2015)

Portanto, pode-se observar na figura 1 o Sistema Tático de Enlace de Dados – SISTED que tem como objetivo efetuar a interoperabilidade entre as forças no nível tático (BRASIL, 2015). Para atingir esse objetivo, segundo o Manual de Comando e

Controle do Exército (2015), “deverá ser concebido como um sistema de sistemas que integra os Sistemas de Tecnologia de Informação e Comando e Controle das forças.”

Outro destaque importante sobre comando e controle, a Marinha do Brasil juntamente com Exército Brasileiro e Força Aérea Brasileira vêm modernizando seus sistemas de monitoramento, SisGAAz, SISFRON e SIPAM/SIVAM, respectivamente, para se adequar às necessidades do combate moderno e para alcançar a interoperabilidade. De acordo com o artigo publicado no IEEE System Journal (2018), o SisGAAz é um Sistema de Sistemas com a finalidade de “monitorar e controlar de forma interoperável, a área marítima nacional, área internacionais de responsabilidade das operações de busca e salvamento”.

Portanto, torna-se evidente a necessidade de interoperabilidade entre os sistemas componentes dos Sistemas de Comando e Controle para troca de informações e melhora no processo da toma de decisão.

4.2.2 Interoperabilidade

De acordo com a Doutrina do Sistema Militar de Comando e Controle (2015), entende-se por interoperabilidade como a capacidade de os sistemas trocarem informações entre outros sistemas sem o comprometimento de suas funcionalidades.

Portanto, para um Sistema de Comando e Controle ser considerado interoperável, ele necessita trocar informações com outros Sistemas de Comando e Controle sem comprometer suas funcionalidades.

Segundo o Manual do Gestor (2012), interoperabilidade é uma característica na qual se refere à capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto de modo a permitir um fluxo contínuo de informações mais eficaz e eficiente entre os mesmos.

Portanto, para se alcançar a interoperabilidade os diversos sistemas do Comando e Controle e as diversas OM necessitam trabalhar em conjunto a fim de permitir vantagens decisivas no processo de tomada de decisão.

Segundo Sommerville (2018), sistema no seu sentido mais amplo “é uma coleção intencional de componentes inter-relacionados de diferentes tipos que trabalham juntos para prestar um conjunto de serviços para o dono do sistema e seus usuários”. Neste contexto, Miller (2000), elencou algumas subdivisões da interoperabilidade de forma a conceituar a interoperabilidade de acordo com cada sistema. As subdivisões são:

- a) Interoperabilidade Técnica: está relacionada aos aspectos técnicos que garantam um envolvimento contínuo no desenvolvimento de padrões de comunicação, transporte, armazenamento e representação de informações.
- b) Interoperabilidade Semântica: está relacionada com o significado das informações, como, por exemplo, a palavra “derrota” pode significar o caminho de um navio ou pode significar a perda de uma batalha.
- c) Interoperabilidade Política / Humana: independe da maneira de como a informação é descrita divulgada, a decisão de tornar os recursos mais amplamente disponíveis têm implicações para as organizações, para funcionários e usuários.
- d) Interoperabilidade Intercomunitária: foca no acesso à informação de ampla gama de fontes.
- e) Interoperabilidade Legal: leva em consideração os aspectos legais para divulgação das informações.
- f) Interoperabilidade Internacional: leva em consideração as normas e padrões internacionais.

A interoperabilidade deve ser o mais abrangente possível compreendendo todos os níveis (BRASIL, 2015). A Figura 3 apresenta uma representação da evolução da interoperabilidade.



Figura 3 – Evolução da interoperabilidade

Fonte: Doutrina para o Sistemas Militares de Comando e Controle (2015)

Outra característica importante da interoperabilidade é que ela pode ser dividida em sete camadas, segundo Tolk (2006), conforme indicado na Figura 4.

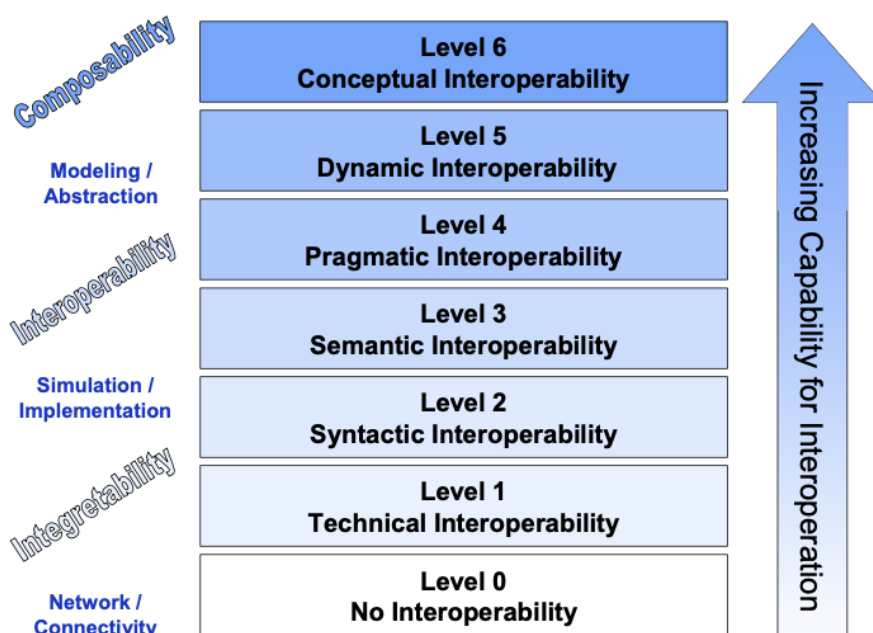


Figura 4 – Camadas da interoperabilidade

Fonte: <https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/>

A definição de cada nível, segundo Tolk (2006) – tradução nossa – é:

- a) Nível 0: Sistema sem interoperabilidade.
- b) Nível 1: No nível de interoperabilidade técnica, existe um protocolo de comunicação para troca de dados entre os sistemas participantes.
- c) Nível 2: O nível interoperabilidade sintática introduz uma estrutura comum para troca de informações.
- d) Nível 3: Se é usado um modelo de referência para troca de informações comuns, o nível de interoperabilidade semântica é atingido.
- e) Nível 4: A interoperabilidade pragmática é alcançada quando os sistemas interoperáveis estão cientes dos métodos e procedimentos que cada um está empregando.
- f) Nível 5: Se os sistemas atingiram a interoperabilidade dinâmica, então eles são capazes de compreender as mudanças de estado que ocorrem nas suposições e restrições que cada um está fazendo ao longo do tempo, e são capazes de tirar vantagem dessas mudanças.

g) Nível 6: As suposições e restrições da abstração proposital da realidade estão alinhadas, o nível mais alto de interoperabilidade é alcançado: Interoperabilidade conceitual.

Ainda de acordo com esse autor, além das camadas, é importante conceituar a Integrabilidade, Interoperabilidade e Componibilidade. Integrabilidade compreende os campos físicos e técnicos de ligação entre sistemas que incluem “*hardware*”, “*firmware*”, protocolos e outros; Interoperabilidade compreende os requisitos de “*software*” e implementação de interoperações a partir de elementos de dados com base de interpretação comum; Componibilidade compreende o alinhamento das questões de modelagem.

A Doutrina para o Sistemas Militares de Comando e Controle (2015) está alinhado com o pensamento de Tolk(2006) ao dividir em níveis a forma como dois ou mais sistemas irão trocar dados entre si. Porém, a primeira publicação considera somente cinco camadas, diferente de Tolk(2006) que considera sete. Essa diferença se dá devido às particularidades dos Sistemas de Comando e Controle. São elas:

- a) Nível 0: Sistema isolado (ambiente manual) – O Sistema não possui ou não permite conexões eletrônicas com outros sistemas. A transferência de informações ocorre somente por meio de ação humana, utilizando-se mídia transportável.
- b) Nível 1: Sistema conectado (ponto a ponto) – Sistema conectado (ponto a ponto) - Sistema conectado eletronicamente com outro sistema, de forma bilateral, capaz de transferir e receber informações.
- c) Nível 2: Sistema funcional (ambiente distribuído) – “Sistema conectado eletronicamente em rede, capaz de transferir e receber informações entre sistemas e aplicativos que possuam modelos de dados diferentes, independentemente de suas respectivas localizações na rede.
- d) Nível 3: Sistema interoperável por domínio (ambiente integrado) – Sistema conectado eletronicamente em rede, capaz de transferir e receber informações entre sistemas e aplicativos agrupados por domínio. Modelos de dados, regras de negócios e processos são estabelecidos por domínio. É permitida a interação direta entre bases de dados de diferentes domínios. É permitido o acesso à múltiplos usuários.
- e) Nível 4: Sistema interoperável por empreendimento (ambiente global) – Sistema conectado eletronicamente em rede. Todos os dados, informações, domínios, sistemas e aplicativos integrantes são compartilhados. É permitido o acesso à múltiplos usuários, simultaneamente.

Portanto, torna-se evidente que para se ter um sistema de comando e controle integrado será necessário a utilização de recursos de TI. Além do mais, para atingir a interoperabilidade é necessário atentar para todas as camadas e suas subdivisões; o Ministério da Defesa – MD adotou cinco camadas e a abrangência da interoperabilidade técnica à interoperabilidade organizacional. Essa abrangência decorre da definição do Sistema de Comando e Controle que compreende instalações, equipamentos, pessoal, processos e autoridades decisórias.

Diante do exposto acima, percebe-se que o SIC2CFN necessita de recursos de TI para integrar todos os seus módulos de Gestão do Campo de Batalha, de Artilharia, de Comunicações e de Guerra Eletrônica. Após o SIC2CFN atingir o nível 2 de interoperabilidade, deve alcançar o nível 3 para se tornar interoperável com outros sistemas de comando e controle da MB.

Então, conforme abordado no artigo de publicado no IEEE System Journal, “os sistemas interoperáveis na área de defesa foram amplamente utilizados como instâncias do Sistemas de sistemas – SoS.” (Filho, et al, 2018). Como exemplo, tem-se as cidades inteligentes, internet das coisas – IoT e Combate em múltiplos domínios.

Por fim, a guerra do futuro dependerá da capacidade de integrar os sistemas de comando e controle das Forças Armadas para garantir a superioridade em todos os domínios. Logo, essa integração deve começar desde o nível mais técnico como, por exemplo, os protocolos de comunicação ou requisitos de técnicos de um rádio até o nível mais organizacional que envolve a esfera política.

4.3 Padronização de Sistemas e de Material de Comunicações

Existem diversos fabricantes de sistemas, de equipamentos de TI e equipamentos de telecomunicações. Essa diversidade pode ser vista quando se aborda os sistemas de monitoramento, SisGAAz, SISFRON, SIVAM/SIPAM, todos são fabricantes diferentes entre si; quando se fala em informática e/ou computação tem-se as empresas líderes no mercado como a CISCO, IBM, Intelbras, Microsoft, Amazon e etc; e se tratando de rádio comunicador tem-se no mercado empresas como Motorola, Hytera, Kenwood, ICOM e etc.

Além das empresas de tecnologia duo, ainda existem empresas que produzem tecnologias militares, como, por exemplo, Harris e Elbyt Systems. Portanto, há uma necessidade de padronização para conseguir a interoperabilidade, ou seja, a troca de informações entre os equipamentos.

Existem diversos órgãos internacionais para padronizar diversas tecnologias referentes a telecomunicações e internet e para estabelecer padrões internacionais como o ITU, RFC's, IEEE, ISO e outros (TANENBAUM, 2011). Há também, padrões internacionais referentes a padrões militares como os padrões estabelecidos pela OTAN ou pelo Ministério da Defesa.

4.3.1 Padronização de Sistemas de Sistemas (SoS)

Sommerville (2018) define sistema de sistemas como “um sistema que contém dois ou mais elementos gerenciados de maneira independente”. Então, pode-se inferir que o Sistema Militar de Comando e Controle como um sistema de sistema por conter os sistemas de comando e controle das forças que são gerenciados de maneira independente. Em seu livro Engenharia de Software, 10ª edição, elencou sete características essenciais do sistema de sistemas, são elas:

- a) Independência operacional – Sistemas constituintes do SoS estão sujeitos a diferentes políticas e regras e maneiras de gerenciar o sistema. Com essa definição percebe-se que um sistema constituinte não é dedicação exclusiva do SoS, fica evidente quando se aborda sobre o Sistema de Comando e Controle de cada força que são independentes, possuem suas políticas, regras e modelos de gestão.
- b) Independência gerencial – Os Sistemas constituintes do SoS são gerenciados por pessoas diferentes de maneiras diferentes. Entende-se que quando os três sistemas de comando e controle das forças são gerenciados pelo Ministério da Defesa, eles podem ser gerenciados por pessoas diferentes e utilizam modelos de gestão e planejamento distintos de cada força.
- c) Desenvolvimento Evolutivo – Contribui para complexidade técnica do SoS. Quando se tem diversos sistemas, existe uma tendência de construir as partes com diversas tecnologias para integrar os sistemas.
- d) Emergência – Segundo Somerville, considerado como consequência da complexidade. É a combinação de diversas funcionalidades para conseguir algo mais robusto.
- e) Distribuição geográfica – Aumenta a complexidade técnica porque é necessário coordenar e sincronizar sistemas remotos.
- f) Sistemas intensivos em dados - Segundo o Somerville, são complexos em razão dos relacionamentos entre os itens e os dados.

g) Heterogeneidade – Quando tenta colocar diversos sistemas para trabalhar em conjuntos, esses sistemas deveriam ter tecnologias semelhantes ou compatíveis, porém isso não ocorre. Em sistemas de comando e controle tem-se vários tipos de tecnologia (Rádio militar, SATCOM, Celular, Rádio de tecnologia Dual), vários protocolos de redes para fazer a comunicação de cada sistema e várias formas de comunicação (VHF, UHF, HF, satélite, 3G, 4G). Além disso tem os sistemas programados em várias linguagens diferentes, formatos de dados diferentes, sistemas operacionais diferentes etc.

Diante da complexidade do Sistemas de Sistemas, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) tem focado em investimentos em recursos comuns de comunicação, redes e compartilhamento de dados que permitirão integração entre as forças em operações conjuntas (JAMSHIDI, 2008). Com a modernização dos Sistemas de Comando e Controle, pode-se perceber que as Forças Armadas também estão investindo em equipamentos, porém, tem que ter investimentos comuns como realizado pelo DoD para diminuir a heterogeneidade dos sistemas.

4.3.2 Padronização de Arquitetura de Sistemas

No campo da TI, o Ministério da Defesa vem realizando um projeto de construção de uma Barramento de Comunicação em uma Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) com o objetivo de possibilitar a interoperabilidade dos Sistemas de Comando e Controle. De acordo com o site da Marinha do Brasil, entende-se do projeto:

“De forma simplificada, um barramento de comunicação, ou middleware, tem a função de interligar os dispositivos de diversos sistemas de informação, enquanto a Arquitetura SOA é um modelo que permite o fornecimento de um determinado tipo de informação como um serviço a ser consumido por outros sistemas de informação, como, por exemplo, a localização de uma tropa amiga ou de uma força inimiga.”

Ainda segundo o site, esse barramento utiliza o modelo Joint Consultation Command and Control Exchange Data Model (JC3IEDM) para o intercâmbio dos dados. O JC3IEDM é utilizado pelos países da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e é mantido pelo Multilateral Interoperability Programme (MIP).

4.3.3 Padronização de Material de Comunicações

Será apresentado a seguir (Tabela 1) as características técnicas dos equipamentos rádios utilizados pela Marinha, Exército e Força Aérea. Cabe destacar que a Força Aérea utiliza equipamentos de mesmo fabricante que o Exército. Outro ponto de destaque, foram escolhidos rádios VHF utilizados no nível tático com o objetivo de analisar o impacto no Sistema de Comando e Controle do CFN, os rádios HF não foram comparados, devido aos aspectos gerais semelhantes.

Tabela 1 – Comparação entre os rádios táticos

Fabricante	Tadiran	Harris
Força	CFN da Marinha	EB e FAB
Função	Especificação	
Geral		
Faixa de Frequência	30-512 MHz	30-108 MHz
Redes Táticas	20	25
Modos de Tx	FM (F3E), AM (A3E), over the entire 30-512 MHz band	FM Voz Analógica; Frequency Shift Keying (FSK) 2.4 kbps; Mixed-Excitation Linear Predictive (MELP); Vocoder Voice FSK 16 kbps Continuously Variable Slope Delta (CVSD) Voice; FSK/Trellis Coded Modulation (TCM) até 64 kbps protocolo IP e Data Terminal; Equipment (DTE); TCM até 192 kbps (Opcional); e Time Division Multiple Access (TDMA) waveform (Opcional).
Especificações do Transmissor		
Potência de Saída	5 e 20	0,25; 2; 5; e 10 Watts
Especificações do receptor		
Sensibilidade FM		-116 dBm @ 12 dB
Rejeição do Canal adjacente		50 dB
Rejeição da Frequência Intermediária		>60 dB
Squelch	Selecionável: off/noise/tone	Selecionável: off/noise/tone/digital
Características		

ECCM	Orthogonal frequency hopping, Own and homogeneous (w/o master station) Auto resynchronization capability, Without special procedures	Quicklook 1A, Quicklook 2, Quicklook 3, Time Division Multiple Access (TDMA)
Comunicações de Dados	Até 16 kbps Síncrono	até 64 kbps IP e DTE; até 192 kbps IP (opção)
Largura de Banda	25 kHz	25 kHz Seleccionável entre 25 kHz, 75 kHz (opção)
COMSEC	Digital, very long non-linear "white" sequences CLEAR override, COMSEC alarm	Citadel II e AES (Advanced Encryption Standard (Citadel II é compatível e interoperável com o Citadel I)
Vocoder	2400, 4800 bps	Mixed-Excitation Linear Predictive Vocoder (MELP), CVSD
GPS	Interno	Interno
Interface de Dados	Síncrono e Assíncrono	Universal Serial Bus (USB) 2.0, síncrono e Assíncrono
Suporte a Voz e Dados simultâneos	Sim	Sim
Conexão direta com Rede Local (LAN) e Dispositivos USB	Não	Sim
PT Override	-	Recebe voz analógica em uma rede criptografada.
Varredura de Canais (scanning)	Sim	Sim
Tac Chat	Sim	Sim

Fonte: <https://www.elbitsystems.com.au/> e <http://www.ccomgex.eb.mil.br/>

Como podemos observar na Tabela 1, são apresentados fabricantes diferentes que produzem rádios táticos militares com características diferentes. Apesar das diferenças no tópico Geral e Características como, por exemplo, faixa de frequência e potência, o fator preponderante para troca de informações são: uma determinada faixa de frequência em comum e modulação.

Podemos observar que ambos os fabricantes, produzem rádios com especificações diferentes de criptografia e medidas contra a guerra eletrônica. Por este fato, os equipamentos não conseguem trocar informações quando esses

recursos estão ativos, somente no modo CLEAR é possível a troca de informações, porém no modo CLEAR os equipamentos militares perdem a finalidade por deixar de prover segurança e confiabilidade.

Outro ponto interessante, é a capacidade do rádio da fabricante Harris se conectar com porta USB. Esta característica facilita a integração com os meios de TI. Como abordado anteriormente, são os meios de TI que integram os meios de comunicações. Além disso, percebe-se que, nos rádios de ambos os fabricantes, há a capacidade de comunicação por dados.

Portanto, pode-se verificar a necessidade de um órgão para padronizar os parâmetros e requisitos dos equipamentos rádios para se atingir uma maior integração. Cabe destacar que no âmbito Ministério da Defesa já vem realizando estudos para regular determinados padrões de equipamentos para se atingir a interoperabilidade. Contudo, mesmo com padrões diferentes pode-se conseguir a integração através de middleware, porém não é uma tarefa fácil (TENANBAUM, 2011).

Por fim, pode-se concluir que os equipamentos rádios das fabricantes Tadiran e Harris podem trocar informações no modo CLEAR e frequência comum, entretanto, não é possível a troca de informações com os modos de segurança ativados. Devido a este último fato, o rádio perde a finalidade militar por não prover segurança e confiabilidade nas comunicações. Além disso, ressalta-se que a padronização dos equipamentos rádios atinge somente a interoperabilidade técnica, o sistema continua operando isolado, pois há uma dependência dos recursos de TI para promover a integração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil vem modernizando seus sistemas de comunicações para acompanhar as demandas tecnológicas, além de conseguir por meio destes uma maior consciência situacional na área de operações. Um Sistema de Comunicações integrado com o Sistema de Comando e Controle permite obter vantagens decisivas no que tange a obter um maior fluxo de informações para a tomada de decisão, entretanto, essa integração só é permitida através dos recursos de tecnologia da informação.

Para se alcançar a interoperabilidade, faz se necessário atingir a interoperabilidade em todas as camadas, da interoperabilidade técnica à organizacional, e atingir o nível 4 de interoperabilidade. Portanto, ficou evidente a

complexidade da padronização dos sistemas, necessidade de projetar novas arquiteturas de TI e a necessidade de padronização de requisitos de “software” e “hardware” para permitir que equipamentos rádio troquem informações entre si.

Desta forma, o presente estudo confirmou parcialmente a hipótese enunciada inicialmente que, para se conseguir a interoperabilidade interforças é necessário mais que padronização de material de comunicações. Pode-se perceber que a padronização de equipamentos faz parte da primeira camada da interoperabilidade e junto com recursos de TI torna-se possível alcançar a integração e/ou a interoperabilidade.

Porém, existe a necessidade de seguir padrões internacionais e/ou os estabelecidos pelo Ministério da Defesa. Na tabela de comparação de equipamentos de rádios militares ficou evidente que os equipamentos possuem o mesmo protocolo de comunicação, mesma modulação, faixas de frequências parecidas, entretanto, os requisitos de segurança são diferentes não permitindo que um rádio se comunique com o outro em modos de criptografia ou antibloqueio eletrônico. Pode-se utilizar recursos de TI para promover essa integração com a utilização de middleware, porém não são tarefas fáceis.

Por fim, o presente estudo, de forma sucinta, buscou analisar o impacto da falta de padronização de material de comunicações interforças no ponto de vista da interoperabilidade. Foram apresentados a teoria do sistema de Comunicações, Comando e Controle e Interoperabilidade. Foram, também, apresentados a teoria da complexidade do sistema de sistemas; um exemplo de uma arquitetura de sistemas (SOA) para integrar os sistemas de comando e controle que o Ministério da Defesa vem desenvolvendo; e um quadro comparativo dos equipamentos rádios táticos utilizados pela Marinha do Brasil, Exército e Força Aérea, como exemplo de padronização de equipamentos de comunicações.

A partir do que foi abordado neste artigo, pode-se observar que o CFN está acompanhando as novas tecnologias no campo das comunicações e informática, além de estar integrando seus sistemas para permitir um maior fluxo de informações na área de operações para melhorar a tomada de decisões e obter vantagens decisivas na guerra moderna.

4 REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército Brasileiro. Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército. **RF-7800V-HH Guia do Estudante**. Disponível em: <<http://www.ccomgex.eb.mil.br/>>. Acesso em: 27 Junho 2020.

BRASIL. Exército Brasileiro. **EB20-MC-10.205: Manual de Campanha de Comando e Controle**. 1ª Edição. 2015.

BRASIL. Marinha do Brasil. Corpo de Fuzileiros Navais. Comando-Geral. **CGCFN-60: Manual de Comando e Controle dos Grupamento Operativos de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Marinha do Brasil. Corpo de Fuzileiros Navais. Comando-Geral. **CGCFN-61: Manual de Comunicações dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro, 2008a.

BRASIL. Marinha do Brasil. Corpo de Fuzileiros Navais. Comando-Geral. **CGCFN-6101: Manual de Fundamentos das Comunicações**. Rio de Janeiro, 2008a.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD31-M-01: Doutrina de Operações Conjuntas, Vol 01**. 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD31-M-03: Doutrina para o Sistemas Militares de Comando e Controle**. 3ª Edição. 2015.

C. E. de Barros Paes, V. V. G. Neto, T. Moreira, and E. Y. Nakagawa. **Conceptualization of a System-of-Systems in the Defense Domain: An Experience Report in the Brazilian Scenario**. IEEE System Journal, pp. 1–10, 2018.

Elbit Systems. **Manual Tadiran CNR-710MB**. Disponível em: <<https://www.elbitsystems.com.au/>>. Acesso em: 27 Junho 2020.

FILHO, Hildo Vieira Prado. Galdino, Juraci Ferreira. Moura, David Fernandes Cruz. **Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos de Defesa: Reflexões e Fatos sobre o Projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do Modelo de Inovação em Tríplex Hélice**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Centro Tecnológico do Exército – CTEx, 2017.

JAMSHIDI, M. **Systems of Systems Engineering: Innovations for the Twenty-First Century**. Wiley, 2008.

Manual do Gestor de Interoperabilidade do Governo Eletrônico, versão 2012. Disponível em: <http://www.gespublica.gov.br/sites/default/files/documentos/manual_do_gestor_de_interoperabilidade_de_governo_eletronico.pdf>. Acesso em 27 de Junho de 2020.

MEDEIROS, Julio Cesar de O. **Princípios de telecomunicações: teoria e prática**. 5ª Edição Revisada. São Paulo. Érica, 2016.

MILLER, P. Interoperability. **What is it and why should I want it?** Ariadne, n.24, 2000. Disponível em: <<http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>>. Acesso em: 27 Junho 2020.

Sistema Integrado de Comando e Controle do Corpo de Fuzileiros Navais (SIC2CFN). Revista Tecnologia & Defesa. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/sistema-integrado-de-comando-e-controle-do-corpo-de-fuzileiros-navais-sic2cfn/>>. Acesso em 27 de Junho de 2020.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 10º Edição. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 5ª Edição. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2011.

TOLK, Andreas. **What comes after the Semantic Web - PADS Implications for the Dynamic Web**. **IEEE Computer Society**, 2006. Disponível em: <<https://www.computer.org/csdl/proceedings-article/pads/2006/25870055/12OmNrHjqNf>>. Acesso em 27 de Junho de 2020.